



Vlaanderen
is wetenschap

Onderzoeksprogramma 2021-2025 voor het uitvoeren van radaronderzoek naar de effecten van windturbines op vogels en vleermuizen

Resultaten validaties juli 2023 tot juni 2024

Joris Everaert, Raïsa Carmen, Thierry Onkelinx, Jo Loos, Marc Van de Walle, Hilbran Verstraete

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Joris Everaert , Raïsa Carmen , Thierry Onkelinx , Jo Loos , Marc Van de Walle , Hilbran Verstraete 

Reviewers:

Lieve Vriens 

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, 1000 Brussel
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

joris.everaert@inbo.be

Wijze van citeren:

Everaert, J., et. al. (2024). Onderzoeksprogramma 2021-2025 voor het uitvoeren van radaronderzoek naar de effecten van windturbines op vogels en vleermuizen. Resultaten validaties juli 2023 tot juni 2024. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (56). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: 10.21436/inbor.114738965

D/2024/3241/382**Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (56)**

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

Windturbine in Antwerpse haven. Foto Joris Everaert

Dit onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met:

VLEEMO NV
Hoge Weg 157
2940 Hoevenen
informatie@vleemo.be
<https://www.vleemo.be>



ONDERZOEKSPROGRAMMA 2021-2025 VOOR HET
UITVOEREN VAN RADARONDERZOEK NAAR DE
EFFECTEN VAN WINDTURBINES OP VOGELS EN
VLEERMUIZEN

Resultaten validaties juli 2023 tot juni 2024

Joris Everaert, Raïsa Carmen, Thierry Onkelinx, Jo Loos, Marc Van de Walle,
Hilbran Verstraete

Samenvatting

In en rond de Antwerpse haven liggen verschillende vooral waterrijke (natuur)gebieden waar veel vogels kunnen verblijven en/of doortrekken. Bij de aanvraag voor geplande windturbines werden in het verleden kennisleemten gesignaleerd: we wisten te weinig van de vliegbewegingen en zo ook over de mogelijke impact op vogelpopulaties bij een verdere uitbreiding van windenergie-infrastructuur in het gebied. De Vlaamse Ecologie Energie Milieu Onderneming (VLEEMO NV) is mee verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de windturbines, en wil deze hiaten zoveel mogelijk wegwerken. Met innovatief radaronderzoek wil VLEEMO een beter beeld krijgen van de mogelijke effecten van bestaande en nog geplande windturbines in het gebied op vogels en vleermuizen.

In 2021 startten we samen met VLEEMO een langlopend monitoringproject van 5-10 jaar met een 3D-vogelradar. We willen vooral aan de hand van onderzoek informatie en inzichten krijgen over hoe we de impact van windturbines kunnen minimaliseren voor vogels en vleermuizen. In de onderzoekjaren 2021 en 2022-2023 werden de eerste validaties gedaan van de detectiecapaciteit van de radar voor vogels in verschillende zones binnen het aandachtsgebied op de Rechterscheldeoever in de Antwerpse haven. We deden ook een eerste verkenning van de radardata en van mogelijke methoden voor gerichte data-analyses. De resultaten van dit onderzoek staan in Everaert *et al.* (2022) en Everaert *et al.* (2023).

De gebruikte radar (ROBIN 3D Max) geeft 3D-informatie van vogelbewegingen, afhankelijk van de vogelgrootte tot op meerdere kilometers afstand. De gedetecteerde vliegbewegingen (vogeltracks) komen in een database, samen met een automatische classificatie van de grootte van het detecteerde object. Dat kan gaan over insecten, kleine, middelgrote en grote vogels, tot groepen van vogels. Deze classificatie zal niet altijd volledig juist zijn, en er is uiteraard ook geen automatische inschatting van de specifieke soort. De radar werkt 24/7, wat in 2021-2023 al resulteerde in miljoenen vogeltracks.

Er zijn veel uitdagingen bij het verwerken van de grote radardataset met vogeltracks in een ruimtelijk complexe omgeving. Industriële constructies zoals gebouwen, silo's, opgestapelde containers, bewegende kranen en roterende wieken van windturbines, maar ook bomen en varende schepen kunnen interferentie met het radarzicht veroorzaken. Dit alles geeft storende signalen (clutter), een deel valse vogeltracks en een verminderde detectiecapaciteit in bepaalde zones. In 2021 stond de radar opgesteld in de Ettenhovense Polder. De detectiecapaciteit bleek toen onvoldoende in het noordelijke deel van het aandachtsgebied (Everaert *et al.* (2022)). Daarom werd de radar verplaatst naar het meer noordelijke Opstalgebied en die stond daar van begin 2022 tot maart 2023. Hoewel het radarzicht voor het meer noordelijke deel van het aandachtsgebied beter was, met name rond het Opstalgebied zelf, bleek het zicht op de cluster van windturbines aan de Zandvlietsluis ten zuiden van BASF, niet optimaal (Everaert *et al.* (2023)). Daarom werd de radar in juli 2023 verplaatst naar de zuidoostelijke rand van BASF op de splitsing van het Kanaaldok met het Schelde-Rijnkanaal, dicht bij de cluster van windturbines langs de Zandvlietsluis.

Om de datakwaliteit verder te testen en te verhogen voerden we - net zoals in 2021 en begin 2022 tot maart 2023 - in de periode van juli 2023 tot en met maart 2024 nieuwe validatie-metingen uit op verschillende locaties in het aandachtsgebied. Ornithologen valideerden de vliegbewegingen van vogels en vleermuizen te velde. Ze deden dat met verrekijker, telescoop, warmtebeeldkijker en gewone nachtkijker, en twee veld-tablets met 'real time' radarinformatie van (vogel)tracks.

De validaties in juli 2023 tot en met maart 2024 bevestigden, zoals in 2021-2023, dat het gebruikte radarstelsel mits een aantal aandachtspunten zelfs in een ruimtelijk moeilijke omgeving bruikbare gegevens kan verzamelen over vliegbewegingen van vogels en de mogelijke effecten van windturbines. De detectiecapaciteit van de radar kan, naast de afstand tot de radar, wel sterk afhankelijk zijn van zeer lokale factoren zoals gebouwen, kranen en bomen.

Globaal zien we dat de detectiecapaciteit voor vogels vanaf de nieuwe standplaats van de radar in 2023-2024 voldoende tot zeer goed was in de oostelijke helft van het noordelijke deel van het aandachtsgebied. Tegen de verwachting in was de detectiecapaciteit eerder matig ter hoogte van de cluster van windturbines aan de Zandvlietsluis, en slecht tot zeer slecht in de zone ten zuiden van de Zandvlietsluis. Verstooring van het zicht door varende en aangemeerde vrachtschepen, een grote kraan en andere industriële constructies, zijn verantwoordelijk voor dit slechte zicht. Het feit dat de detectiecapaciteit ook afhankelijk is van zeer lokale factoren, is een probleem bij de algemene interpretatie van de validaties per telcirkel. Om deze zeer lokale problemen van radarzicht ruimtelijk te visualiseren, vooral ook specifiek op rotorhoogte van nabije windturbines, werd bijkomende ook een kaart opgemaakt met selectie van een groot aantal radartracks (ook niet gevalideerde), ingedeeld op hoogtekategorie. Opvallend afgebroken 'lege' zones in het beeld, afhankelijk van de hoogtekategorie, wijzen op problemen met het radarzicht.

De automatische vogelclassificatie van de radar blijkt een redelijk complex gegeven te zijn. De voorlopige conclusies uit de eerste validaties in 2021 en 2022-2023 worden in 2023-2024 bevestigd. De automatische classificatie van de radar blijkt individuele vogels in een meerderheid van de gevallen één klasse kleiner te classificeren dan de door het INBO gevalideerde vogeltrack classificatie. Individuele grote meeuwen (zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw) werden door de radar in een meerderheid van de gevallen als 'middelgrote vogel' geclassificeerd, en individuele kleine vogels en vlermuizen vaak als 'insecten'. In 2023-2024 werd opnieuw meermaals vastgesteld dat de radar bijvoorbeeld kleine groepen (2-4) van grote vogels zoals ganzen ook regelmatig als één 'grote vogel' of 'middelgrote vogel' classificeerde, en kleine groepen (2-4) van middelgrote vogels zoals eenden ook regelmatig als één 'middelgrote vogel' of 'kleine vogel'. Samenwerking met andere gebruikers van het radarsysteem en met ROBIN radar systems, kan een optimalisatie van de automatische classificatie bewerkstelligen.

Op basis van een diepgaande eerste verkenning van de data, incl. beschikbare parameters die het radarsysteem verzamelt, probeerden we reeds in 2021 om enkele mogelijke benaderingen te definiëren om valse vogeltracks zoals deze van gebouwen, windturbines en bewegende kranen in de toekomst zo goed mogelijk automatisch te verwijderen uit de database. In 2022-2023 kon hiervoor nog geen adequate oplossing worden gevonden. Door de nieuwe standplaats van de radar sinds juli 2023 is er nog een groter probleem ontstaan. De radar kijkt vanaf die standplaats rechtstreeks over het water van het kanaaldok, en varende vrachtschepen veroorzaken door één of ander combinatie-effect veel valse vogeltracks die in een cirkelvormige wijze rond de radar ook tot ver boven het land worden gecreëerd.

Bij de detailanalyse van vogeltracks rond windturbines in 2023-2024, werd een (eerste) gestandaardiseerde filtering van valse vogeltracks voorgesteld (Onkelinx & Carmen (2024)), en dit is toegepast in de analyse van deze rapportage. Het is de bedoeling om in de komende jaren deze automatische filtering verder te optimaliseren en ook toe te passen voor andere analyses zoals deze voor het in kaart brengen van opvallende vliegbewegingen van specifieke vogelgroepen.

Het blijft bij de volledige radardatabase (ook niet-gevalideerde vogeltracks) wel een uitdaging om selecties te maken van bepaalde momenten en vogelklassen om opvallende lokale trekbewegingen van bijvoorbeeld watervogels in kaart te brengen. Voor de seizoenstrek was dit gemakkelijker, mede dankzij de goedgekozen momenten van validaties zoals bijvoorbeeld de lijstertrek (vooral koperwiek) in oktober.

Als we enkel de gevalideerde vogeltracks bekijken worden toch ook al interessante patronen van zones zichtbaar waarbinnen meer vliegbewegingen voorkomen dan daarbuiten, zeker als we alle validaties sinds 2021 samenvoegen en ook de verschillen in vlieghoogtes. Voorbeelden hiervan zijn lokale vliegbewegingen van roofvogels zoals bruine kiekendief en slechtvalk, lepelaars, meeuwen, eenden, ganzen, Kievieten, veldleeuwen en vlermuizen.

Bij het onderzoek op de dataset van 2021 zagen we een merkbaar uitwijkgedrag vast van vogels die op korte afstand, ongeveer 50-100 meter, van het rotoroppervlak van operationele windturbines passeren (micro-en/of meso-uitwijking), afhankelijk van de soortclassificatie en vlieghoogte (Everaert *et al.* (2022)). In een apart rapport (Onkelinx & Carmen (2024)) is een eerste gestandaardiseerde analyse van vogeltracks rond windturbines voorgesteld om het uitwijkgedrag en aanvaringsrisico verder te kunnen bepalen.



English abstract

The Port of Antwerp is a large industrial area alongside the river Scheldt in Flanders (Belgium). Several nature reserves are located in and around the port. In the application for planned wind turbines, knowledge gaps were identified about the flight movements of birds and therefore also the possible impact on bird populations with the further expansion of wind energy infrastructure in the area. Therefore, in 2021 a 5-10 year monitoring project with a 3D bird radar was started by the Research Institute for Nature and Forest (INBO) in cooperation with the company VLEEMO, responsible for the wind farm development. The basic objective of the collaboration consists of research activities that provide information and insights relevant for the construction of wind turbines with a minimal impact on birds and bats.

In the research years 2021 and 2022-2023, the first validations of the radar's detection capacity for birds were carried out in various zones within the focus area. We also did an initial exploration of the radar data and possible methods for targeted data analysis. The results of this research are in Everaert *et al.* (2022) and Everaert *et al.* (2023).

ROBIN 3D Max, the radar used, provides full 3D information of bird movements in the nearby environment up to several kilometers away. Bird tracks are stored in a database, with an automatic classification of the size of the detected object (insects, small, medium and large birds or flocks of birds). This classification will not always be fully correct, and of course there is no automatic estimation of the specific species. The radar operates continuously (24/7), which already resulted in millions of bird tracks.

There are many challenges in the processing of the large dataset of bird tracks collected by the radar. Industrial structures such as buildings, silos, piled up containers, moving cranes and rotating blades from wind turbines, but also moving ships on the canal and in the docks of the Port, can cause interference with the radar, resulting in clutter and some false bird tracks and/or a reduced detection capacity. Groups of trees can also result in reduced detection.

In 2021, the position of the radar was located in the Ettenhovense Polder. The detection capacity then turned out to be insufficient in the northern part of the focus area (Everaert *et al.* (2022)). Therefore, in 2022 - March 2023 the radar was moved to a more northern part (Opstalgebied) in the focus area. Although the radar detection for this more northern part was better, the view of the cluster of wind turbines at 'Zandvlietsluis' south of BASF, turned out to be less than optimal (Everaert *et al.* (2023)). Therefore, in July 2023, the radar was moved to the southeastern edge of BASF, closer to the cluster of wind turbines along 'Zandvlietsluis'.

Just like in 2021-2023, to test and improve the data quality, in the period from July 2023 to March 2024, we conducted new visual validation experiments at several vantage points (within validation circles) in the area, at different distances from the radar. The validation was done with the use of binoculars, a spotting scope, thermal imaging binoculars, night vision goggles and field tablets with real time radar bird track information.

The new validations in 2023-2024 confirmed, as in 2021-2023, that the radar system can collect useful data on bird flight movements and the possible effects of wind turbines, even in this spatially challenging environment. However, the detection capacity of the radar can, in addition to the distance from the radar, strongly depend on local factors (buildings, cranes, ships, trees, ..) and the result is therefore also dependent on the location within the focus area. This should be taken into account in the further course of this project and the conclusions that can be drawn from it.

Overall, we can conclude that the detection capacity for birds from the new radar location in 2023-2024 was sufficient to very good in the eastern half of the northern part of the focus area. However, contrary to expectations, the detection capacity was rather moderate at the cluster of wind turbines at 'Zandvlietsluis', and inadequate in the zone south of 'Zandvlietsluis'. Ships, a large crane and other industrial constructions are responsible for this poor visibility.

The fact that the detection capacity also depends on very local factors can be a problem for the general interpretation of the results of the validations per validation circle. In order to spatially visualize these very local problems with radar visibility, especially at rotor height of nearby wind turbines, a map was also made with a selection of a large number of radar tracks (including non-validated ones), classified by height class. Abnormally 'empty' zones in the map, depending on the altitude class, indicate problems with the radar visibility.

The automatic bird classification of the radar appears to be a fairly complex matter. The conclusions from the first validations in 2021 and 2022-2023 have been confirmed in 2023-2024. The automatic classification of the radar often appears to classify individual birds one class smaller than the validated bird track classification by INBO. Individual large gulls (herring gull, lesser black-backed gull) were classified by radar in a majority of cases as 'medium bird', and individual small birds and bats often as 'insects'. In 2022-2024, it was also found that the radar, for example, regularly classified small groups (2-4) of large birds such as geese as one 'large bird' or 'medium bird', and small groups (2-4) of medium-sized birds like ducks also regularly as one 'medium bird' or 'small bird'. It is recommended to examine this finding in more detail in collaboration with other users of the radar system (at other locations). Based on this, steps can be taken to perhaps optimize the radar system's classification algorithms.

Based on an in-depth initial exploration of the data, incl. available parameters that the radar system collects, we already tried some possible approximations in 2021 to avoid false bird tracks such as buildings and moving cranes in the future to be automatically removed from the database as far as possible (Everaert *et al.* (2022)). In 2022-2023, no general solution could yet be found for this. The new location of the radar since July 2023 has created an even bigger problem. From that position, the radar looks directly over the water of the canal dock, and moving cargo ships cause, through some combination effect (with buildings on the edge?) for many false bird tracks created in a circular manner around the radar, also above the ground in the focus area, far from the canal dock.

In a detailed analysis of bird tracks around wind turbines (data from 2021-2023), a (first) standardized filtering of false bird tracks was made (Onkelinx & Carmen (2024)), and for the time being only applied in this specific analysis. The intention is to further optimize this automatic filtering in the coming-years and also to apply it for other analyzes such as mapping of intense flight movements of specific bird groups. With the complete radar database (including non-validated bird tracks), it still remains a challenge to make selections of certain moments and bird classes in order to map out specific intense local migratory movements of, for example, waterfowl. For seasonal migration, it was easier to visualize certain intense moments of migration, with the help/knowledge of the moments of field validations such as, an intense small bird migration in October.

If we only look at the validated bird tracks (including those from 2021-2023), interesting patterns of bird flight movements are already visible, with the differences in flight heights. Examples are local flight movements of birds of prey such as marsh harriers and peregrine falcons, spoonbills, gulls, ducks, geese, lapwings, skylarks and bats.

During the research on the 2021 dataset, we observed a noticeable micro- and/or meso-avoidance behavior of birds thereby passing the rotor surface of operational wind turbines at short distances (50-100 meters), depending on species classification and flight height (Everaert *et al.* (2022)). In a separate report (Onkelinx & Carmen (2024)), a first standardized analysis of bird tracks around wind turbines has been proposed to further determine avoidance behavior and collision risk.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Dankwoord/Voorwoord | 1 |
| Samenvatting | 2 |
| English abstract | 4 |
| Inhoudsopgave | 6 |
| Lijst van figuren | 7 |
| Lijst van tabellen | 10 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 2 Doelstellingen | 13 |
| 3 Materiaal en methoden | 14 |
| 3.1 Materiaal | 14 |
| 3.2 Validatiemethoden | 15 |
| 4 Resultaten | 22 |
| 4.1 Uitgevoerde validaties | 22 |
| 4.2 Detectiecapaciteit van de radar | 27 |
| 4.3 Indicatie voor de detectiecapaciteit, op basis van een groot aantal radartracks . | 37 |
| 4.4 Correctheid van automatische classificatie | 40 |
| 4.5 Foutieve vogelclassificatie van niet-vogels | 45 |
| 4.6 Methode voor 3D visualisatie en analyse | 50 |
| 4.7 Voorbeelden van gevalideerde vogel- en vleermuistracks 2023-2024 | 51 |
| 4.8 Opvallende vliegbewegingen op basis van alle radartracks 2023-2024 | 63 |
| 4.9 Combinatie gevalideerde vogeltracks in volledige periode 2021-2024 | 72 |
| 5 Discussie en aanbevelingen voor verder onderzoek | 80 |
| Referenties | 82 |

Lijst van figuren

| | | |
|-------------|--|----|
| Figuur 1.1 | Beeld van een validatiemoment met veld-tablet in de omgeving van de radar. | 12 |
| Figuur 3.1 | Nachtbeeld van drie overvliegende grauwe ganzen met de Pulsar warmtebeeldkijker. | 14 |
| Figuur 3.2 | Beeld van een validatiemoment in de duisternis. De door de radar gedetecteerde vogels worden weergegeven door gekleurde bolletjes (huidige locatie vogels, incl. weergave vlieghoogte) en daaraan gekoppelde streepjes (gevolgde 'track'). Het oog incl. buffers errond toont de locatie van de waarnemer (voor validatie) | 15 |
| Figuur 3.3 | Data en duur van de validatiesessies van juli 2023 tot en met maart 2024. | 16 |
| Figuur 3.4 | Radarlocaties en bijhorende focusgebieden en telpunten van de drie meetperiodes. De telcirkels 7 en 11 werden na een test en evaluatie zoals gepresenteerd in deel 4.3, uiteindelijk niet meegenomen voor de validaties in 2023-2024 wegens onvoldoende radarzicht. | 17 |
| Figuur 3.5 | ROBIN 3D Max radar op de standplaats (rode cirkel) aan de zuidoostelijke rand van BASF vanaf juli 2023. | 17 |
| Figuur 3.6 | Track position invoer via de observation module in de Mobile Viewer. | 18 |
| Figuur 3.7 | Ground position invoer via de observation module in de Mobile Viewer. | 19 |
| Figuur 3.8 | Validatiesessie in de ochtendschemering tijdens massale seizoenstrek van vooral zangvogels. | 20 |
| Figuur 4.1 | Puntlocaties van alle validaties (locatie op moment van validatie) in juli 2023 - maart 2024. | 22 |
| Figuur 4.2 | Alle gevalideerde radartracks in juli 2023 - maart 2024. | 23 |
| Figuur 4.3 | Puntlocaties van alle validaties (locatie op het moment van elke validatie), de witte punten zijn observaties die door de radar effectief werden gedetecteerd, de gekleurde punten zijn observaties die door de radar niet werden gedetecteerd, juli 2023 - maart 2024. | 23 |
| Figuur 4.4 | Aantal validaties (incl. valse vogeltracks) per telpunt (telcirkel) in juli 2023 - maart 2024. | 24 |
| Figuur 4.5 | Aantal validaties van zekere vogels per telpunt (telcirkel) in juli 2023 - maart 2024. . . | 25 |
| Figuur 4.6 | Aantal validaties van zekere vogels, hier enkel de 'visueel vs. radar' validatiesessies. . . | 25 |
| Figuur 4.7 | Vogeldetectie capaciteit per gevalideerde vogelklasse, voor alle telcirkels samen, zonder onderscheid in hoogteklaase. | 27 |
| Figuur 4.8 | Vogeldetectie capaciteit per gevalideerde vogelklasse, zonder onderscheid in hoogteklaase, enkel voor de telcirkel 10. | 28 |
| Figuur 4.9 | Vogeldetectie capaciteit per telcirkel, zonder onderscheid in hoogteklaase. | 28 |
| Figuur 4.10 | Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklaase H1 | 29 |
| Figuur 4.11 | Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklaase H2 | 29 |
| Figuur 4.12 | Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklaase H3 | 30 |
| Figuur 4.13 | Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H1 | 30 |
| Figuur 4.14 | Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H2 | 31 |
| Figuur 4.15 | Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H3 | 31 |
| Figuur 4.16 | Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H1 | 32 |
| Figuur 4.17 | Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H2 | 32 |
| Figuur 4.18 | Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklaase H3 | 33 |



| | | |
|-------------|---|----|
| Figuur 4.19 | Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H1. | 33 |
| Figuur 4.20 | Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H2. | 34 |
| Figuur 4.21 | Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H3. | 34 |
| Figuur 4.22 | Detectiecapaciteit in de telcirkels en hoogteklasse, voor alle vogelsoorten. | 35 |
| Figuur 4.23 | Detectiecapaciteit in de telcirkels en hoogteklasse, voor de vogels met gevalideerde (werkelijke) vogelklasse 'medium bird' (duif, eend, kleine meeuw...). | 36 |
| Figuur 4.24 | Detectiecapaciteit in de telcirkels en hoogteklasse, voor individuele vogels met gevalideerde (werkelijke) vogelklasse 'large bird' (gans, grote meeuw, reiger...). | 36 |
| Figuur 4.25 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op hoogteklasse H3. | 37 |
| Figuur 4.26 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 140-200 m van hoogteklasse H2. | 38 |
| Figuur 4.27 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 90-140 m van hoogteklasse H2, op momenten dat er een aangelegd schip voor de radar lag. | 38 |
| Figuur 4.28 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 90-140 m van hoogteklasse H2, op momenten dat er geen aangelegd schip voor de radar lag. | 39 |
| Figuur 4.29 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 60-90 m van hoogteklasse H1, op momenten dat er een aangelegd schip voor de radar lag. | 39 |
| Figuur 4.30 | Alle tracks met auto-classificatie "medium bird" in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 60-90 m van hoogteklasse H1, op momenten dat er geen aangelegd schip voor de radar lag. | 40 |
| Figuur 4.31 | Correctheid van classificatie per grootteklasse (n = 3338). | 42 |
| Figuur 4.32 | Correctheid van classificatie per gevalideerde hoogteklasse (n = 3338). | 42 |
| Figuur 4.33 | Vergelijking van automatische classificatie door het radarsysteem (legende rechts) per gevalideerde vogelklasse over alle hoogteklassen samen (n = 3338). | 43 |
| Figuur 4.34 | Percentage van aantal (vrij) correcte vogelclassificaties ('match' en '± match') in relatie tot het aantal punten (plots) in de vogeltracks in hoogteklassen H1-3 (min. 10 tracks per plotwaarde). | 43 |
| Figuur 4.35 | Boxplot figuur met het percentage van aantal (vrij) correcte vogelclassificaties ('match' en '± match') in relatie tot het aantal punten (plots) in de vogeltracks in hoogteklassen H1-3 (min. 10 tracks per plotwaarde), manueel opgesplitst in 3 groepen (zeer korte tot 25 plotpunten, gemiddeld lange tracks tot 75 plotpunten, en zeer lange tracks met meer dan 75 plotpunten). | 44 |
| Figuur 4.36 | Procentuele verdeling van foutieve vogelclassificaties over validatie als schip, voertuig, windturbine en 'niet-vogel' in de telcirkels 9 en 10 en daarbuiten (NA), ten opzichte van het totaal aantal foutieve vogelclassificaties. | 46 |
| Figuur 4.37 | Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. | 46 |
| Figuur 4.38 | Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. Detail ter hoogte van de radar zelf en de windturbines aan de Zandvlietsluis | 47 |
| Figuur 4.39 | Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. Voorbeeld van een moment ('real-time' screenshot) met het typische 'coronaeffect' veroorzaakt door een varend schip. Aan het schip zelf zijn valse vogeltracks te zien, maar ook in het verlengde ervan in een cirkel rondom de radar. | 47 |
| Figuur 4.40 | Idem als bovenstaande figuur, hier reikt het coronaeffect ook tot in de zone met de windturbines aan de Zandvlietsluis | 48 |
| Figuur 4.41 | Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. Voorbeeld van een moment ('real-time' screenshot) met valse vogeltracks aan één van de windturbines. | 48 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figuur 4.42 | Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. Voorbeeld van een moment ('real-time' screenshot) met valse vogeltracks aan de windturbines, maar ook andere valse vogeltracks mogelijk door (combinatie met) de hoge kraan of andere objecten. De enige echte vogel in dit beeld is de track op hoogte 165 m. | 49 |
| Figuur 4.43 | Weergave van de verschillende plots (punten van detectie, zonder verbindinglijn) van twee vogeltracks in de buurt van windturbines. Het hoogteverschil is per plot gradueel weergegeven: rood = rotorhoogte ca. tussen 90-200 m, groener = onder rotorhoogte. | 50 |
| Figuur 4.44 | Omzetting van track met gemiddelde hoogtewaarde naar opgesplitste track. | 50 |
| Figuur 4.45 | Gevalideerde roofvogels (incl. raaf) in juli 2023 - maart 2024, per soort zonder indeling op basis van hoogteklassen. | 51 |
| Figuur 4.46 | Gevalideerde roofvogels zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 52 |
| Figuur 4.47 | Gevalideerde roofvogels in juli 2023 - maart 2024, ingedeeld per hoogteklasse. | 52 |
| Figuur 4.48 | Gevalideerde roofvogels zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 53 |
| Figuur 4.49 | Gevalideerde kleine meeuwen in juli 2023 - maart 2024. | 54 |
| Figuur 4.50 | Gevalideerde kleine meeuwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 54 |
| Figuur 4.51 | Gevalideerde grote meeuwen in juli 2023 - maart 2024. | 55 |
| Figuur 4.52 | Gevalideerde grote meeuwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 55 |
| Figuur 4.53 | Gevalideerde eenden in juli 2023 - maart 2024. Bij de meeste ging het telkens om een kleine groep eenden per track. | 56 |
| Figuur 4.54 | Gevalideerde eenden zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 56 |
| Figuur 4.55 | Gevalideerde ganzen in juli 2023 - maart 2024. Bij de meeste ging het telkens om een groep ganzen per track. | 57 |
| Figuur 4.56 | Gevalideerde ganzen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 57 |
| Figuur 4.57 | Gevalideerde duiven (houtduif, holenduif) in juli 2023 - maart 2024. | 59 |
| Figuur 4.58 | Gevalideerde duiven zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 59 |
| Figuur 4.59 | Gevalideerde kauwen in juli 2023 - maart 2024. | 60 |
| Figuur 4.60 | Gevalideerde kauwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis. | 60 |
| Figuur 4.61 | Gevalideerde kieviten, wulpen en goudplevieren in juli 2023 - maart 2024. | 61 |
| Figuur 4.62 | Gevalideerde reigers in juli 2023 - maart 2024. | 61 |
| Figuur 4.63 | Gevalideerde kraanvogels (2 groepen) op 13 maart 2024. | 62 |
| Figuur 4.64 | Gevalideerde vleermuizen in de zomer en het najaar van 2023. | 62 |
| Figuur 4.65 | 'Flock' tracks (vaak groepjes meeuwen, watervogels, kauwen, houtduiven) in december 2023 tussen 17u en 19u, zonder datacleaning. | 64 |
| Figuur 4.66 | 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning. | 64 |
| Figuur 4.67 | 'Flock' tracks (vaak groepjes meeuwen, watervogels, kauwen, houtduiven) in februari 2024 tussen 19u en 21u, zonder datacleaning. | 65 |
| Figuur 4.68 | 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning | 65 |
| Figuur 4.69 | 'Flock' (groepen vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning. | 66 |
| Figuur 4.70 | 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning | 67 |
| Figuur 4.71 | 'Flock' (groepen vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek). Detail van zone windturbines Zandvlietsluis. | 67 |



| | | |
|-------------|---|----|
| Figuur 4.72 | 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, met eenvoudige datacleaning. | 68 |
| Figuur 4.73 | 'Small Bird' (individuele kleine vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning. | 68 |
| Figuur 4.74 | 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur, met eenvoudige datacleaning. | 69 |
| Figuur 4.75 | 'Small Bird' (individuele kleine vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, tijdens de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning. Detail voor zone windturbines Zandvliet-sluis. | 69 |
| Figuur 4.76 | 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning. | 70 |
| Figuur 4.77 | 'Small Bird' tracks (individuele kleine vogels, waaronder ook veel meeuwen) in oktober 2023, met minimumlengte 1000 m en eenvoudige datacleaning. Hier is enkel de H2 hoogteklaas weergegeven. | 70 |
| Figuur 4.78 | 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur. Detail voor zone windturbines Zandvliet-sluis. | 71 |
| Figuur 4.79 | Gevalideerde roofvogels in de periode 2021 - 2024. | 72 |
| Figuur 4.80 | Gevalideerde buizerds in de periode 2021 - 2024. | 73 |
| Figuur 4.81 | Gevalideerde bruine kiekendieven in de periode 2021 - 2024. | 73 |
| Figuur 4.82 | Gevalideerde slechtvalken in de periode 2021 - 2024. | 74 |
| Figuur 4.83 | Gevalideerde kleine meeuwen in de periode 2021 - 2024. | 74 |
| Figuur 4.84 | Gevalideerde grote meeuwen in de periode 2021 - 2024. | 75 |
| Figuur 4.85 | Gevalideerde eenden in de periode 2021 - 2024. | 75 |
| Figuur 4.86 | Gevalideerde ganzen in de periode 2021 - 2024. | 76 |
| Figuur 4.87 | Gevalideerde reigers (vooral blauwe reiger) in de periode 2021 - 2024. | 76 |
| Figuur 4.88 | Gevalideerde lepelaars in de periode 2021 - 2024. | 77 |
| Figuur 4.89 | Gevalideerde kievitens in de periode 2021 - 2024. | 77 |
| Figuur 4.90 | Gevalideerde houtduiven in de periode 2021 - 2024. | 78 |
| Figuur 4.91 | Gevalideerde kauwen in de periode 2021 - 2024. | 78 |
| Figuur 4.92 | Gevalideerde zwaluwen in de periode 2021 - 2024. | 79 |
| Figuur 4.93 | Gevalideerde zangvogels in de periode 2021 - 2024. | 79 |

Lijst van tabellen

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 4.1 | Aantal validaties per soort in juli 2023 - maart 2024 (excl. valse vogeltracks). | 26 |
| Tabel 4.2 | Aantal keer ieder type soort geobserveerd werd. | 41 |
| Tabel 4.3 | Foutieve automatische classificaties als vogels. | 45 |

1 INLEIDING

In januari 2021 werd een onderzoeksprogramma 2021-2025 (verlengbaar tot en met 2030) opgemaakt in het kader van de samenwerkingsovereenkomst tussen de Vlaamse Ecologie Energie Milieu Onderneming nv (VLEEMO) en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO).

In en rond de Antwerpse haven (Rechter- en Linkerscheldeoever, incl. Waaslandhaven), hierna het “havegebied” genoemd, liggen verschillende Vlaams en Europees beschermde natuurgebieden. Bij de vergunningsaanvragen voor geplande windturbines in het havegebied, werden voor de effectbeoordeling enkele kennisleemten vastgesteld over de effecten op vogels. Ook over de cumulatieve effecten en de geschatte versus werkelijke effecten op vogels en vleermuizen zijn er hiaten in de kennis. Door dit alles is de onzekerheid m.b.t. mogelijk negatieve effecten soms vrij groot, waardoor het vergunningsproces niet overal gemakkelijk verloopt. Dergelijke kennisleemten zijn overigens op veel locaties in Vlaanderen aanwezig.

Het ligt binnen de verwachting dat onderzoek met een 3D vogelradar zeer effectief kan zijn om de kennishi-aten weg te werken. Met zo’n radar kunnen de vliegbewegingen van vogels en sommige vleermuizen op een objectieve manier nauwkeurig in kaart gebracht worden. Sinds 2012 werd door INBO (Everaert (2012)) en specifiek voor het havegebied ook door VLEEMO getracht om dergelijk radaronderzoek op te starten. Het beste toen beschikbare radarsysteem bleek het semi 3D radarsysteem ‘3D flex’ van ROBIN Radar Systems, een systeem dat werkt met een combinatie van aangepaste scheepsradars die zowel in het horizontaal als verticaal vlak scannen met 3D informatie in de overlap. De S-band frequentie van de horizontale radar bleek echter een probleem te zijn voor de Belgische Defensie. Midden 2016 volgde het oordeel dat een zendvergunning hierdoor onmogelijk was. Net daarvoor kon voor dergelijk ‘3D flex’ radarsysteem nog een zeer tijdelijke testzendvergunning bekomen worden voor het havegebied. In opdracht van VLEEMO werd hiermee in de periode 9-30 november 2015 door ROBIN Radar Systems ter hoogte van de Hooge Maey een meetcampagne uitgevoerd om de bruikbaarheid van een 3D vogelradar in een druk bebouwde havenomgeving te testen. Het INBO bood hierbij ondersteuning. Het onderzoek bestond vooral uit het bepalen van het radarbereik en uit het valideren met visuele waarnemingen. De algemene conclusie van het onderzoek was dat dergelijk radarsysteem in het havegebied mits een aantal aandachtspunten een bijzondere meerwaarde biedt voor onderzoek naar vogelvliegbewegingen (Everaert *et al.* (2016)).

Eind 2017 bracht ROBIN Radar Systems op basis van jarenlang vooronderzoek en investeringen een volledig zelf ontwikkeld en echt ‘full 3D’ vogelradarsysteem op de markt, de ROBIN 3D Max (zie meer details ook in Everaert *et al.* (2022)). Dit betreft het eerste radarsysteem ter wereld dat echt specifiek voor vogels en vleermuizen is ontwikkeld. De gebruikte frequentie van deze radar maakte een zendvergunning wel mogelijk.

Gezien de hoge kostprijs van de hieraan verbonden technologie staat dergelijke onderzoeksinfrastructuur niet ter beschikking van een groot aantal organisaties. In 2019 heeft VLEEMO het ‘ROBIN 3D Max’ radarsysteem aangekocht. Om de onderzoeksresultaten bekomen met dit radarsysteem op een adequate wijze in te kunnen zetten in het kader van de vergunningverlening voor windturbines, stelde VLEEMO een samenwerking met het INBO voor. Dit werd op 1 juli 2020 vastgelegd in een samenwerkingsovereenkomst (SWO). Zo kon het INBO het onderzoek mee vorm geven, eraan meewerken en erover publiceren. Het onderzoek met gemeenschappelijke doelstellingen is zo een win-win voor beide partijen.



De basisdoelstelling van het meerjarig onderzoeksprogramma bestaat uit onderzoeksactiviteiten die informatie en inzichten opleveren voor de inplanting van windturbines met een minimale impact op vogels en vleermuizen. Meer specifiek wenst VLEEMO de kennisleemten rond de verdere ontwikkeling van windturbines in het havengebied zoveel mogelijk weg te werken. Het innovatief radaronderzoek moet een beter beeld geven van de mogelijke effecten van bestaande en nog geplande windturbines in het gebied op vogels en vleermuizen. Het doel is bijgevolg om met de resultaten van het onderzoek goed onderbouwde uitspraken te doen over de gefaseerde bouw van nieuwe windturbines en eventuele te nemen milderende of compenserende maatregelen. Op die manier wordt een zo maximaal mogelijke realisatie van windenergieprojecten binnen het havengebied mogelijk met voldoende aandacht voor de bescherming van belangrijke natuurwaarden.

De eerste resultaten van het verkennend onderzoek in 2021 staan in Everaert *et al.* (2022). Verder onderzoek in 2022 tot maart 2023 is beschreven in Everaert *et al.* (2023). Visuele validaties ten velde zijn en blijven een belangrijk onderdeel van het radaronderzoek (Figuur 1.1).



Figuur 1.1: Beeld van een validatiemoment met veld-tablet in de omgeving van de radar.

2 DOELSTELLINGEN

Hieronder volgen de doelstellingen van het eerste deel van het onderzoek in 2023-2024 zoals gepresenteerd in het voorliggend rapport. Voor het tweede deel van het uitgevoerd onderzoek in 2023-2024, met name een eerste gestandaardiseerde analyse van vogeltracks rond windturbines, verwijzen we naar het rapport van Onkelinx & Carmen (2024).

1. Bepalen detectiecapaciteit en betrouwbaarheid automatische vogelclassificatie van de radar. Vanaf midden 2023 zijn nieuwe validatiemetingen uitgevoerd voor het bepalen van de detectiecapaciteit en betrouwbaarheid van automatische vogelclassificatie van het radarsysteem, op de nieuwe radar standplaats in de zuidoostelijke rand van BASF. De hypothese hierbij is dat de detectiecapaciteit vanaf deze standplaats in vergelijking met de eerdere standplaatsen beter zal zijn voor (een deel van) de noordelijke zone van het focusgebied, specifiek voor de windturbines langs de Zandvlietsluis. Een deel van de telcirkels (telpunten met waarnemingsbuffers, zie figuur 3.4) is gelijk met deze van het onderzoek in 2021 en 2022-2023 (Everaert *et al.* (2022), Everaert *et al.* (2023)). Er kan dus ook een vergelijking gemaakt worden met de resultaten vanaf de standplaats in de Ettenhovense polder en het Opstalgebied in die eerdere jaren.
2. Verdere globale analyse opvallende vliegbewegingen. Het doel is om uit de radardata opvallende vliegbewegingen te herkennen (bv. lokale trek watervogels, meeuwen, seizoenstrek, specifieke soorten), inclusief een 3D verkenning van de vliegbewegingen. De gevalideerde tracks zijn hiervoor een zeer belangrijk (basis-)onderdeel. Hierbij kunnen ook de resultaten uit 2021-2022 en 2022-2023 worden meegenomen (Everaert *et al.* (2022), Everaert *et al.* (2023)).



3 MATERIAAL EN METHODEN

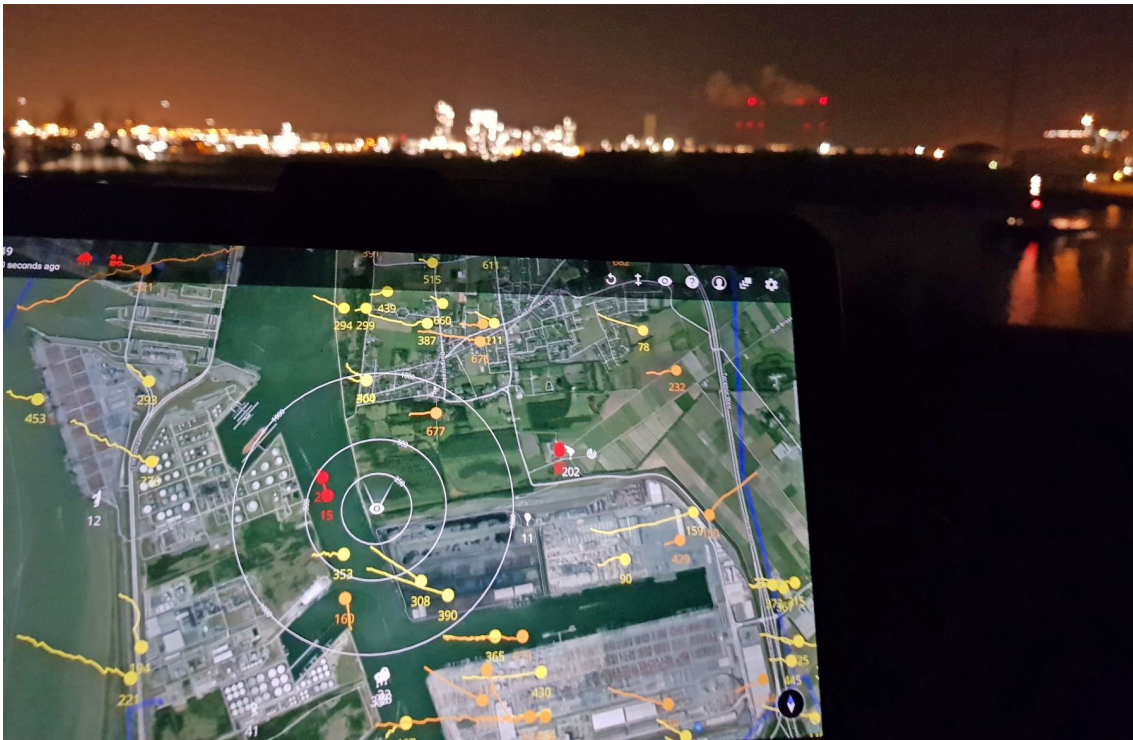
3.1 MATERIAAL

Tijdens de visuele tellingen (validatiemetingen) werd overdag gebruik gemaakt van verrekijkers (bijkomend soms een telescoop). Tijdens de duisternis werd steeds een warmtebeeldkijker met opnamefunctie en afstandsmeter ingezet (PULSAR Accolade XP50 thermal imaging binoculars), soms bijkomend ook een restlichtversterker-nachtkijker (generatie 3 ITT Night Enforcer 5000). Het gebruik van een warmtebeeldkijker is een pluspunt om bijkomende informatie te verkrijgen over de soortensamenstelling en groepsgrootte van nachtelijk overvliegende vogels zoals eenden en ganzen (Figuur 3.1). Met een restlichtversterker-nachtkijker kunnen overvliegende vogels en vleermuizen moeilijker op afstand onderscheiden worden.



Figuur 3.1: Nachtbeeld van drie overvliegende grauwe ganzen met de Pulsar warmtebeeldkijker.

Verder werden twee veld-tablets gebruikt waarmee het 'real time' radarbeeld via de 'Mobile-Viewer' van ROBIN Radar Systems kon bekeken worden en waarbij extra informatie kon worden opgeslagen in de radardatabase (Figuur 3.2, zie ook verder).



Figuur 3.2: Beeld van een validatiemoment in de duisternis. De door de radar gedetecteerde vogels worden weergegeven door gekleurde bolletjes (huidige locatie vogels, incl. weergave vlieghoogte) en daaraan gekoppelde streepjes (gevolgde 'track'). Het oog incl. buffers errond toont de locatie van de waarnemer (voor validatie)

Het gebruikte 'ROBIN 3D Max' radarsysteem is een radarsysteem dat door ROBIN Radar Systems speciaal werd ontwikkeld om de vliegpatronen en -intensiteit van vogels en vleermuizen tot binnen een straal van ongeveer 15 km in hoge resolutie automatisch te onderscheiden. Het systeem kan op vaste locaties geïnstalleerd worden of mobiel ingezet. Het radarsysteem is gebaseerd op 'phased array' Frequency Modulated Continuous Wave antennetechnologie in de X-band frequentie tussen 9550 en 9750 MHz. De radar kan in 'real time' 3D informatie detecteren van vogels en vleermuizen in alle richtingen (360° full 3D). Enkel in een zeer kleine zone vlak boven de radar is er geen detectie ('cone of silence'). De vliegroute is weergegeven als 'track', bestaande uit verschillende punten (plots) waarop de radar een detectie had.

Zoals bij elk radarsysteem is de detectiecapaciteit uiteraard afhankelijk van storende objecten (gebouwen, bomen, ..) en de grootte van de vogels of vleermuizen. Een eend kan (in goede zichtcondities) tot op ca. 10 km afstand gedetecteerd worden, een kleine zangvogel tot ca. 6 km. Er is momenteel een automatische classificatie mogelijk van kleine, middelgrote en grote vogels, en groepen vogels. Een meer gedetailleerde classificatie is in ontwikkeling.

3.2 VALIDATIEMETHODEN

De validatiesessies werden in juli 2023 tot maart 2024 doorgaans uitgevoerd vanaf 3 vaste telpunten verspreid in het noordelijke deel van het onderzoeksgebied (vooral de telcirkels 9 en 10, in mindere mate telcirkel 8, zie verder), om uitspraken te kunnen doen over de detectiecapaciteit van de radar in deze zones en correctheid van de automatische classificatie door de radar. De validatie maakt vergelijking met andere jaren vanop de andere radarlocaties mogelijk. Aanvankelijk werd gedacht dat validaties in de telcirkels 7 en 11 ook nuttig konden zijn, maar al snel bleek dat het radarzicht daar heel duidelijk onvoldoende was. Ook een groot deel van telcirkel 8 bleek onvoldoende (zie verder).

Binnen een buffer van 1 km werden zowel kleine als grote vogels gevalideerd, voor grote vogels was dit tot ongeveer 1,5 km. Bijkomend werden ook extra validaties uitgevoerd vanaf andere punten, vooral gericht op soortherkenning (zie verder).

Het aantal uren visuele metingen is mede gebaseerd op informatie en aanbevelingen in Everaert (2015) en Scottish Natural Heritage (2009a,b & 2017), Krijgsveld et al. (2011), Plonczkier & Simms (2012), Prinsen (2019), Bouten et al. (2020), Kleyheeg-Hartman & Potiek (2020). Een minimaal aantal van 36 uur per half jaar (bijvoorbeeld winterperiode) is aanbevolen.

Het totaal aantal teluren van de validatiemetingen (volledige sessies en enkel voor soortbepaling) van juli 2023 tot maart 2024 bedraagt ruim 161 uren (Figuur 3.3).

| Datum | Periode van de dag |
|------------|--|
| 6/07/2023 | namiddag tot eerste deel nacht (ruim 10 u) |
| 14/09/2023 | middag tot eerste deel nacht (ruim 12 u) |
| 28/09/2023 | namiddag tot eerste deel nacht (ruim 10 u) |
| 3/10/2023 | namiddag tot avond (ruim 6 u) |
| 17/10/2023 | namiddag tot eerste deel nacht (ruim 9 u) |
| 18/10/2023 | vroege ochtend tot vooravond (ruim 10 u) |
| 23/10/2023 | middag tot eerste deel nacht (ruim 11u) |
| 28/11/2023 | middag tot eerste deel nacht (ruim 11u) |
| 5/12/2023 | middag tot eerste deel nacht (ruim 9 u) |
| 8/12/2023 | middag tot eerste deel nacht (ruim 10u) |
| 5/02/2024 | middag tot eerste deel nacht (ruim 11u) |
| 7/02/2024 | middag tot eerste deel nacht (ruim 10u) |
| 4/03/2024 | ochtend tot avond (ruim 11u) |
| 13/03/2024 | middag tot eerste deel nacht (ruim 10u) |
| 20/03/2024 | middag tot eerste deel nacht (ruim 10u) |
| 25/03/2024 | middag tot eerste deel nacht (ruim 11u) |

Figuur 3.3: Data en duur van de validatiesessies van juli 2023 tot en met maart 2024.

Figuur 3.4 toont het focusgebied van de afgelopen jaren, afhankelijk van de radar standplaats. Tijdens het eerste jaar radaronderzoek in 2021 stond de radar in de Ettenhovense polder in Stabroek. In het noordelijk deel van het focusgebied in 2021 bleek het radarzicht voor vogels hierbij matig tot onvoldoende (Everaert *et al.* (2022)). De radar bleef tot februari 2022 actief vanuit de Ettenhovense polder (begin maart grotendeels buiten gebruik). In maart 2022 werd de radar verplaatst naar het meer noordelijke Opstalgebied en bleef daar operationeel tot april 2023. Hoewel het radarzicht voor het meer noordelijke deel van het aandachtsgebied beter was, met name rond het Opstalgebied zelf, bleek het zicht op de cluster van windturbines aan de Zandvlietsluis ten zuiden van BASF, niet optimaal (Everaert *et al.* (2023)). Daarom werd voor het hier gepresenteerde onderzoek (2023-2024) de radar in juli 2023 verplaatst naar de zuidoostelijke rand van BASF op de splitsing van het Kanaaldok met het Schelde-Rijnkanaal, dicht bij de cluster van windturbines langs de Zandvlietsluis (Figuur 3.5).

Met de ROBIN ‘mobile viewer’ toepassing op 2 veld-tablets, kunnen de door de radar gedetecteerde vogels als tracks in ‘real time’ worden gevolgd. In deze toepassing kan de meest recente locatie van een track (bolletje) aangeklikt worden om extra informatie toe te voegen die meteen ook in de database opgeslagen wordt. Daarnaast kan door op specifieke plaats op de kaart te klikken, ook een zogenaamde ‘ground observations’ worden opgeslagen voor vogels die de radar niet ziet (geen tracks).

3.2.1 Vaste validatiesessies

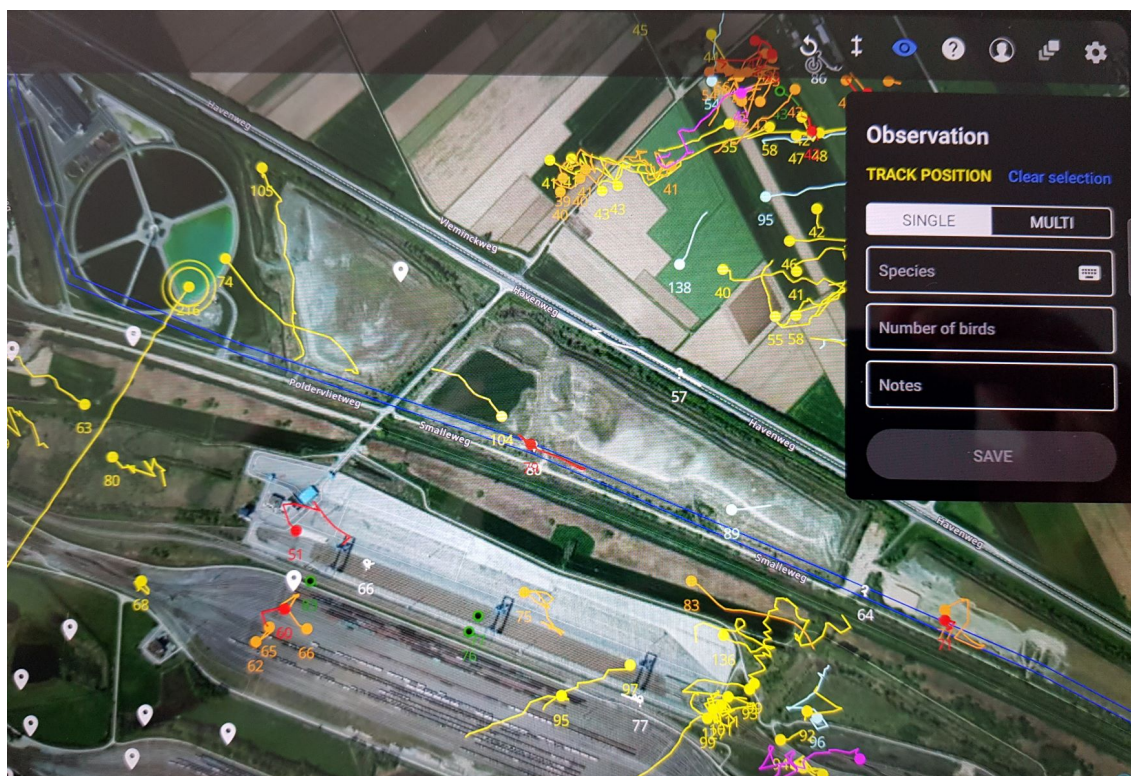
De methode van de vaste validatiesessies is gebaseerd op deze van het verkennend onderzoek met een ROBIN 3D flex radarsysteem in 2015 (Everaert *et al.* (2016)), waarbij door twee personen is gewerkt met verschillende zogenaamde ‘meetlijnen’ in het onderzoeksgebied. Vanaf een vast observatiepunt werd toen op een lijn naar één richting gekeken. De validatiewaarnemingen waren dan van de vogels die deze denkbeeldige meetlijn kruisten. Hierbij werden visuele waarnemingen vergeleken met radarresultaten en omgekeerd.

Voor het recentere onderzoek met de ROBIN 3D Max radar werd in 2021 eerst nagegaan of er naast – of in plaats van – de meetlijnen ook kan gewerkt worden met bredere meetzones (cirkels), om zodoende een beter beeld te krijgen van de detectiecapaciteit in een groter deel van het onderzoeksgebied. Op basis van eerste veldtesten werd toen snel gekozen voor dergelijke bredere telcirkels waarbij rondom de waarnemer in een cirkelzone werd waargenomen. In de meeste gevallen waren twee personen (één hoofdwaarnemer en één notulist) nodig voor deze validatiemetingen. Dit werd dan ook toegepast tijdens het onderzoek sinds 2021 (Everaert *et al.* (2022), Everaert *et al.* (2023)).

3.2.1.1 Visueel vs. Radar = v sessie

In eerste instantie hebben we de detectiecapaciteit van de radar om vogels te kunnen zien getest, en bijkomend ook of de automatische classificatie van de door het radarsysteem gedetecteerde zekere vogels (voldoende) correct is. Uiteraard is er voor alle gevalideerde tracks steeds ook informatie over de soort. De waarnemer zoekt eerst visueel in het veld naar vogels binnen de telcirkel, waarna gekeken wordt of de radar deze ook detecteert.

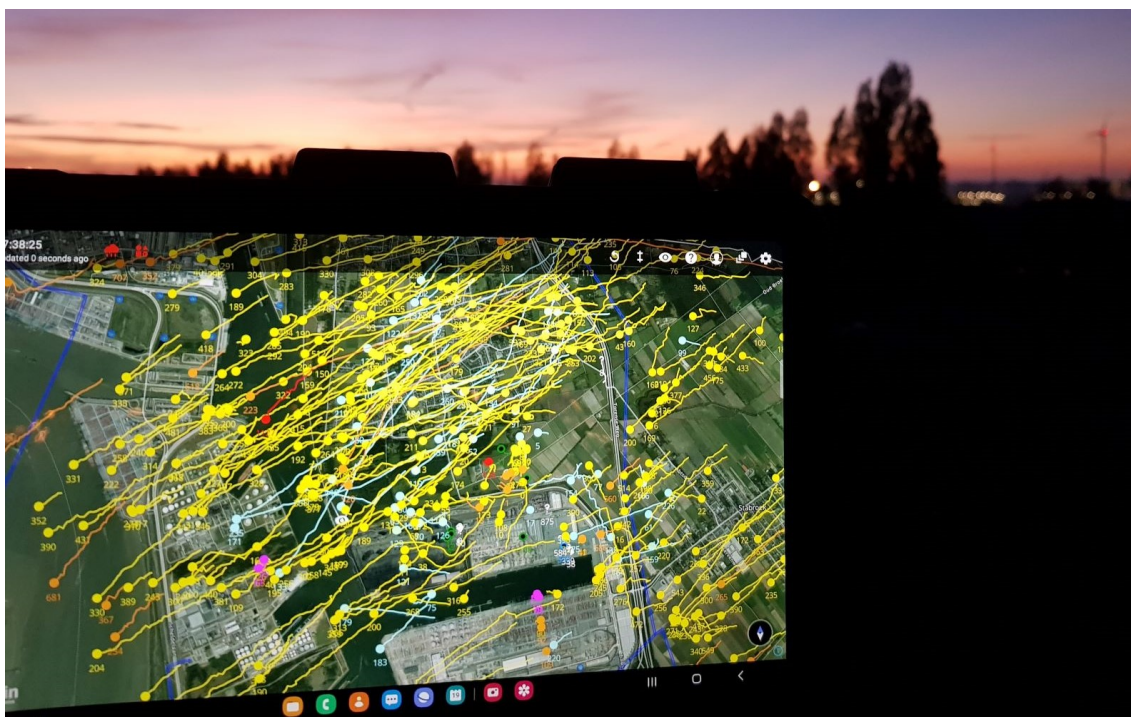
- Bij detectie door de radar: selecteren van de betreffende radartrack en toevoegen info via ‘track position’ invoer (Figuur 3.6) van soort(groep), aantal, en extra info in ‘notes’ veld (code telcirkel, code sessie (hier = v)).



Figuur 3.6: Track position invoer via de observation module in de Mobile Viewer.

3.2.2 Extra validatiesessies hoofdzakelijk gericht op soortbepaling

Tijdens tellingen in de avond- en/of ochtendschemering en eerste deel van de nacht, maar uitzonderlijk ook overdag tijdelijk tussen de vaste validatiesessies in, werd via de track position invoer bij radartracks extra informatie toegevoegd volledig gericht op soortbepaling. Hiermee konden bijvoorbeeld zoveel mogelijk tracks van opvallende vliegbewegingen (bijvoorbeeld plotse massale verplaatsingen van watervogels) op soort(groep) worden gebracht (Figuur 3.8). Dit gebeurde ook soms buiten de vaste validatiecirkels of niet altijd vanaf het centraal punt in deze telcirkels.



Figuur 3.8: Validatiesessie in de ochtendschemering tijdens massale seizoenstrek van vooral zangvogels.

De extra validatiesessies zijn ingevoerd zonder een specifieke sessiecode, of eventueel met code n (nacht) of o (overige, bijvoorbeeld vroege ochtend). Dit werd ook gedaan door de betreffende radartracks te selecteren en het toevoegen van info via de 'track position' invoer (zie boven): de soort(groep), het aantal, en eventuele extra info in het 'notes' veld.

3.2.3 Verwerking van de automatische classificaties van het radarsysteem

De radar geeft een automatische classificatie aan alle tracks, waaronder in geval van vogels 'Flock', 'Large bird', 'Medium bird' en 'Small bird', naast ook 'Insects'.

Om de correctheid van de automatische classificatie van de vogels na te gaan, werd nadien in de database deze classificatie vergeleken met de informatie over soort(groep) en aantal die de waarnemer aan de radartrack toevoegde. Voor deze controle konden alle gevalideerde tracks worden gebruikt (vaste en extra sessies, zie verder). Hieronder worden de criteria voor het beoordelen van de automatische classificatie van het radarsysteem toegelicht.

- 'match': De visuele waarneming is gelijk met de radar classificatie. Voorbeelden: 1 grote vogel (bijvoorbeeld zilvermeeuw) die door de radar ook als 1 grote vogel werd geclassificeerd; of bv. 1 vleermuis die door de radar geclassificeerd is als 1 kleine vogel.

- '± match': De visuele waarneming wijkt nauwelijks af van de radar classificatie. Voorbeelden: 1 vleermuis die door de radar geëclassificeerd is als 1 kleine vogel; 1 grote vogel (bijvoorbeeld zilvermeeuw) die door de radar als middelgrote vogel werd geëclassificeerd; 2-4 vogels die door de radar als 1 vogel werden geëclassificeerd; of bv. 1 vleermuis die door de radar als een insect werd geëclassificeerd (hier in meeste gevallen).
- 'no match': De visuele waarneming wijkt duidelijk af van de radar classificatie. Voorbeelden: 1 grote vogel (bijvoorbeeld zilvermeeuw) die door de radar als 1 kleine vogel werd geëclassificeerd; een groep van >4 vogels die door de radar als 1 vogel werden geëclassificeerd; 2-4 vogels die door de radar als middelgrote vogel werden geëclassificeerd; of bv. als een vogel als 'aircraft', 'fast target', 'slow target', 'vehicle', of 'unknown' werd geëclassificeerd.

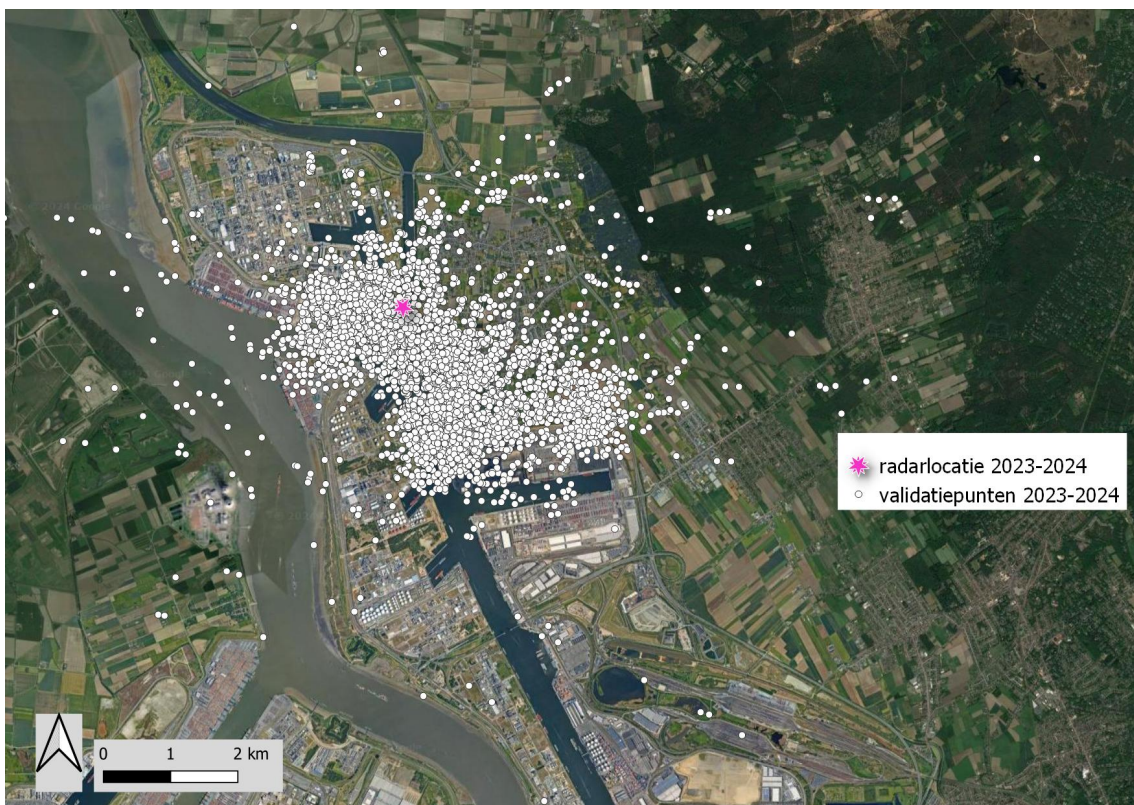
4 RESULTATEN

4.1 UITGEVOERDE VALIDATIES

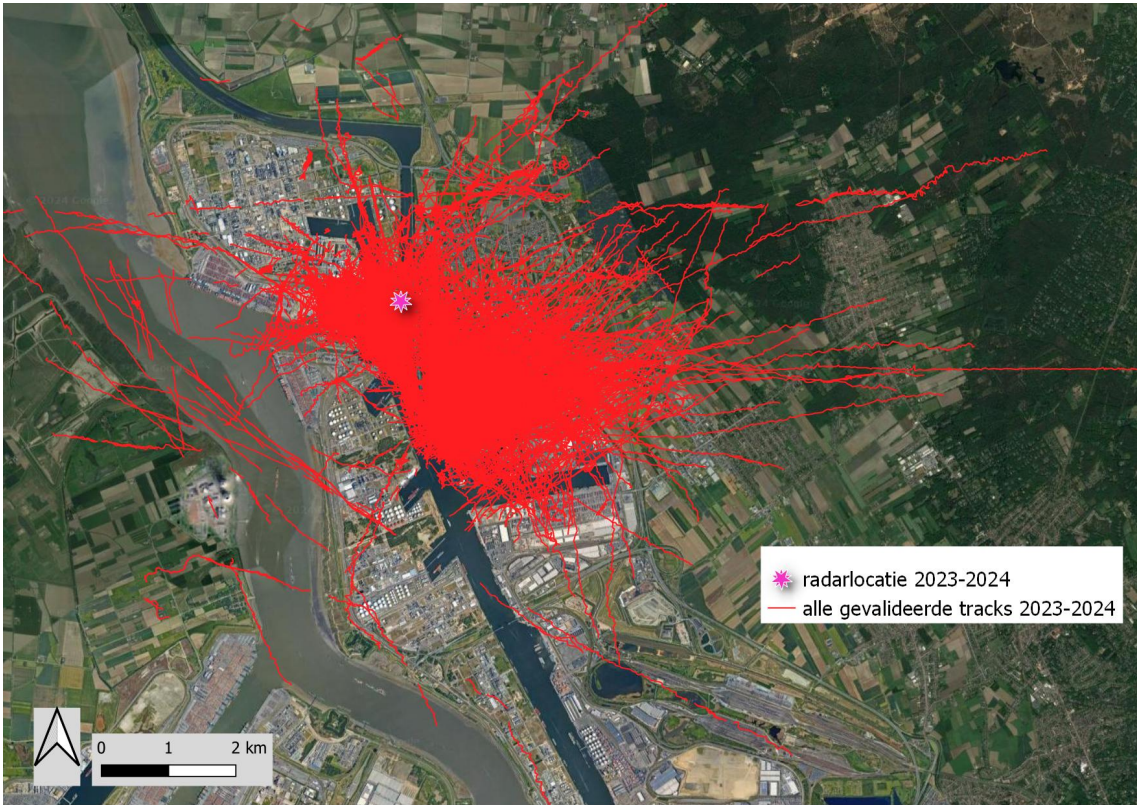
In totaal zijn 5500 observaties in het veld uitgevoerd (juli 2023 tot en met maart 2024). Dit zijn observaties die de radar ook detecteerde (zowel echte vogels als valse vogel- of vleermuis- radartracks) en observaties waarbij de radar niets detecteerde.

Figuur 4.1 toont de puntlocaties van alle validaties (locatie van een vogel of vleermuis of valse vogel/vleermuis-track op het moment van elke validatie). Een ruimtelijk overzicht van alle daaraan gerelateerde gevalideerde radartracks - bv. de volledige gedetecteerde vliegroute van vogels maar ook een aantal valse vogeltracks (zie ook verder) is weergegeven in figuur 4.2.

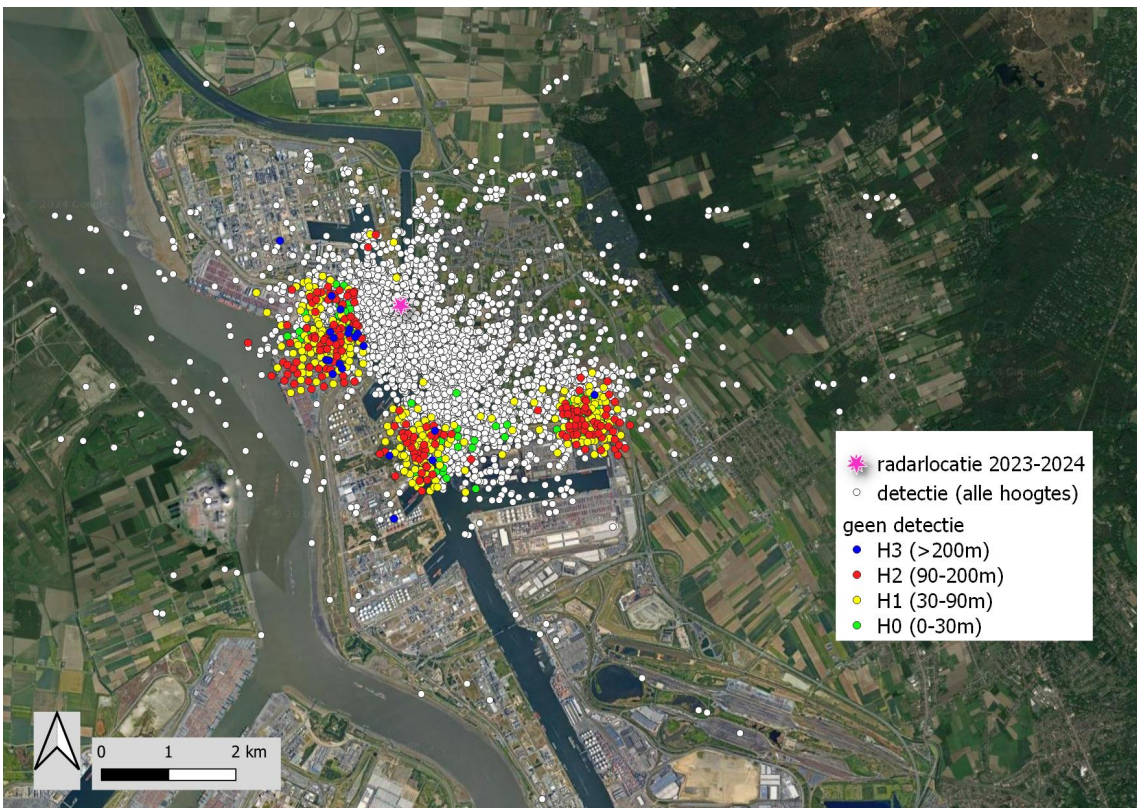
Het verschil tussen de puntlocaties van de observaties die door de radar ook effectief werden gedetecteerd en van deze die niet door de radar werden gedetecteerd, is weergegeven in figuur 4.3. Deze figuur geeft al een eerste ruimtelijk beeld van het verschil in detectiecapaciteit van de radar in het focusgebied. In alle uiteindelijk gebruikte telcirkels (nr. 8, 9, 10) was er lokaal in bepaalde gedeeltes van de telcirkels een slechte detectie, ook op rotorhoogte van nabije windturbines (zie ook verdere bespreking in deel 4.2).



Figuur 4.1: Puntlocaties van alle validaties (locatie op moment van validatie) in juli 2023 - maart 2024.



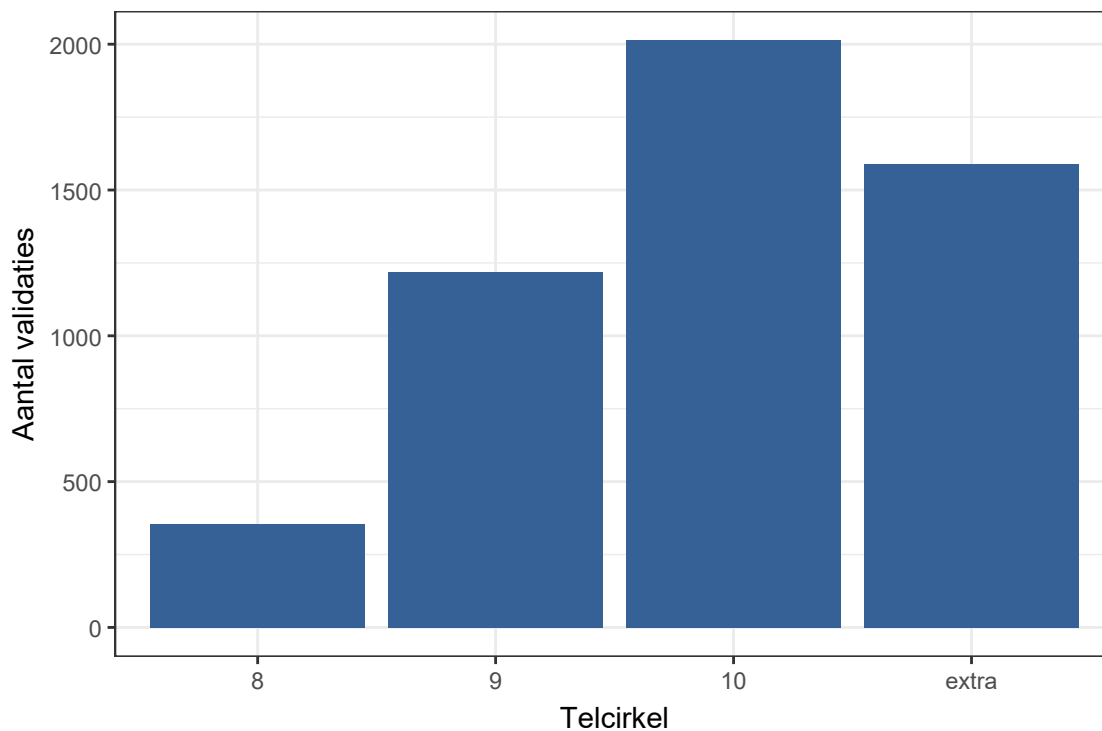
Figuur 4.2: Alle gevalideerde radartracks in juli 2023 - maart 2024.



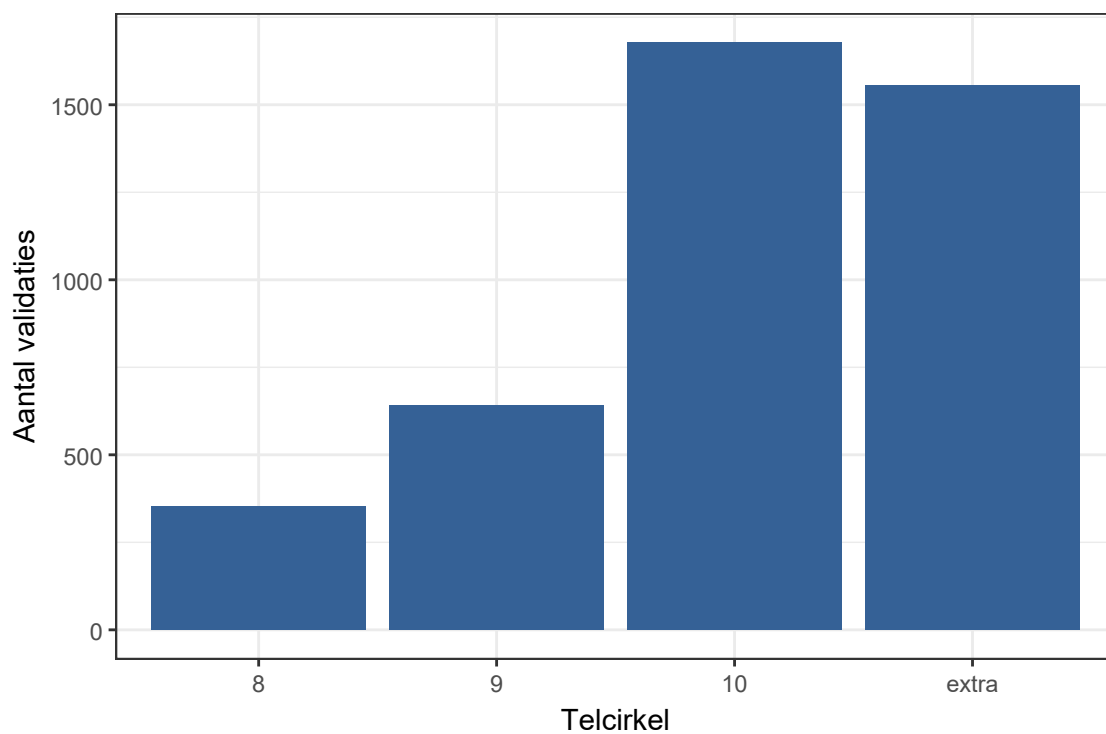
Figuur 4.3: Puntlocaties van alle validaties (locatie op het moment van elke validatie), de witte punten zijn observaties die door de radar effectief werden gedetecteerd, de gekleurde punten zijn observaties die door de radar niet werden gedetecteerd, juli 2023 - maart 2024.

Figuur 4.4 toont het totaal aantal observaties vanuit ieder van de vaste telpunten bij alle validatiesessies, inclusief valse vogeltracks. Daarnaast zijn er ook nog observaties die buiten deze telpunten zijn verricht (tijdens de extra validatiesessies).

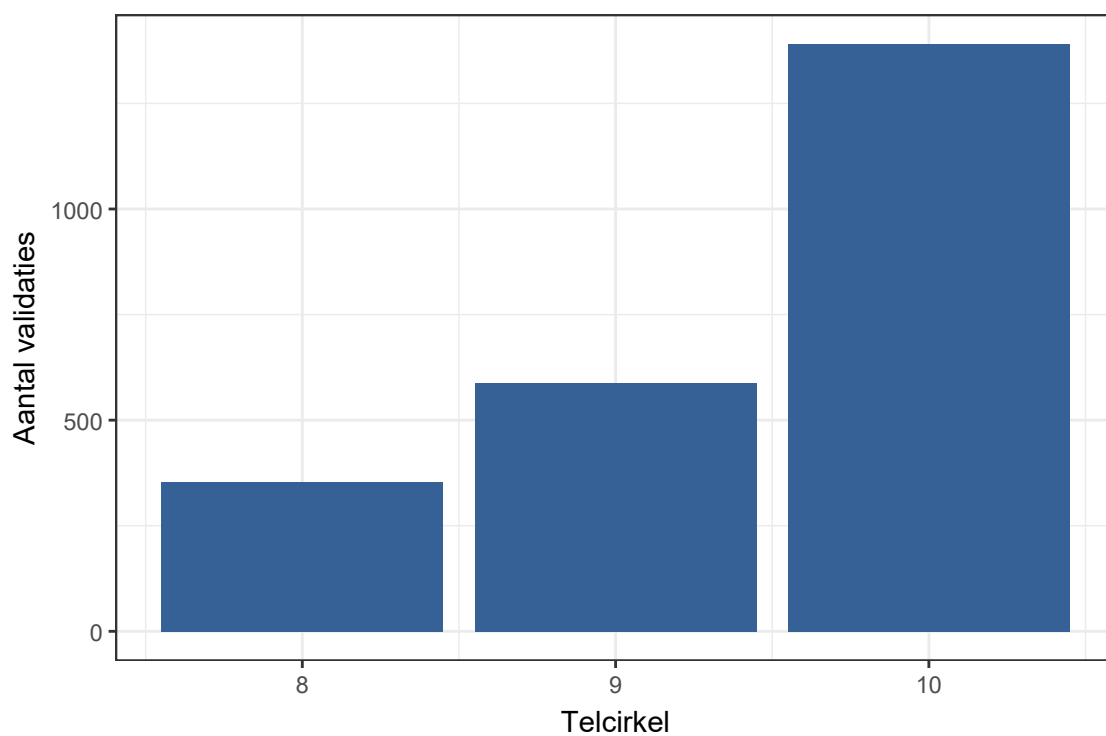
Figuur 4.5 toont daarvan enkel de observaties van echte vogels, dus zonder deze die het radarsysteem verkeerdelijk als vogel classificeerde. Om de detectiecapaciteit van de radar te beoordelen, kunnen hiervan enkel de 'visueel vs. radar' sessies meegenomen worden. Dit aantal is weergegeven in Figuur 4.6. Alle gevalideerde zekere vogels en vleermuizen (excl. valse vogeltracks, zie deel 4.5) staan in tabel 4.1.



Figuur 4.4: Aantal validaties (incl. valse vogeltracks) per telpunt (telcirkel) in juli 2023 - maart 2024.



Figuur 4.5: Aantal validaties van zekere vogels per telpunt (telcirkel) in juli 2023 - maart 2024.



Figuur 4.6: Aantal validaties van zekere vogels, hier enkel de 'visueel vs. radar' validatiesessies.

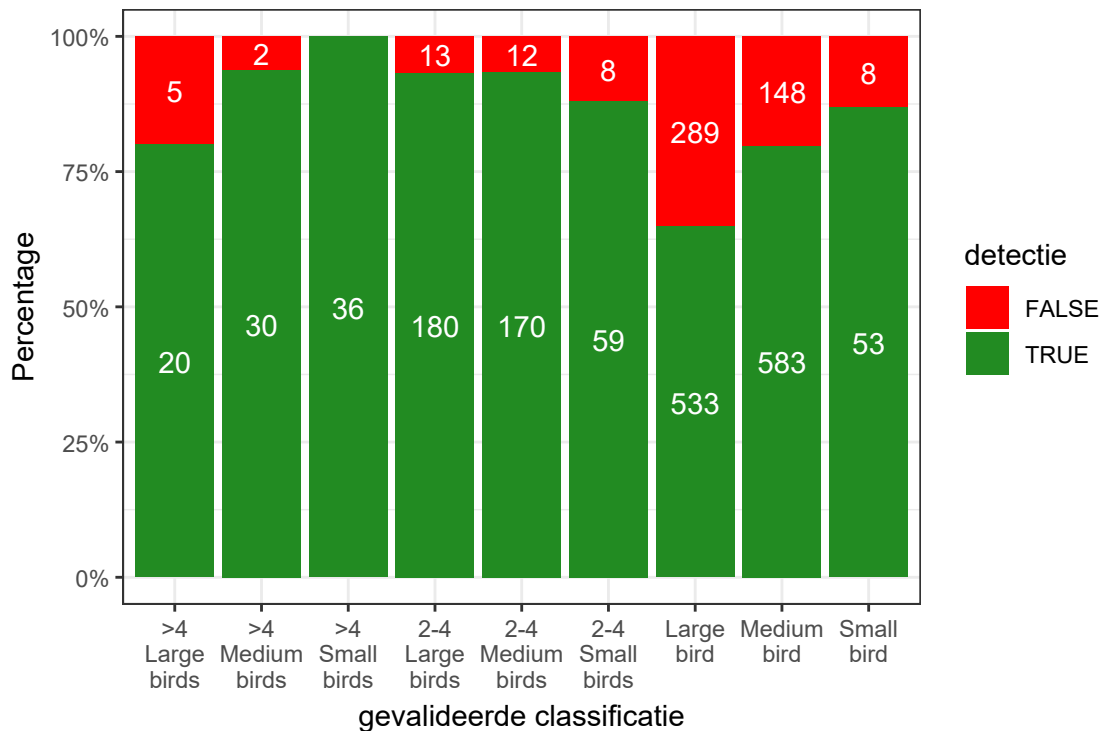
Tabel 4.1: Aantal validaties per soort in juli 2023 - maart 2024 (excl. valse vogeltracks).

| Soort | Aantal | Soort | Aantal |
|--------------------|--------|-------------------|--------|
| aalscholver | 53 | kolgans | 240 |
| blauwe reiger | 28 | koperwiek | 30 |
| boerenwaluw | 19 | kraanvogel | 33 |
| boomleeuwerik | 1 | krakeend | 3 |
| boomvalk | 5 | lijster | 93 |
| bruine kiekendief | 11 | meerkoet | 5 |
| buizerd | 16 | middelgrote vogel | 11 |
| canada gans | 21 | nijlgans | 2 |
| duif spec | 13 | ooievaar | 5 |
| eend spec | 80 | raaf | 1 |
| gaai | 1 | reiger spec | 2 |
| gans spec | 127 | roerdomp | 1 |
| geen vogel | 337 | scholekster | 2 |
| gierzwaluw | 6 | slechtvalk | 7 |
| goudplevier | 4 | smient | 3 |
| graspieper | 8 | sperwer | 10 |
| grauwe gans | 211 | spreeuw | 42 |
| grote lijster | 2 | stormmeeuw | 60 |
| grote meeuw | 11 | torenvalk | 6 |
| grote vogel | 2 | uil spec | 2 |
| grote zilverreiger | 8 | veldleeuwerik | 100 |
| havik | 7 | vink | 121 |
| holenduif | 82 | vleermuis spec | 25 |
| houtduif | 62 | watersnip | 1 |
| kauw | 340 | wilde eend | 21 |
| kievit | 97 | wintertaling | 6 |
| kleine mantelmeeuw | 125 | wulp | 1 |
| kleine meeuw | 4 | zanglijster | 22 |
| kleine vogel | 3 | zilvermeeuw | 915 |
| kokmeeuw | 712 | zwarte kraai | 6 |
| | | zwartkopmeeuw | 57 |

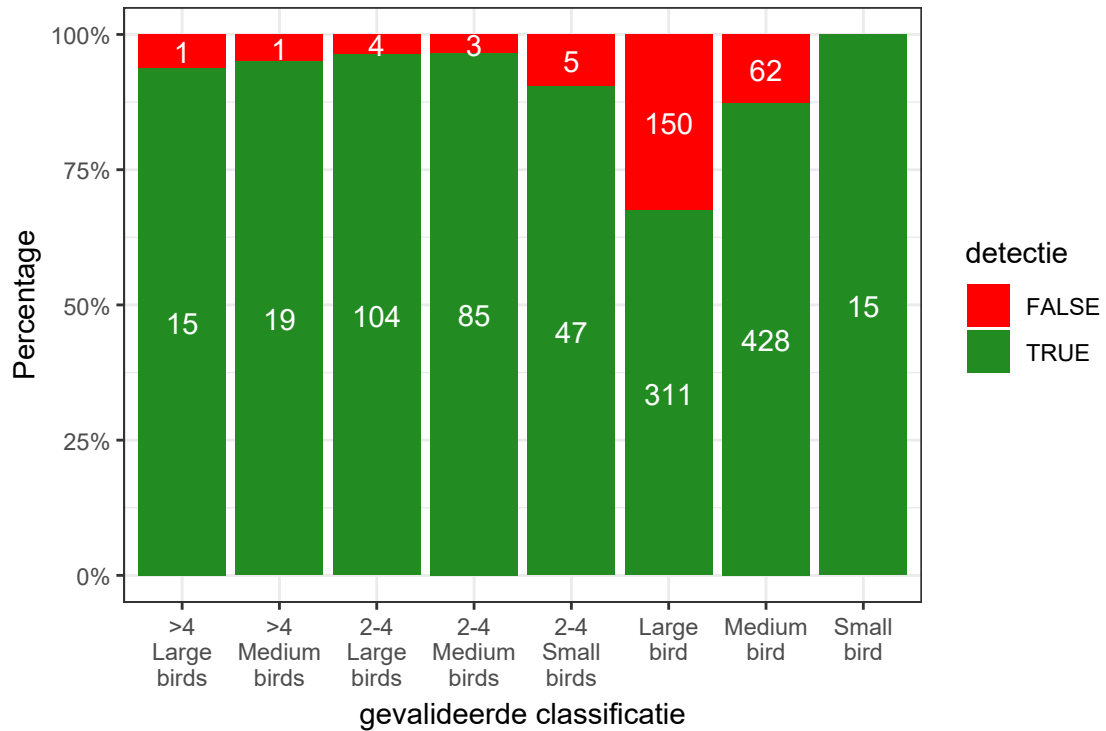
4.2 DETECTIECAPACITEIT VAN DE RADAR

De capaciteit van de radar om vogels (en vleermuizen) te detecteren is hier bepaald op basis van de validatiesessies 'visueel vs. radar'. Zoals te verwachten is de detectiecapaciteit van groepjes vogels (min. 2 vogels) beter dan individuele vogels. Figuur 4.7 toont de detectiecapaciteit voor de verschillende vogelklassen (in alle telcirkels samen en zonder onderscheid in hoogte). Het relatief beste radarzicht was er in telcirkel 10 ter hoogte van de windturbines aan de Zandvlietsluis (Figuur 4.8). Het radarzicht in telcirkels 8 en 9 was matig tot zwak voor de hoogteklassen H0 en H1, maar (lokaal) goed tot zeer goed op hoogte H2 en H3. In alle drie de telcirkels was het radarzicht in bepaalde zones echter zwak, omwille van o.a. verstorende objecten (zie verder). Het is alleszins belangrijk om ook de detectiecapaciteit per telcirkel en hoogteklasse apart te bekijken (zie ook verder). Een algemeen overzicht van de detectiecapaciteit per telcirkel is weergegeven in figuur 4.9.

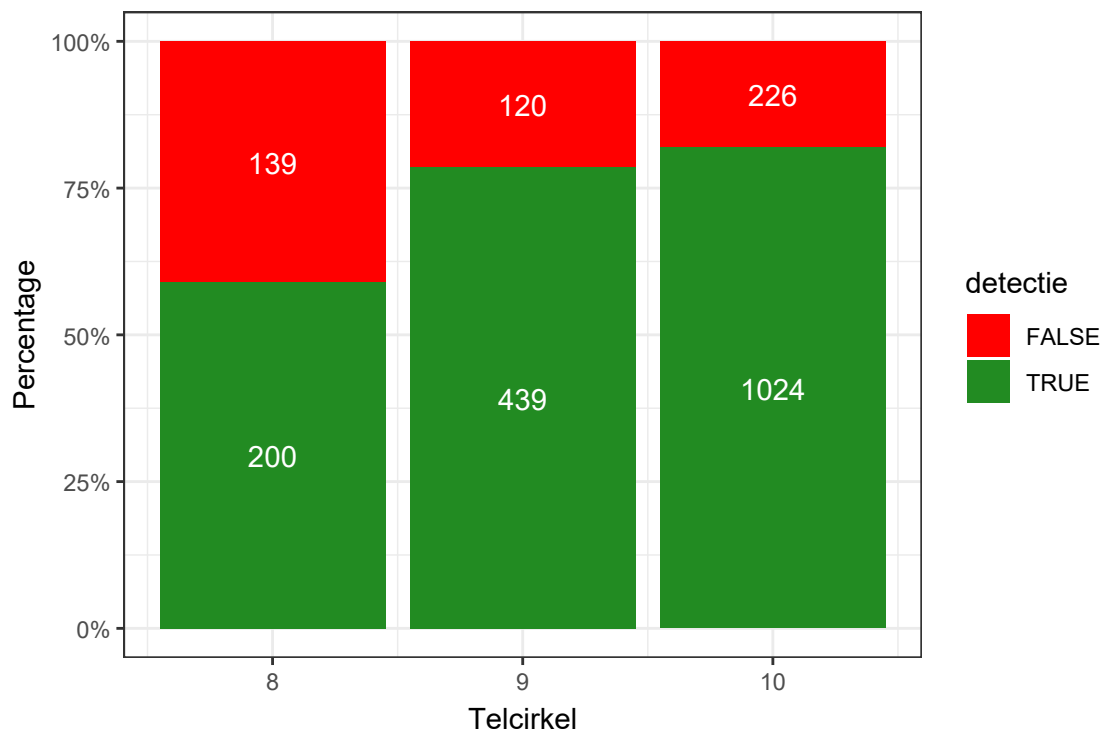
Als vereenvoudiging om o.a. het verschil tussen de telcirkels beter te kunnen zien, is in de onderstaande resultaten de laagste hoogteklasse (H0: 0-30 m) niet meegenomen. Globaal was de detectiecapaciteit in deze hoogteklasse minder dan in de meest belangrijke (in functie van de impact door windturbines) hoogteklassen H1-3.



Figuur 4.7: Vogeldetectie capaciteit per gevalideerde vogelklasse, voor alle telcirkels samen, zonder onderscheid in hoogteklasse.

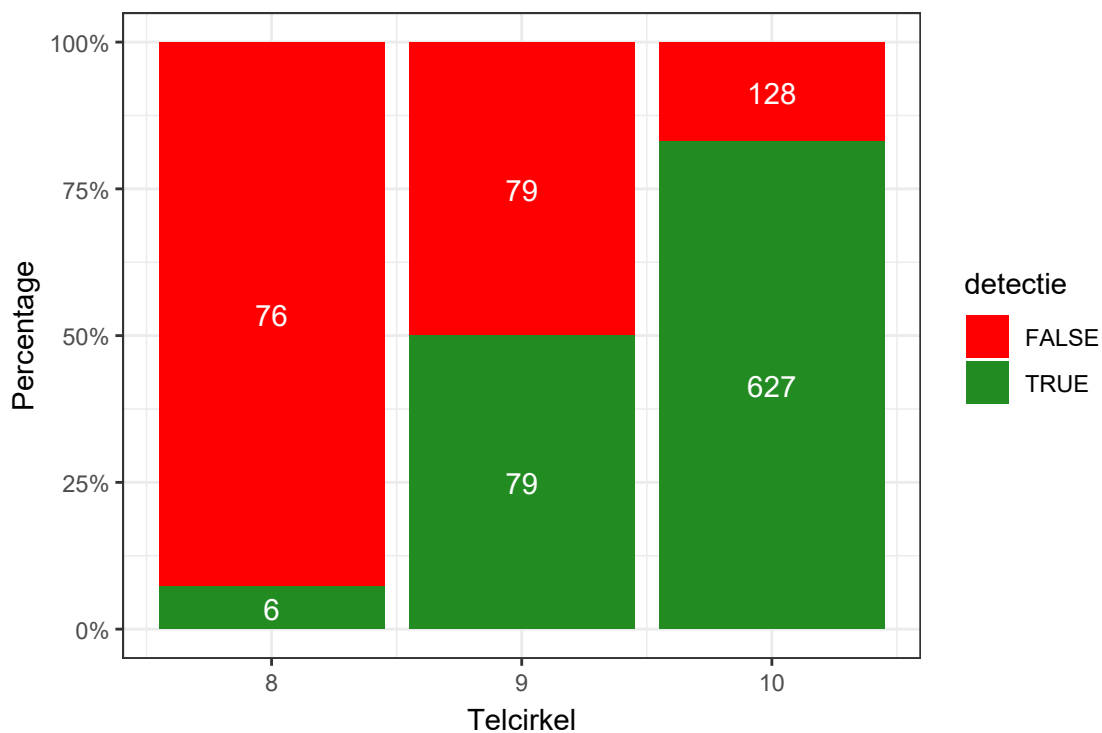


Figuur 4.8: Vogeldetectie capaciteit per gevalideerde vogelklasse, zonder onderscheid in hoogteklasse, enkel voor de telcirkel 10.

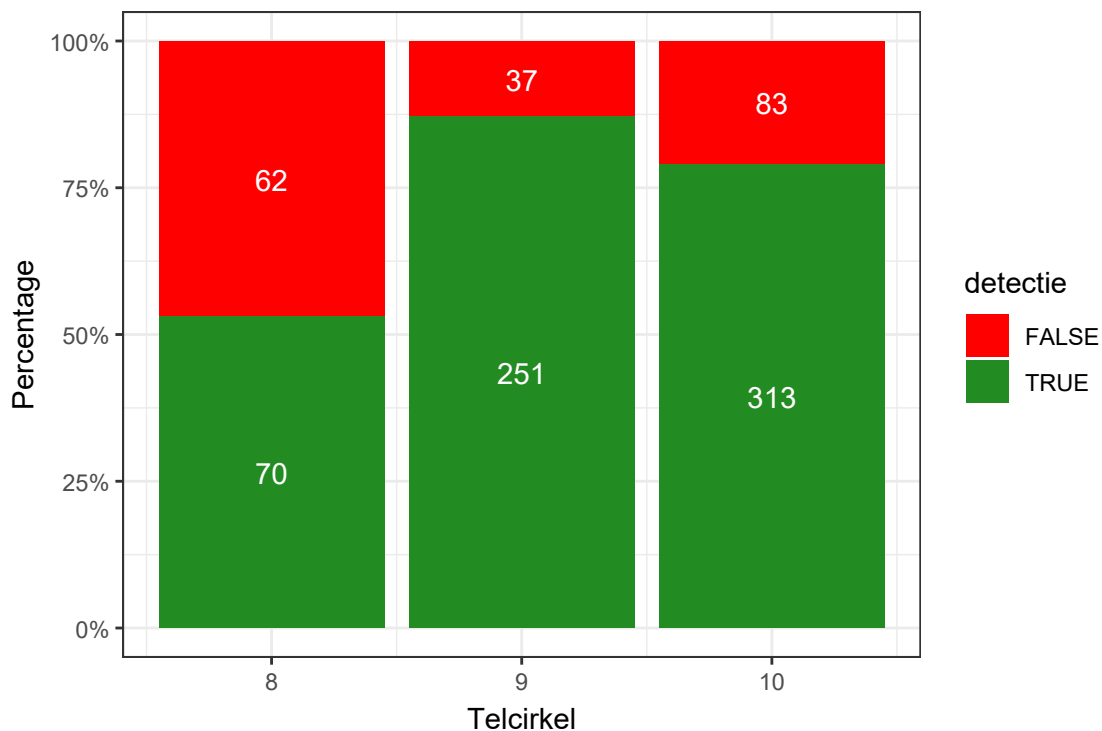


Figuur 4.9: Vogeldetectie capaciteit per telcirkel, zonder onderscheid in hoogteklasse.

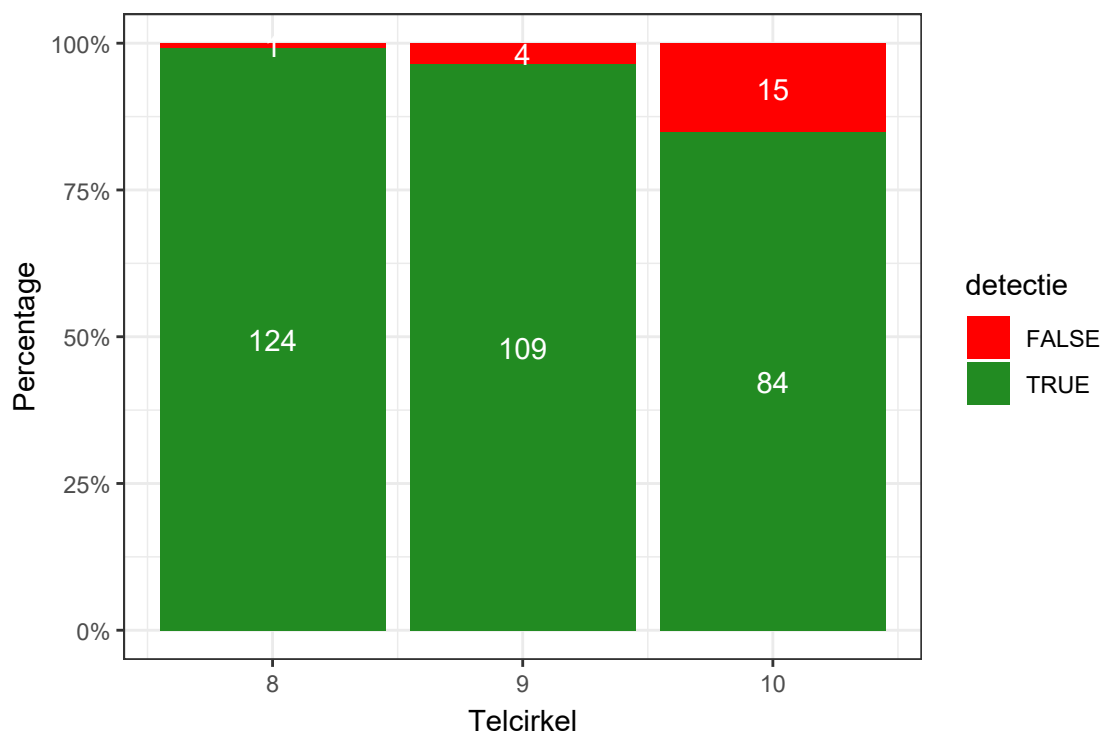
De figuren 4.10, 4.11, en 4.12 tonen de detectiecapaciteit voor alle vogels en vleermuizen in de verschillende telcirkels, voor respectievelijk hoogteklassen H1, H2, en H3.



Figuur 4.10: Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklasse H1

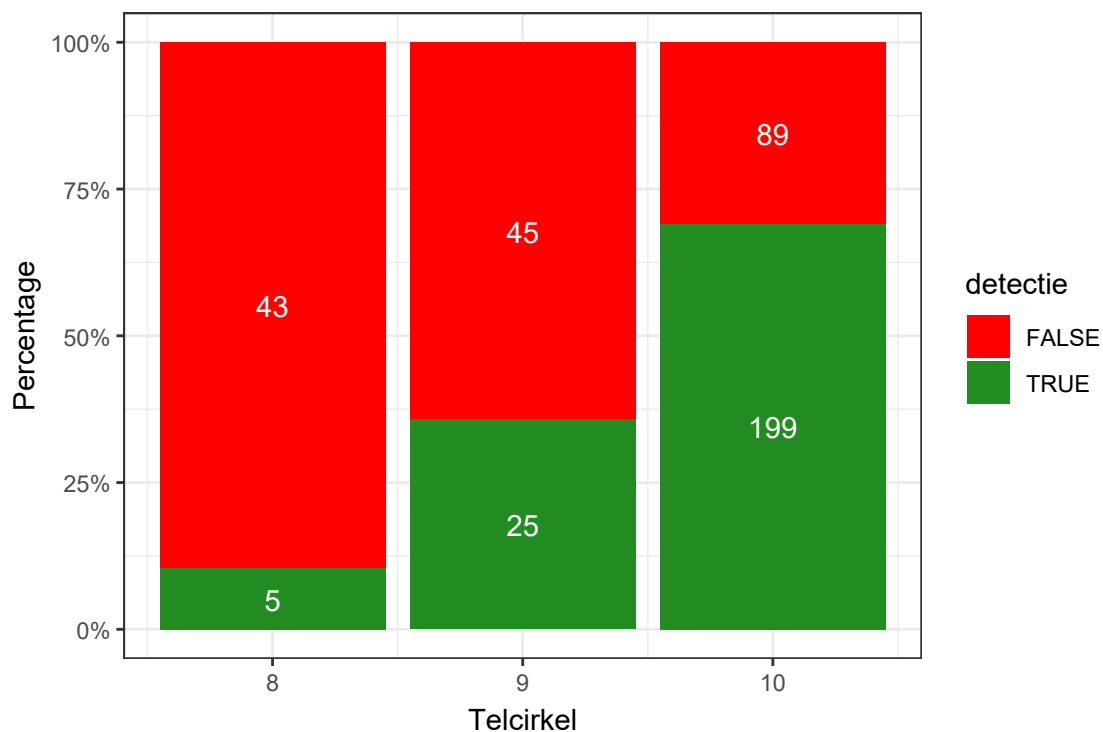


Figuur 4.11: Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklasse H2

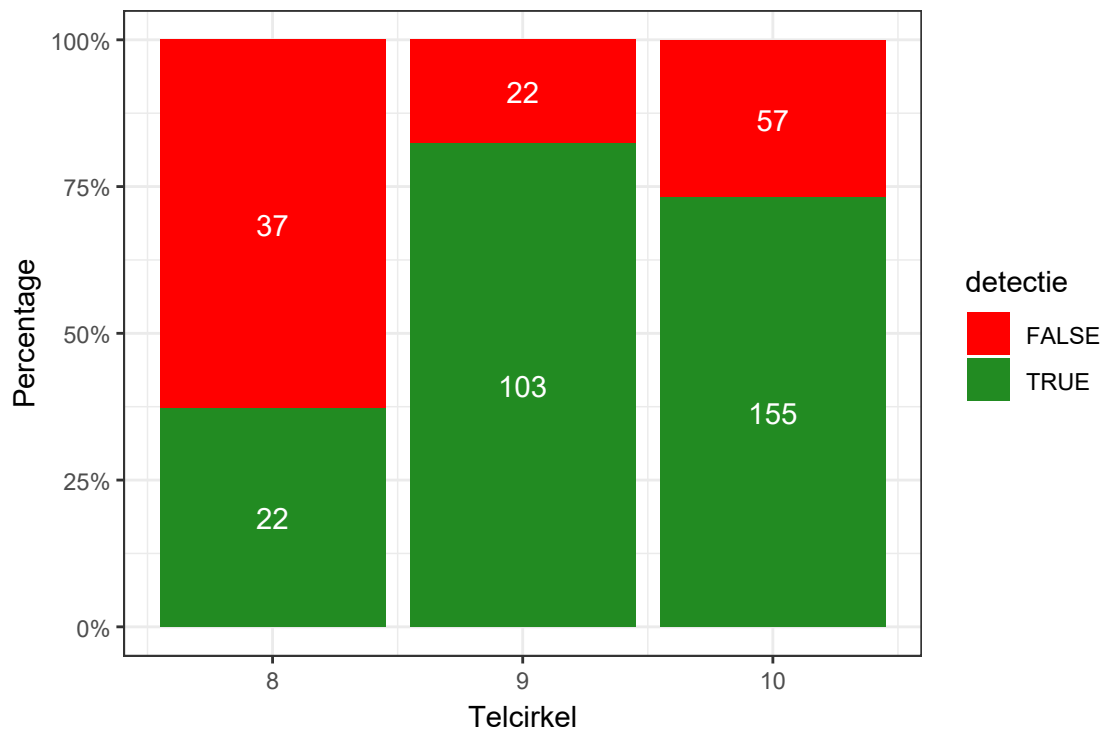


Figuur 4.12: Vogeldetectie capaciteit per telcirkel voor de hoogteklasse H3

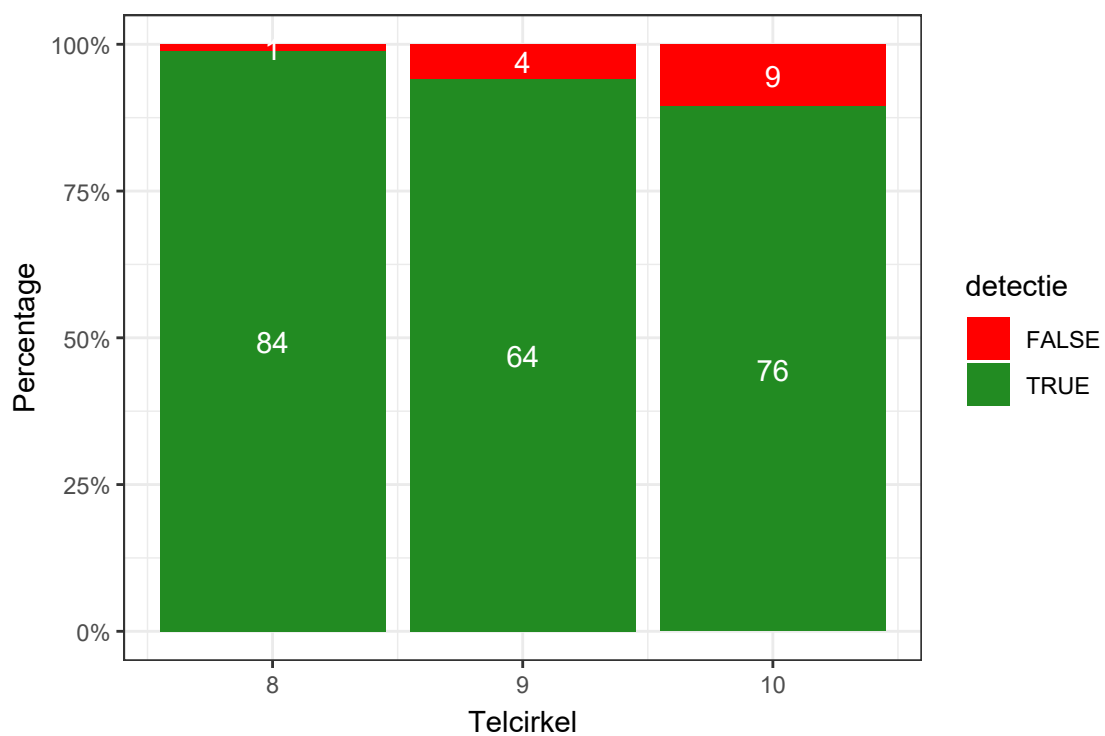
De figuren 4.13, 4.14, en 4.15 tonen de detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor respectievelijk hoogteklassen H1, H2, en H3.



Figuur 4.13: Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H1

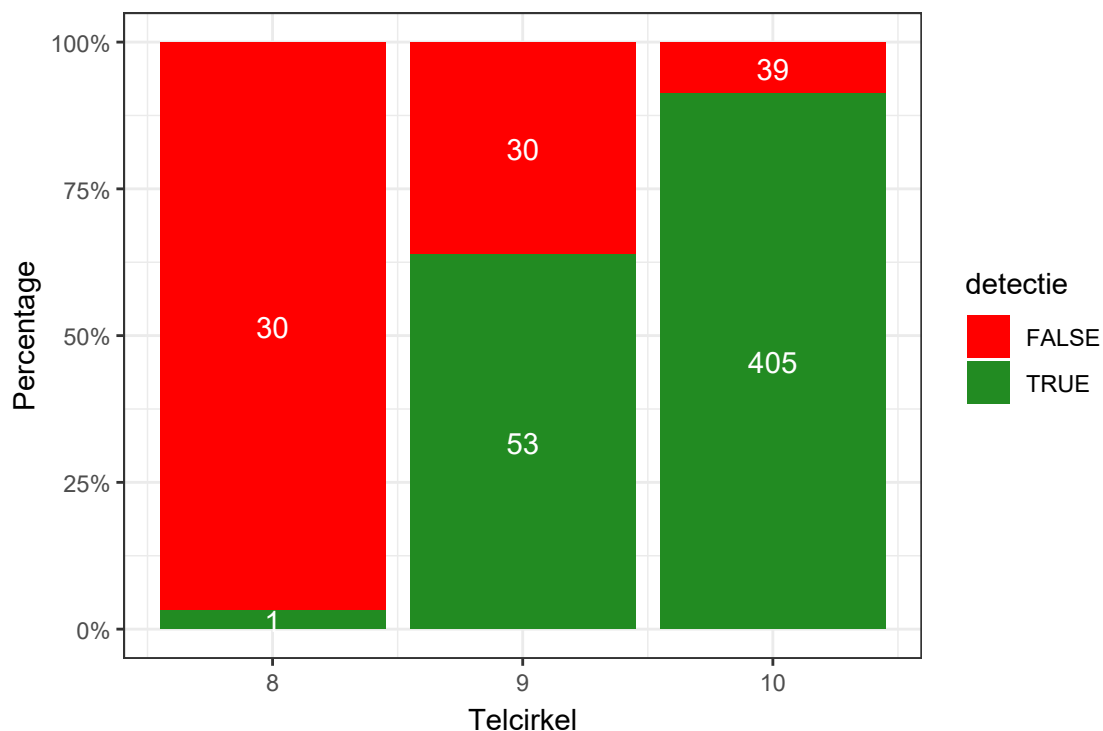


Figuur 4.14: Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H2

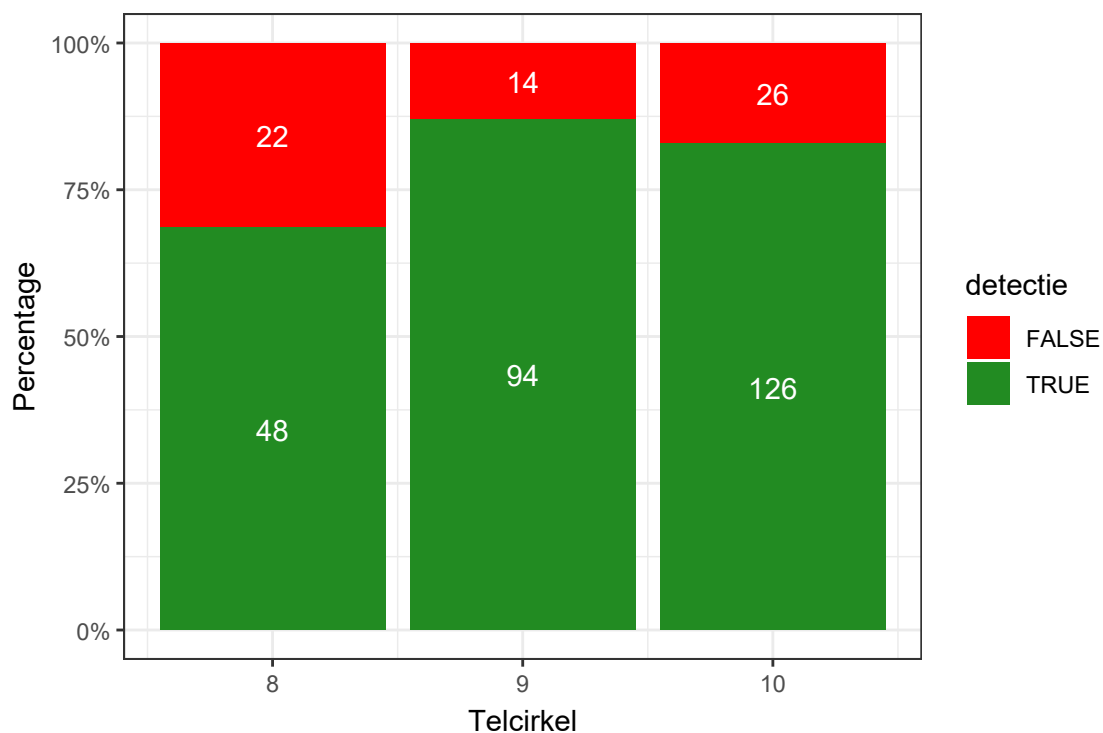


Figuur 4.15: Detectiecapaciteit voor grote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H3

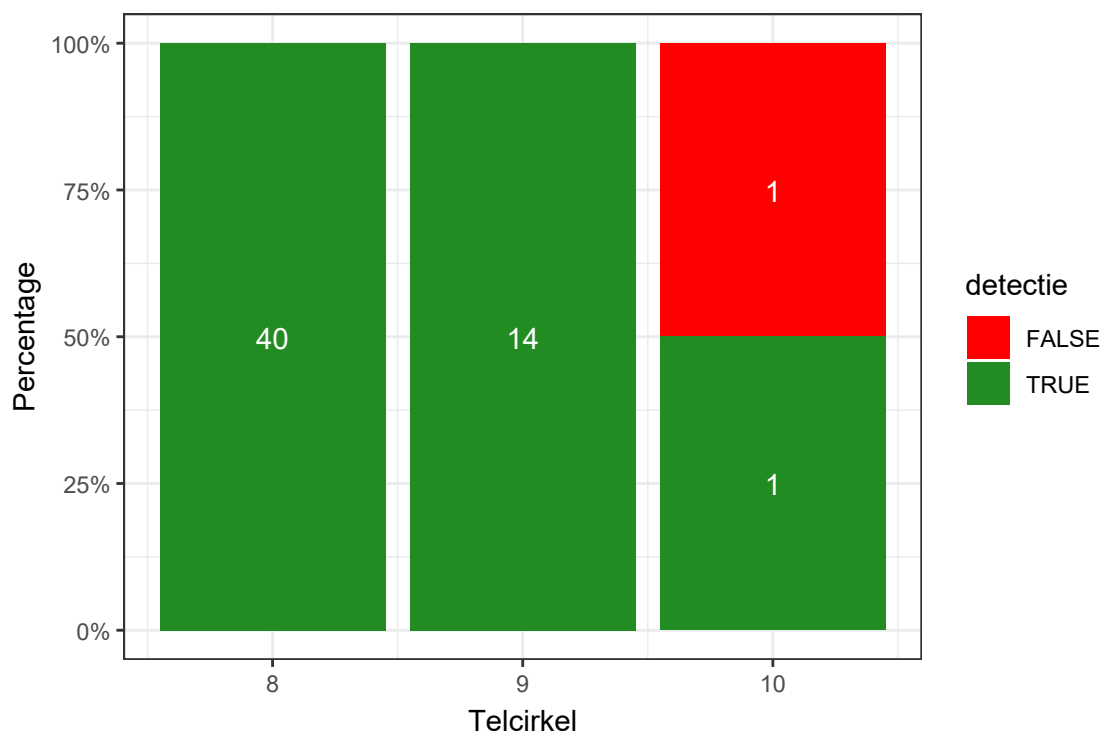
De figuren 4.16, 4.17, en 4.18 tonen de detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor respectievelijk hoogteklassen H1, H2, en H3. We zien hier een gelijkaardig resultaat als bij grote vogels.



Figuur 4.16: Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H1

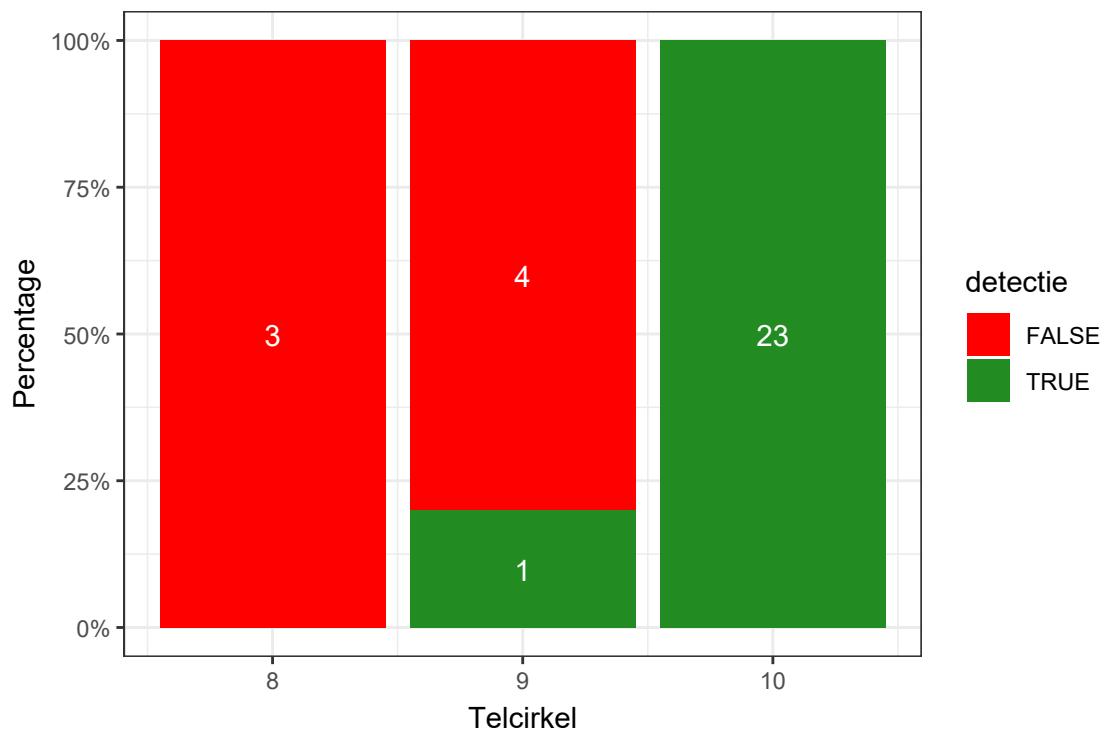


Figuur 4.17: Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H2

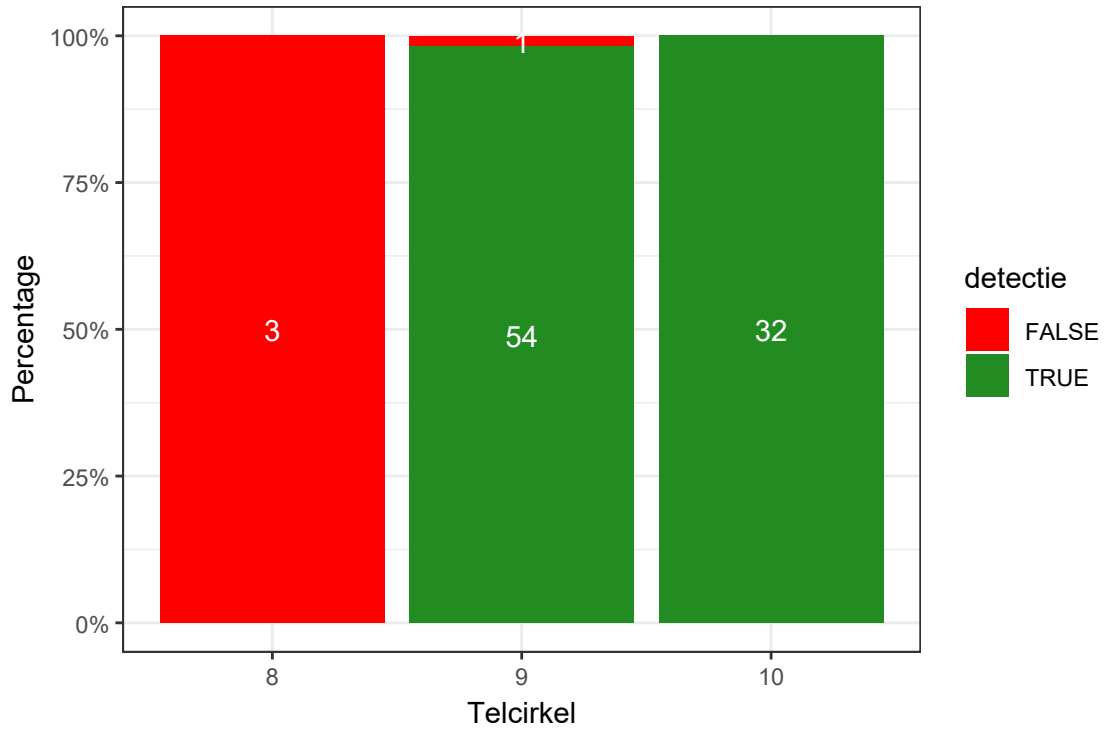


Figuur 4.18: Detectiecapaciteit voor middelgrote vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H3

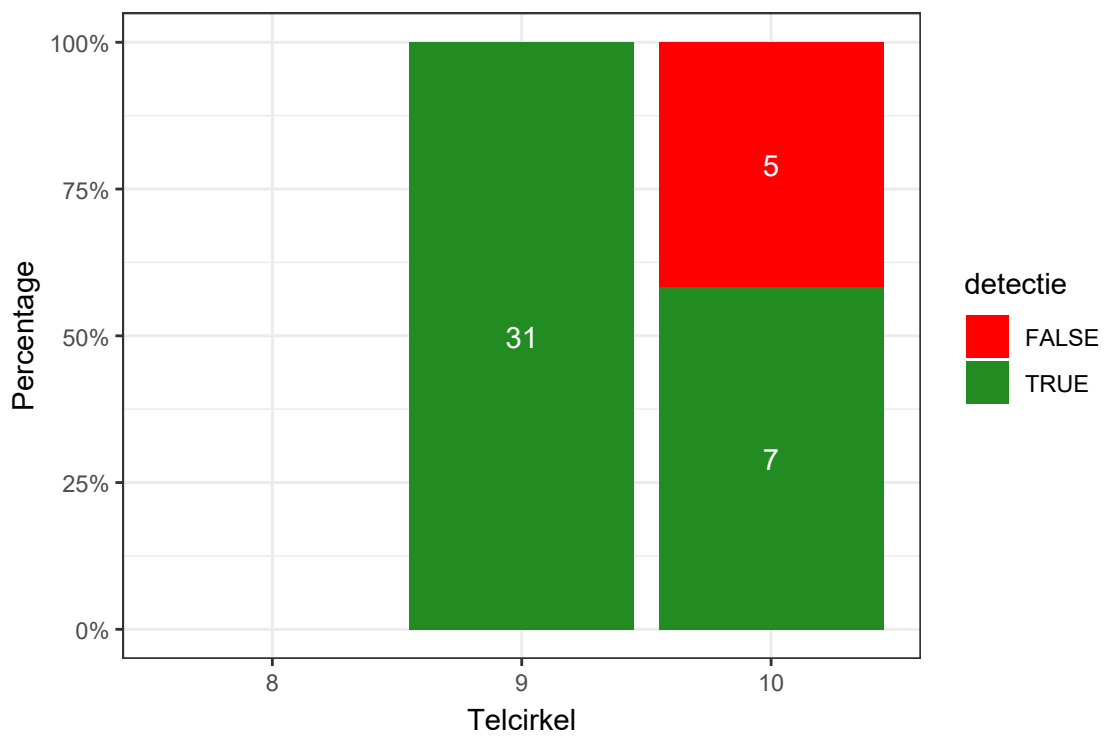
De figuren 4.19, 4.20, en 4.21 tonen de detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor respectievelijk hoogteklassen H1, H2, en H3. In telcirkel 8 waren er geen validaties van kleine vogels voor hoogteklasse H3.



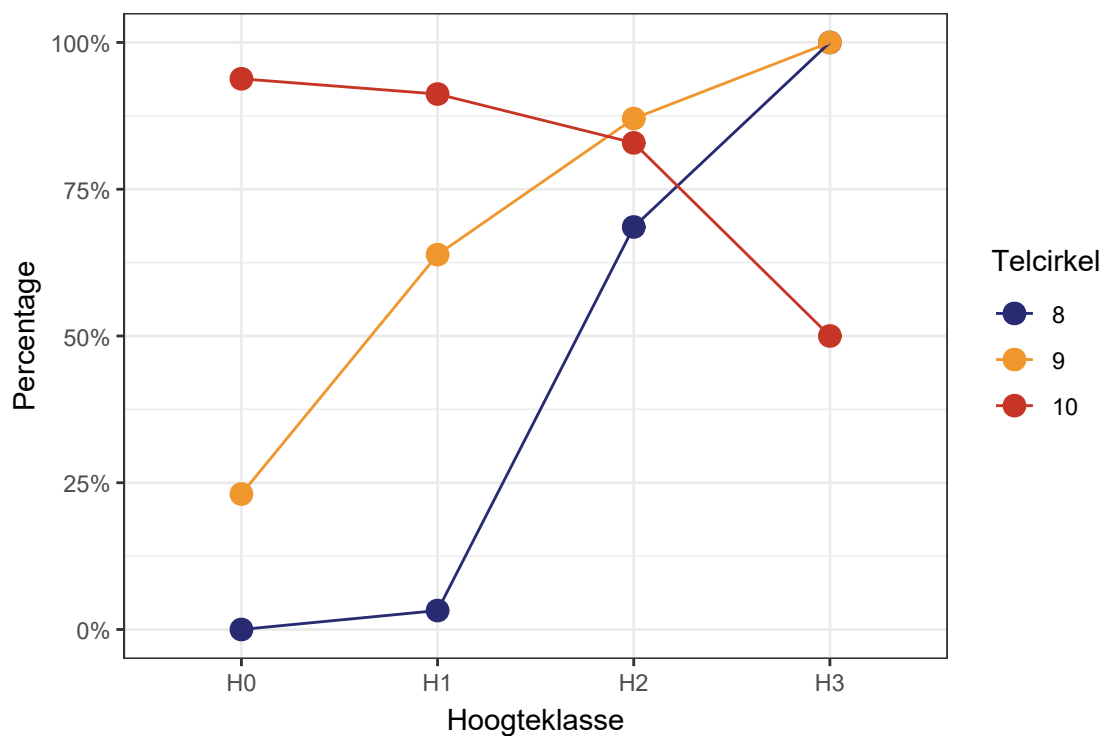
Figuur 4.19: Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H1.



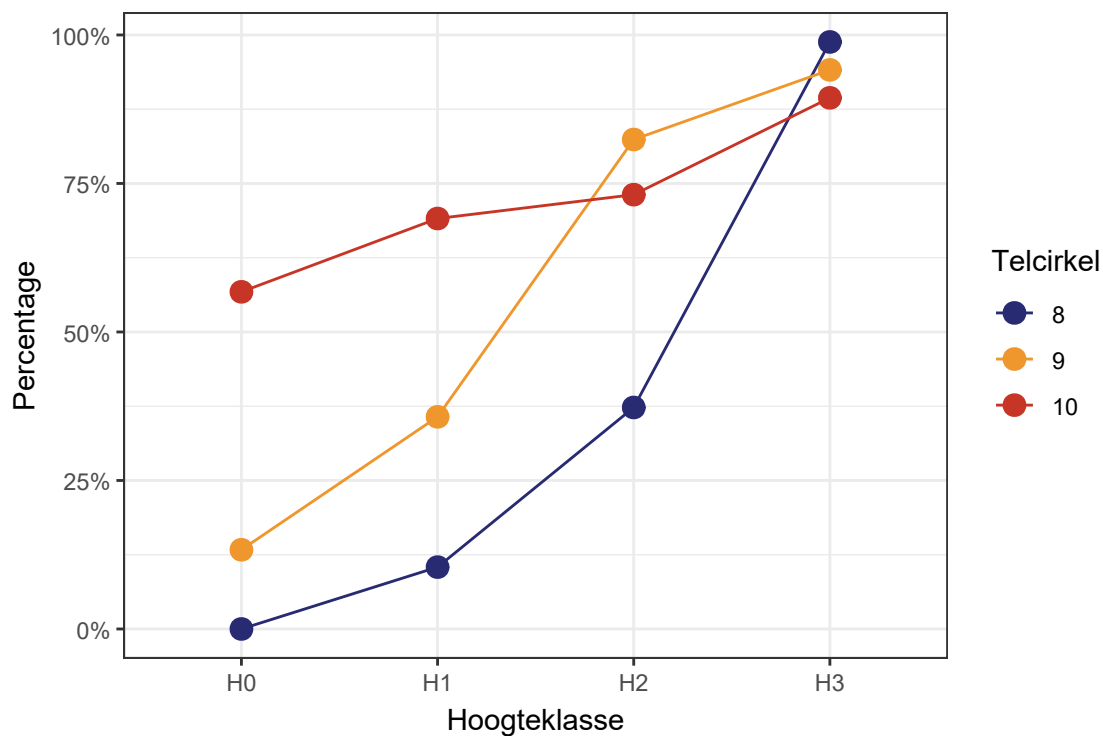
Figuur 4.20: Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H2.



Figuur 4.21: Detectiecapaciteit voor kleine vogels per telcirkel voor de hoogteklasse H3.



Figuur 4.23: Detectiecapaciteit in de telcirkels en hoogteklasse, voor de vogels met gevalideerde (werkelijke) vogelklasse 'medium bird' (duif, eend, kleine meeuw...).

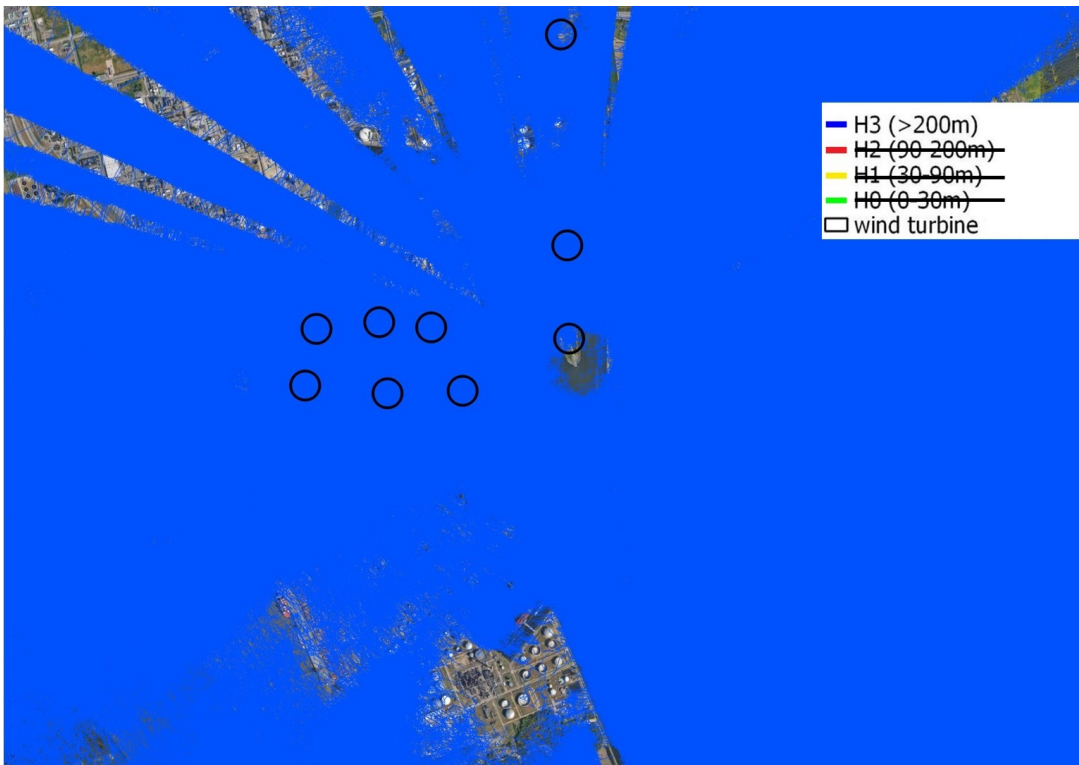


Figuur 4.24: Detectiecapaciteit in de telcirkels en hoogteklasse, voor individuele vogels met gevalideerde (werkelijke) vogelklasse 'large bird' (gans, grote meeuw, reiger...).

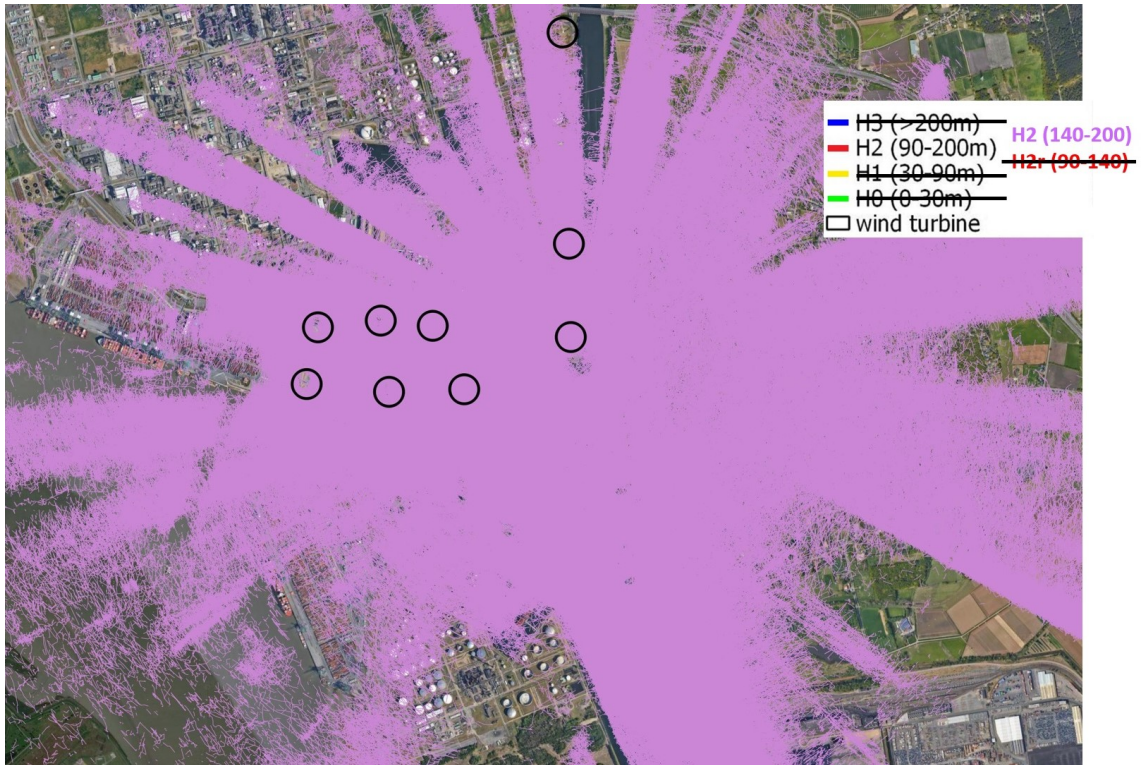
4.3 INDICATIE VOOR DE DETECTIECAPACITEIT, OP BASIS VAN EEN GROOT AANTAL RADARTRACKS

Een goed gekozen selectie van een groot aantal radartracks (ook niet gevalideerde) in het volledige aandachtsg gebied, kan ruimtelijk ook heel lokaal een indicatie geven van de detectiecapaciteit van de radar. Aandachtspunt hierbij is dat zones waar geen of minder vogels zijn gedetecteerd, niet per se een slechte detectiecapaciteit hebben. De detectiecapaciteit kan daarom het best bepaald worden met een indeling in verschillende hoogteklassen. Opvallend afgebroken ‘lege’ zones in het beeld, afhankelijk de van de hoogteklasse, geven een beeld van problemen met het radarzicht. In de figuren 4.25, 4.26, 4.27, 4.28 worden bijvoorbeeld alle radartracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 en met minimumlengte 100 m weergegeven. Hierbij is ook een onderscheid gemaakt tussen momenten waarbij wel of geen vrachtschip was aangelegd aan de westelijke kade vlakbij de radar (aanlegplaatsen aan gele blokken zoals te zien in figuur 3.5). Bij aangelegde schepen was vooral het radarzicht in westelijke richting verstoord op lage hoogte, met mogelijk ook bijkomende negatieve effecten op het globaal radarzicht.

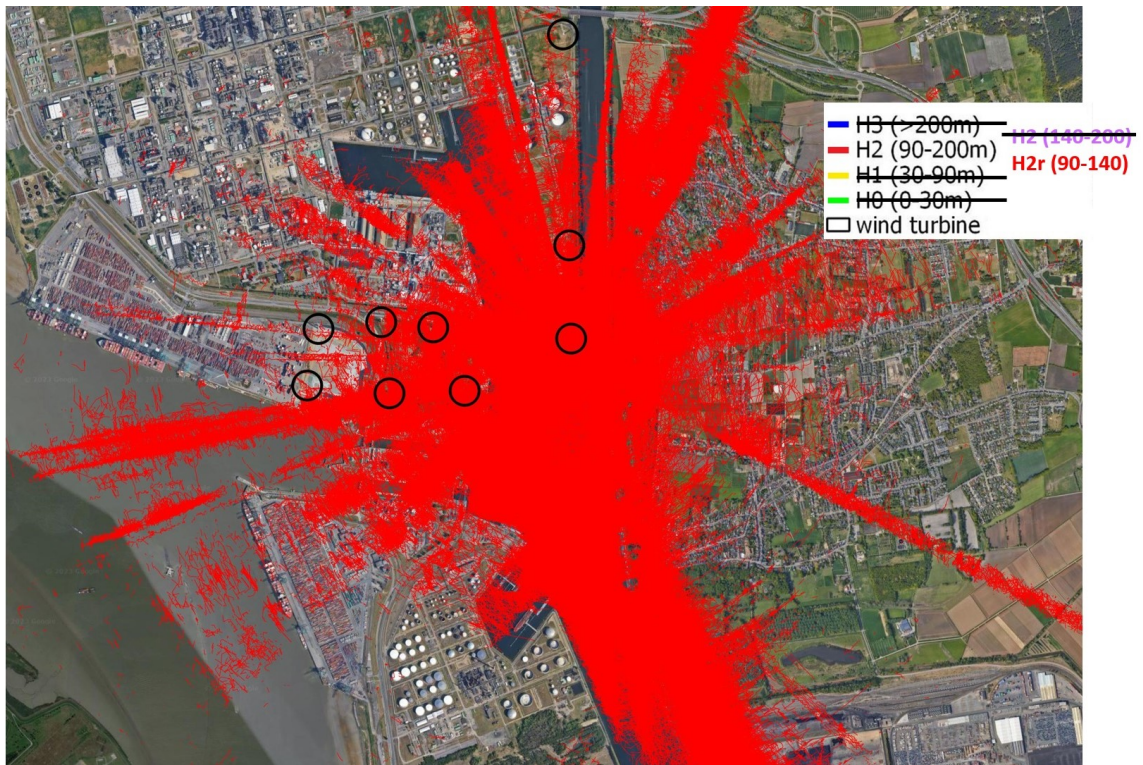
In werkelijkheid waren de ‘medium bird’ radartracks vooral grote vogels, vooral grote meeuwen (zie eerder in het hoofdstuk correctheid automatische classificatie op basis van de validaties). Door de weergave van de verschillende hoogteklassen kan de detectiecapaciteit op specifieke hoogtes beter zichtbaar kan gemaakt worden. De resultaten in het vorige hoofdstuk worden met deze figuur nog duidelijker. Het voordeel van dergelijke kaart is de ruimtelijke weergave van ook lokale problemen van het radarzicht.



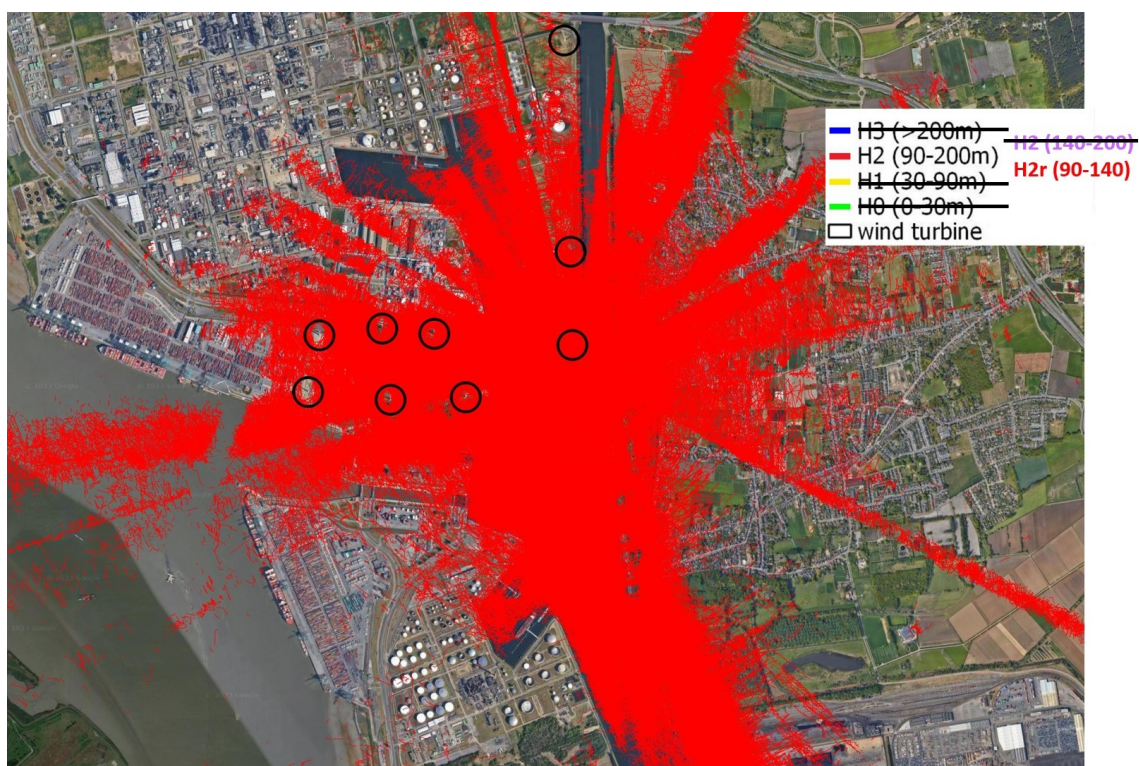
Figuur 4.25: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op hoogteklasse H3.



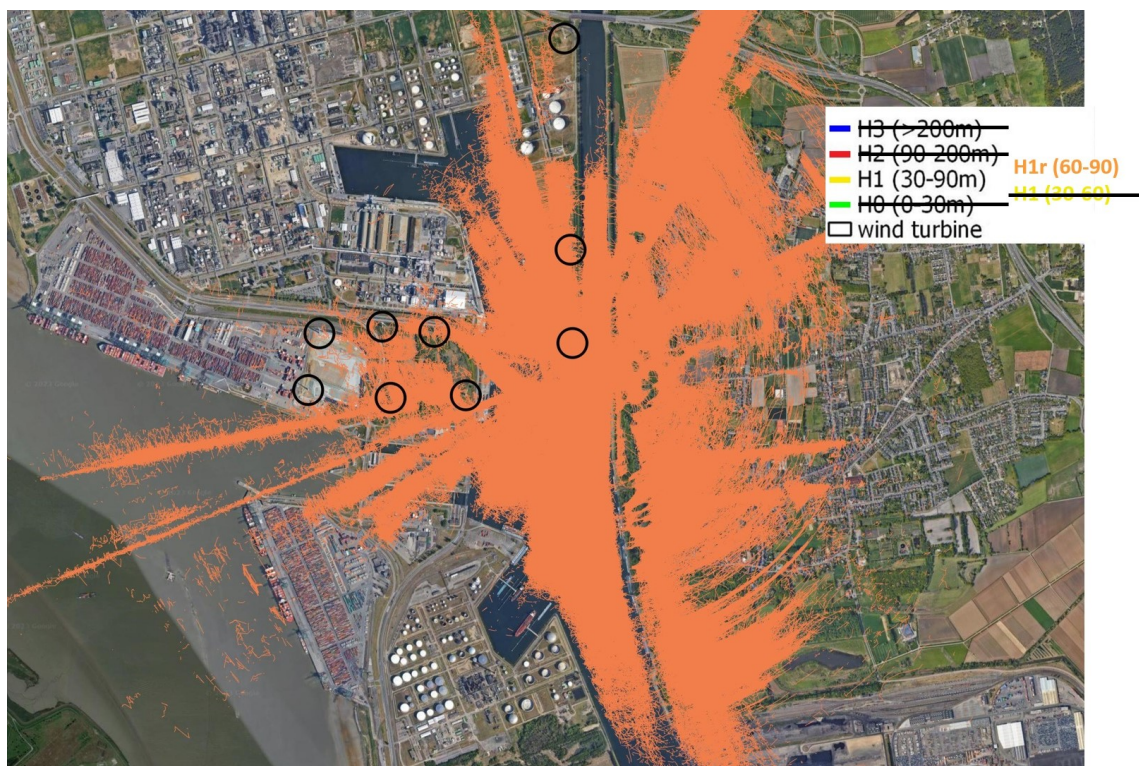
Figuur 4.26: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 140-200 m van hoogteklasse H2.



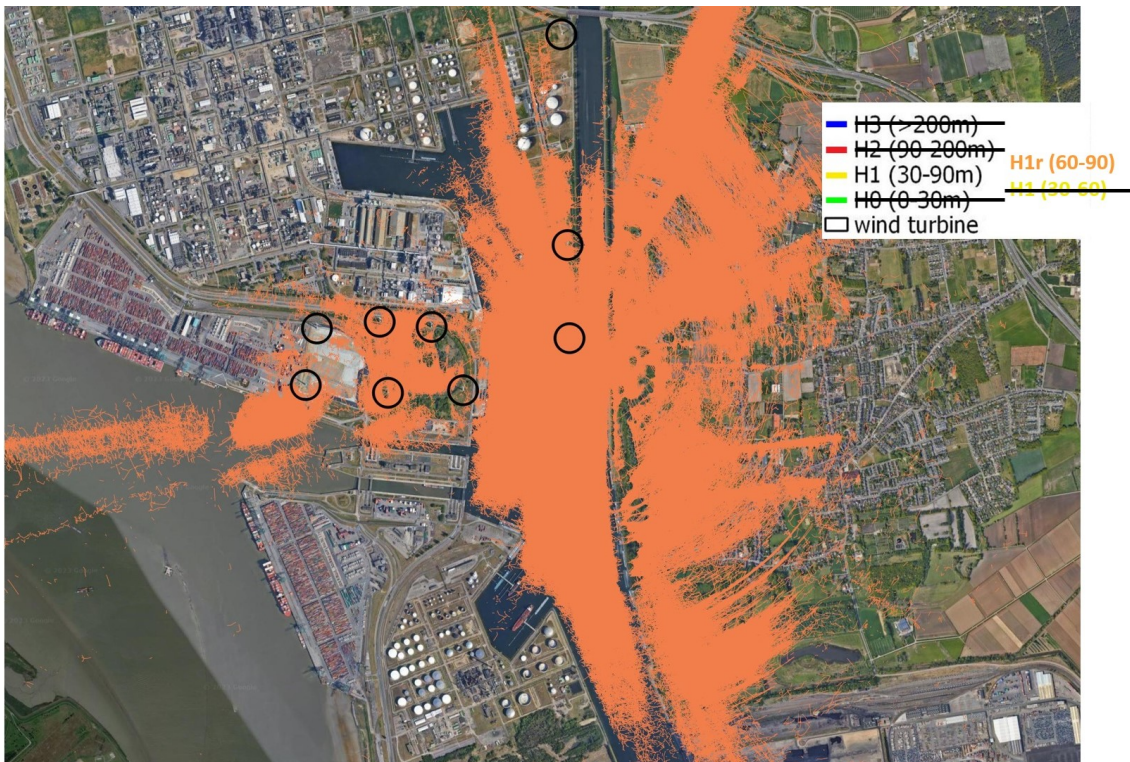
Figuur 4.27: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 90-140 m van hoogteklasse H2, op momenten dat er een aangelegd schip voor de radar lag.



Figuur 4.28: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 90-140 m van hoogteklasse H2, op momenten dat er geen aangelegd schip voor de radar lag.



Figuur 4.29: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 60-90 m van hoogteklasse H1, op momenten dat er een aangelegd schip voor de radar lag.



Figuur 4.30: Alle tracks met auto-classificatie “medium bird” in augustus 2023 met minimumlengte 100 m, op deelhoogte 60-90 m van hoogteklasse H1, op momenten dat er geen aangelegd schip voor de radar lag.

4.4 CORRECTHEID VAN AUTOMATISCHE CLASSIFICATIE

Alle gevalideerde radartracks (uit alle validatiesessies) die op basis van de visuele waarnemingen effectief vogels betroffen, staan per grootteklasse in tabel 4.2 en figuur 4.31. De beoordeling van de automatische classificatie van het radarsysteem valt ook af te lezen. Bij een ‘match’ is de classificatie volledig correct, bijvoorbeeld een grote vogel die effectief als ‘Large bird’ werd geclassificeerd door de radar. Bij ‘± match’ wijkt de automatische classificatie één klasse af (op basis van grootte van de vogel) van de werkelijkheid (of toch de grootteklasse zoals ingedeeld bij de validatie). Bij ‘no match’ wijkt de automatische classificatie minstens twee grootteklassen af.

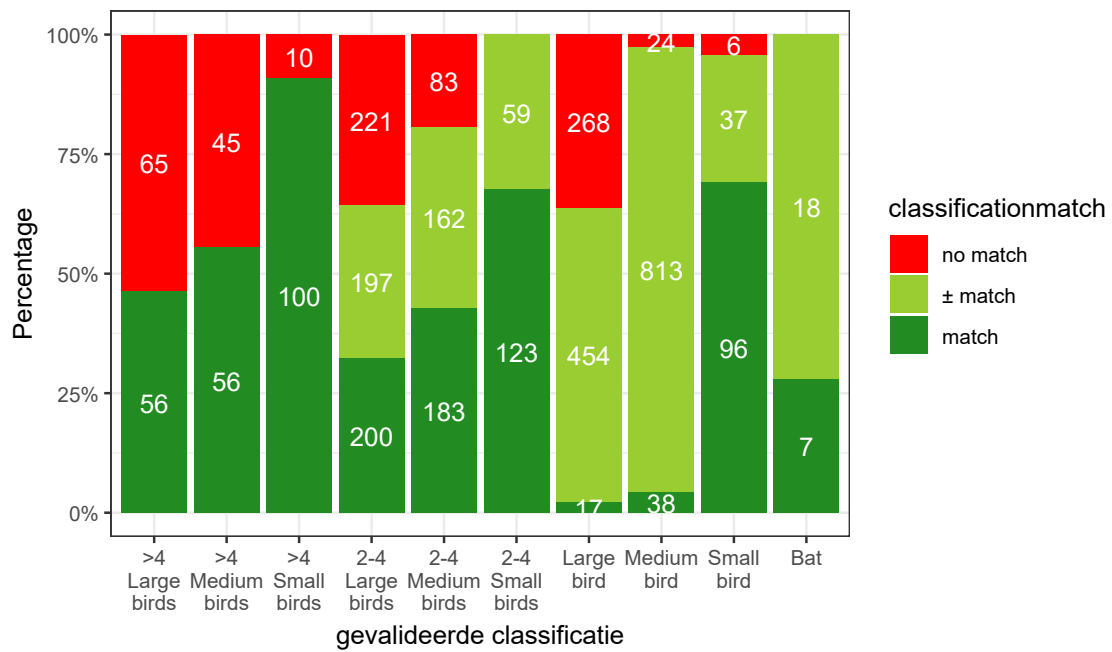
We zien dat de correctheid van de automatische classificatie heel variabel is. Het aandeel ‘geen match’ bij groepen van vogels (2-4 en >4) is opvallend groot. Hier kan echter ook een waarnemerseffect optreden omdat de waarnemer de validatie op een bepaald moment deed, terwijl de radar de classificatie doet op basis van de eigenschappen van de volledige vogeltrack. Toch werd ook ten velde regelmatig vastgesteld dat de radar bijvoorbeeld kleine groepen (2-4) van grote vogels zoals ganzen ook regelmatig als één ‘grote vogel’ of ‘middelgrote vogel’ classificeerde, en kleine groepen (2-4) van middelgrote vogels zoals eenden als één ‘middelgrote vogel’ of ‘kleine vogel’.

De correctheid van de classificatie verschilt weinig tussen de verschillende hoogteklassen, hoewel in de laagste hoogteklasse (H0) het aandeel ‘geen match’ wat groter is (Figuur 4.32).

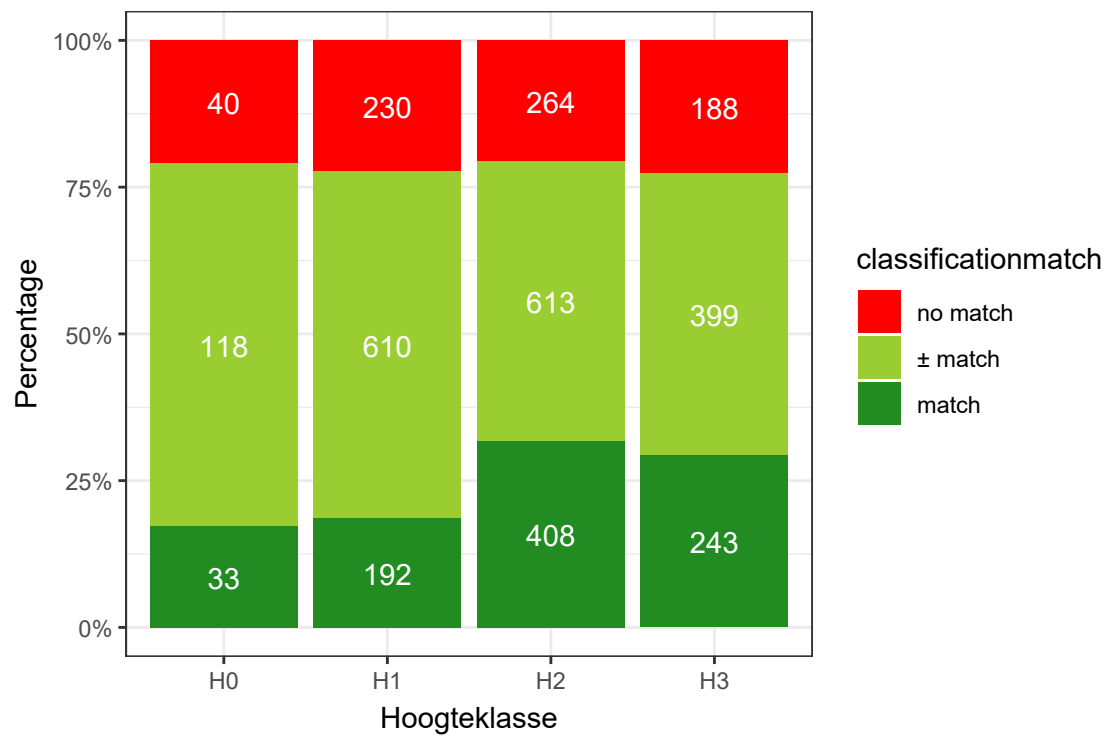
De radar classificeert individuele vogels vaak één klasse te klein (Figuur 4.33), wat telkens een score van ‘± match’ geeft (bv. grote vogel als middelgrote vogel, kleine vogel of vleermuis als insect). De complexiteit en bijgevolg moeilijkheid voor het classificeren van groepen vogels door zowel de radar als waarnemer (zie boven) is ook hier duidelijk te zien.

Tabel 4.2: Aantal keer ieder type soort geobserveerd werd.

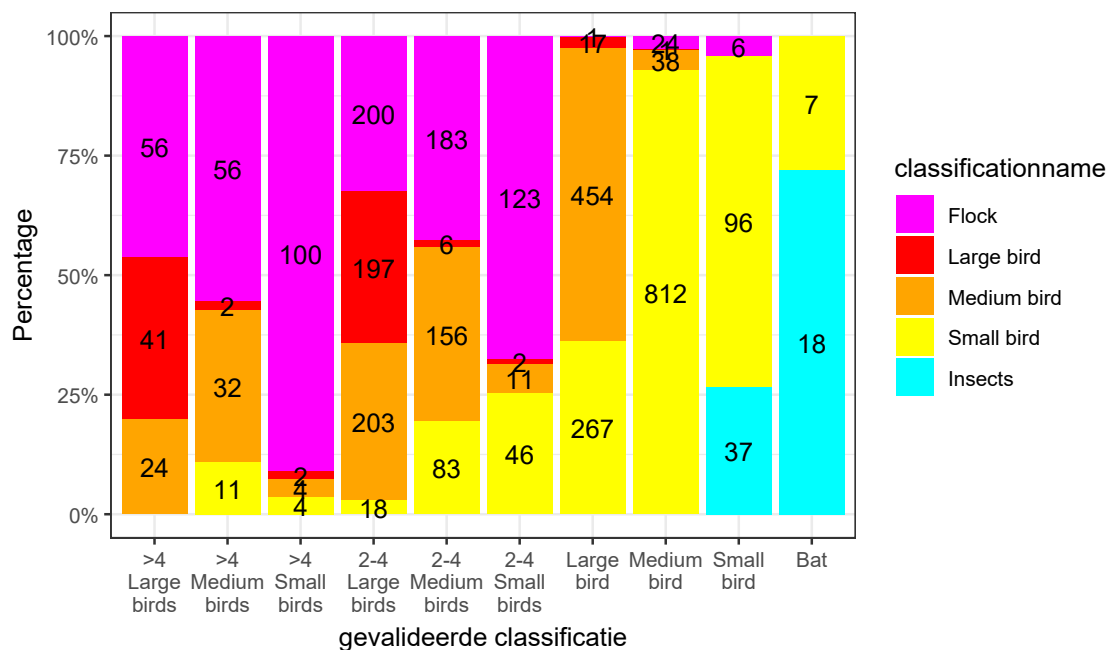
| Gevalideerde classificatie (visueel) | Automatische classificatie (radarsysteem) | match | ± match | no match | Totaal |
|---|--|-------|---------|----------|--------|
| >4 Large birds | Flock | 56 | 0 | 0 | 56 |
| >4 Large birds | Large bird | 0 | 0 | 41 | 41 |
| >4 Large birds | Medium bird | 0 | 0 | 24 | 24 |
| >4 Medium birds | Flock | 56 | 0 | 0 | 56 |
| >4 Medium birds | Large bird | 0 | 0 | 2 | 2 |
| >4 Medium birds | Medium bird | 0 | 0 | 32 | 32 |
| >4 Medium birds | Small bird | 0 | 0 | 11 | 11 |
| >4 Small birds | Flock | 100 | 0 | 0 | 100 |
| >4 Small birds | Large bird | 0 | 0 | 2 | 2 |
| >4 Small birds | Medium bird | 0 | 0 | 4 | 4 |
| >4 Small birds | Small bird | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 2-4 Large birds | Flock | 200 | 0 | 0 | 200 |
| 2-4 Large birds | Large bird | 0 | 197 | 0 | 197 |
| 2-4 Large birds | Medium bird | 0 | 0 | 203 | 203 |
| 2-4 Large birds | Small bird | 0 | 0 | 18 | 18 |
| 2-4 Medium birds | Flock | 183 | 0 | 0 | 183 |
| 2-4 Medium birds | Large bird | 0 | 6 | 0 | 6 |
| 2-4 Medium birds | Medium bird | 0 | 156 | 0 | 156 |
| 2-4 Medium birds | Small bird | 0 | 0 | 83 | 83 |
| 2-4 Small birds | Flock | 123 | 0 | 0 | 123 |
| 2-4 Small birds | Large bird | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 2-4 Small birds | Medium bird | 0 | 11 | 0 | 11 |
| 2-4 Small birds | Small bird | 0 | 46 | 0 | 46 |
| Large bird | Flock | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Large bird | Large bird | 17 | 0 | 0 | 17 |
| Large bird | Medium bird | 0 | 454 | 0 | 454 |
| Large bird | Small bird | 0 | 0 | 267 | 267 |
| Medium bird | Flock | 0 | 0 | 24 | 24 |
| Medium bird | Large bird | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Medium bird | Medium bird | 38 | 0 | 0 | 38 |
| Medium bird | Small bird | 0 | 812 | 0 | 812 |
| Small bird | Flock | 0 | 0 | 6 | 6 |
| Small bird | Small bird | 96 | 0 | 0 | 96 |
| Small bird | Insects | 0 | 37 | 0 | 37 |
| Bat | Small bird | 7 | 0 | 0 | 7 |
| Bat | Insects | 0 | 18 | 0 | 18 |
| Eindtotaal vogelvalidaties | | 876 | 1740 | 722 | 3338 |



Figuur 4.31: Correctheid van classificatie per grootteklasse (n = 3338).

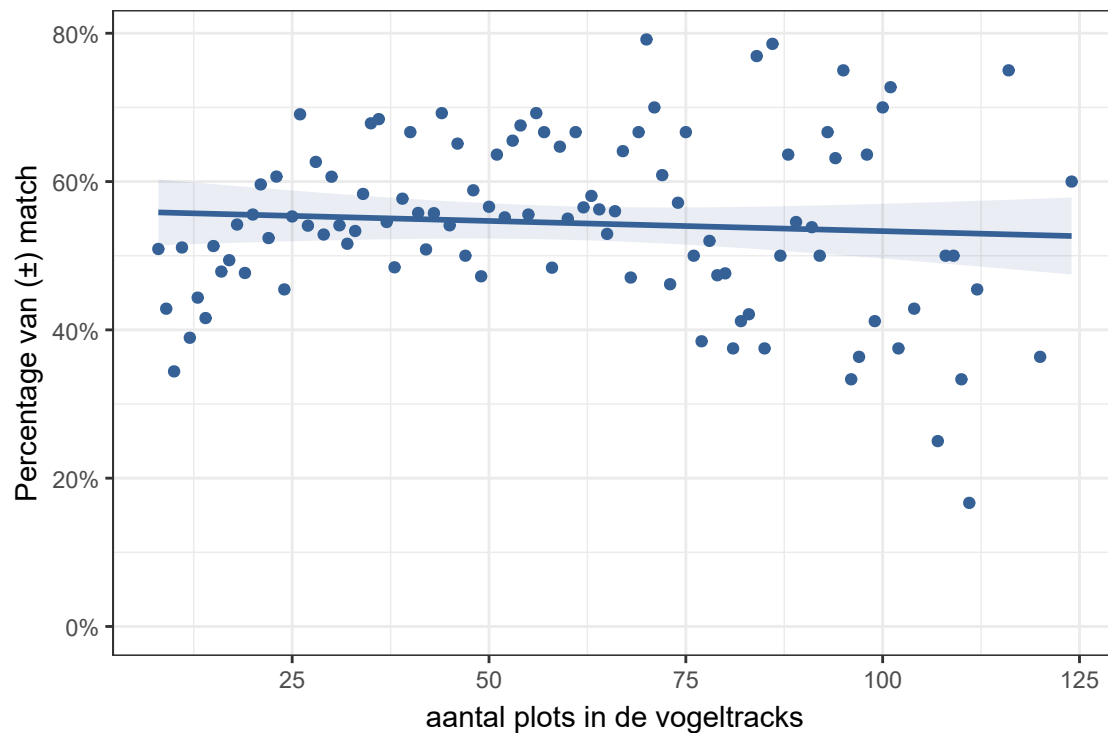


Figuur 4.32: Correctheid van classificatie per gevalideerde hoogteklasse (n = 3338).



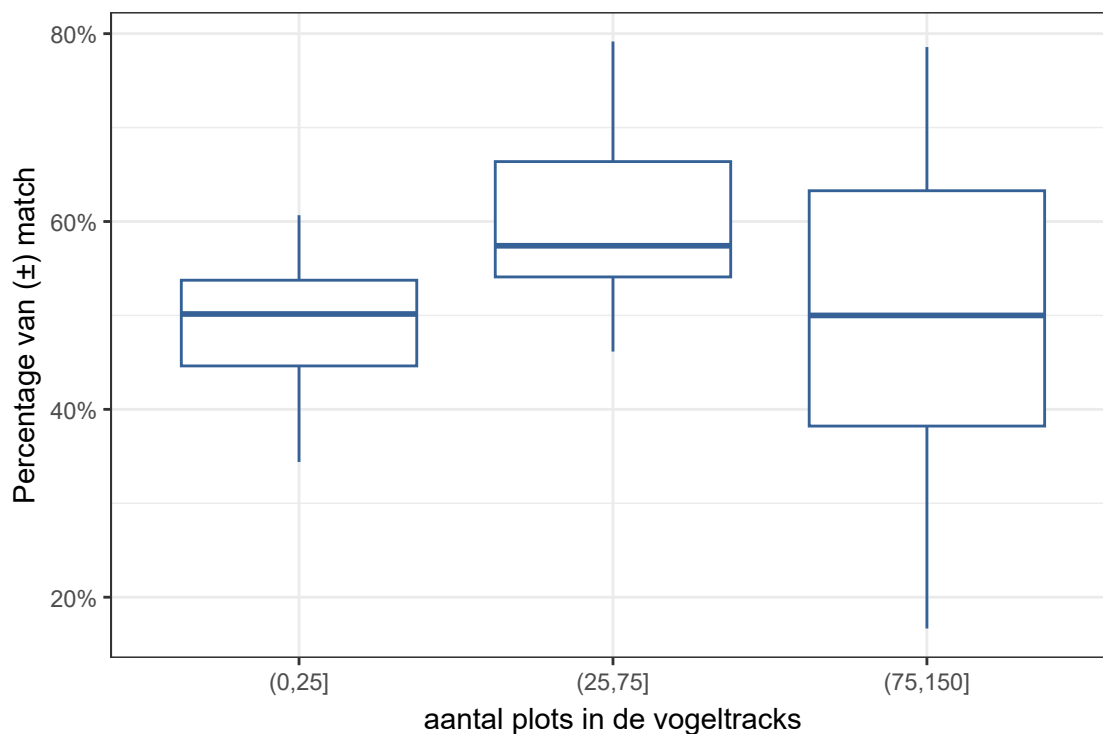
Figuur 4.33: Vergelijking van automatische classificatie door het radarsysteem (legende rechts) per gevalideerde vogelklasse over alle hoogteklassen samen (n = 3338).

Het aantal radardetectie punten (plots) van een vogeltrack geeft aan hoelang de radar een vogel bleef detecteren (zie ook verder in deel 4.6). Dit aantal plots lijkt een kleine invloed te hebben op de correctheid van de automatische classificatie, hoewel langere tracks wat meer variatie vertonen dan kortere (Figuur 4.34).



Figuur 4.34: Percentage van aantal (vrij) correcte vogelclassificaties ('match' en '± match') in relatie tot het aantal punten (plots) in de vogeltracks in hoogteklassen H1-3 (min. 10 tracks per plotwaarde).

Als we de data opsplitsen in 3 groepen waarbij de eerste groep de zeer korte vogeltracks zijn met minder dan 25 plotpunten per track, de tweede groep de tracks tussen 25 en 75 plotpunten, en de derde groep de tracks met meer dan 75 plotpunten, is vrij duidelijk te zien dat zeer korte en de langste vogeltracks een minder goede classificatie lijken te hebben dan de tweede groep (Figuur 4.35). Dit is mogelijk te verklaren door de aanname dat de automatische classificatie beter is als de vogel voldoende lang gevolgd is, maar dat er bij zeer lange tracks potentieel meer veranderingen van vliegrichting optreden en de classificatie hierdoor veel veranderlijker is.



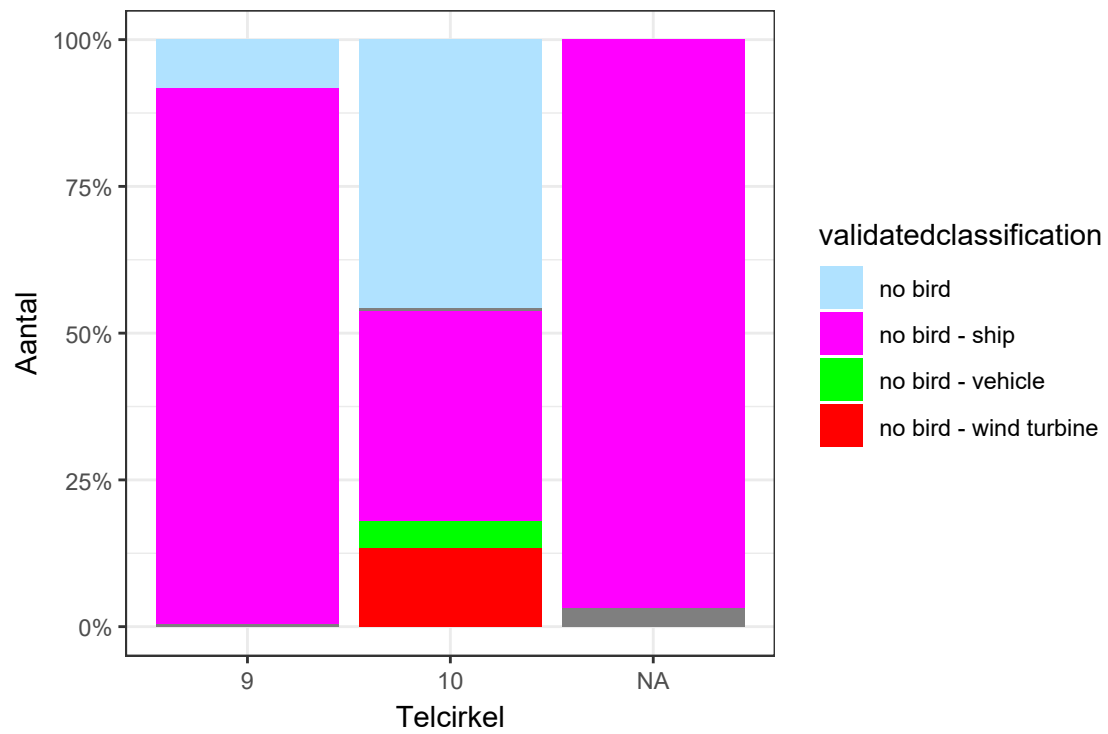
Figuur 4.35: Boxplot figuur met het percentage van aantal (vrij) correcte vogelclassificaties ('match' en '± match') in relatie tot het aantal punten (plots) in de vogeltracks in hoogteklassen H1-3 (min. 10 tracks per plotwaarde), manueel opgesplitst in 3 groepen (zeer korte tot 25 plotpunten, gemiddeld lange tracks tot 75 plotpunten, en zeer lange tracks met meer dan 75 plotpunten).

4.5 FOUTIEVE VOGELCLASSIFICATIE VAN NIET-VOGELS

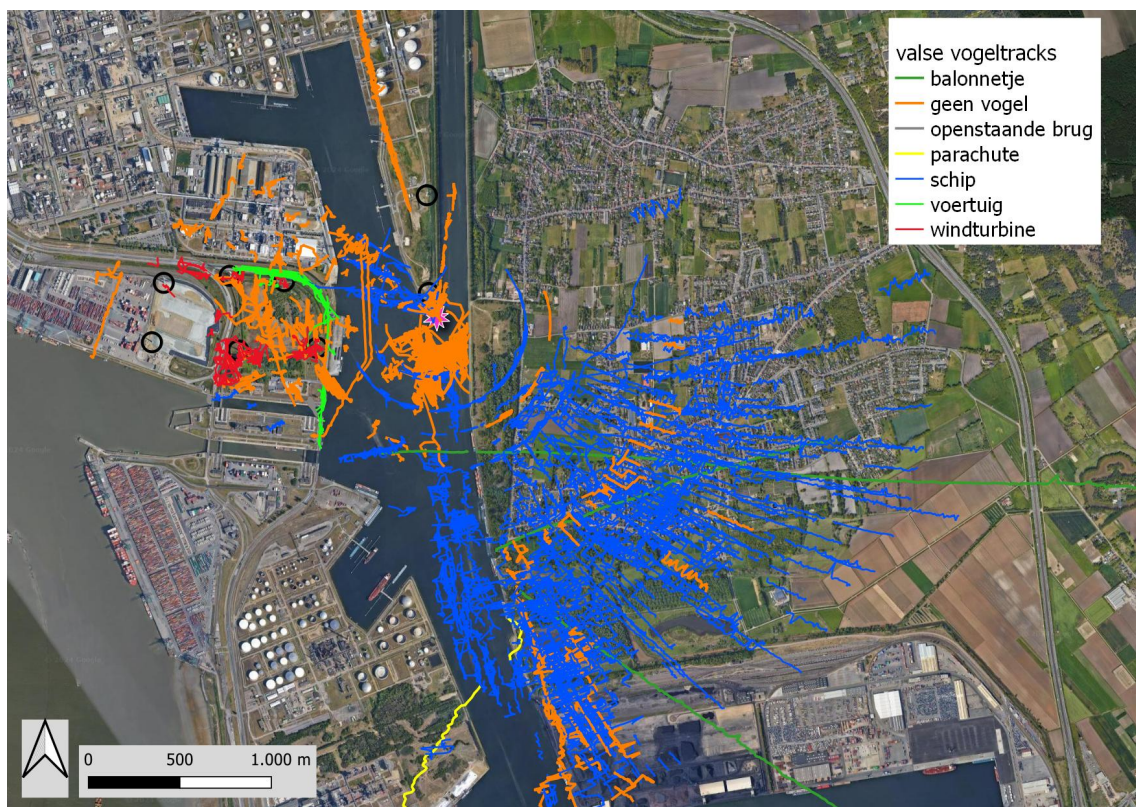
Tabel 4.3 geeft het aantal gevalideerde tracks weer van niet-vogels die door het radarsysteem foutief als een bepaalde vogelklasse werden geclassificeerd. Deze zijn vooral afkomstig uit de ‘radar vs visueel’ validatiesessies, maar in kleine mate ook van de speciale nacht- en ochtendsessies. Figuur 4.36 toont in welke telcirkel deze werden waargenomen, en figuur 4.37 geeft daarvan een ruimtelijk beeld. Bij de validaties in 2023-2024 werden in telcirkel 8 geen radar vs. visueel sessies gehouden. Valse vogeltracks zijn hier dus niet geregistreerd. Het grote aantal valse vogeltracks (in verschillende vogelclassificaties) door varende vrachtschepen op het kanaaldok valt op bij de 2023-2024 validaties. Merk op dat de radar toen op een nieuwe standplaats stond. Op bepaalde momenten (wellicht door tijdelijke combinatie van weerkaatsing met bepaalde gebouwen) veroorzaakt een varend schip niet enkel valse tracks ter hoogte van het schip zelf, maar in het verlengde daarvan vooral ook over het land in een wijde cirkel rondom de radar. Dit zijn tracks die soms erg lang zijn (blijvende tracking). Het veroorzaakt in real-time een soort corona-effect rondom de radarlocatie waarbij de afstand tot de radar afhangt van de locatie van het schip. In figuur 4.38 zien we een beeld meer in detail ter hoogte van de windturbines van de Zandvlietsluis. De windturbines zelf veroorzaken regelmatig valse vogeltracks. Dit is opvallend in de zin dat dit effect meer werd veroorzaakt dan bij de twee andere radarlocaties in 2021 en 2022-2023 (Everaert *et al.* (2022), Everaert *et al.* (2023)), mogelijk omdat de radar nu veel dichterbij windturbines staat. Verder zijn er ook regelmatig valse vogeltracks door andere structuren zoals de grote kraan in de rand van het kanaaldok, en/of door combinaties van structuren, waarbij ook relatief veel valse vogeltracks ontstaan binnen de windturbinecluster. Rijdende vrachtwagens ten noorden van de Zandvlietsluis veroorzaakten ook vrij veel valse vogeltracks, en op bepaalde momenten werden ook valse vogeltracks veroorzaakt door golfslag op het kanaaldok ten zuiden van de radar.

Tabel 4.3: Foutieve automatische classificaties als vogels.

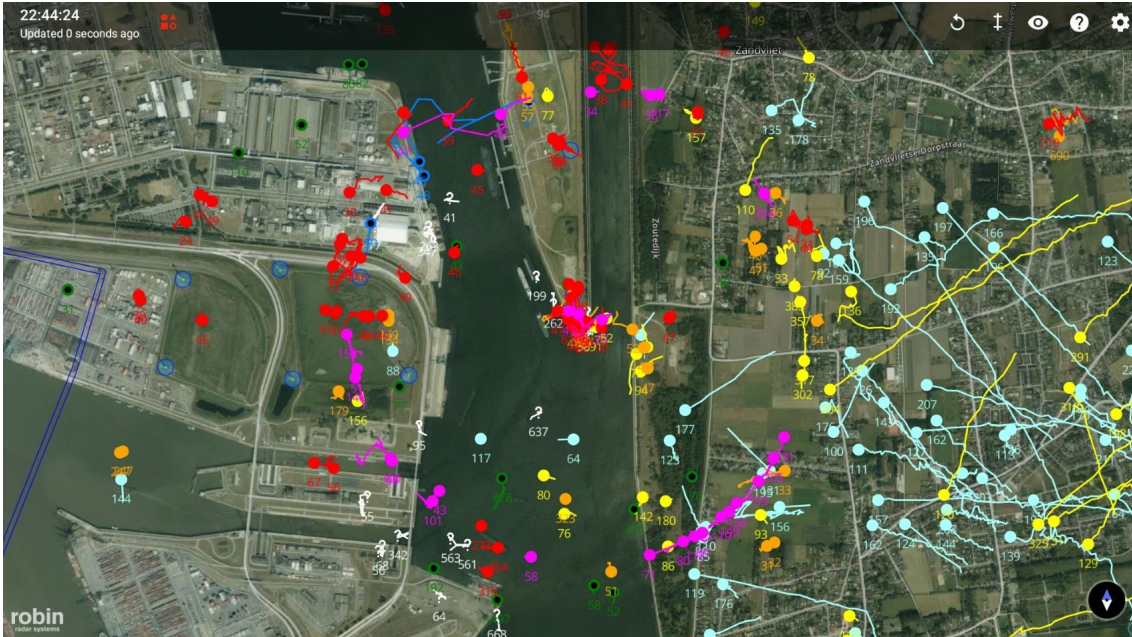
| Gevalideerde classificatie (visueel) | foutieve automatische classificaties als vogel |
|--------------------------------------|--|
| no bird | 323 |
| no bird - bridge | 3 |
| no bird - parachute | 1 |
| no bird - ship | 812 |
| no bird - small balloon | 4 |
| no bird - vehicle | 27 |
| no bird - wind turbine | 80 |
| Eindtotaal niet-vogel validaties | 1250 |



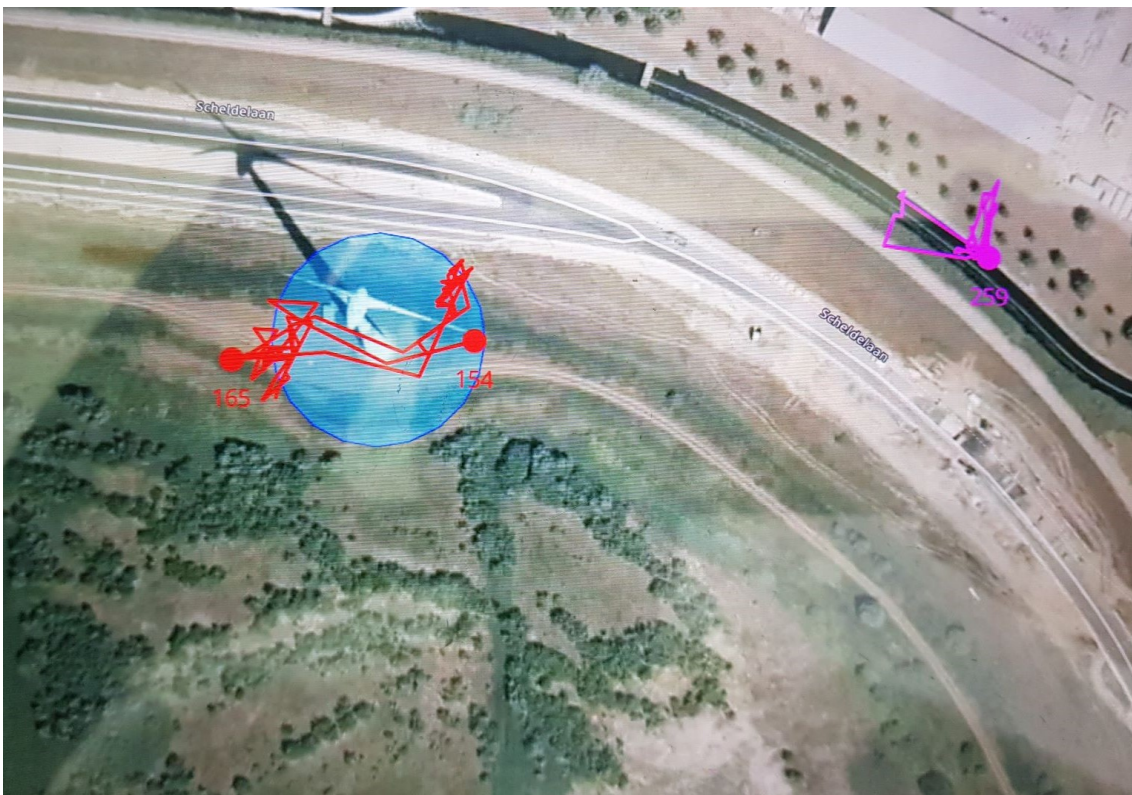
Figuur 4.36: Procentuele verdeling van foutieve vogelclassificaties over validatie als schip, voertuig, windturbine en 'niet-vogel' in de telcirkels 9 en 10 en daarbuiten (NA), ten opzichte van het totaal aantal foutieve vogelclassificaties.



Figuur 4.37: Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024.



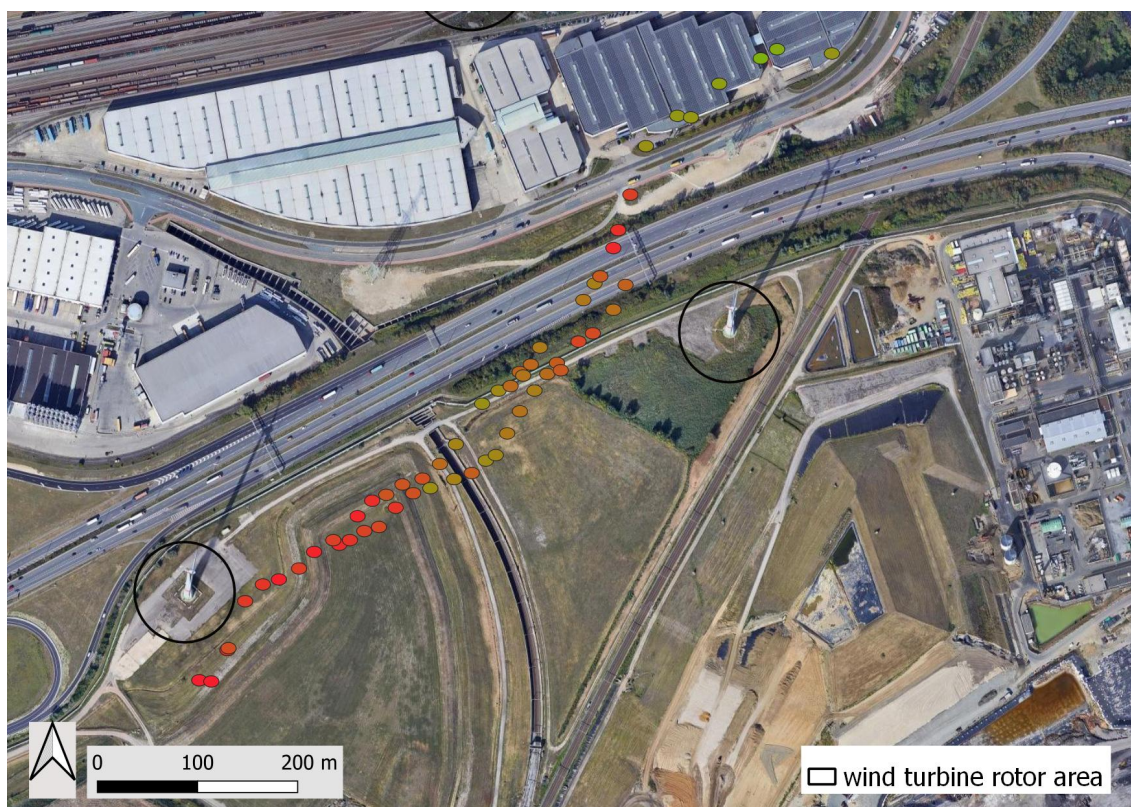
Figuur 4.40: Idem als bovenstaande figuur, hier reikt het coronaeffect ook tot in de zone met de windturbines aan de Zandvlietsluis



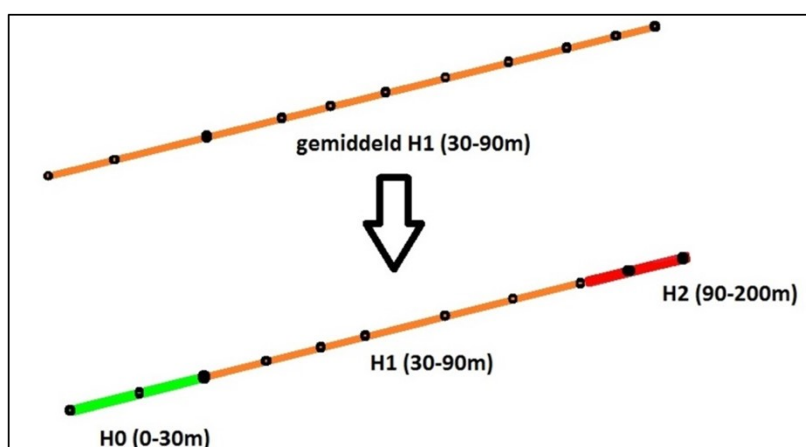
Figuur 4.41: Valse vogeltracks tijdens de validaties in juli 2023 - maart 2024. Voorbeeld van een moment ('real-time' screenshot) met valse vogeltracks aan één van de windturbines.

4.6 METHODE VOOR 3D VISUALISATIE EN ANALYSE

De radartracks bevatten volledige 3D informatie per plot (punt van elke radardetectie). Deze informatie kan voor een beperkt aantal tracks gevisualiseerd worden (Figuur 4.43). Voor een bruikbare visualisatie en verdere analyse werd (voorlopig) zoals in Everaert *et al.* (2022) en Everaert *et al.* (2023) een vereenvoudiging toegepast met hoogteklassen zoals gebruikt voor de validaties (H0: 0-30 m, H1: 30-90 m, H2: 90-200 m, H3: >200 m). Voor de windturbine-cluster ter hoogte van de Zandvlietsluis zijn de hoogteklassen ook extra opgesplitst op basis van de rotorhoogte van de daar aanwezige windturbines (extra opsplitsing H1 en H2. Elke track werd (waar van toepassing) opgesplitst op basis van de detailinfo van de plots (Figuur 4.44).



Figuur 4.43: Weergave van de verschillende plots (punten van detectie, zonder verbindingslijn) van twee vogeltracks in de buurt van windturbines. Het hoogteverschil is per plot gradueel weergegeven: rood = rotorhoogte ca. tussen 90-200 m, groener = onder rotorhoogte.

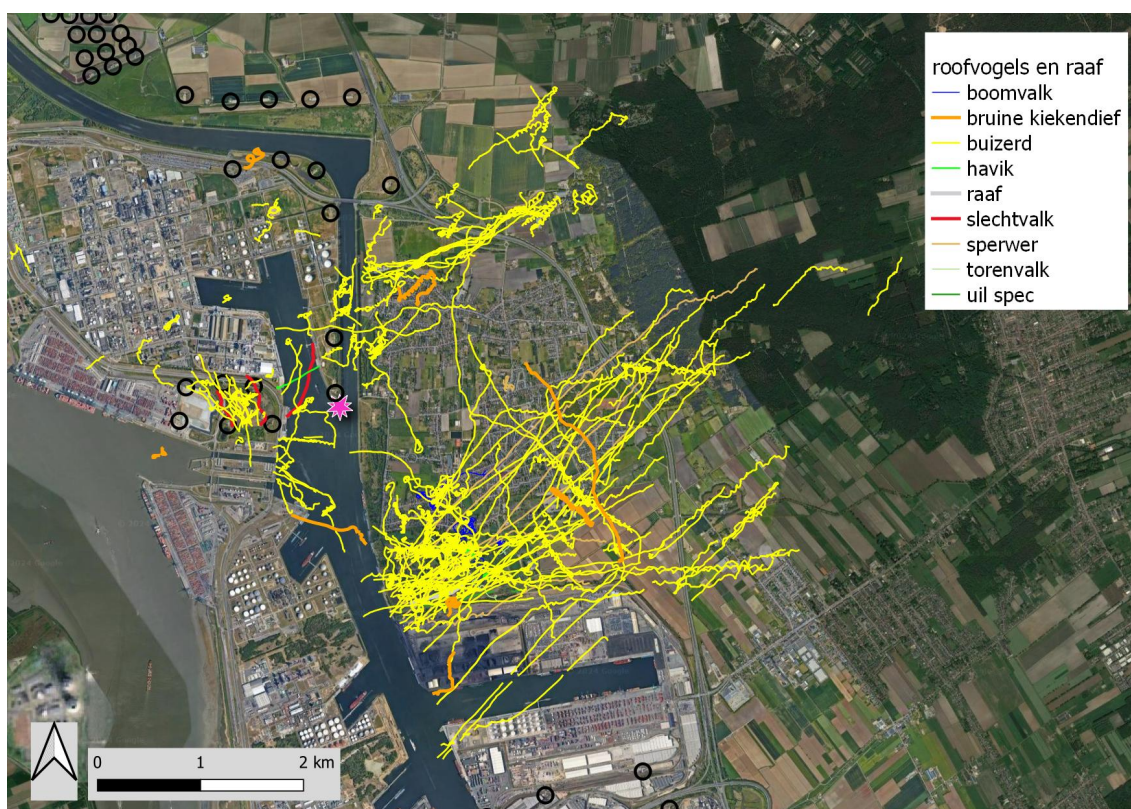


Figuur 4.44: Omzetting van track met gemiddelde hoogtewaarde naar opgesplitste track.

4.7 VOORBEELDEN VAN GEVALIDEERDE VOGEL- EN VLEERMUISTRACKS 2023-2024

In de onderstaande kaarten worden de tracks (vliegbewegingen) van een aantal gevalideerde vogel(groepen) en vleermuizen van de periode juli 2023 tot en met maart 2024 ruimtelijk weergegeven (Figuren 4.45-4.64). In de meeste figuren worden de radartracks telkens opgesplitst per toegepaste hoogteklaas (zie boven) zoals in de voorbije jaren (Everaert *et al.* (2022), Everaert *et al.* (2023)). Let wel, het verschil in vlieghoogtes in de onderstaande figuren mag niet verkeerd geïnterpreteerd worden. Het is belangrijk te weten dat de detectiecapaciteit van de radar niet overal gelijk is (zie eerdere hoofdstukken).

Alle gevalideerde roofvogels (incl. raaf) zijn samengevoegd in figuur 4.45 en in detail ter hoogte van de windturbines aan de Zandvlietsluis in figuur 4.46.

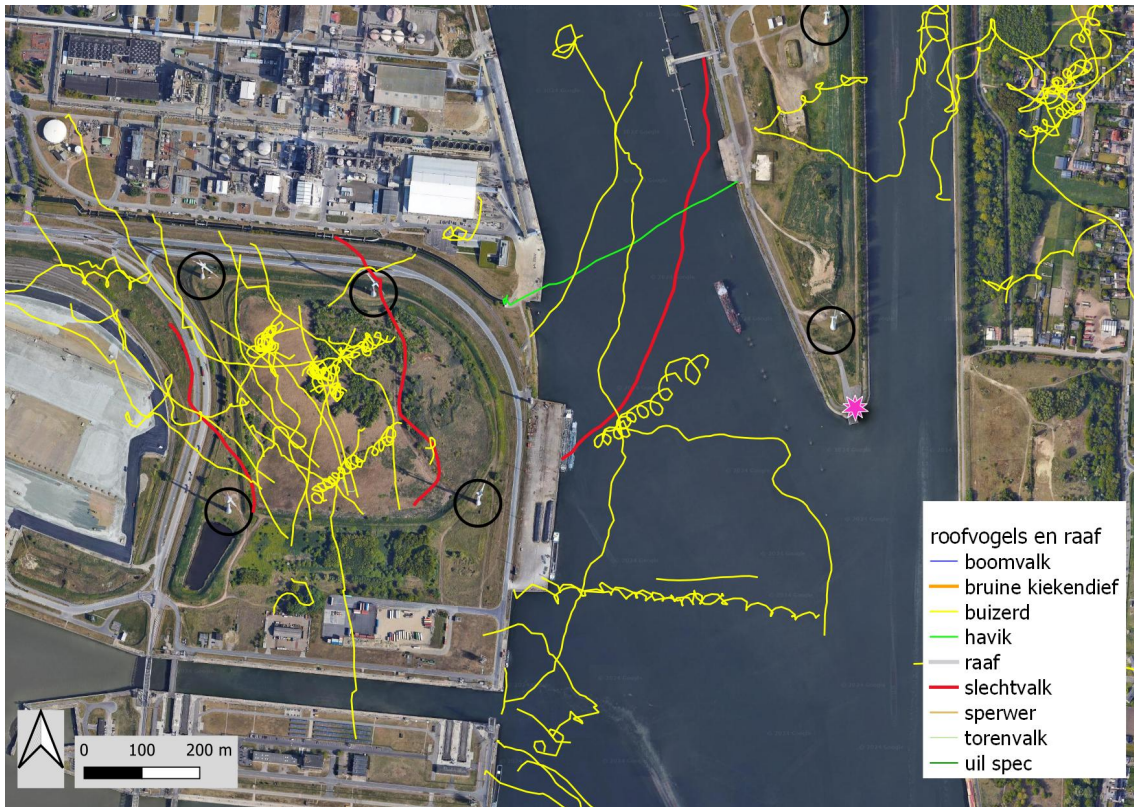


Figuur 4.45: Gevalideerde roofvogels (incl. raaf) in juli 2023 - maart 2024, per soort zonder indeling op basis van hoogteklassen.

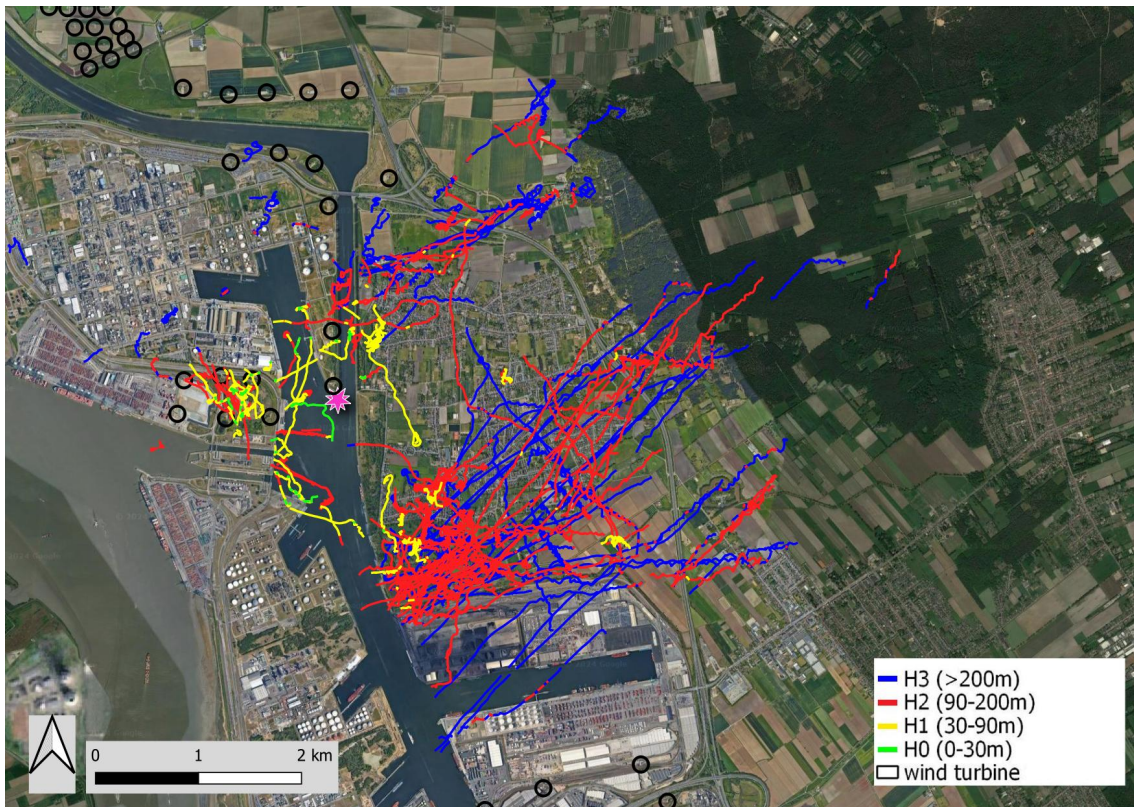
Het verschil in vlieghoogtes bij de gevalideerde roofvogels is weergegeven in de figuren 4.47-4.48.

In het najaar van 2023 werd bijvoorbeeld zoals in 2022 weer opvallende seizoenstrek vastgesteld van buizerd, met verschillende momenten waarbij meerdere vogels ongeveer tegelijk doortrekkend te zien waren ter hoogte van en vooral ook net ten noorden van het Opstalgebied, maar ook verder noordelijk en afbuigend ter hoogte van BASF, allen komende van de meer NO gesitueerde bossen waar ze eerst hoogte wonnen. De trekkende buizerds vlogen in de meeste gevallen op grote hoogte (vooral >200 m op H3). Hoewel het beeld van vlieghoogtes een vertekend beeld kan geven in bepaalde zones met minder goed zicht op lagere hoogtes (zie voorgaande hoofdstukken) vlogen de trekkende buizerds tijdens de validaties effectief vooral op grotere hoogtes. Maar ook de vliegbewegingen van lokale buizerds werden vaak gedetecteerd en gevalideerd. Ook bruine kiekendief en slechtvalk werd verschillende keren vastgesteld en gevalideerd (zie verder in samengestelde kaarten van validaties sinds 2021).

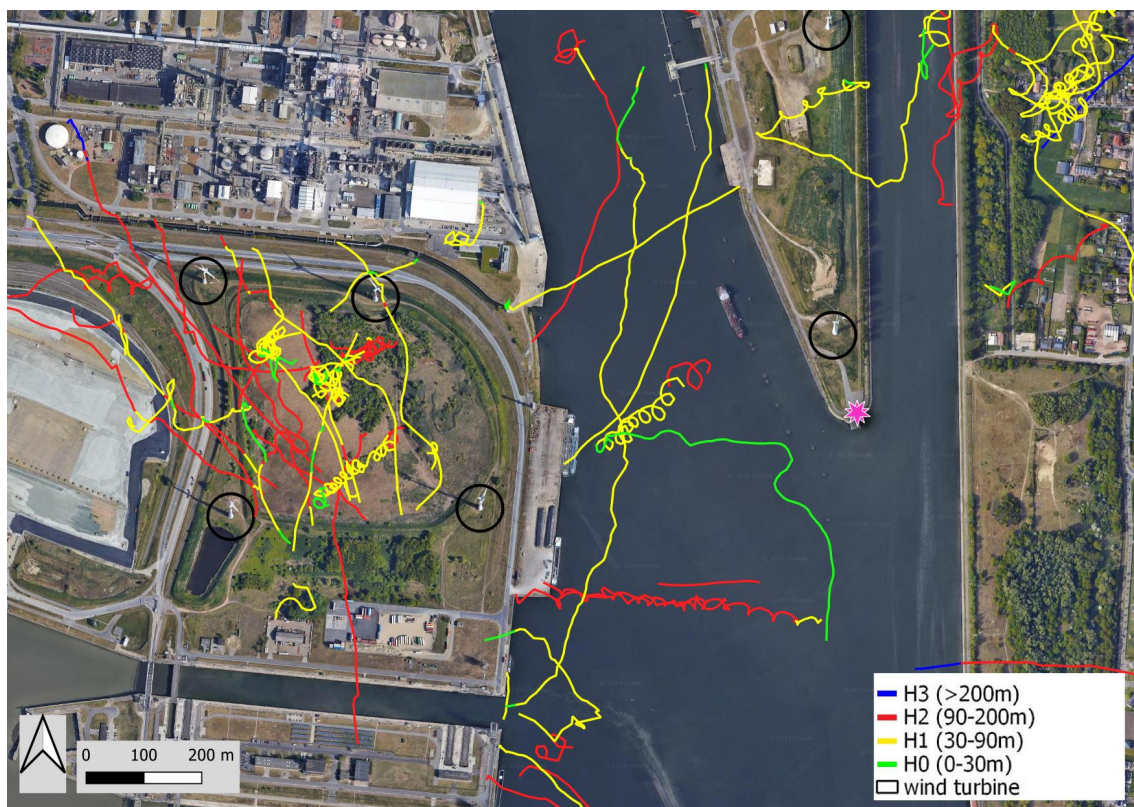




Figuur 4.46: Gevalideerde roofvogels zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvliet-sluis.



Figuur 4.47: Gevalideerde roofvogels in juli 2023 - maart 2024, ingedeeld per hoogteklasse.



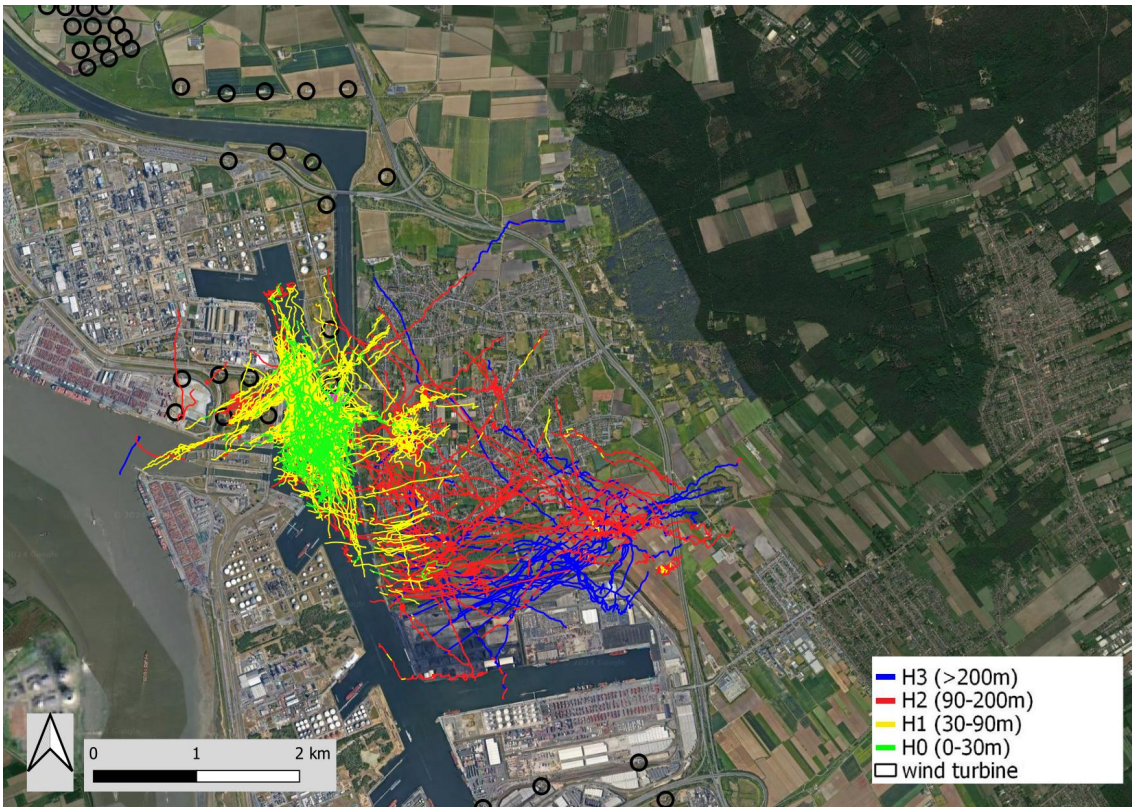
Figuur 4.48: Gevalideerde roofvogels zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvliet-slus.

Door de grote aantallen meeuwen in het havengebied (grote meeuwen broeden op daken in het zuidelijk deel van de Rechterscheldeoever) zijn er uiteraard ook veel gevalideerde radartracks. De figuren 4.49-4.50 en 4.51-4.52 tonen de respectievelijk kleine meeuwen (vooral kokmeeuw maar ook zwartkopmeeuw en stormmeeuw) en grote meeuwen (zilvermeeuw en kleine mantelmeeuw). Bijna overal in het focusgebied 2023-2024 vliegen meeuwen, met vaak intense N-Z bewegingen langs of rond het kanaaldok. De kleine meeuwen werden ook regelmatig 's avonds in ZW richting vastgesteld binnen de windturbinecluster, en grote meeuwen vlogen vaak in N-Z richting over deze windturbinecluster.

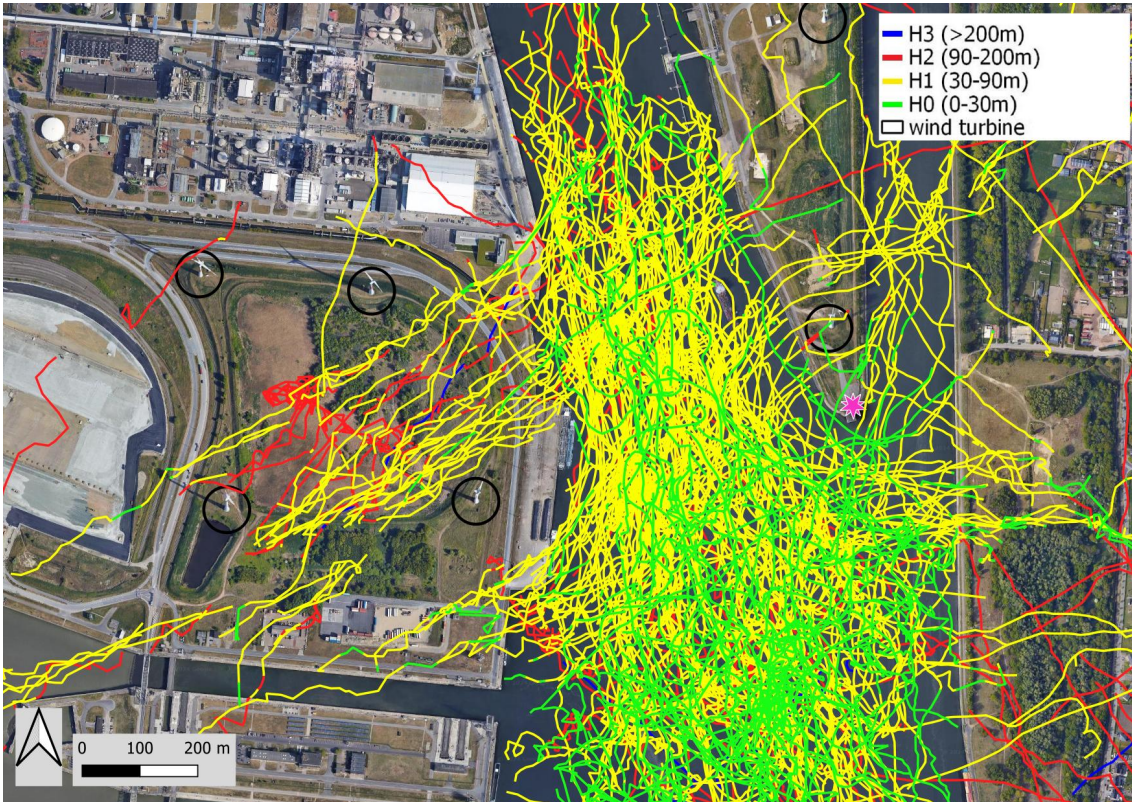
De gevalideerde eenden (Figuren 4.53-4.54) geven een beeld van vooral lokale eenden die vanuit de waterplassen in het Opstalgebied-West 's avonds wegvliegen in verschillende richtingen en 's nachts of 's morgens weer terugkomen. Het ging hierbij vooral om wilde eend, maar ook om kleinere aantallen smient, wintertaling en krakeend. Een aanzienlijk aantal eenden vloog 's avonds richting polders ten oosten van de A12. Soms werden ook eenden waargenomen (eend spec. maar o.a. ook smient) die vanuit meer westelijke gebieden (ook vanuit de Linkerscheldeoever) op grote hoogte kwamen aanvliegen en deels doorvlogen boven het Opstalgebied. Ter hoogte van de windturbines aan de Zandvliet-slus waren de vliegbewegingen van eenden beperkter en vaak op lagere hoogte, waaronder van een klein aantal die overdag rusten op de waterplas net ten NW van de Zandvliet-slus.

De gevalideerde ganzen (Figuren 4.55-4.56) geven net zoals de eenden een beeld van de dagelijkse vliegbewegingen van vooral lokale ganzen. Zo zaten tijdens de winterperiode overdag regelmatig vele tientallen grauwe ganzen op de velden in het Opstalgebied (vooral meest oostelijke zone nabij de A12) en vlogen deze ganzen 's avonds naar de slaappleaats op de meest westelijke waterplas van het Opstalgebied. Maar aan deze waterplas kwamen ook vaak grauwe ganzen aanvliegen vanuit meer noordelijke richtingen. Canadese ganzen en nijlganzen vlogen 's avonds vaak heel laag boven het kanaaldok richting noord. Verder zien we zoals andere jaren ook uitwisseling met gebieden langs de Schelde (en Linkeroever). Een groot deel van de op grote hoogte gedetecteerde ganzen betrof groepjes kolganzen vanuit de gebieden op de Linkerscheldeoever en op seizoenstrek.

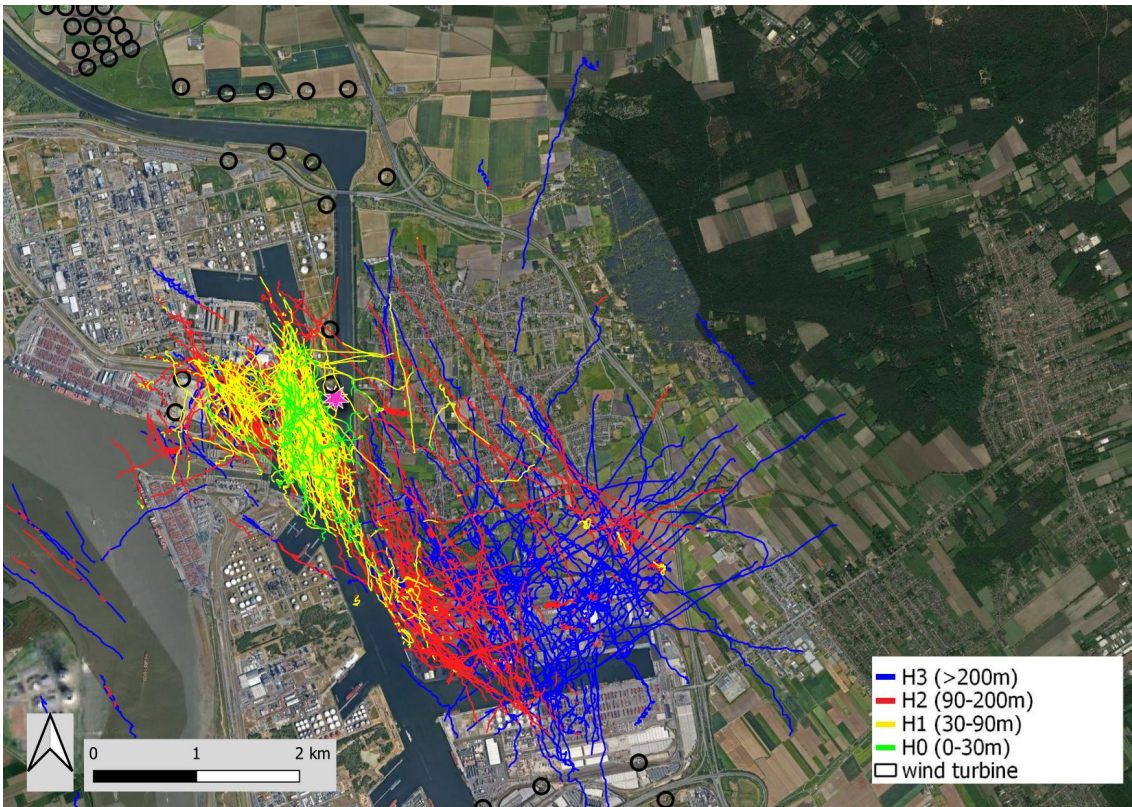




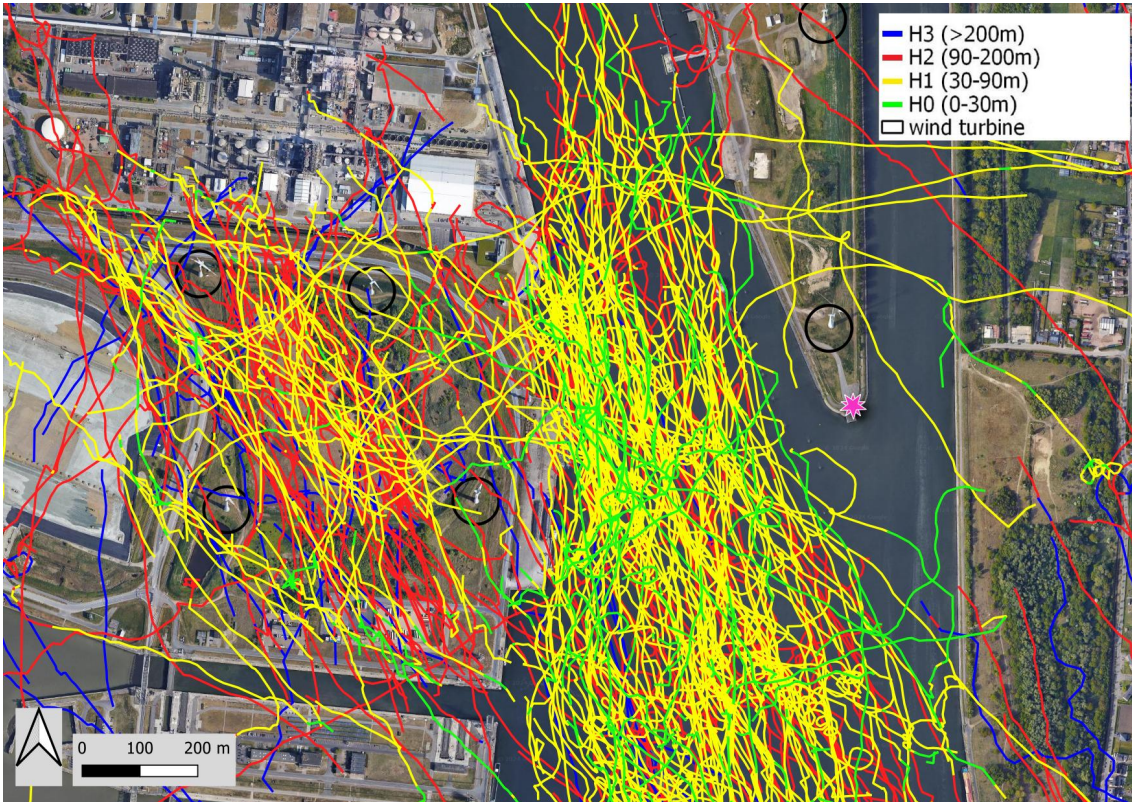
Figuur 4.49: Gevalideerde kleine meeuwen in juli 2023 - maart 2024.



Figuur 4.50: Gevalideerde kleine meeuwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.

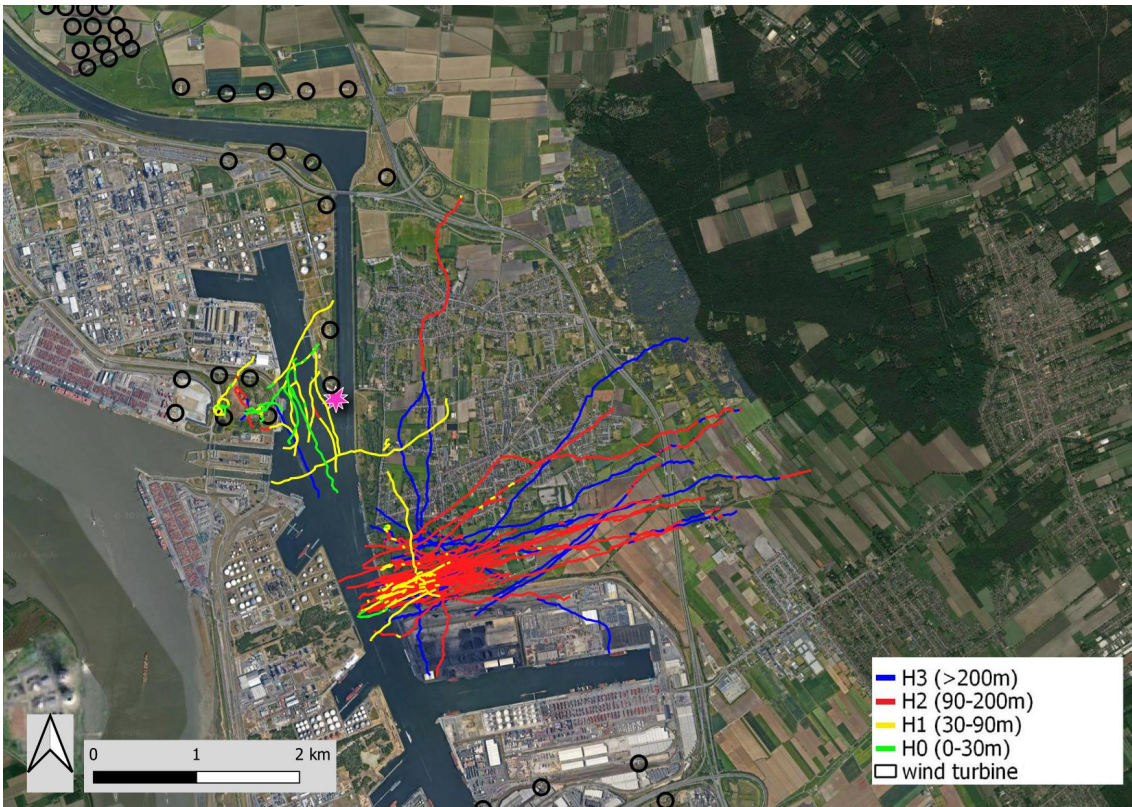


Figuur 4.51: Gevalideerde grote meeuwen in juli 2023 - maart 2024.

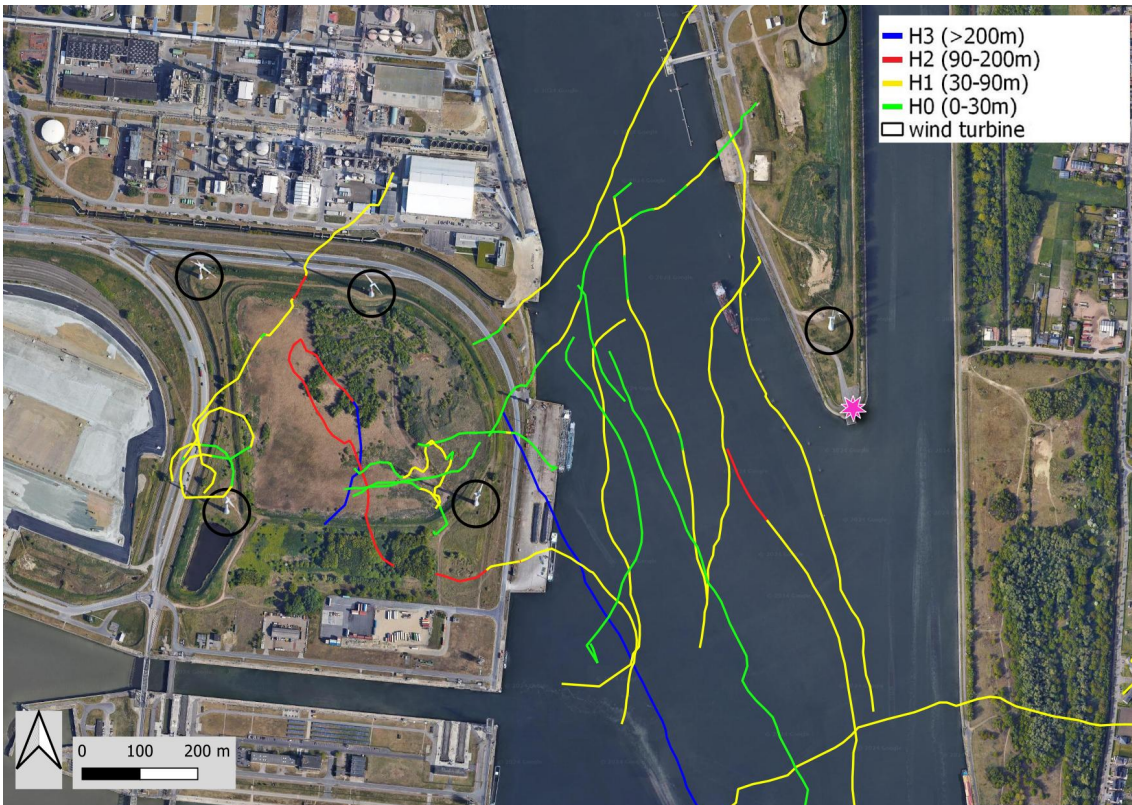


Figuur 4.52: Gevalideerde grote meeuwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.

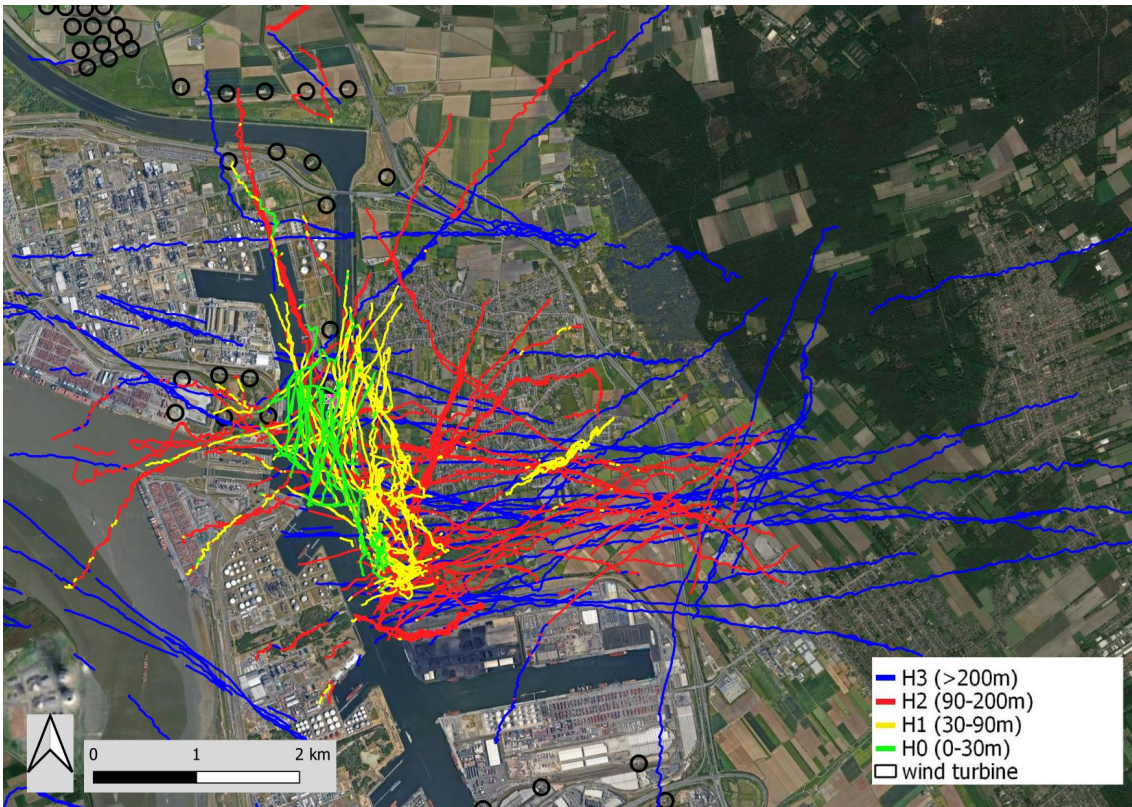




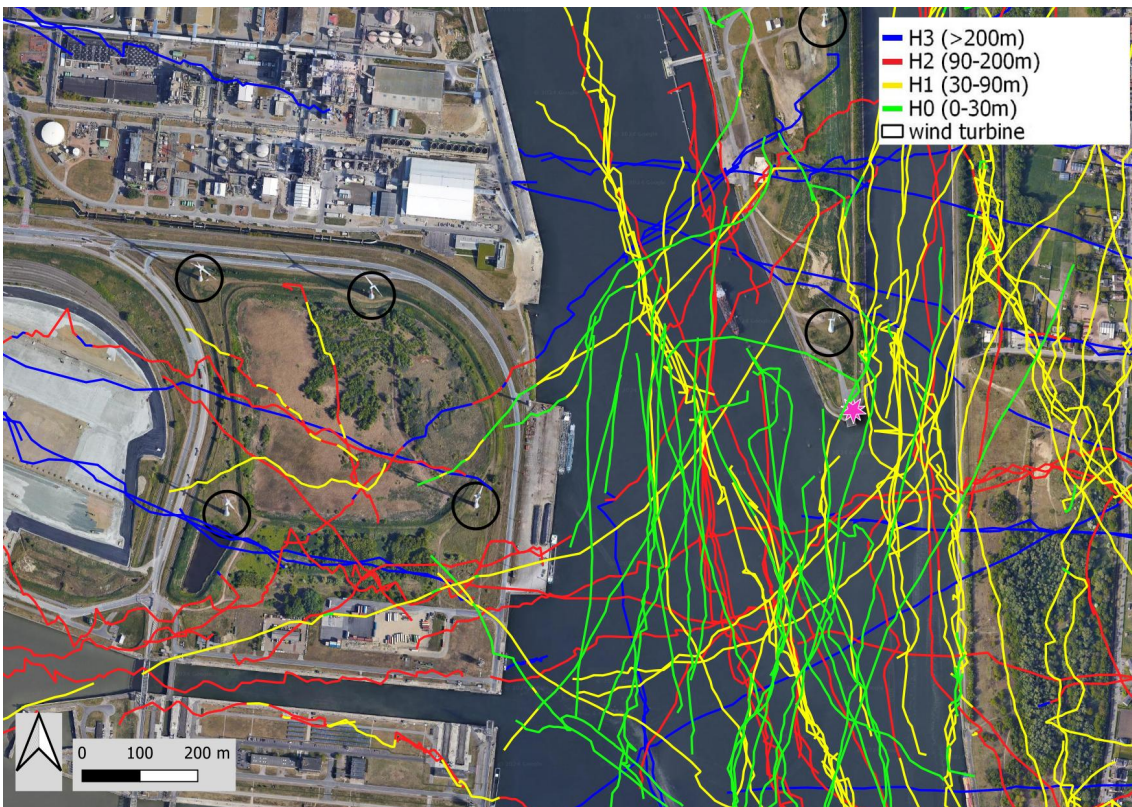
Figuur 4.53: Gevalideerde eenden in juli 2023 - maart 2024. Bij de meeste ging het telkens om een kleine groep eenden per track.



Figuur 4.54: Gevalideerde eenden zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.



Figuur 4.55: Gevalideerde ganzen in juli 2023 - maart 2024. Bij de meeste ging het telkens om een groep ganzen per track.



Figuur 4.56: Gevalideerde ganzen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.

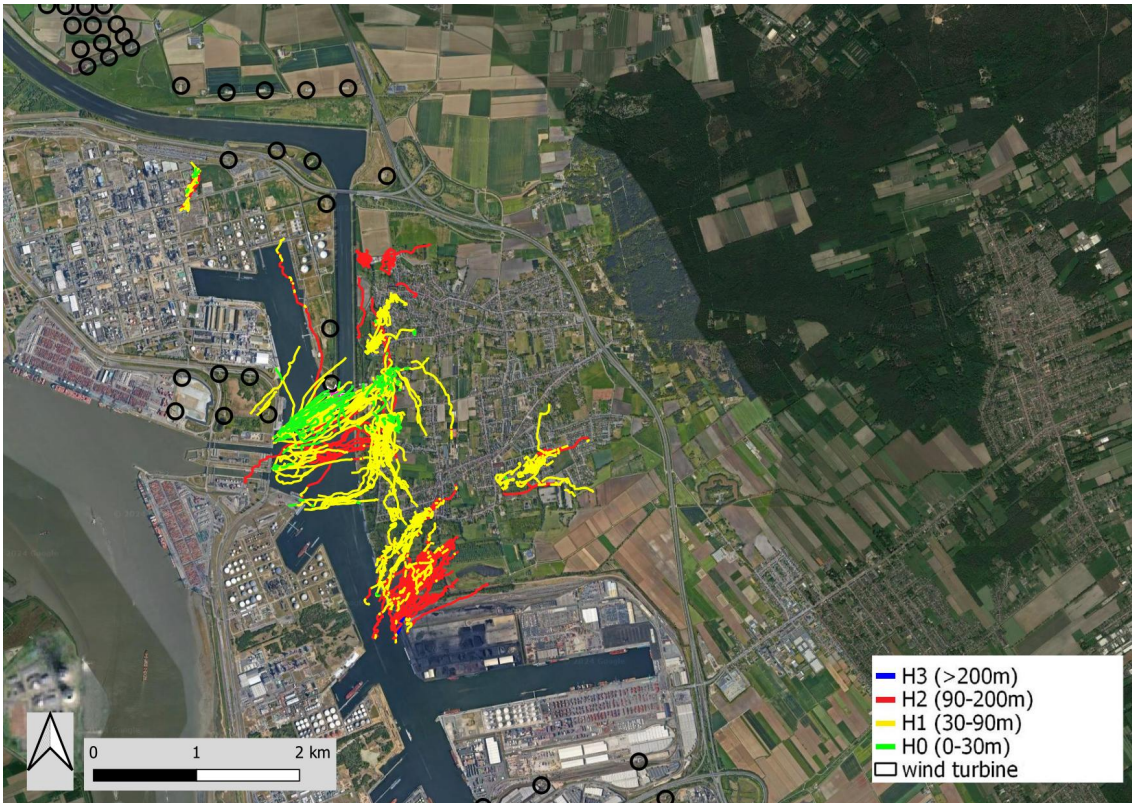
Vooral 's avonds waren er buiten het broedseizoen dagelijks ook vrij veel lokale vliegbewegingen van duiven (Figuren 4.57-4.58) en kauwen (Figuren 4.59-4.60). Deze vogels vlogen doorgaans vanuit oostelijke richtingen naar slaappleaatsen binnen het havengebied.

De gevalideerde Kieviten, goudplevieren en wulpen (Figuur 4.61) betroffen voor Kievit en wulp vooral lokale vliegbewegingen en voor goudplevier telkens duidelijke seizoenstrek op vrij grote hoogte. Het grootste aantal van deze vastgestelde vliegbewegingen was van de Kievit, waarbij vooral buiten het broedseizoen ook uitwisseling werd gezien met gebieden langs de Schelde (en wellicht Linkeroever). Vaak vlogen deze Kieviten dan voornamelijk in kleine tot grotere groepen 's avonds in oostelijke richtingen naar het Opstalgebied en/of verder oostelijk, soms ook in noordoostelijke richting. Ter hoogte van de windturbines van de Zandvlietsluis waren er nauwelijks vliegbewegingen van deze soorten, behalve éénmalig een groepje van drie wulpen net onder rotorhoogte overvliegend richting het noordoosten.

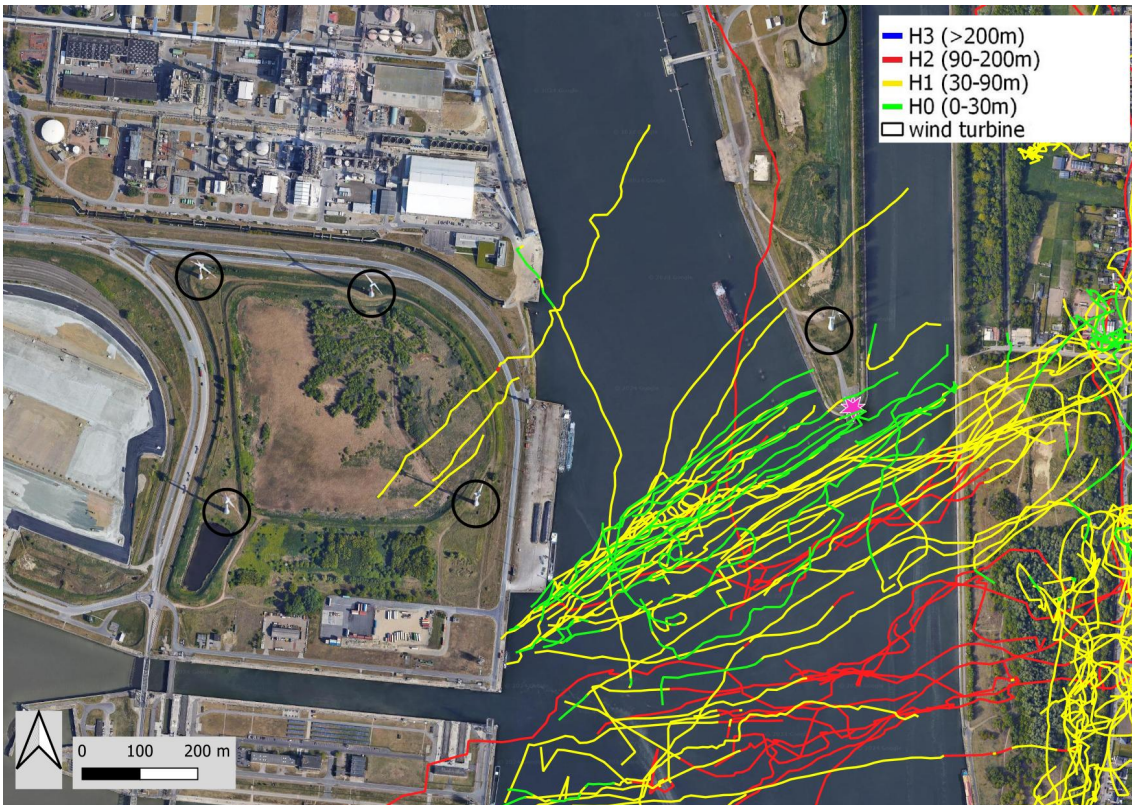
De gevalideerde reigers (Figuur 4.62) waren vooral vliegbewegingen van blauwe reiger. De meeste hiervan vlogen van en naar de broedkolonie in Berendrecht-Zandvliet op relatief lage hoogtes, maar er werden ook enkele hogerop vastgesteld op doortrek. Ook vliegbewegingen van grote zilvreiger werden waargenomen, doorgaans trekkend op grote hoogte. Enkele 'reiger spec.' waarnemingen in de avond/nacht betroffen vermoedelijk de zeldzamere kwak of roerdomp. Een zekere roerdomp vloog op 25 maart 2024 laag (H0 en lage zone binnen H1) vanuit het noordoosten langs de oostelijke rand van de Zandvlietsluis windturbinecluster in zuidwestelijke richting over, wellicht via de Zandvlietsluis zo verder richting de rietvelden langs de Schelde.

Op 13 maart 2024 vlogen twee groepen van kraanvogels (38 en 44 exemplaren) net boven de hoogtegrens van 200 m in noordoostelijke richting over het focusgebied, waarvan één groep pal over de windturbines van de Zandvlietsluis (Figuur 4.63). Deze vogels vlogen dicht bij elkaar waardoor de radar ze zoals verwacht als één of enkele 'Flock' tracks classificeerde, maar op enkele momenten een deel van de groep (ca. 20 vogels samen) ook als individuele grote vogel ('large bird').

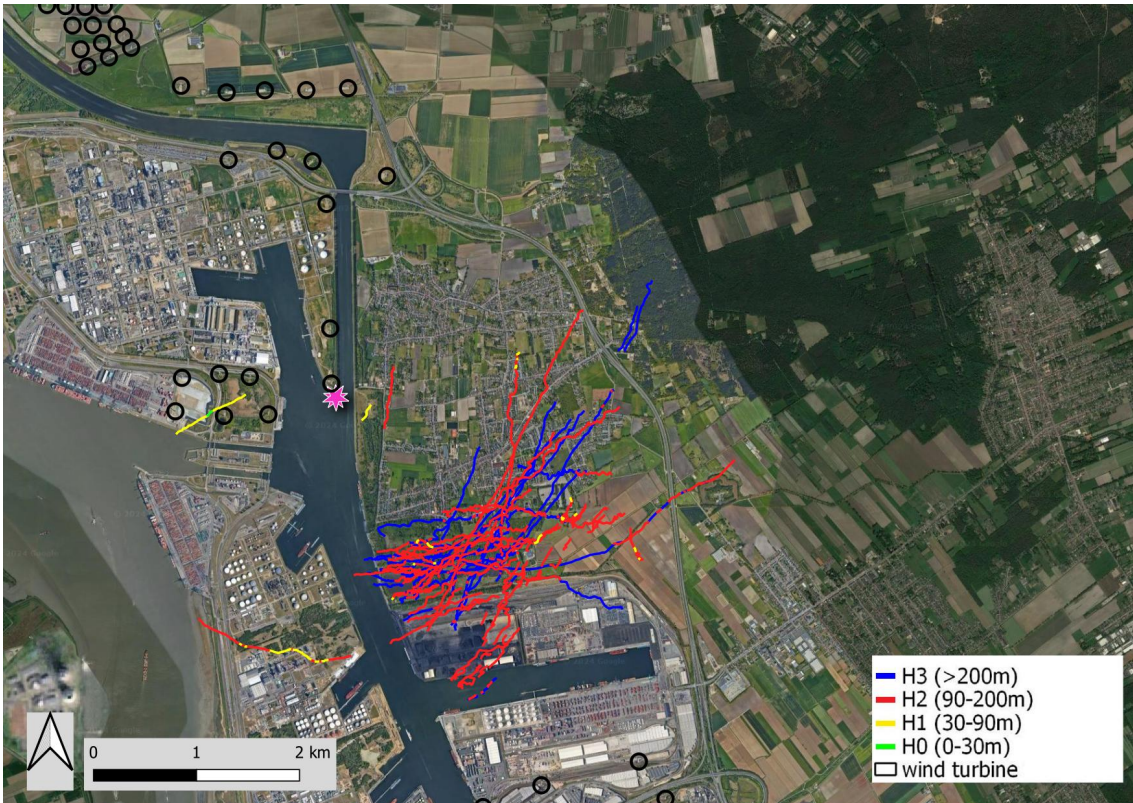
In de zomer en het najaar konden gedurende een paar avonden ook enkele vleermuizen worden gevalideerd, o.a. boven het kanaaldok (Figuur 4.64). Dit was minder dan in de voorgaande jaren, maar toen werd tijdens de validaties ook meer geprobeerd om vleermuizen te observeren in enkele voor vleermuizen potentieel interessante foerageergebieden.



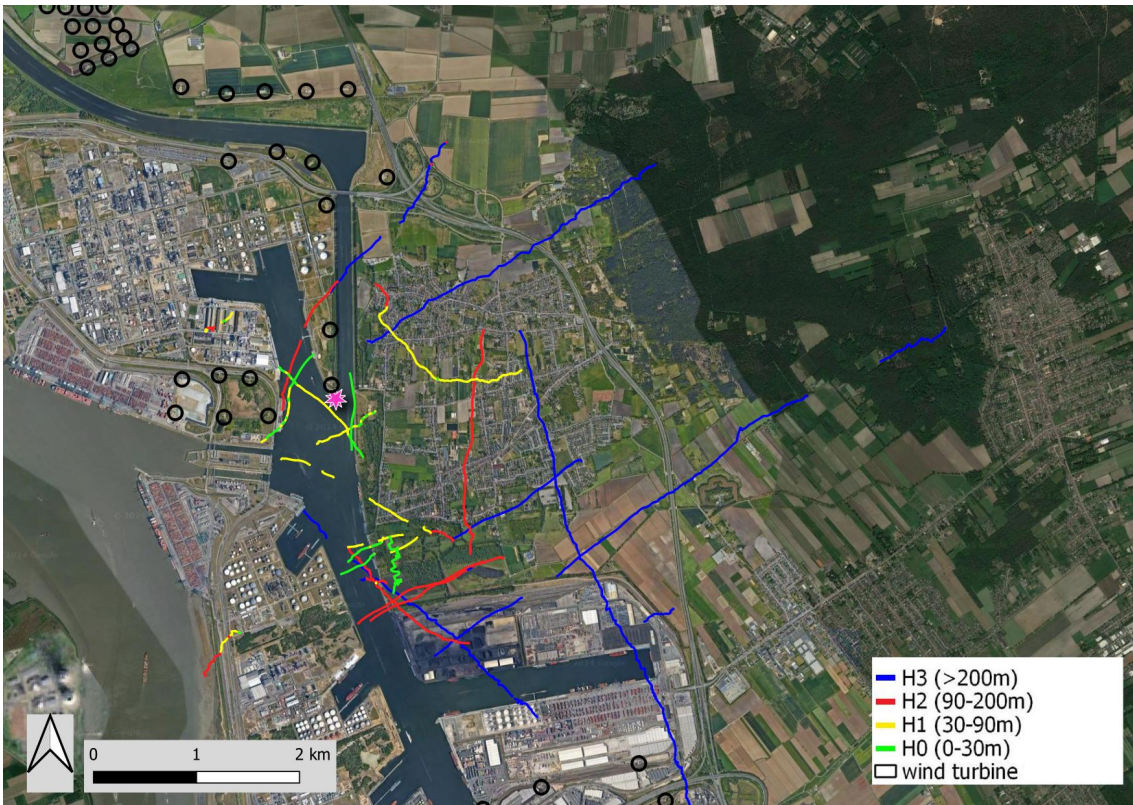
Figuur 4.59: Gevalideerde kauwen in juli 2023 - maart 2024.



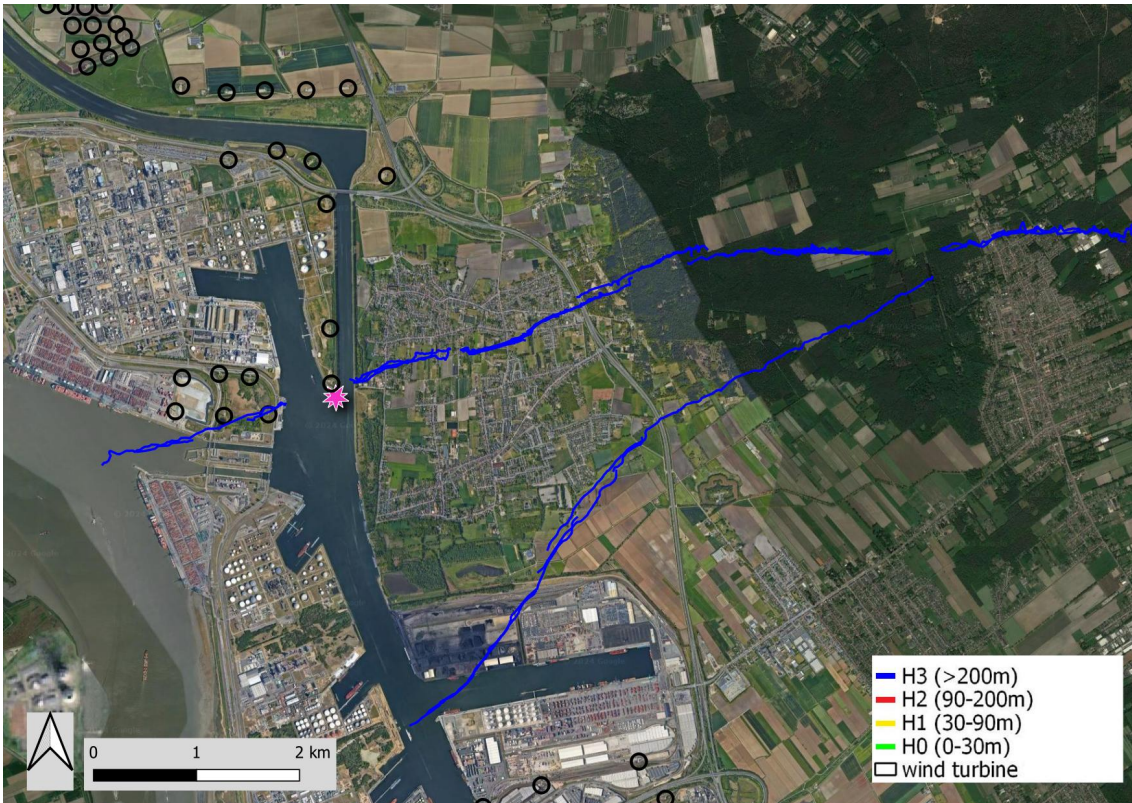
Figuur 4.60: Gevalideerde kauwen zoals bovenstaande figuur, detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.



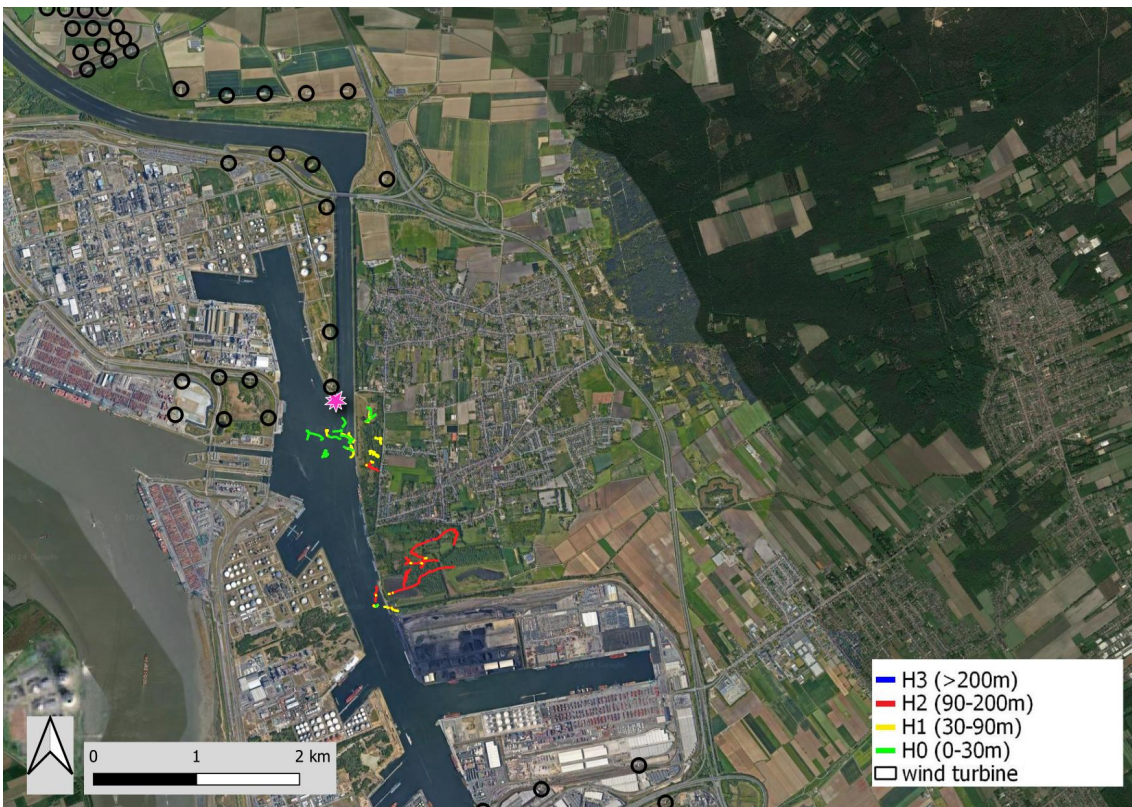
Figuur 4.61: Gevalideerde Kieviten, wulpen en goudplevieren in juli 2023 - maart 2024.



Figuur 4.62: Gevalideerde reigers in juli 2023 - maart 2024.



Figuur 4.63: Gevalideerde kraanvogels (2 groepen) op 13 maart 2024.



Figuur 4.64: Gevalideerde vleermuizen in de zomer en het najaar van 2023.

4.8 OPVALLENDE VIEGBEWEGINGEN OP BASIS VAN ALLE RADARTRACKS 2023-2024

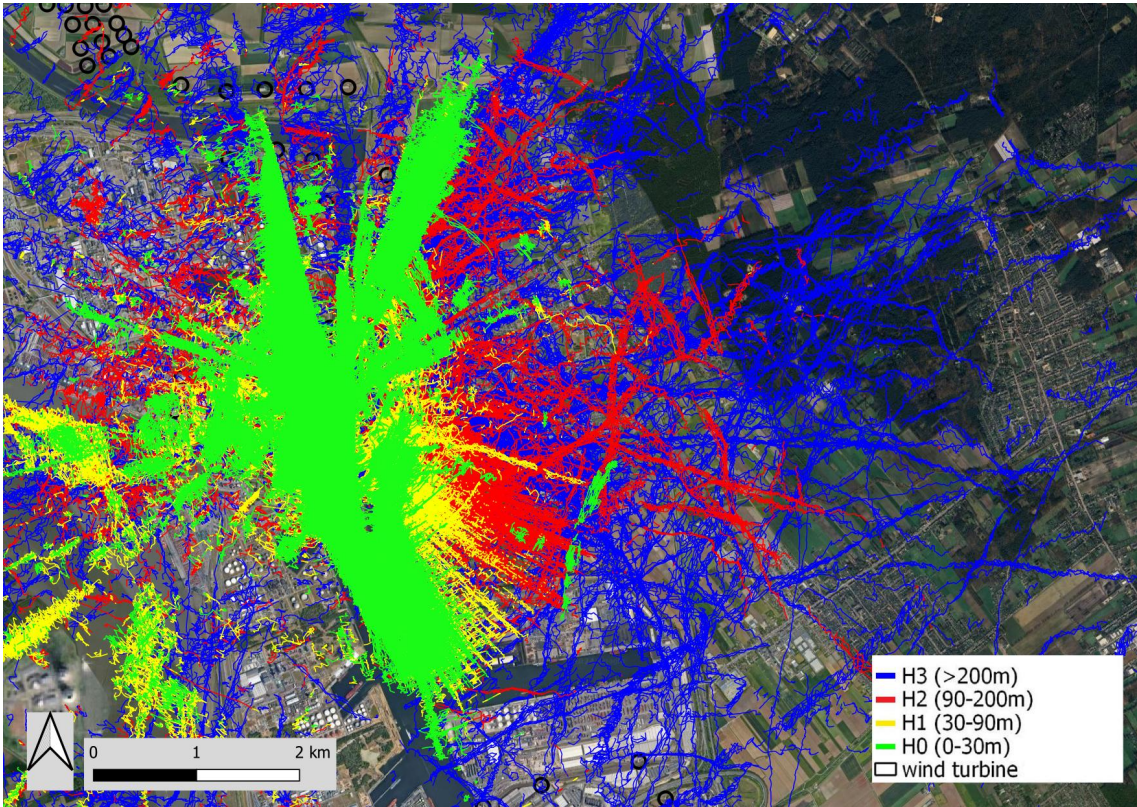
Hieronder volgt een beknopt overzicht van enkele momenten van opvallende vogeltek, zowel lokale bewegingen (watervogels) als seizoenstrek. Hiervoor is uit de volledige radardataset (2023-2024) een selectie gemaakt van specifieke dagen, momenten van de dag/nacht en/of specifieke radar-vogelklassen.

Hoewel op basis van opvallende vliegbewegingen tijdens de validatiesessies een selectie kan gemaakt worden uit de volledige radartrack database (bv. tijdens de avondschemering als watervogels zich verplaatsen, of tijdens een piek van seizoenstrek), blijft het vaak een uitdaging om met behulp daarvan te bepalen om welke soorten/soortgroepen het gaat. Er zijn momenteel wel ontwikkelingen om met behulp van artificiële intelligentie op basis van bepaalde gevalideerde tracks, een vrij goede voorspelling te maken van de soort(groep) van niet gevalideerde radartracks in de volledige database. Hiervoor zijn voldoende (doorgaans enkele honderden) gevalideerde tracks nodig. Een voorbeeld hiervan is de studie van Bureau Waardenburg voor het bepalen van tracks van weidevogels, in het bijzonder grutto (Verbeek (2022)). Voor het onderzoek in 2023-2024, is er bijkomend ook het probleem van veel valse vogeltracks als gevolg van varende schepen op het kanaaldok, wegens een bijzonder effect ook over het landgedeelte (zie eerder) waardoor de selectie uit de volledige radardataset moeilijker is dan in andere onderzoeksjaren.

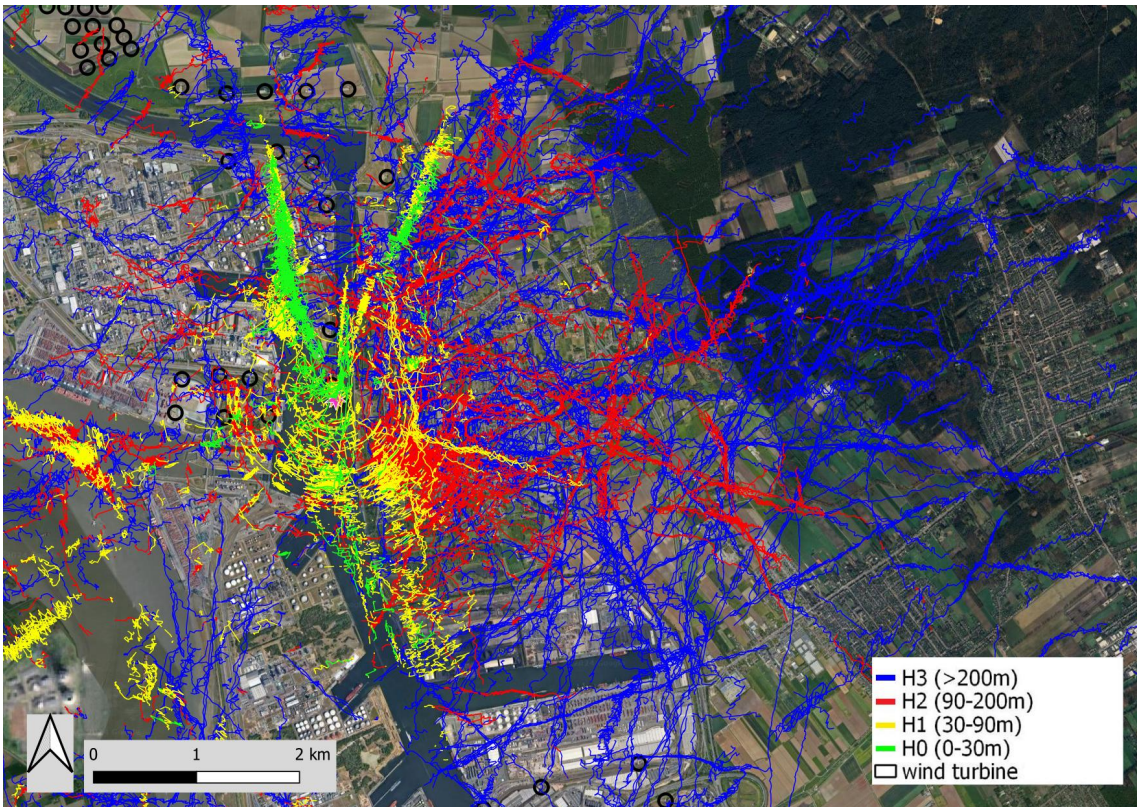
Een gestandaardiseerde datacleaning zoals toegepast voor de detailanalyse van radartracks rond windturbines (Onkelinx & Carmen (2024)) kan opvallende (lokale) vliegroutes in het gebied beter in beeld brengen, maar werd hier nog niet toegepast. Voor enkele figuren is een eenvoudige snelle datacleaning uitgetest (zie verder). In eerste instantie zou het optreden van valse vogeltracks uiteraard zoveel mogelijk moeten vermeden worden door een betere radar standplaats en/of betere 'real time' filtering/automatische classificatie.

Onderstaande figuur 4.65 toont een beeld van radartracks van 'Flock' (groepen vogels) in de verschillende hoogteklassen in december 2023 tussen 17u en 19u (momenten met vaak regelmatige avondtrek van lokale vogels). Op deze figuur zijn veel valse vogeltracks te zien, veroorzaakt door varende vrachtschepen op het kanaaldok, tot ver over land (zie eerder) en ook op grotere hoogtes dan de H0 klasse. Een eenvoudige snelle gedeeltelijk succesvolle datacleaning selecteert tracks met 'airspeed' (gemiddelde vliegsnelheid) van meer dan 5-15 m/s (> 5 m/s voor hoogteklasse H3, > 15 m/s voor hoogteklasse H2, en > 20 m/s voor lagere hoogteklassen H1 en H0 waarin meer valse vogeltracks zitten van varende schepen), en tracks met 'score' (nauwkeurigheid van de 'real time' radar trackvoorspelling van punt tot punt in de track) van meer dan 0.9. Het resultaat is zichtbaar in figuur 4.66. 'Airspeed' en 'score' zijn twee variabelen uit de radardataset (zie ook eerste analyse daarvan in Everaert *et al.* (2022)). Door tracks van minder dan 15 m/s en zeker minder dan 20 m/s te verwijderen, worden er ook echte vogeltracks verwijderd (de meeste vogels zullen aan 5-30 m/s vliegen) maar anders kunnen de valse tracks door de varende schepen met deze relatief eenvoudige methode niet verwijderd worden. Verder is het belangrijk te weten dat de detectiecapaciteit uiteraard niet overal goed is (zie ook eerdere hoofdstukken) waardoor er een onvolledig beeld ontstaat, ook tot op rotorhoogte van windturbines in het gebied. Met de radardata van de nieuwe radarstandplaats in 2023-2024, blijkt het erg lastig om duidelijke lokale trekroutes (bv. van overwinterende watervogels) in kaart te brengen. Gevalideerde (zekere) vogeltracks zijn en blijven dus erg belangrijk hiervoor.

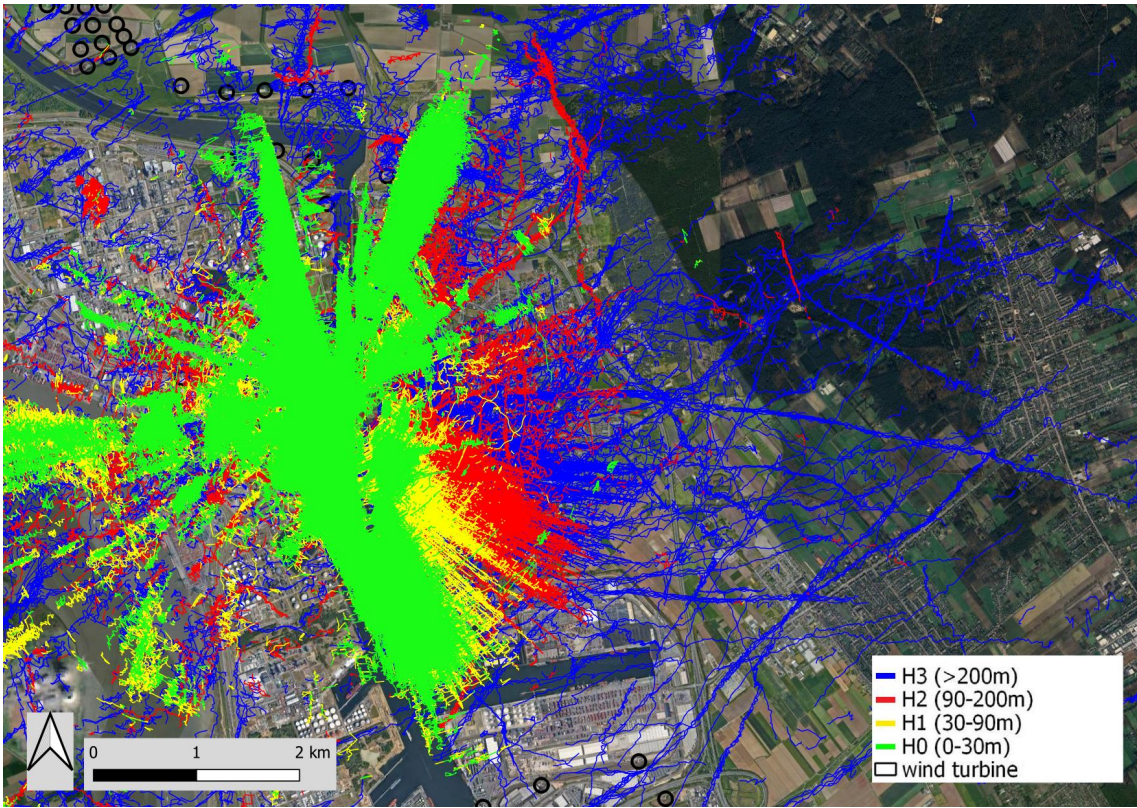
Een gelijkaardig beeld zien we met radartracks van 'Flock' (groepen vogels) in de verschillende hoogteklassen in februari 2024 tussen 19u en 21u (= momenten met vaak regelmatige avondtrek van lokale vogels). Figuur 4.67 geeft een beeld zonder datacleaning. Figuur 4.68 toont het resultaat na een gedeeltelijke snelle datacleaning op basis van de variabelen 'airspeed' en 'score' (zie boven).



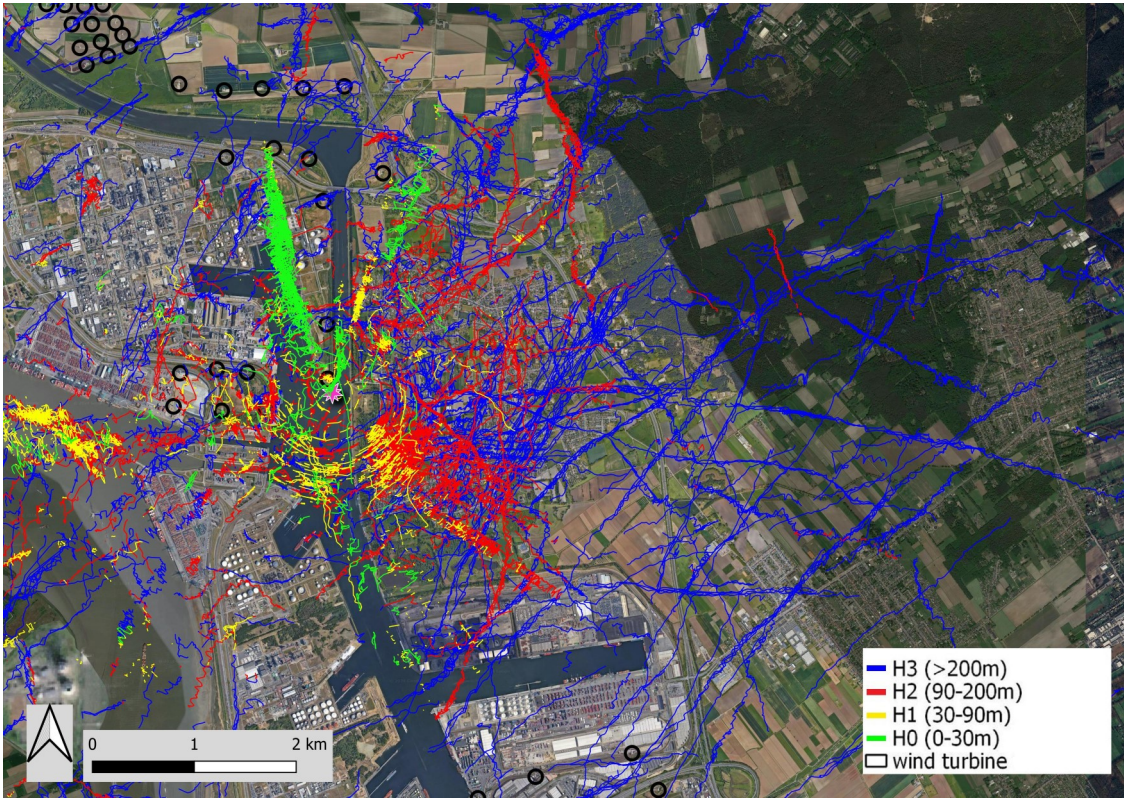
Figuur 4.65: 'Flock' tracks (vaak groepjes meeuwen, watervogels, kauwen, houtduiven) in december 2023 tussen 17u en 19u, zonder datacleaning.



Figuur 4.66: 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning.



Figuur 4.67: 'Flock' tracks (vaak groepjes meeuwen, watervogels, kauwen, houtduiven) in februari 2024 tussen 19u en 21u, zonder datacleaning.



Figuur 4.68: 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning

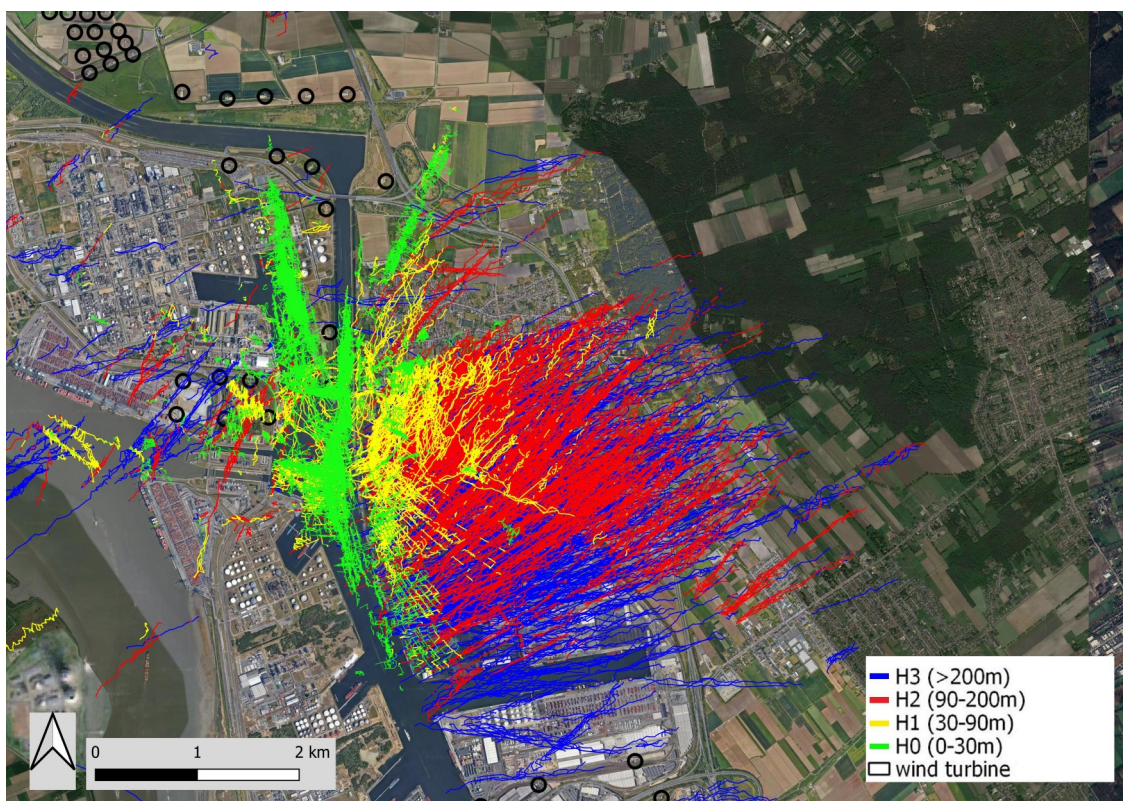
Een voorbeeld van najaarstrek is zichtbaar in figuur 4.69. Het betreft een selectie van vliegbewegingen van groepen vogels (radarclassificatie 'Flock') in de vroege ochtend op 18 oktober 2023. Het overgrote deel van deze tracks betreft kleine tot grote groepen van in zuidwestelijke richting doortrekkende lijsters (vooral koperwiek), zoals tijdens de validaties is vastgesteld. Het resultaat van een eenvoudige snelle datacleaning met de variabelen 'airspeed' en 'score' (zie boven) is zichtbaar in figuur 4.70.

Een detailbeeld van de zone rond de windturbines aan de Zandvlietsluis, is voor bovengenoemde selectie weergegeven in figuur 4.71 (zonder datacleaning) en figuur 4.72 (na eenvoudige datacleaning).

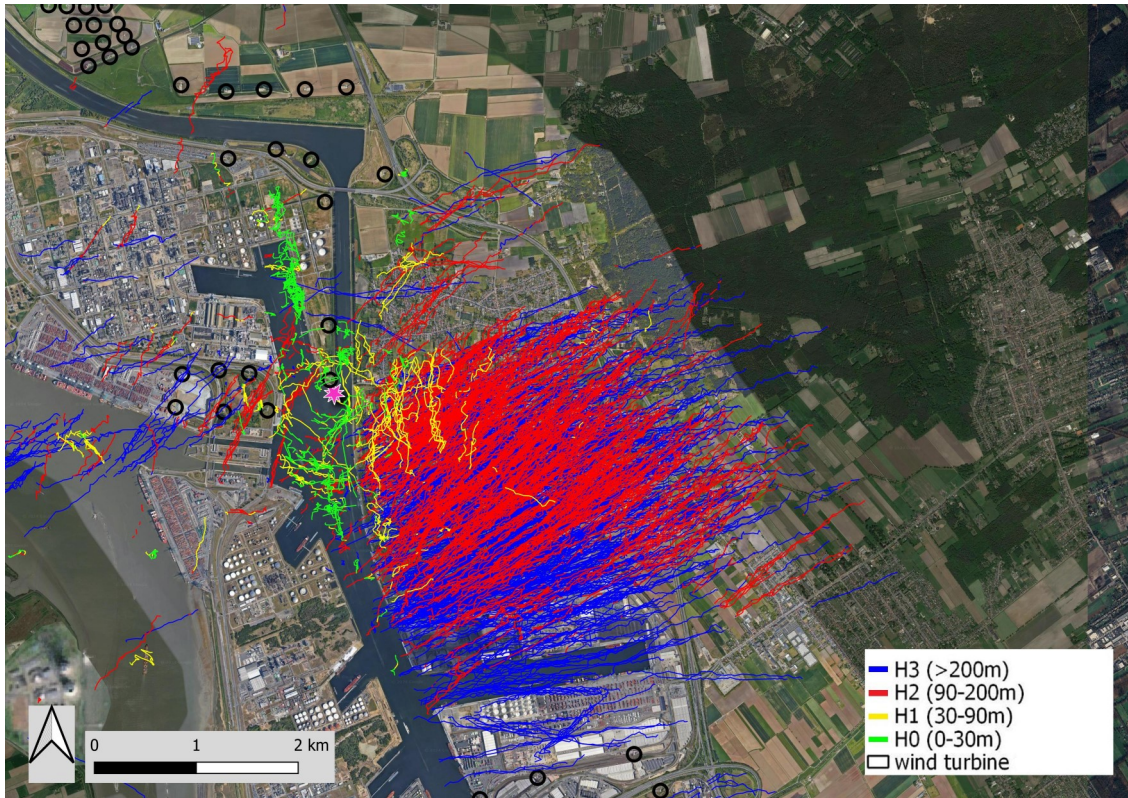
Figuur 4.73 toont dan weer de najaarstrek op de ochtend van 18 oktober 2023 met de vliegbewegingen van individuele kleine vogels (radarclassificatie 'Small Bird') in de vroege uren van 7 tot 10u. Het resultaat na een eenvoudige snelle datacleaning met de variabelen 'airspeed' en 'score' (zie boven) is zichtbaar in figuur 4.74.

Een detailbeeld van de bovengenoemde selectie van kleine vogels op 18 oktober in de zone rond de windturbines aan de Zandvlietsluis, is weergegeven in figuur 4.75 (zonder datacleaning) en figuur 4.76 (na eenvoudige datacleaning).

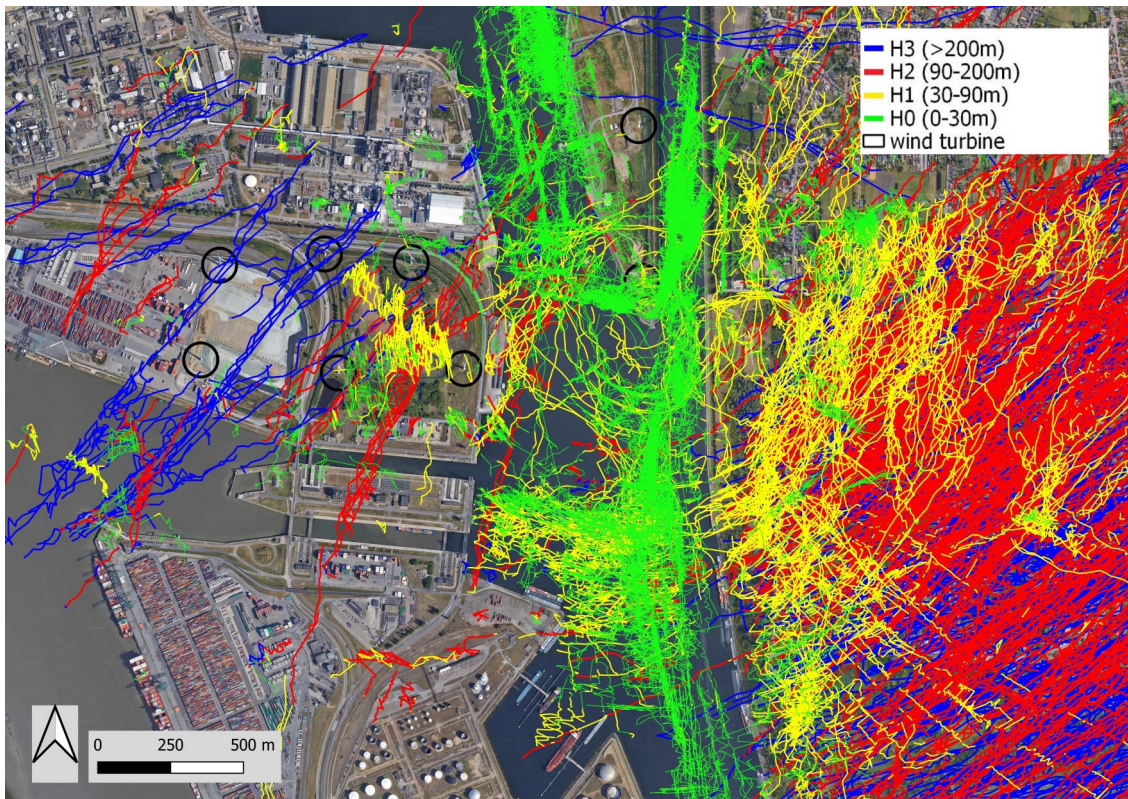
De radartracks van de volledige maand oktober 2023 met een selectie van de 'Small Bird' vogelklasse (vaak ook kleine meeuwen en eenden), inclusief eenvoudige datacleaning op de variabelen 'airspeed' en 'score' (zie boven) en deze keer met minimum tracklengte van 1000 m, zijn te zien in de figuur 4.77 en meer in detail voor de zone langs de windturbines aan de Zandvlietsluis in figuur 4.78.



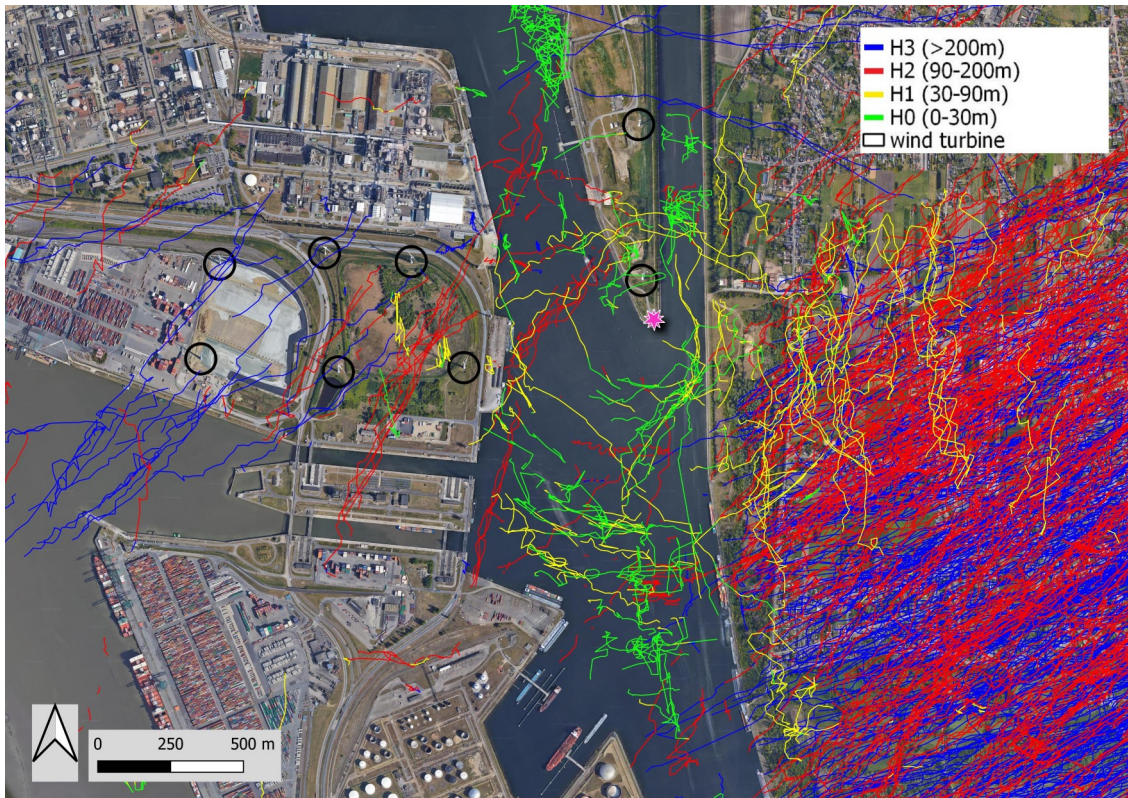
Figuur 4.69: 'Flock' (groepen vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning.



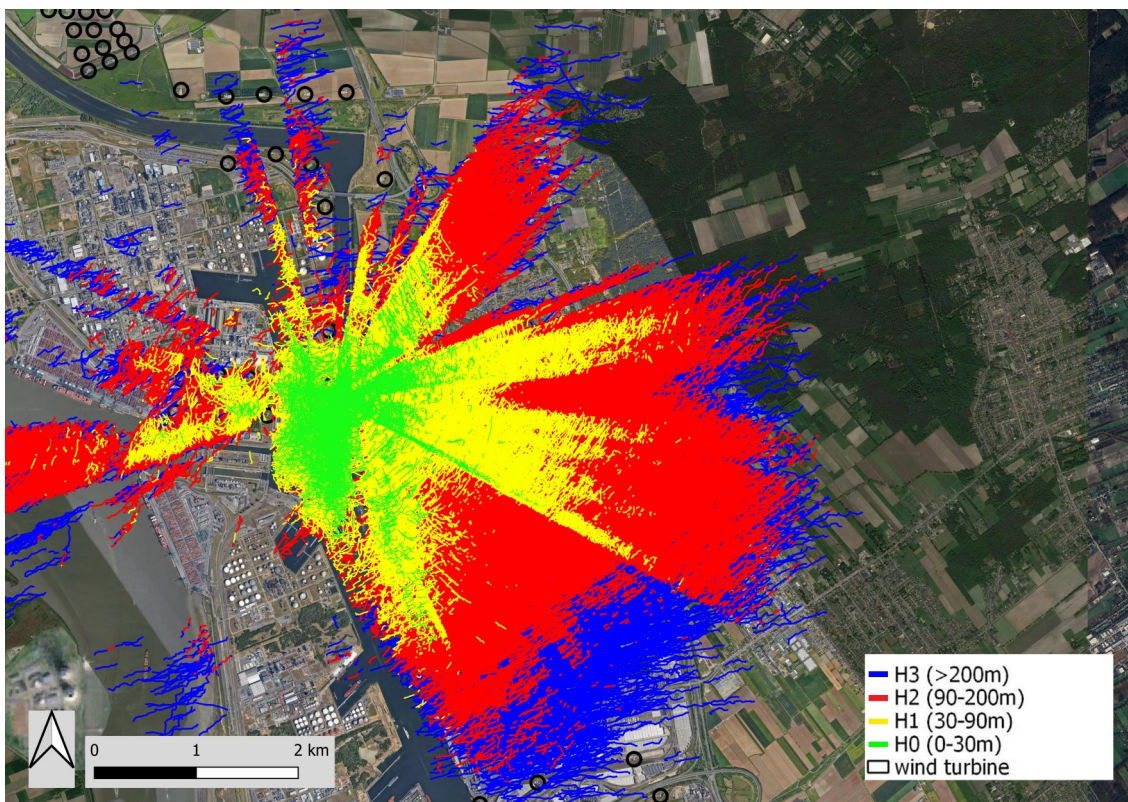
Figuur 4.70: 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning



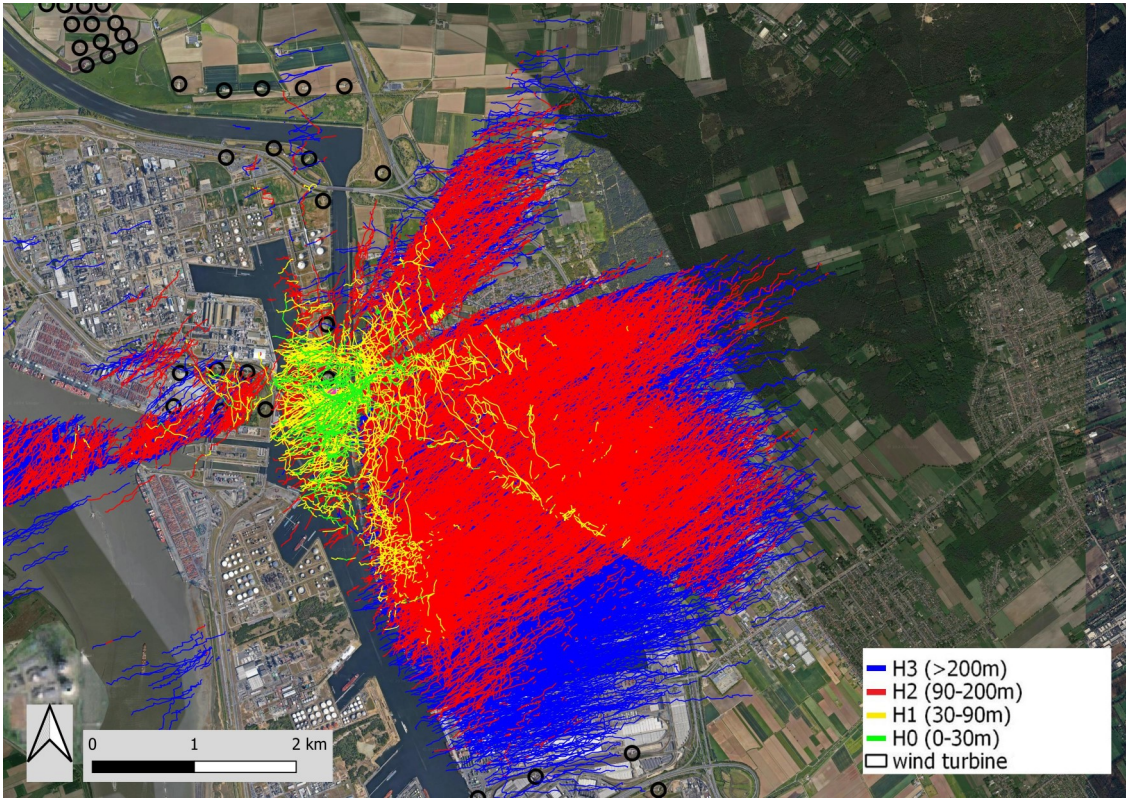
Figuur 4.71: 'Flock' (groepen vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek). Detail van zone windturbines Zandvlietsluis.



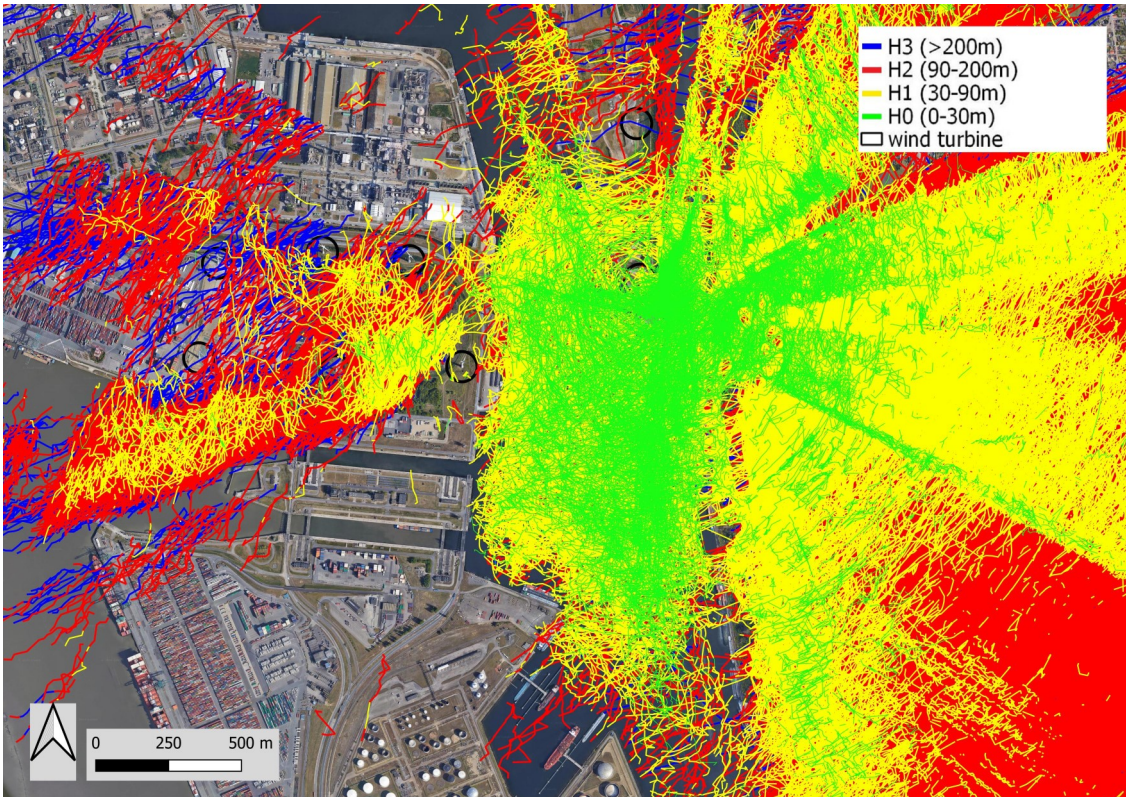
Figuur 4.72: 'Flock' tracks zoals bovenstaande figuur, met eenvoudige datacleaning.



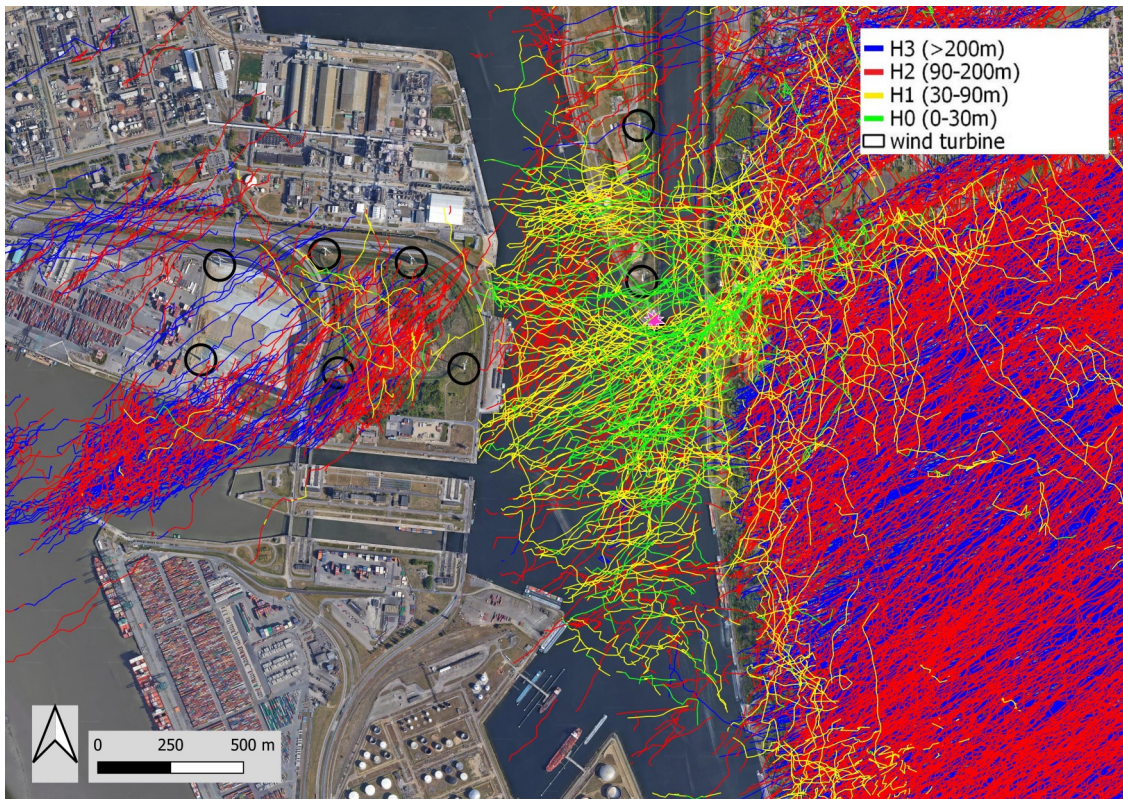
Figuur 4.73: 'Small Bird' (individuele kleine vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, in de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning.



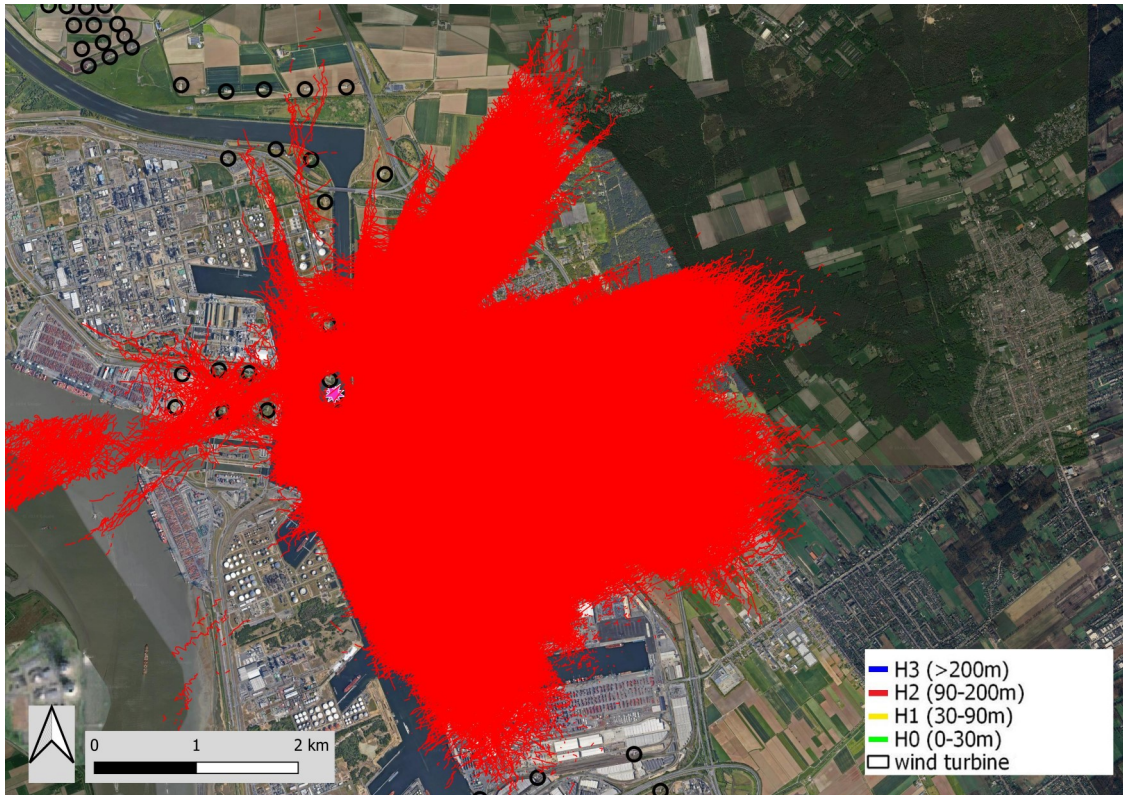
Figuur 4.74: 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur, met eenvoudige datacleaning.



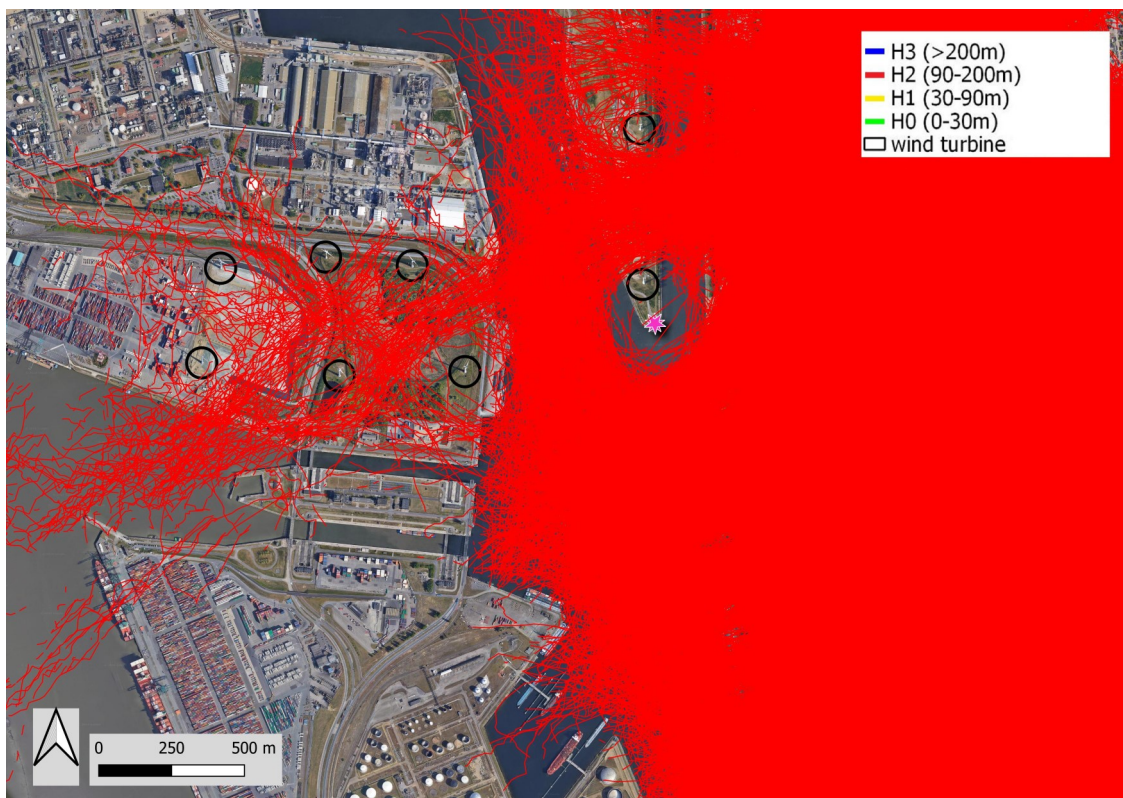
Figuur 4.75: 'Small Bird' (individuele kleine vogels) tracks op 18 oktober 2023 met minimumlengte 100 m, tijdens de vroege ochtend tussen 7u en 10u, waarvan een groot deel lijsters (vooral koperwiek), zonder datacleaning. Detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.



Figuur 4.76: 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur, na eenvoudige datacleaning.



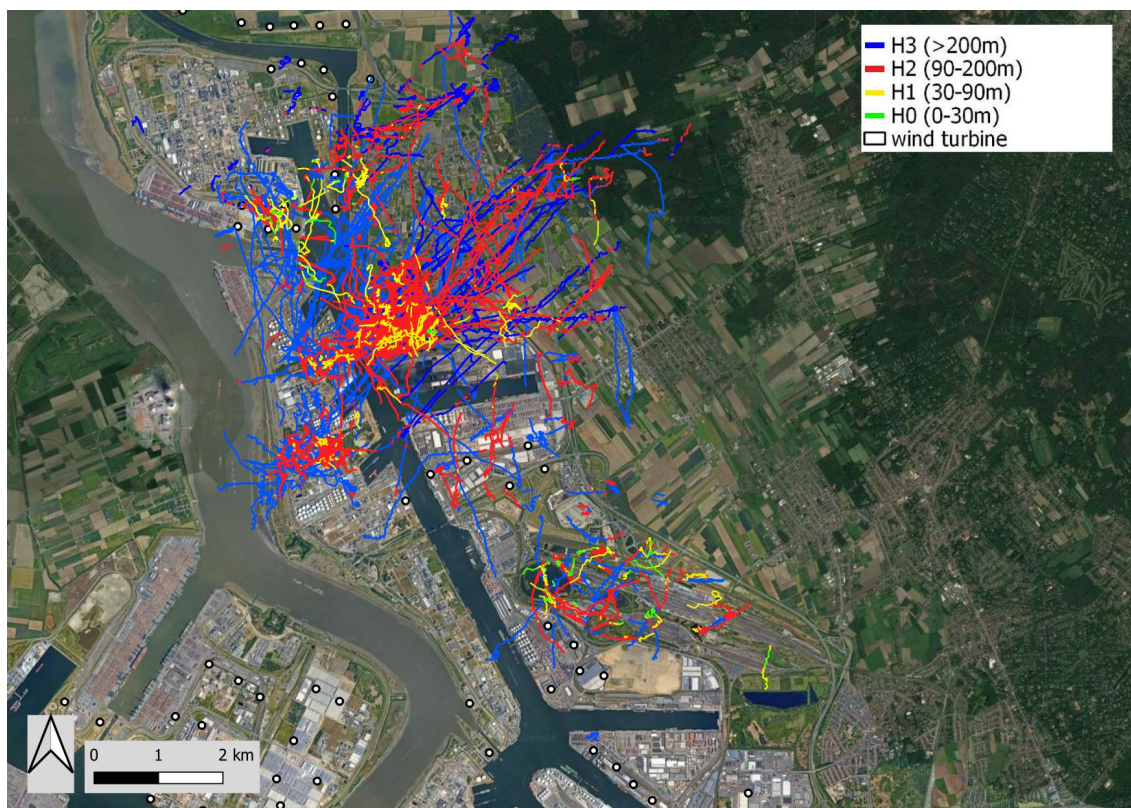
Figuur 4.77: 'Small Bird' tracks (individuele kleine vogels, waaronder ook veel meeuwen) in oktober 2023, met minimumlengte 1000 m en eenvoudige datacleaning. Hier is enkel de H2 hoogteklasse weergegeven.



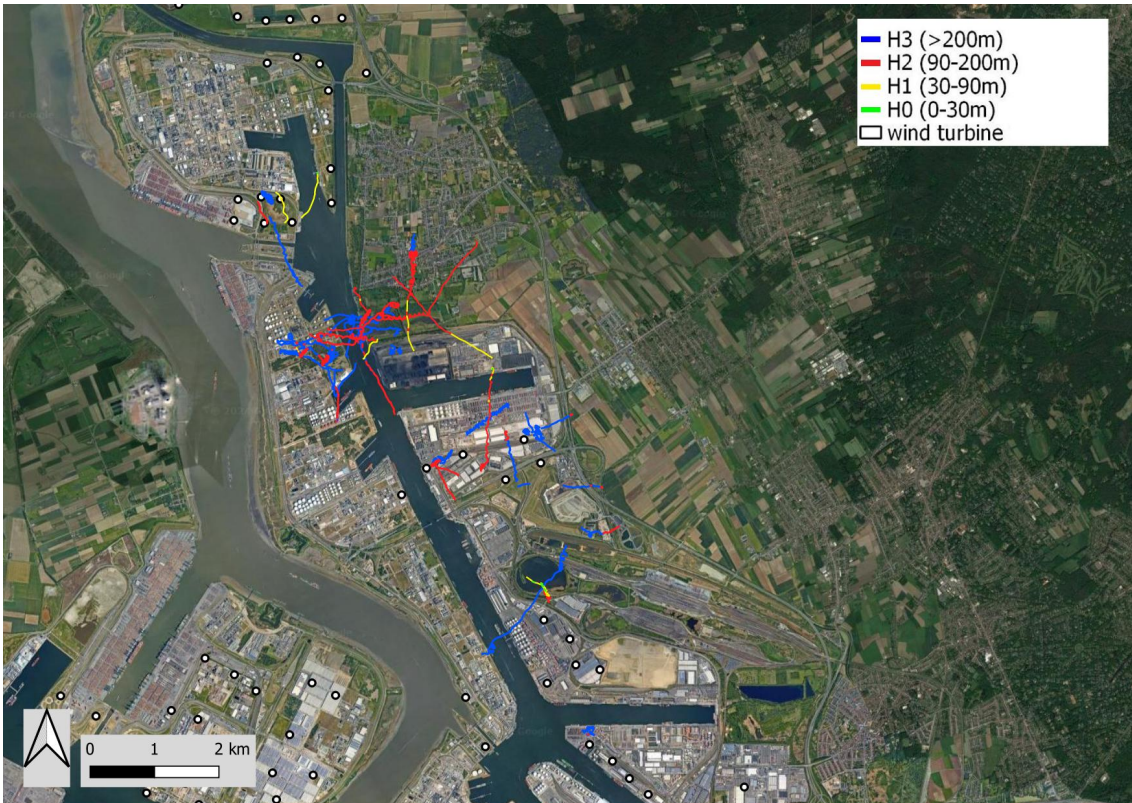
Figuur 4.78: 'Small Bird' tracks zoals bovenstaande figuur. Detail voor zone windturbines Zandvlietsluis.

4.9 COMBINATIE GEVALIDEERDE VOGELTRACKS IN VOLLEDIGE PERIODE 2021-2024

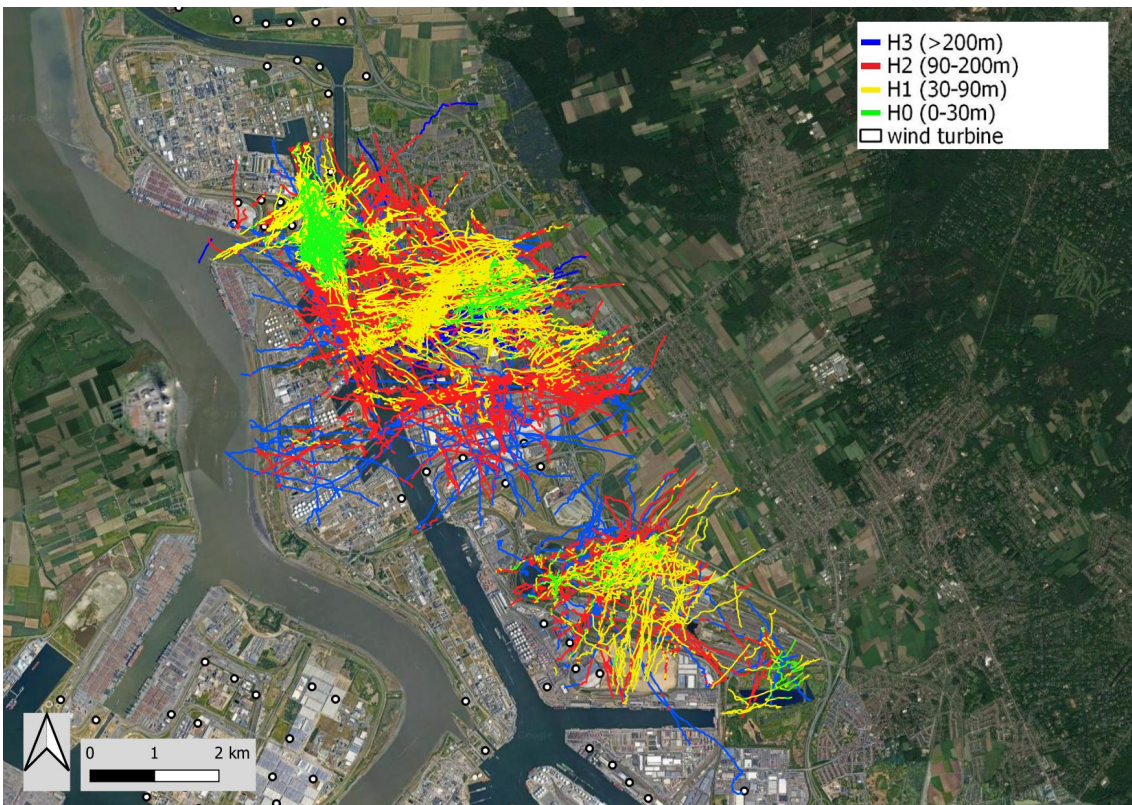
In het onderzoeksjaar 2021 stond de radar in de polder van Stabroek (zie in Everaert *et al.* (2022)). Hier was er een minder goede detectiecapaciteit voor vogels in het Opstalgebied en andere noordelijke zones, maar wel een goede voor de meer centrale en zuidelijke zones van het havengebied. In het onderzoeksjaar 2022-2023 stond de radar in het Opstalgebied waardoor de detectiecapaciteit in deze zone en omgeving wel goed was, maar niet meer in de centrale tot zuidelijke zones van het havengebied, en ook niet in de meest noordwestelijke zone van het havengebied ter hoogte van BASF en de windturbines van de Zandvlietsluis. Die laatste zone was wel beter zichtbaar met de meest recente standplaats van de radar in 2023-2024. In onderstaande figuren (4.79-4.93) is voor enkele soortgroepen/soorten een combinatie gemaakt van alle gevalideerde tracks in 2021 tot en met maart 2024. Het resultaat geeft een beter beeld van de vliegbewegingen in het volledige havengebied, hoewel ook hierbij in bepaalde lokale zones een minder goede radardetectie was, en dat de nachtelijke validaties beperkt waren tot enkele specifiek uitgekozen locaties waar (mogelijk) interessante vliegbewegingen te verwachten waren.



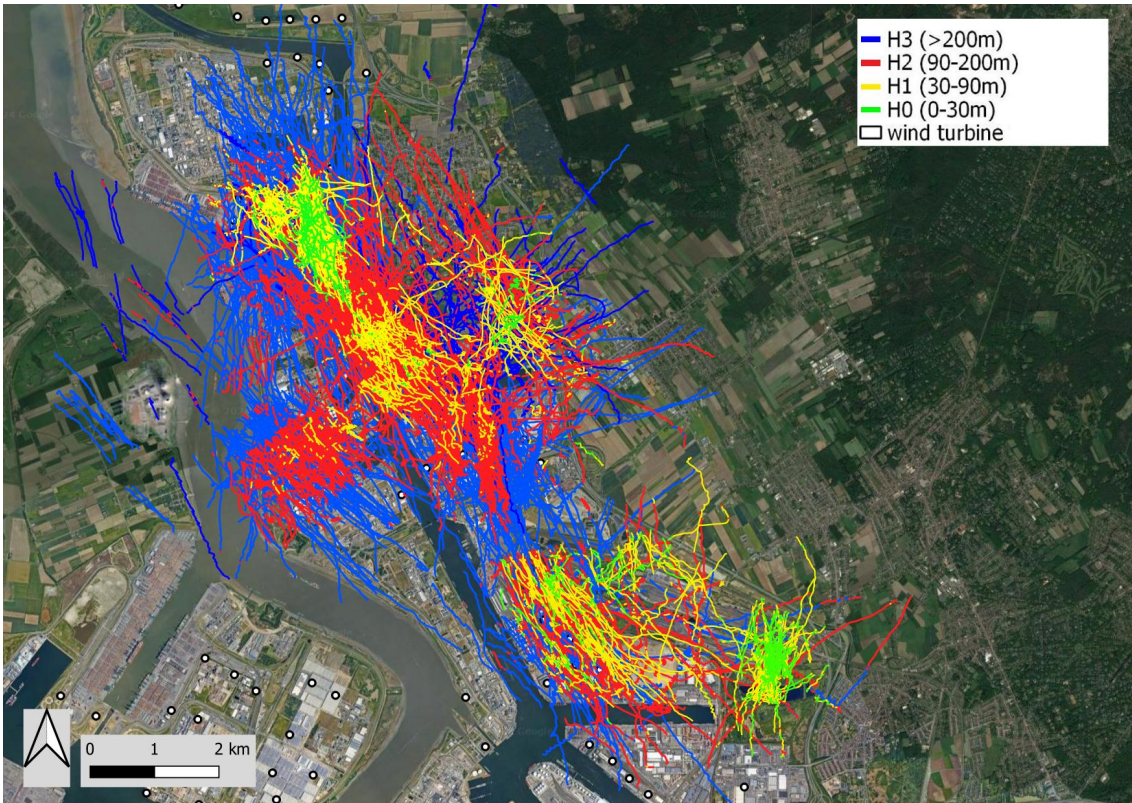
Figuur 4.79: Gevalideerde roofvogels in de periode 2021 - 2024.



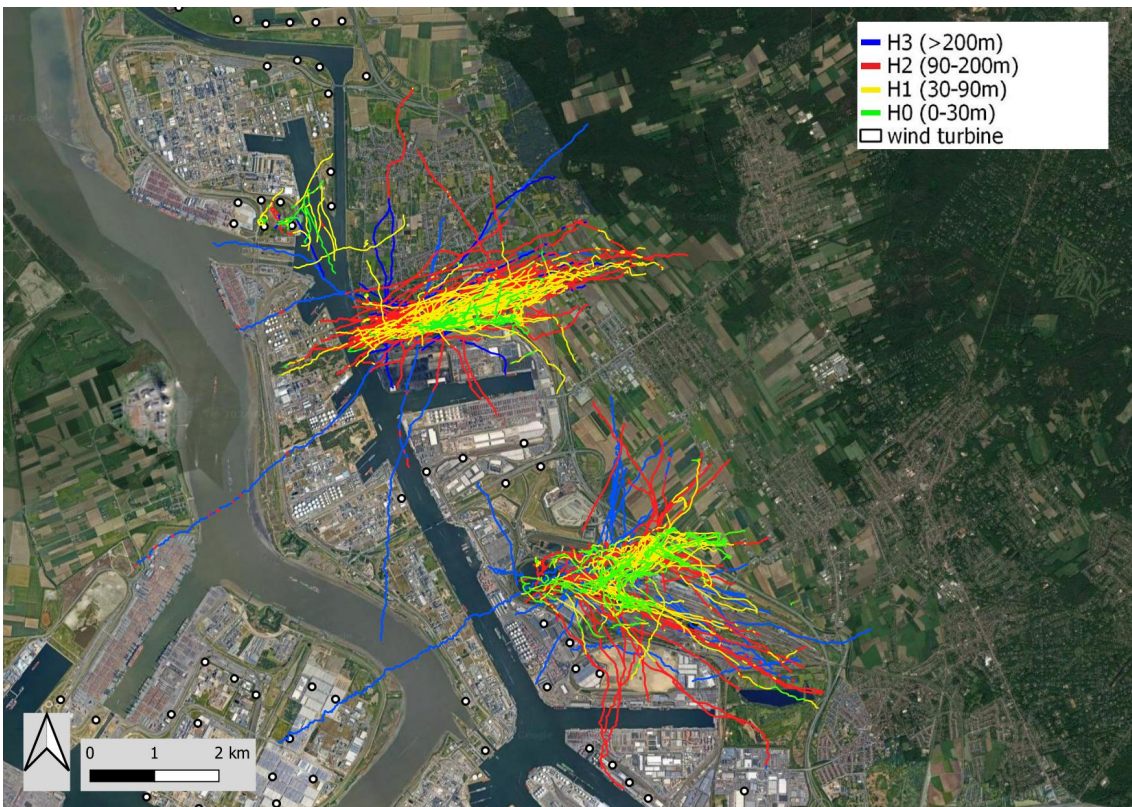
Figuur 4.82: Gevalideerde slechtvalken in de periode 2021 - 2024.



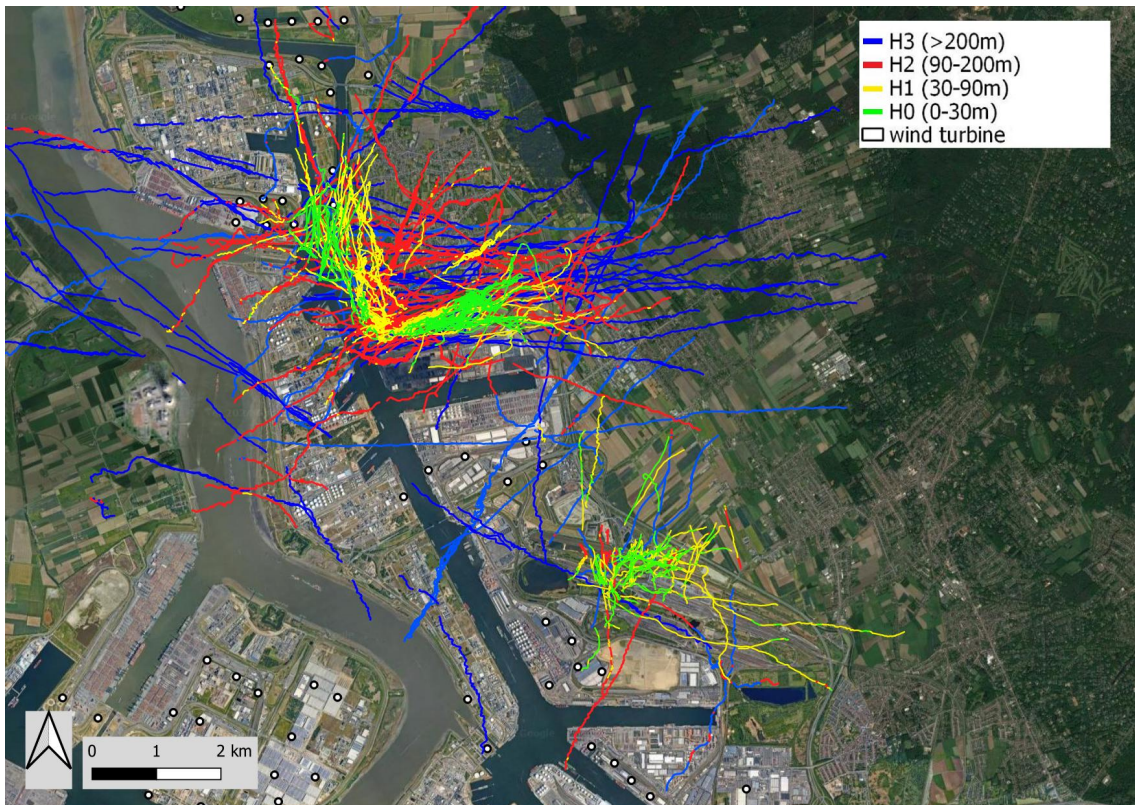
Figuur 4.83: Gevalideerde kleine meeuwen in de periode 2021 - 2024.



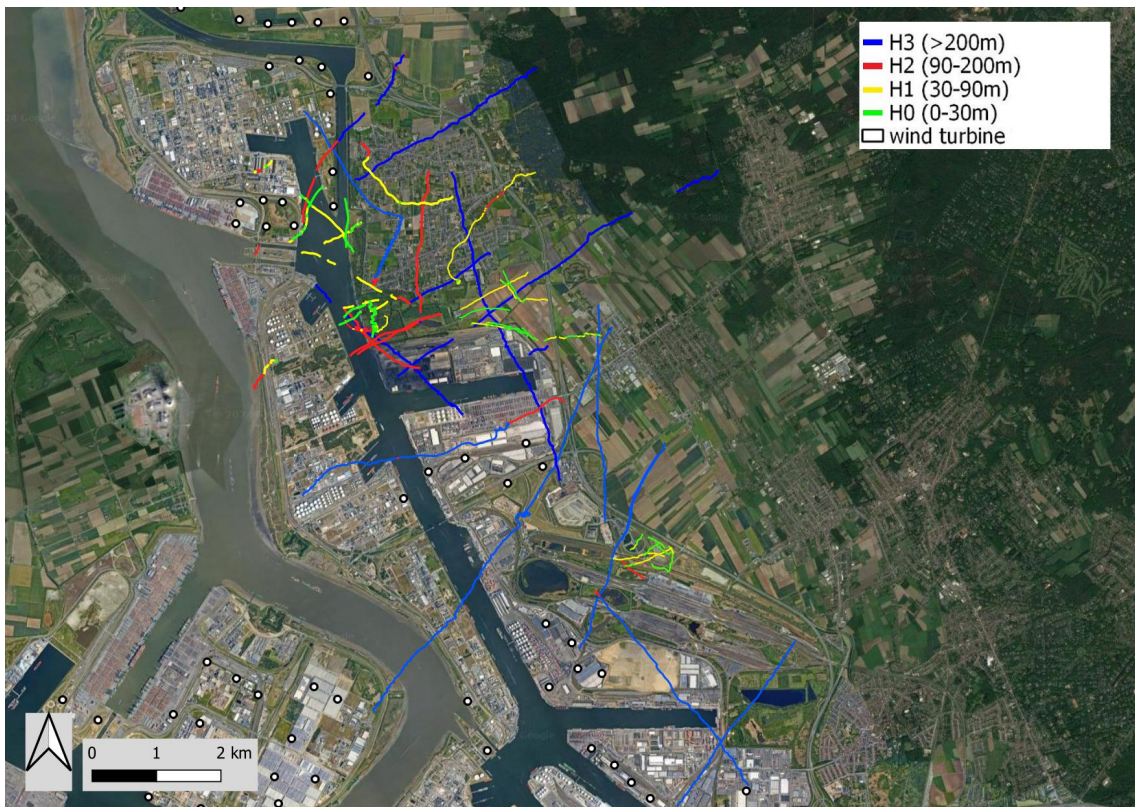
Figuur 4.84: Gevalideerde grote meeuwen in de periode 2021 - 2024.



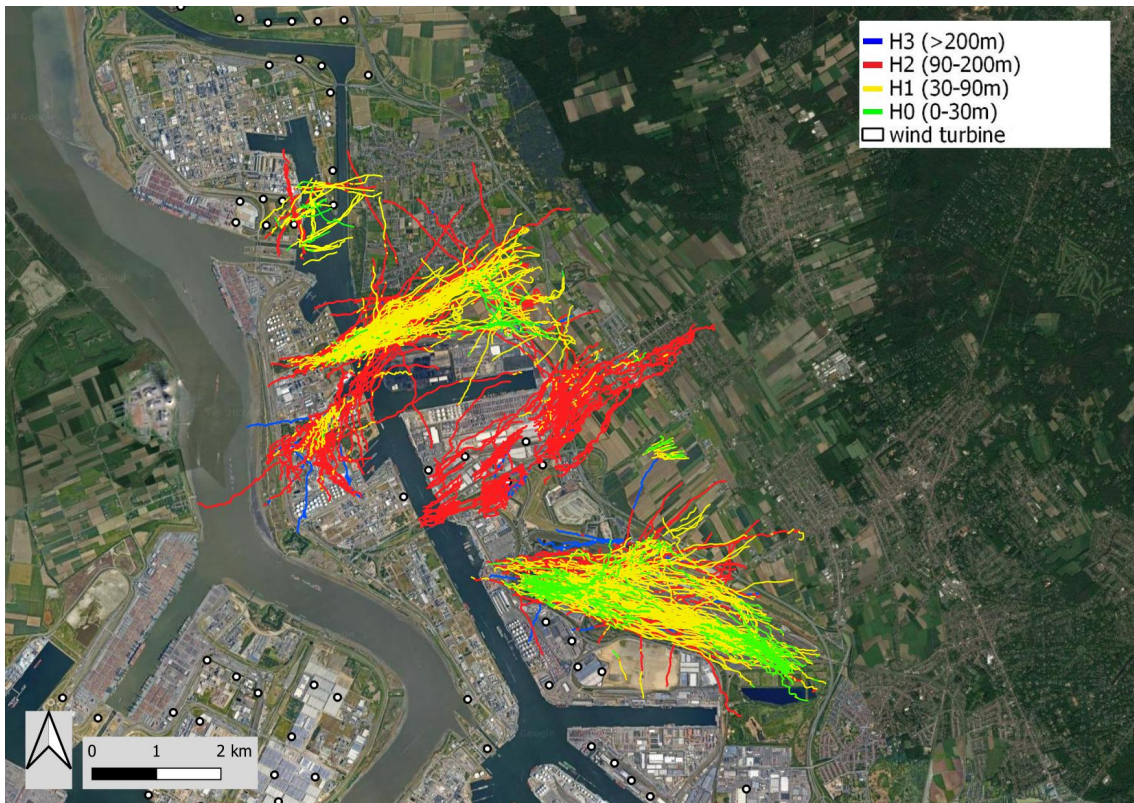
Figuur 4.85: Gevalideerde eenden in de periode 2021 - 2024.



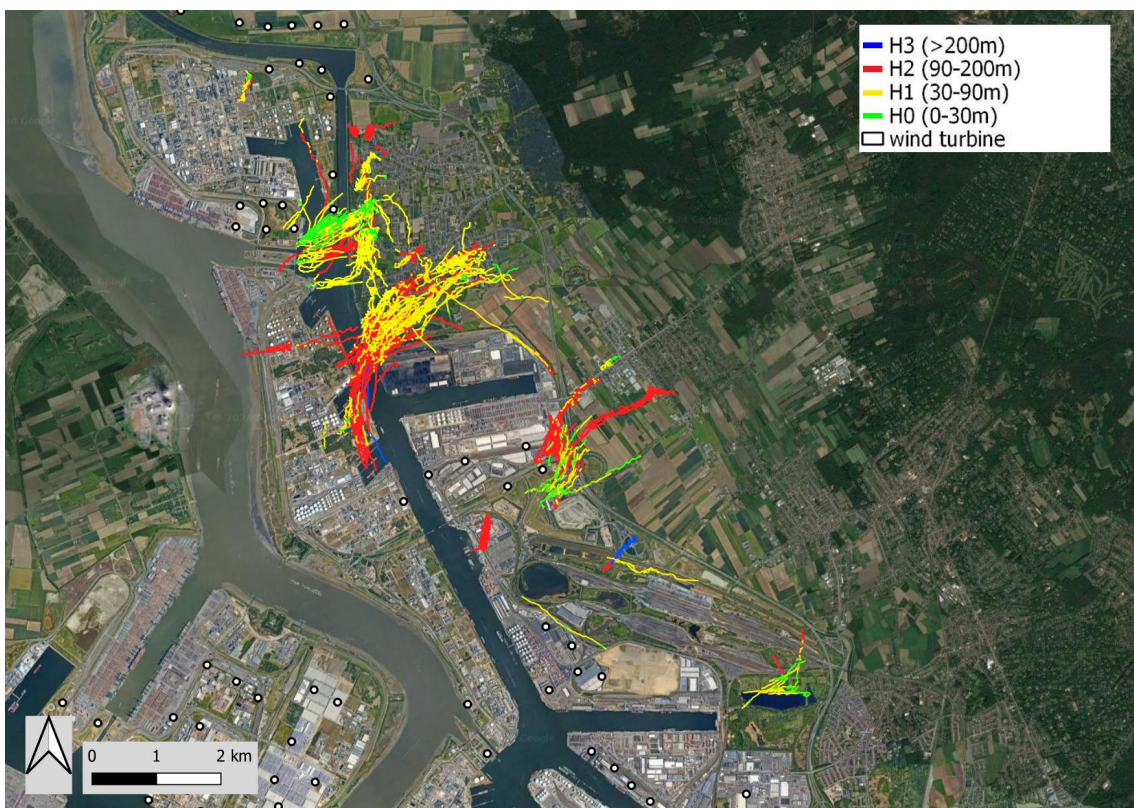
Figuur 4.86: Gevalideerde ganzen in de periode 2021 - 2024.



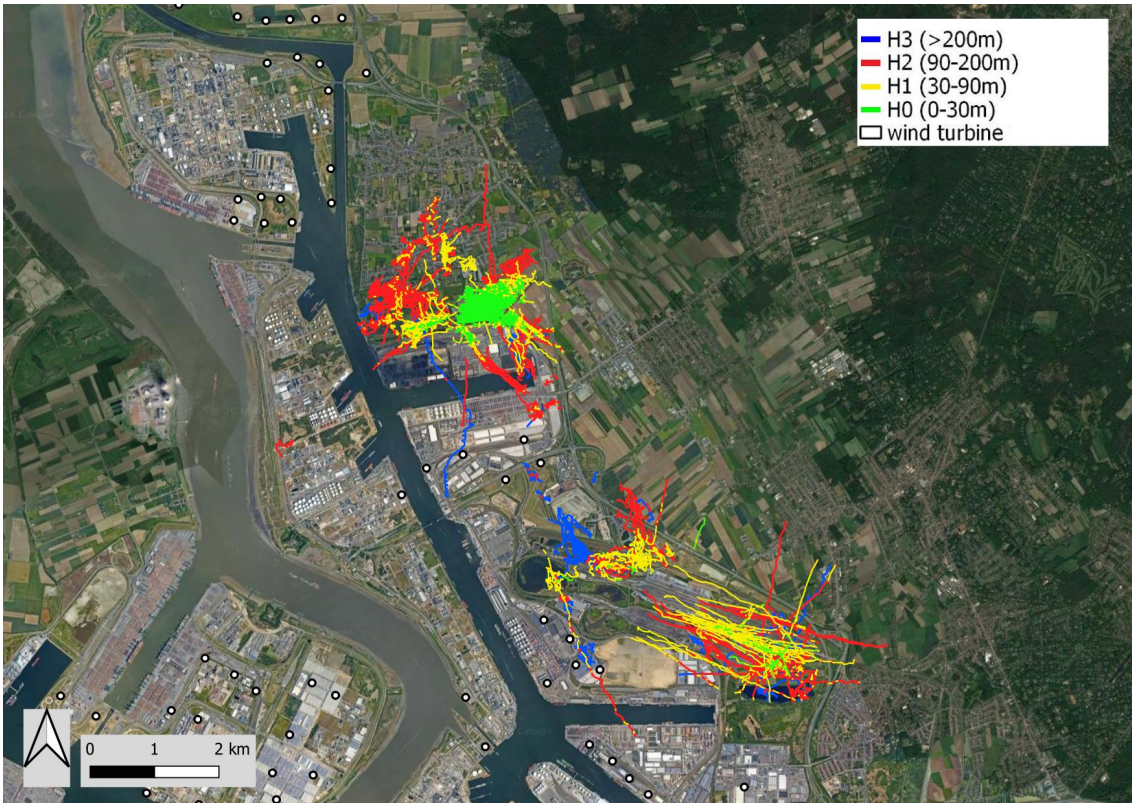
Figuur 4.87: Gevalideerde reigers (vooral blauwe reiger) in de periode 2021 - 2024.



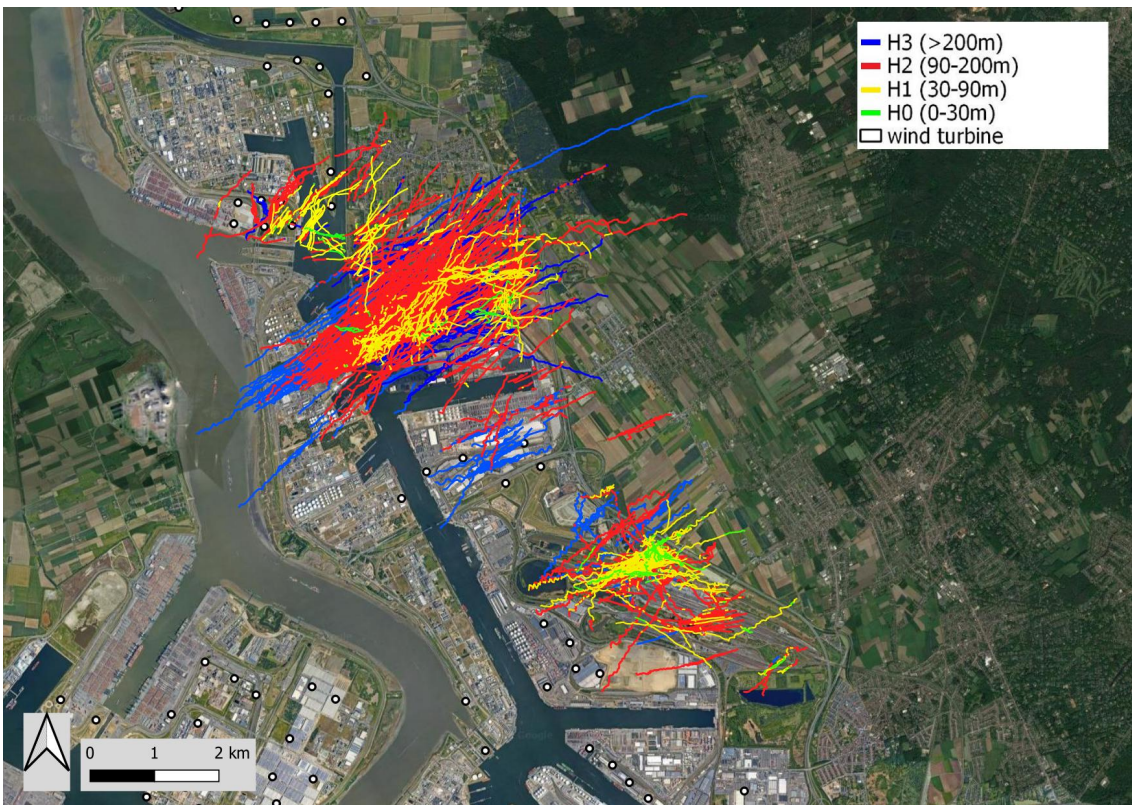
Figuur 4.90: Gevalideerde houtduiven in de periode 2021 - 2024.



Figuur 4.91: Gevalideerde kauen in de periode 2021 - 2024.



Figuur 4.92: Gevalideerde zwaluwen in de periode 2021 - 2024.



Figuur 4.93: Gevalideerde zangvogels in de periode 2021 - 2024.



5 DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK

De validaties in juli 2023 tot en met maart 2024 bevestigden, zoals in 2021-2023, dat het gebruikte radarsysteem mits een aantal aandachtspunten zelfs in een ruimtelijk moeilijke omgeving bruikbare gegevens kan verzamelen over vliegbewegingen van vogels en de mogelijke effecten van windturbines. De detectiecapaciteit van de radar kan, naast de afstand tot de radar, wel sterk afhankelijk zijn van zeer lokale factoren zoals gebouwen, kranen en bomen.

Globaal zien we dat de detectiecapaciteit voor vogels vanaf de nieuwe standplaats van de radar in 2023-2024 voldoende tot zeer goed was in de oostelijke helft van het noordelijke deel van het aandachtsgebied. Tegen de verwachting in was de detectiecapaciteit eerder matig ter hoogte van de cluster van windturbines aan de Zandvlietsluis, en slecht tot zeer slecht in de zone ten zuiden van de Zandvlietsluis. Verstoring van het zicht door varende en aangemeerde vrachtschepen, een grote kraan en andere industriële constructies ter hoogte en ten zuiden van de Zandvlietsluis, zijn verantwoordelijk voor dit slechte zicht. Het feit dat de detectiecapaciteit ook afhankelijk is van zeer lokale factoren, is een probleem bij de algemene interpretatie van de validaties per telcirkel. Om deze zeer lokale problemen van radarzicht ruimtelijk te visualiseren, vooral ook specifiek op rotorhoogte van nabije windturbines, werd bijkomende ook een kaart opgemaakt met selectie van een groot aantal radartracks (ook niet gevalideerde), ingedeeld op hoogteklaas. Opvallend afgebroken 'lege' zones in het beeld, afhankelijk van de hoogteklaas, wijzen op problemen met het radarzicht.

De automatische vogelclassificatie van de radar blijkt een redelijk complex gegeven te zijn. De voorlopige conclusies uit de eerste validaties in 2021 en 2022-2023 worden in 2023-2024 bevestigd. De automatische classificatie van de radar blijkt individuele vogels in een meerderheid van de gevallen één klasse kleiner te classificeren dan de door het INBO gevalideerde vogeltracks. Individuele grote meeuwen (zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw) werden door de radar in een meerderheid van de gevallen als 'middelgrote vogel' geclassificeerd, en individuele kleine vogels en vlermuizen vaak als 'insecten'. Buitenlandse gebruikers van het radarsysteem rapporteren gelijkaardige resultaten (ROBIN radar systems workshop, 10-11 september 2024). In 2023-2024 werd opnieuw meermaals vastgesteld dat de radar bijvoorbeeld kleine groepen (2-4) van grote vogels zoals ganzen ook regelmatig als één 'grote vogel' of 'middelgrote vogel' classificeerde, en kleine groepen (2-4) van middelgrote vogels zoals eenden ook regelmatig als één 'middelgrote vogel' of 'kleine vogel'. Samenwerking met andere gebruikers van het radarsysteem en met ROBIN radar systems kan een optimalisatie van de automatische classificatie te bewerkstelligen.

Op basis van een diepgaande eerste verkenning van de data, incl. beschikbare parameters die het radarsysteem verzamelt, probeerden we reeds in 2021 om valse vogeltracks zoals deze van gebouwen, windturbines en bewegende kranen in de toekomst zo goed mogelijk automatisch te verwijderen uit de database (Everaert *et al.* (2022)). In 2022-2023 kon hiervoor nog geen adequate oplossing worden gevonden. Door de nieuwe standplaats van de radar sinds juli 2023 is er nog een groter probleem ontstaan. De radar kijkt vanaf die standplaats rechtstreeks over het water van het kanaaldok, en varende vrachtschepen veroorzaken door één of ander combinatie-effect veel valse vogeltracks die in een cirkelvormige wijze rond de radar ook tot ver boven het land worden gecreëerd.

Bij de detailanalyse van vogeltracks rond windturbines in 2023-2024, werd een (eerste) gestandaardiseerde filtering van valse vogeltracks voorgesteld (Onkelinx & Carmen (2024)), en dit is toegepast in de analyse van deze rapportage. Het is de bedoeling om in de komende jaren deze automatische filtering verder te optimaliseren en ook toe te passen voor andere analyses zoals deze voor het in kaart brengen



Referenties

- Everaert J. (2012). Vogel- en vleermuisonderzoek met INBO radarsysteem op windturbinelocaties. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), ISSN 1782-9054, Brussel.
- Everaert J. (2015). Effecten van windturbines op vogels en vleermuizen in Vlaanderen. Leidraad voor risicoanalyse en monitoring. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, rapport INBO.R.2015.6498022.
- Everaert J., Lodder M. & Lieburg T. van (2016). Eindrapport van de meetcampagne met een ROBIN 3D flex vogelradar voor Vleemo NV te Antwerpen, België. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO); Robin Radar Systems BV.
- Everaert J., Lommelen E., Carmen R., Loos J., Van De Walle M. & Verstraete H. (2022). Onderzoeksprogramma 2021-2025 voor het uitvoeren van radaronderzoek naar de effecten van windturbines op vogels en vleermuizen. Resultaten van het verkennend onderzoek in 2021. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2022 (12). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.73800966>.
- Everaert J., Lommelen E., Carmen R., Onkelinx T., Loos J., Van De Walle M. & Verstraete H. (2023). Onderzoeksprogramma 2021-2025 voor het uitvoeren van radaronderzoek naar de effecten van windturbines op vogels en vleermuizen. Resultaten van het onderzoek in 2022 tot maart 2023. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2023 (52). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.99959925>.
- Onkelinx T. & Carmen R. (2024). Onderzoeksprogramma 2021-2025 voor het uitvoeren van radaronderzoek naar de effecten van windturbines op vogels en vleermuizen. Analyse van vogeltracks nabij windturbines. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (55). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. <https://doi.org/10.21436/inbor.114415092>.
- Verbeek R. (2022). Studying the flight behaviour of black-tailed godwits – visual observations versus the use of a 3D bird radar. Waardenburg Ecology, presentation at the conference on wind energy; wildlife impacts (CWW 2022), The Netherlands, 4-8 April 2022.