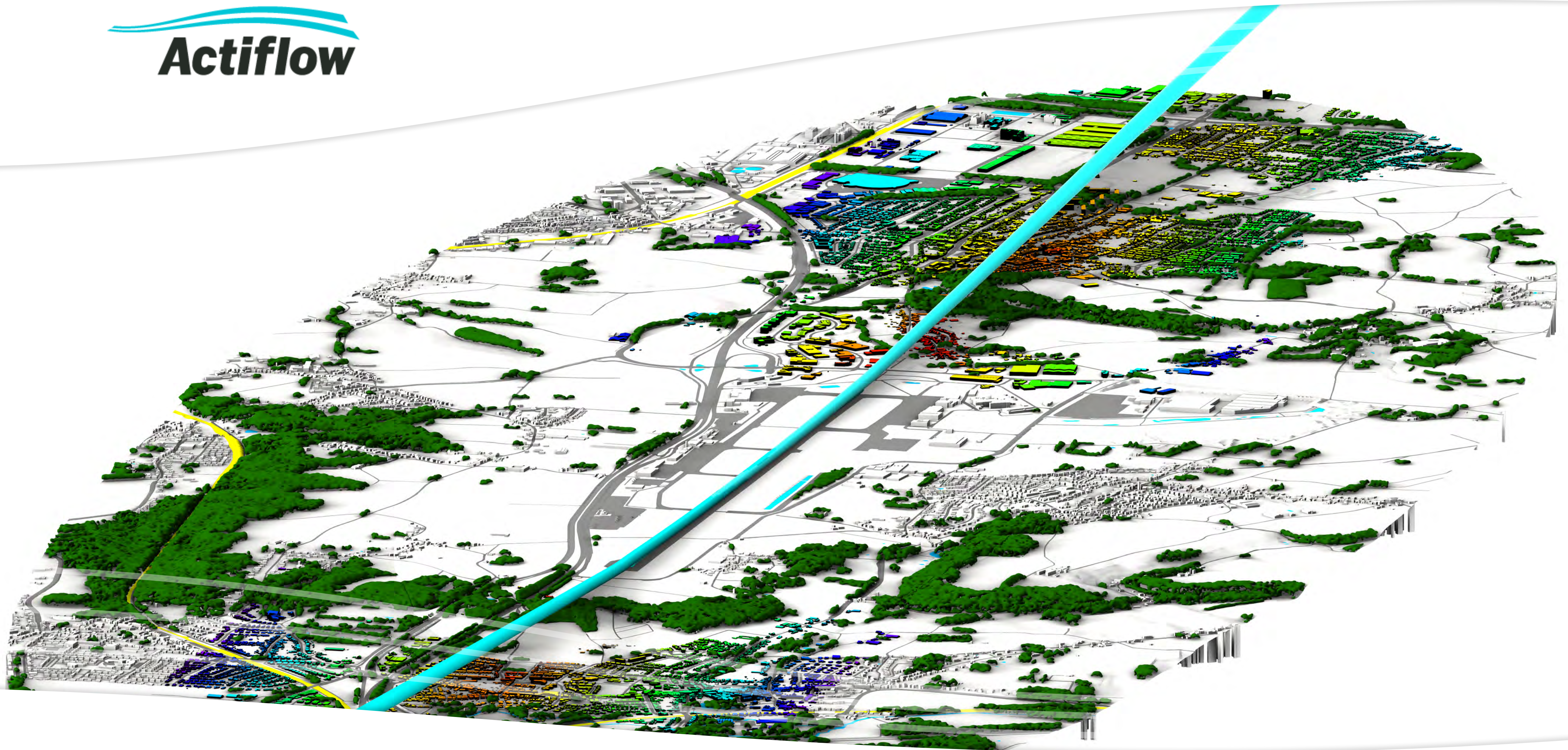




Onderzoeksproject Vortex

Drukmetingen op daken rond Maastricht-Aachen Airport

Auteur(s): ir. Jeroen Bink
Controleur(s): ir. Reinier Maas
9 juni 2026

AFR-2025020
Versie 2.0
2026 © Actiflow B.V.

Onderzoeksproject Vortex
Drukmetingen op daken rond Maastricht-Aachen Airport

Klant Contactpersoon	Omgevingsfonds Maastricht Aachen Airport
Projectnummer	2025020
Rapport versie	2.0
Status	Voor opdrachtgever
Datum	9 juni 2026
	©2026 Actiflow B.V.
Auteur	ir. Jeroen Bink 
Gecontroleerd door	ir. Reinier Maas 
Actiflow B.V. Tramsingel 5 4814 AB Breda +31 (0)76 5422 220 contact@actiflow.com www.actiflow.com	

Inhoudsopgave

Samenvatting	iii	
1 Introductie	1	
2 Meetlocaties	2	
2.1 CFD windonderzoek	6	
3 Meetopstelling	7	
4 Datasets	8	
4.1 Weerdata	8	
4.2 Vliegdata	10	
5 3D modellering	11	
6 Resultaten	13	
6.1 Vliegbewegingen	13	
6.2 Detectiecriteria voor vliegtuigpassages	20	
6.3 Vortexdetecties	21	
6.4 Vortexdetecties in relatie tot type vliegtuig	22	
6.5 Vortexdetecties in relatie tot de wind	23	
6.5.1 Windroos Daalstraat, Geverik	23	
6.5.2 Windroos Burgemeester Janssenstraat, Beek	24	
6.5.3 Windroos Stegen, Beek	25	
6.5.4 Windroos vergelijking	26	
6.6 Analyse cluster vortexdetecties in periode half november tot half december 2025	27	
6.7 Vortexdetecties in relatie tot afstand tot het vliegpak	28	
6.8 Casus: incident met schade aan dak in Beek	29	
7 Invloedsgebied	33	
7.1 Invloedsgebied noord	35	
7.2 Invloedsgebied zuid	40	
8 Conclusies en Aanbevelingen	44	
8.1 Conclusies	44	
8.2 Aanbevelingen	45	

Samenvatting

Actiflow heeft in opdracht van de Stichting Omgevingsfonds Maastricht Aachen Airport gedurende 9 maanden (juli 2025 – maart 2026) drukmetingen uitgevoerd op de daken van vier woningen aan de noordzijde van Maastricht Aachen Airport (MAA). Doel van het onderzoek was vast te stellen of overvliegende vliegtuigen aantoonbaar wervels (vortices) veroorzaken die leiden tot drukverschillen op daken van nabijgelegen woningen, en tot welke afstand van het vliegpad dit effect optreedt.

In totaal zijn 47 vortexdetecties geregistreerd. Hiervan zijn 36 detecties toe te schrijven aan overvluchten van Boeing 777-cargo-vliegtuigen en 8 aan Boeing 747-cargo-vliegtuigen. Bij passagiersvliegtuigen (Boeing 737, Airbus A320) zijn nauwelijks detecties waargenomen. Er is een duidelijke correlatie gevonden tussen de afstand tot het vliegpad en het aantal detecties: hoe dichterbij het vliegpad, hoe meer detecties.

Op basis van de meetdata zijn zes risicocategorieën gedefinieerd voor dakvlakken rondom MAA, ingedeeld naar afstand tot het vliegpad. Met behulp van een 3D model van de omgeving is ieder dakvlak in een risicocategorie geclassificeerd en weergegeven op een risicokaart. Tevens is tijdens de meetperiode een incident met ernstige dakvlakschade op 24 november 2025 in Beek direct bewezen als veroorzaakt door een landend vliegtuig, doordat gelijktijdig een vortexdetectie op een naastgelegen dakvlak werd vastgelegd.

1 Introductie

Afgelopen jaren zijn er schades aan diverse woningen in Geverik, Beek en Meerssen gemeld die mogelijk het gevolg zijn van wervels van overvliegende vliegtuigen. Deze vliegtuigen stijgen op van, of landen op, Maastricht Aachen Airport (MAA) en hierbij vliegen ze laag over de getroffen woningen. Gedurende de vlucht kan wervelende lucht vanaf de vleugels loslaten en naar beneden worden gevoerd, zoals ter illustratie weergegeven in figuur 1.1.



— Figuur 1.1: Voorbeeld van een vliegtuigwervel (vortex)

Dergelijke wervels kunnen leiden tot luchtdrukverschillen nabij woningen. In het geval van een sterke onderdruk kan het gevolg zijn dat dakpannen van de daken worden gezogen, zie ter illustratie figuur 1.2.

De Stichting Omgevingsfonds Maastricht Aachen Airport wil graag nader onderzoek uitvoeren teneinde de schade door wervels te beperken. Om dit te kunnen doen is echter meer informatie nodig. Zo is het gewenst om onafhankelijk vast te stellen dat overvliegende vliegtuigen zorgen voor wervels en hiermee luchtdrukverschillen op de daken van de woningen nabij MAA veroorzaken.

Men wil weten welke daken het meeste risico lopen op schade door wervels, en welke typen vliegtuig hier verantwoordelijk voor zijn. Dit alles valt onder het zogenoemde 'Onderzoeksproject Vortex'.



— Figuur 1.2: Voorbeeld van schade door wervels (nos.nl)

Door metingen van de luchtdruk uit te voeren op de daken van de woningen rondom MAA kan de gewenste informatie worden verkregen. [Actiflow](#) is gevraagd deze metingen uit te voeren.

Op de daken van een viertal locaties zijn drukmeters geplaatst, die gedurende een periode van 9 maanden de luchtdruk meten. Er is gekozen voor de periode van juli 2025 tot en met maart 2026, omdat in deze periode zowel zomer- als wintermaanden vallen, en er dus een breed scala aan weersomstandigheden en vliegbewegingen wordt gemeten.

2 Meetlocaties

Om het invloedsgebied van vliegtuigwervels met voldoende zekerheid te kunnen bepalen is de locatie van de metingen van grote invloed. Hierbij worden idealiter op een groot aantal locaties meetpunten voorzien, zodat alle wervels die de woningen bereiken kunnen worden geregistreerd. Bij een voldoende lange meetperiode geeft dat dan een zeer nauwkeurige afbakening van het invloedsgebied.

In veel soortgelijke onderzoeken die in de gebouwde omgeving worden uitgevoerd, en ook nu, is het praktisch niet mogelijk om een dergelijk groot aantal meetpunten te plaatsen. We spreken hier over duizenden gebouwen in Geverik, Beek, Neerbeek, Meerssen en Rothem. Er zijn dan ook een beperkt aantal meetlocaties gekozen die het mogelijk maken het invloedsgebied op basis van risicogebieden met voldoende nauwkeurigheid te definiëren.

Het aantal meetlocaties is in het onderzoeksvoorstel bepaald. Dit aantal is zodanig gekozen dat de relatie tussen de afstand tot het vliegp pad en het risico op optreden van onderdrukken door wervelaf scheiding van dalende vliegtuigen met voldoende betrouwbaarheid kan worden vastgesteld. Gezien de complexiteit van het totale meetproces, de complexiteit van de meetopstelling en het invasieve karakter van de metingen is gekozen voor een aantal meetlocaties dat juist voldoende is om deze betrouwbaarheid te verkrijgen. In dit geval betreft dit vier meetlocaties.

Het zoekgebied voor de meetlocaties is bepaald op basis van de volgende criteria:

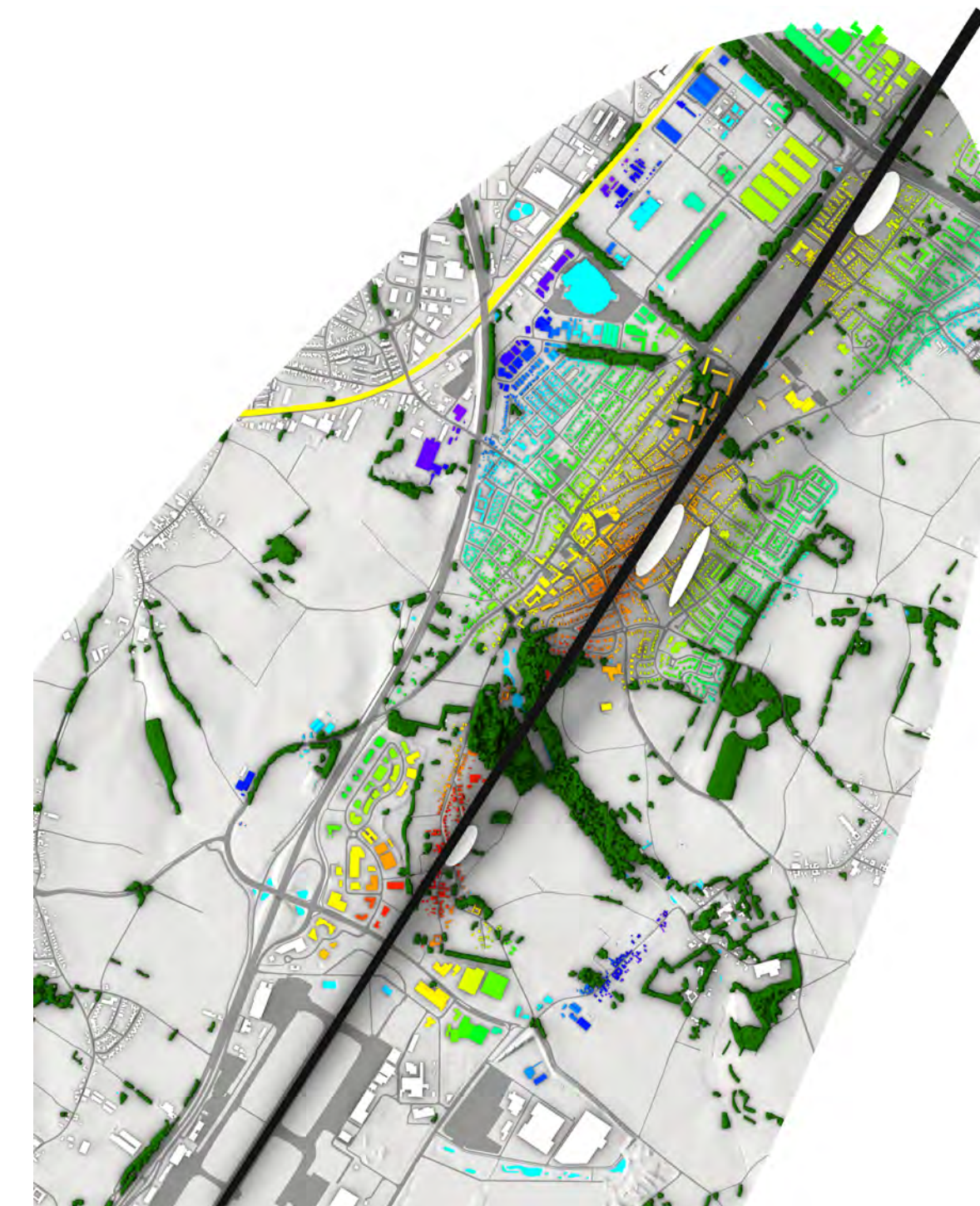
- De meetlocaties dienen in, of op zeer korte afstand van, het gebied gelegen te zijn waar schades opgetreden zijn die gerelateerd worden aan wervelaf scheiding van vliegtuigen;
- De meetlocaties dienen gelegen te zijn op een variërende afstand van het vliegp pad om zo een beeld te kunnen krijgen van de invloed van de afstand tot het vliegp pad en het risico op optreden van onderdrukken door wervelaf scheiding door dalende vliegtuigen;
- Het is de wens om het effect van zoveel mogelijk vliegbewegingen te kunnen bepalen, dus zijn meetlocaties aan de noordzijde van het vliegveld preferent. NB. de beweging die een stijgend vliegtuig maakt is significant anders dan die van een dalend vliegtuig. Stijgen gebeurt onder een significant grotere hoek, waardoor de afstand tot de nabijgelegen woningen al snel relatief groot is. Het glijp ad bij een dalend vliegtuig gebeurt onder een kleine hoek, waardoor de vliegtuigen relatief laag over de nabijgelegen woningen vliegen. Het dalen van vliegtuigen wordt dan ook het meest kritisch geacht. De richting van het glijp ad van dalende vliegtuigen wordt bepaald aan de hand van de heersende windrichting. Hierbij wordt een koers gevolgd tegen de heersende windrichting in. Bij een overheersende zuidwestelijke windrichting is het waarschijnlijk dat de meeste vliegbewegingen vanuit het noorden zullen dalen;

- Om na te kunnen gaan of een vliegtuig wel of geen effect heeft op de meetlocaties is het gewenst om de meetlocaties aan één zijde van het vliegveld te plaatsen. Hierdoor kan nagegaan worden of het effect van een vliegtuig op één of meerdere locaties te detecteren is;
- Het is gewenst om een aantal meetlocaties vrijwel loodrecht onder het vliegveld te plaatsen om zo dalende wervels te kunnen bemeten. (NB. Dit is ook de locatie waar de meeste schades opgetreden zijn die gerelateerd worden aan wervelafschering van dalende vliegtuigen). Aanvullend is het zinvol om na te gaan of er ook sprake is van laterale verplaatsing van wervels. Hiervoor wordt een meetlocatie gezocht die iets buiten het vliegveld is gelegen.

Op basis van bovengenoemde criteria zijn vier zoekgebieden voor meetlocaties gedefinieerd in Geverik, Beek en Neerbeek. Deze zijn weergegeven met de witte ovalen in figuur 2.1.

De straten passend bij de zoekgebieden zijn weergegeven op de kaarten figuren 2.2(a), 2.2(b) en 2.2(c).

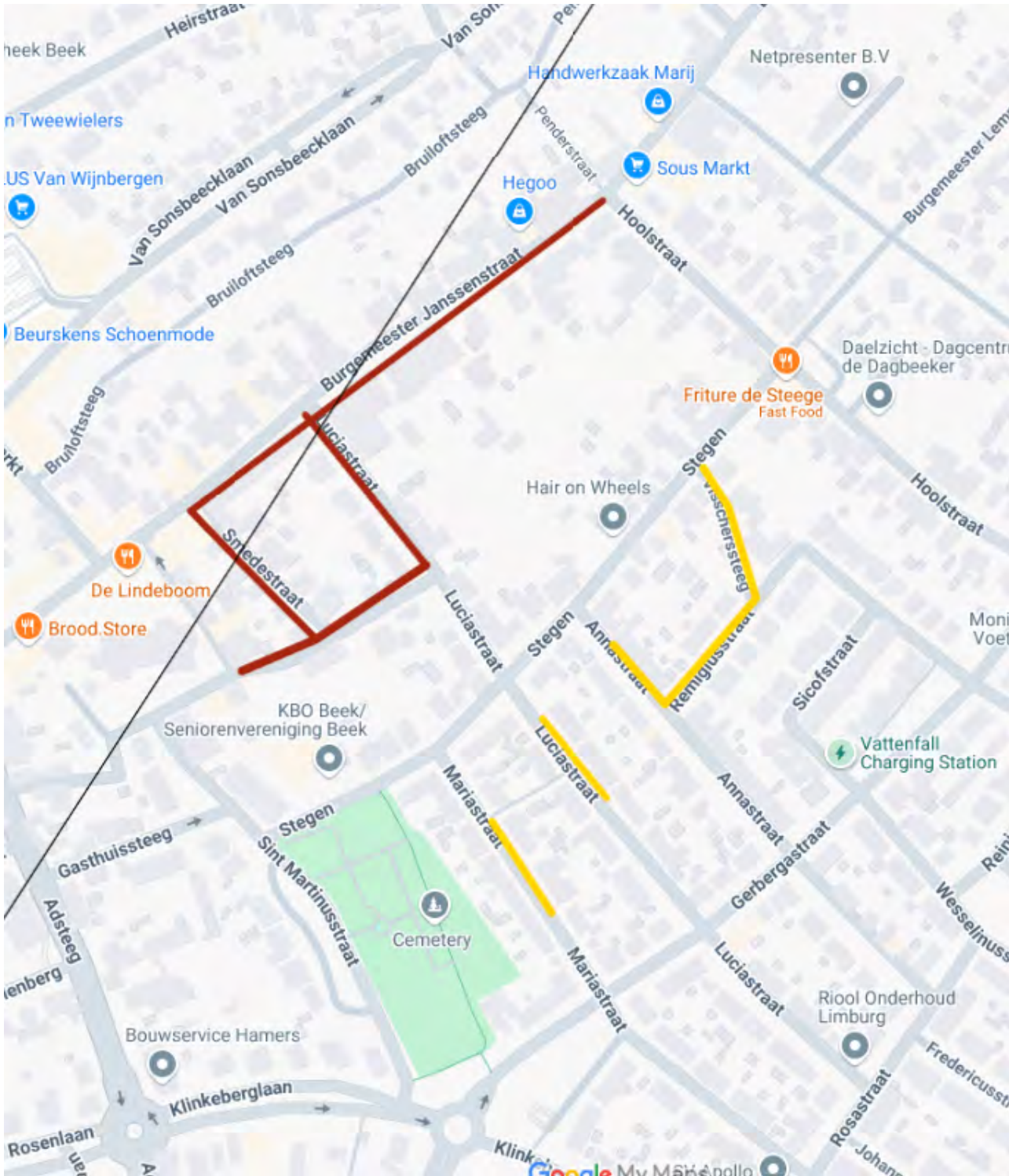
Binnen de zoekgebieden zijn bewoners benaderd om mee te doen aan het onderzoek, waarna in elk zoekgebied de bewoners van ten minste één woning hun interesse hebben getoond. Deze woningen zijn bezocht en geïnspecteerd op geschiktheid voor plaatsing van de meetopstelling. Hierbij is gekeken naar onder meer de bereikbaarheid van het dak, eventuele obstructies op het dak (schoorstenen, zonnepanelen, dakkapellen e.d.), mogelijke obstructies door omliggende gebouwen en bomen en de mogelijkheid om de kast met meetsensoren te plaatsen.



— **Figuur 2.1:** Zoekgebieden voor meetlocaties in Geverik, Beek en Neerbeek



(a) Geverik



(b) Beek



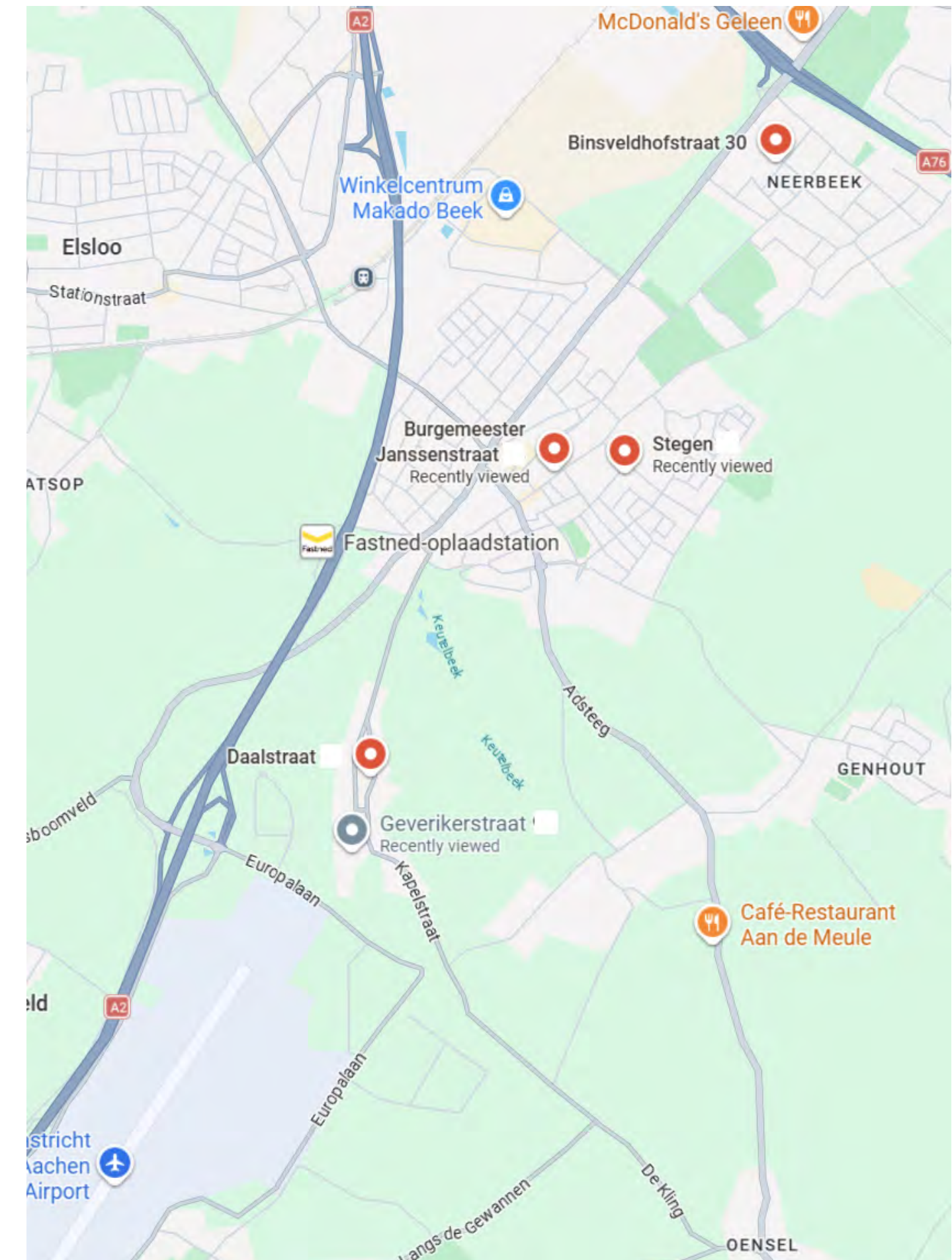
(c) Neerbeek

— Figuur 2.2: Zoekgebieden voor meetlocaties in Geverik, Beek en Neerbeek

Uiteindelijk zijn de volgende vier meetlocaties geschikt en bereid gevonden voor plaatsing van de meetopstelling:

- Daalstraat, Geverik
- Burgemeester Janssenstraat, Beek
- Stegen, Beek
- Binsveldhofstraat, Neerbeek

Het kaartje in figuur 2.3 geeft de vier meetlocaties weer in Geverik, Beek en Neerbeek, op de noordelijke zijde van MAA.



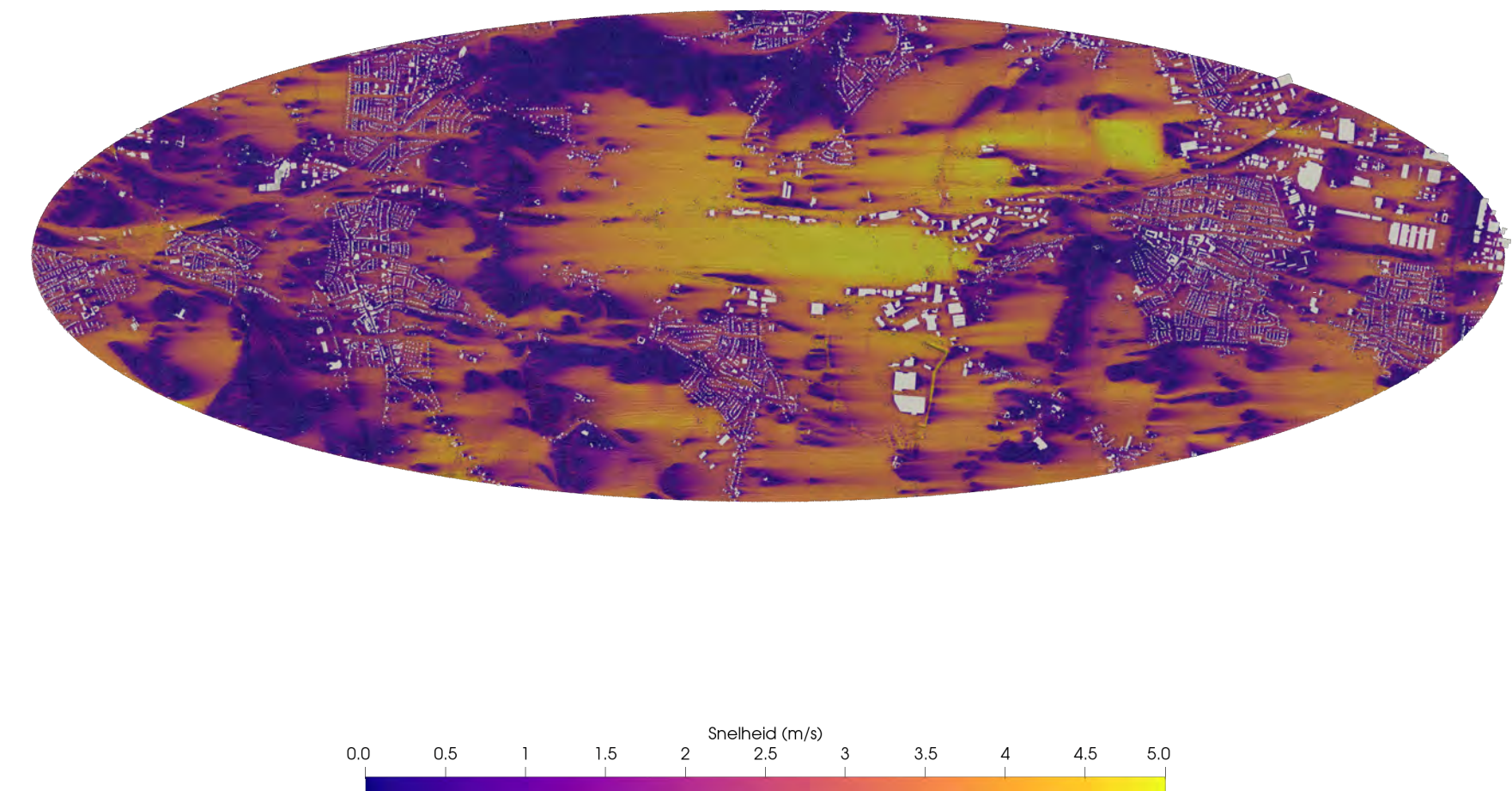
— Figuur 2.3: Kaart met de vier meetlocaties

2.1 CFD windonderzoek

Voor de meetlocaties is het van belang dat windinvloeden geen te grote storende factor zijn in het onderzoek naar het optreden van onderdrukken door wervelafscheiding van dalende vliegtuigen. Onder invloed van wind zal er altijd een onder- of overdruk op het dak merkbaar zijn. Bij hoge windsnelheid zal deze druk dermate groot zijn dat de onderdruk door wervelafscheiding van dalende vliegtuigen niet meer te onderscheiden is van de winddruk. Dit fenomeen is bij hoge windsnelheid niet te vermijden, echter is het ongewenst dat de meetopstelling geplaatst wordt op een dak waarbij deze invloed significant hoger is en dus vaker optreedt dan bij omliggende daken. De winddruk op de gekozen daken mag dus niet significant hoger zijn dan de winddruk op omliggende daken.

Om dit effect inzichtelijk te maken is een onderzoek uitgevoerd op basis van computersimulaties met Computational Fluid Dynamics. Dit onderzoek is gerapporteerd in het rapport van [Actiflow](#) getiteld 'Onderzoeksproject Vortex, CFD-onderzoek winddruk op daken nabij MAA' met referentie 2025020, versie 1.0 d.d. 4 september 2025. In dit onderzoek is een 3Dmodel van de ruime omgeving van MAA opgesteld. Vervolgens is het windstromingspatroon bij 12 windrichtingen doorgerekend, waarna onder meer de wind speed ratio, de drukcoëfficiënt en de druk bij een hoge windsnelheid zijn gevisualiseerd.

Het resultaat liet zien dat er geen reden is te veronderstellen dat winddruk op de daken van de gekozen locaties tot meer verstoring van de metingen zal leiden dan hetgeen in de omgeving wordt ervaren. Hierdoor zijn de gekozen locaties geschikt bevonden om de meetopstelling te plaatsen.



— **Figuur 2.4:** Voorbeeld ter illustratie: CFD-resultaat bij 210 graden windrichting

3 Meetopstelling

Op elk van de daken van de vier woningen zijn 15 drukmeters geplaatst, deze zijn bevestigd op drie rails van elk 5 meter lang. Elke rail heeft 5 drukopnemers. Deze drukopnemers meten de verschildruk tussen de luchtdruk op het dak en een referentiedruk onder het dak. De opstelling van de drukmeters op het dak is weergegeven in figuur 3.1.



— Figuur 3.1: Rails met drukmeters op het dak

De drukmeters op het dak zijn aangesloten met 15 slangen van 6 mm diameter, die door een dakdoorvoer onder het dak worden geleid naar een systeemkast.

Onder het dak is een systeemkast geplaatst met een array van 15 drukmeters van het type *HSCSAAN001PDAA5* van het merk Honeywell. Deze hebben een bereik van ± 6895 Pa en een nauwkeurigheid van $\pm 0,25\%$ en worden met 10 Hz gesampled. Deze drukmeters zijn aangesloten op een Siemens PLC en datalogger, en voorzien van een modem voor het verzenden van de data

naar een cloud database. De systeemkast onder het dak is weergegeven in figuur 3.2.



(a) systeemkast onder het dak



(b) inhoud systeemkast

— Figuur 3.2: Systeemkast onder het dak met de datalogger en drukopnemers

4 Datasets

Als onderdeel van dit onderzoeksproject worden naast de drukmetingen ook andere datasets verzameld, zoals weergegevens gemeten door het KNMI op het weerstation op de luchthaven. Daarnaast worden ook alle vliegbewegingen van en naar MAA geregistreerd, inclusief het type vliegtuig. De resultaten van de drukmetingen worden geanalyseerd in combinatie met deze datasets, om zo te kunnen bepalen of er een relatie is tussen de vliegbewegingen en de gemeten drukverschillen op de daken van de woningen rondom MAA.

De volgende datasets worden naast de drukmetingen gebruikt en geanalyseerd in dit onderzoek:

- Weerdata van het KNMI, gemeten op het weerstation op de luchthaven, met onder andere informatie over de windsnelheid en -richting, temperatuur, luchtdruk en neerslag.
- Vliegdata van alle landende vliegtuigen tijdens de meetperiode, verkregen via de flightradar24 API, met informatie over het type vliegtuig, de tijd van landing en de vliegrichting.
- Een database met de eigenschappen van elk type vliegtuig, zoals gewicht en spanwijdte.
- Een voor dit onderzoek opgesteld 3Dmodel van de totale omgeving rondom MAA, inclusief de woningen en hun daken, variaties in terreinhoogte, de landingsbaan en het vliegp pad van de vliegtuigen.

4.1 Weerdata

De gebruikte weerdata is afkomstig van het KNMI, gemeten op het weerstation op de luchthaven. Deze data bevat onder andere informatie over de windsnelheid en -richting, temperatuur, luchtdruk en neerslag.

Deze waarden zijn over 10 minuten gemiddeld en geven tevens de maximale windstoot in die 10 minuten weer (gusting). Deze data worden gebruikt om te differentiëren tussen drukken op de daken veroorzaakt door vliegtuigen en drukken veroorzaakt door de wind, aangezien beide kunnen leiden tot drukverschillen op de daken van de woningen rondom MAA.

Via de open-data API van het KNMI is de data over de meetperiode verkregen, voor station 06380 (Maastricht Aachen Airport). Verdere informatie over deze dataset is te vinden op de website van het KNMI:

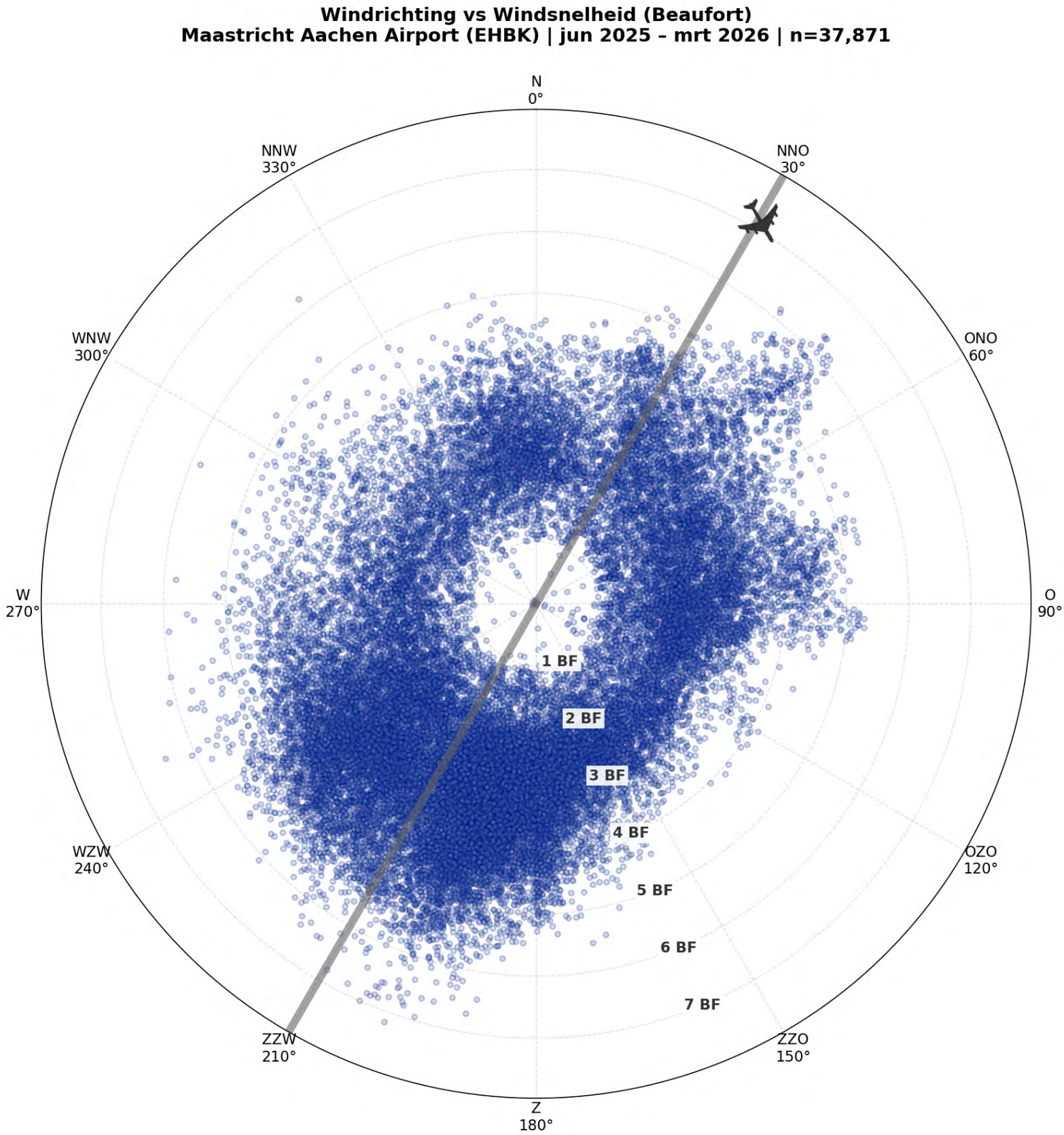
<https://www.knmidata.nl/open-data/10-minute-in-situ-meteorological-observations>.

Figuur 4.1 geeft een windroos weer van de waarnemingen van het weerstation op Maastricht Aachen Airport tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026.

Hier is te zien dat de meest voorkomende windrichting zuidwesten is, en dat de windsnelheid meestal tussen de 1 en 5 Beaufort ligt.

Ook is de richting van de landingsbaan van MAA te zien in deze windroos. De landingsbaan van MAA is gericht op zuidwesten en noordoosten, vliegtuigen landen ideaal met weinig wind van zij en tegen de wind in.

Bij een overheersende zuidwestelijke windrichting is het waarschijnlijk dat de meeste vliegtuigen vanuit het noorden zullen landen, en dus over de woningen aan de noordzijde van MAA zullen vliegen.



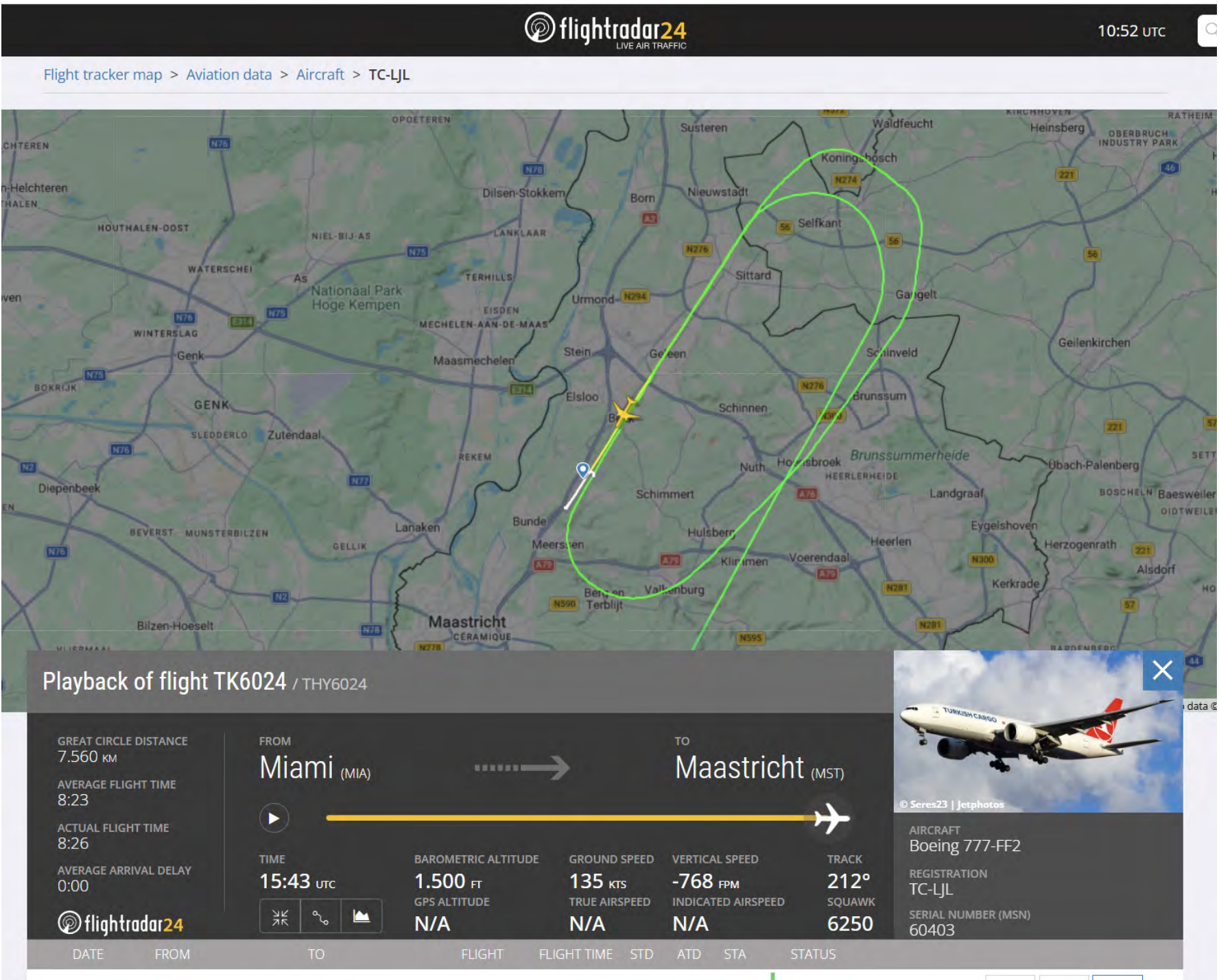
— **Figuur 4.1:** Windroos van de waarnemingen van het weerstation op Maastricht Aachen Airport

4.2 Vliegdata

Naast de weerdata is ook de vliegdata van alle landende vliegtuigen tijdens de meetperiode verzameld. Deze data is verkregen via de (betaalde) flightradar24 API, en bevat informatie over het type vliegtuig, de tijd van landing en de vliegrichting. Daarnaast bevat de dataset ook een volledige gps-track van het vliegtuig tijdens de landing, inclusief hoogte, snelheid en positie. Meer informatie over deze dataset is te vinden op de website van flightradar24: <https://www.flightradar24.com/airport/mst/>.

Daarnaast is een database gebruikt waarin de eigenschappen van elk type vliegtuig zijn opgeslagen, zoals gewicht en spanwijdte.

Er is enkel gekeken naar landende vliegtuigen, aangezien deze laag over de woningen rondom MAA vliegen, in tegenstelling tot opstijgende vliegtuigen die snel tot een hoogte stijgen waarbij aangenomen mag worden dat ze geen invloed meer hebben op de daken van de woningen rondom MAA.



— Figuur 4.2: Flightradar24-voorbeeld van een landend vliegtuig

5 3D modellering

Van het hele gebied rondom MAA is door [Actiflow](#) een 3D model geconstrueerd, inclusief de woningen in Geverik, Beek en Neerbeek aan de noordzijde, en Meerssen en Rothem aan de zuidzijde. In dit model zijn de huizen en gebouwen meegenomen, met een detailniveau waarbij schuine en platte daken te onderscheiden zijn.

Ook is het reliëf van het gebied meegenomen, inclusief de hoogteverschillen in het landschap rondom MAA.

Met dit model kan nauwkeurig worden bepaald wat de afstand van een dakvlak tot het vliegveld is, en kan ieder dakvlak op basis van die afstand worden geclassificeerd met een nauwkeurigheid binnen enkele meters.

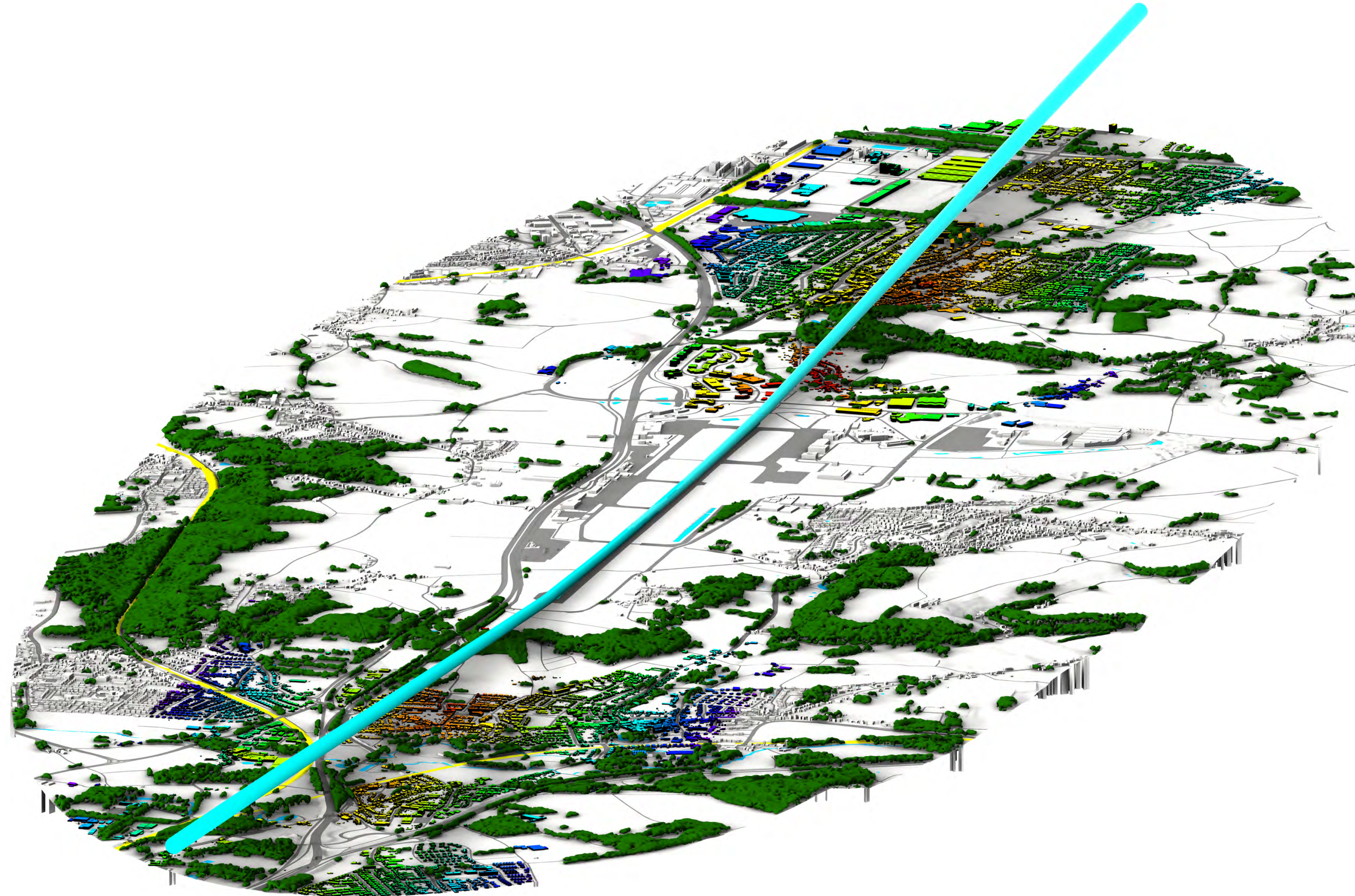
Het model heeft een ovaalvormig gebied rondom Maastricht Aachen Airport als basis, met een diameter van 12 kilometer in de richting van de landingsbaan en 4 kilometer in de dwarsrichting.

Het vliegveld van de landende vliegtuigen is ook gemodelleerd in dit 3D model, waarbij een standaard dalingshoek van 3 graden is aangehouden, wat overeenkomt met de gemiddelde dalingshoek van landende vliegtuigen op MAA. (zie ook figuur 6.6 in hoofdstuk 6).

Voor de constructie van dit model zijn onder andere onderstaande datasets gebruikt:

- Orthogonale luchtfoto's van het gebied rondom MAA.
- Orthogonale infraroodfoto's van het gebied rondom MAA voor de identificatie van vegetatie.
- Het AHN5 (Actueel Hoogtebestand Nederland) hoogtemodel van het gebied rondom MAA. Waarbij het DSM (Digital Surface Model) is gebruikt voor het (mede) modelleren van de gebouwen en het DTM (Digital Terrain Model) voor het modelleren van het reliëf van het landschap.
- Top10NL (uit BRT, Basisregistratie Topografie Nederland) kaarten van het gebied rondom MAA.
- BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen) data van de woningen in Geverik, Beek, Neerbeek, Meerssen en Rothem.
- 3DBAG (3D model door 3D Geoinformation Onderzoeksgroep van de TU Delft).

In figuur 5.1 is een voorbeeld gegeven van dit 3D model, waarin de huizen, het vliegveld en de omgeving te zien zijn samen met het vliegveld van landende vliegtuigen.



— **Figuur 5.1:** 3D model van het gebied rondom MAA, inclusief de woningen, het vliegveld, de omgeving en het vliegp pad van landende vliegtuigen

HOOFDSTUK 5. 3D MODELLERING

6 Resultaten

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de drukmetingen op de daken van de woningen rondom MAA. Eerst zal een overzicht gegeven worden van de vliegbewegingen tijdens de meetperiode, gevolgd door een analyse van de drukmetingen in relatie tot deze vliegbewegingen. Tot slot zal een incident met dakvlakschade worden besproken, waarbij gelijktijdig een vortexdetectie op een naastgelegen dakvlak werd vastgelegd.

6.1 Vliegbewegingen

In de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026, zijn er circa 2100 landingen geregistreerd op MAA. Aangezien enkel aan de noordzijde van de luchthaven gemeten is, zijn enkel de landingen uit noordelijke richting relevant voor dit onderzoek. In de meetperiode landde iets meer dan drie kwart van de vliegtuigen vanuit noordelijke richting, iets minder dan een kwart landde vanuit zuidelijke richting.

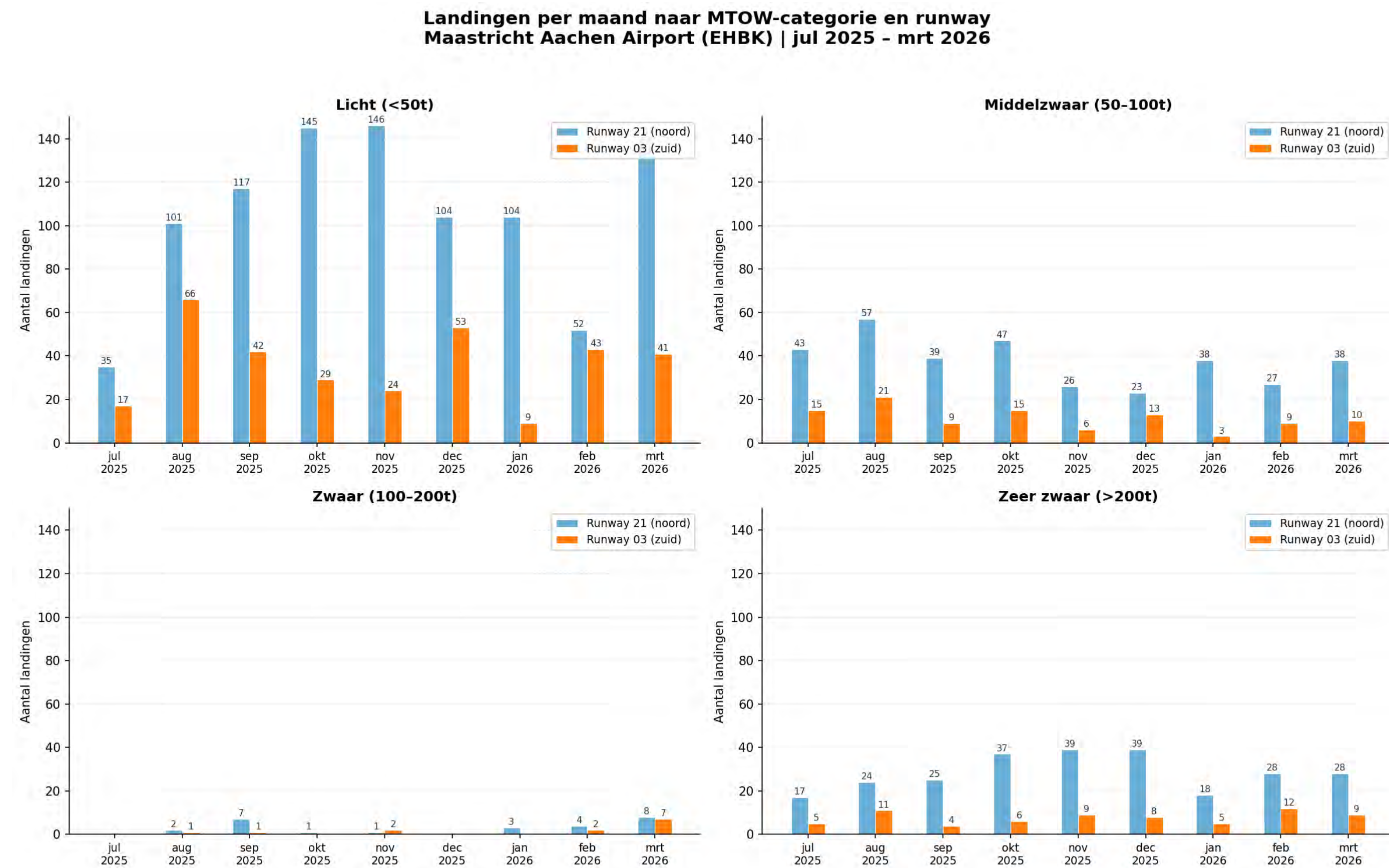
In figuur 6.1 zijn alle geregistreerde vliegtuigen weergegeven in 4 grafieken onderverdeeld naar gewichtsklassen. Iedere grafiek geeft steeds de landingen vanaf het noorden en vanaf het zuiden.

In de figuur is te zien dat er in de zomermaanden meer landingen zijn van middelzware vliegtuigen, dat zijn voornamelijk passagiersvliegtuigen van het type Boeing 737 en Airbus A320. In de wintermaanden zijn er minder landingen van middelzware vliegtuigen, maar wel meer landingen van zware vliegtuigen. Dit zijn voornamelijk cargo-vliegtuigen van het type Boeing 777 en Boeing 747.

Hoe zich dit verhoudt ten opzichte van voorgaande jaren of toekomstig vliegverkeer is in dit onderzoek nog niet onderzocht, de resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de vliegbewegingen tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026.

In de vliegbewegingen zijn verschillende typen vliegtuigen van verschillend gewicht te onderscheiden:

- Licht verkeer (gewicht < 50 t): voornamelijk kleine privé-vliegtuigen en chartervluchten.
- Middelzwaar verkeer (gewicht tussen 50 t en 100 t): voornamelijk passagiersvliegtuigen van het type Boeing 737 en Airbus A320.
- Zwaar verkeer (gewicht tussen 100 t en 200 t): voornamelijk cargo-vliegtuigen van het type Boeing 767.
- Zeer zwaar verkeer (gewicht > 200 t): voornamelijk cargo-vliegtuigen van het type Boeing 777 en Boeing 747.



Figuur 6.1: Alle vliegbewegingen van landende vliegtuigen tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026, onderverdeeld in gewichtsklassen

In tabel 6.2 zijn alle geregistreerde vliegbewegingen van landende vliegtuigen in de meetperiode weergegeven. Van de 2100 vluchten is meer dan de helft licht verkeer (gewicht < 50 t), 1292 vluchten zijn voornamelijk privévliegthuigen en kleinere jets.

De geregistreerde zwaardere vluchten (> 50 t) tijdens de meetperiode zijn per vliegtuigtype gegeven in de tabel.

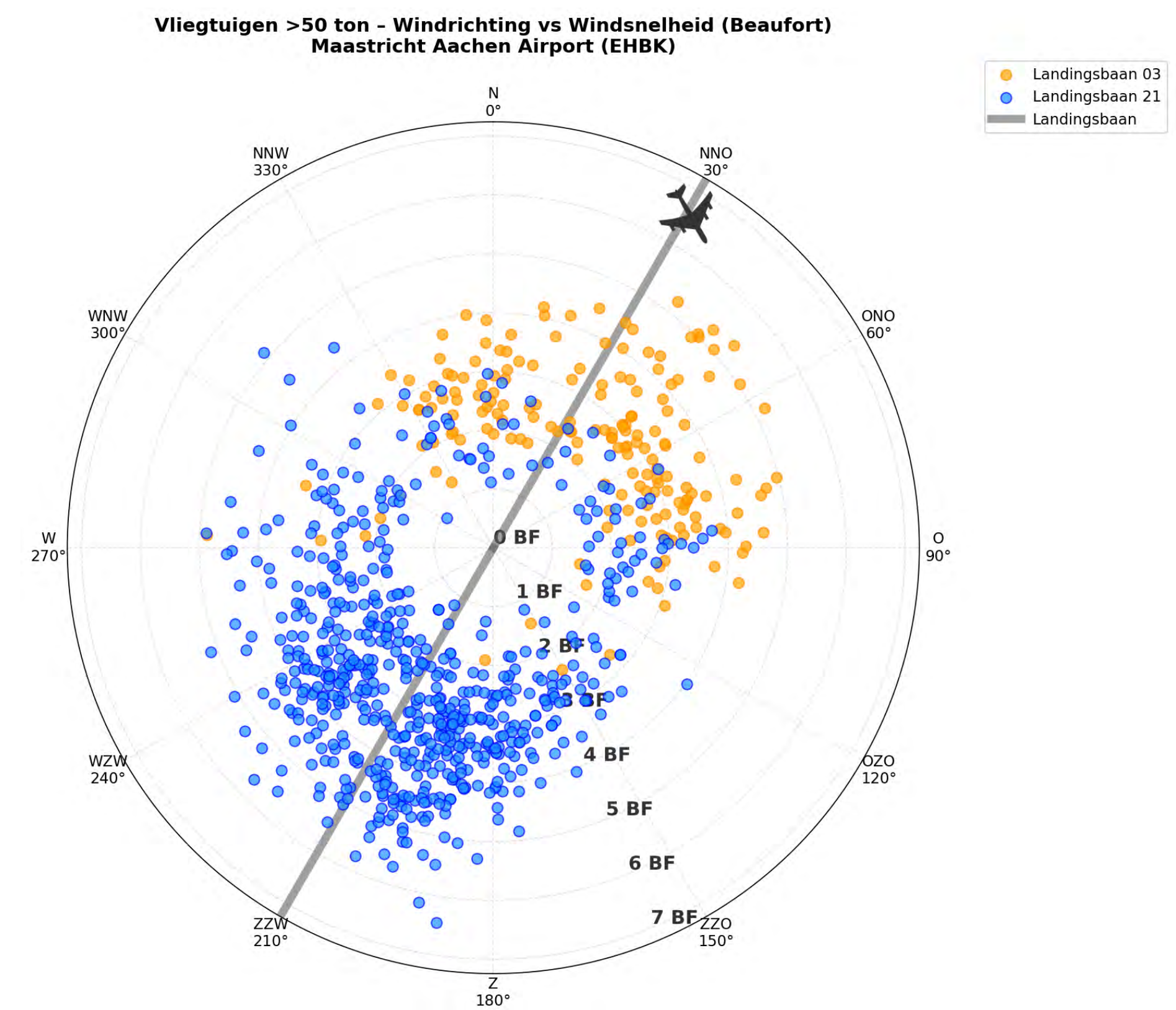
Type	Naam	Totaal	Noord (21)	Zuid (03)	MTOW (kg)
B748	Boeing B747-8F	4	4	0	447,696
B744	Boeing B747-400	35	27	8	412,769
A346	Airbus A340-642	17	11	6	380,000
B77L	Boeing B777-200LR	237	189	48	347,500
B772	Boeing B777-200ER	1	0	1	297,557
A332	Airbus A330-243	29	23	6	242,000
A333	Airbus A330-301	1	1	0	242,000
B763	Boeing B767-300ER	32	20	12	186,880
A306	Airbus A300B4-622	5	4	1	164,999
A310	Airbus A310-204	2	2	0	144,000
A21N	Airbus A321-251N	43	33	10	95,000
A321	Airbus A321-111	125	97	26	91,000
B39M	Boeing B737-9 Max	15	11	4	88,314
B38M	Boeing B737-8 Max	64	48	16	82,191
B738	Boeing B737-800	108	81	26	79,016
A20N	Airbus A320-271N	7	6	1	79,000
A320	Airbus A320-231	50	37	12	78,000
A319	Airbus A319-131	12	10	2	76,500
BCS3	Bombardier CS300	4	4	0	70,900
B737	Boeing B737-700	8	7	1	70,080
BCS1	Bombardier CS100	2	2	0	63,095
E290	Embraer ERJ 190-300	5	2	3	56,400
E190	Embraer ERJ 190-100 IGW	5	5	0	50,300
-	-	1,292	955	324	<50,000
TOTAAL		2103	1579	507	

— Figuur 6.2: Vliegbewegingen van gelande vliegtuigen juli 2025 tot en met maart 2026

In de beschouwing van de resultaten in deze rapportage wordt met name aandacht gegeven aan landende vliegtuigen met een gewicht groter dan 50.000 kg. Vliegtuigen onder deze gewichtsklasse zijn wel meegenomen in het onderzoek, maar hebben in de meetperiode geen drukdetecties op de daken veroorzaakt.

De gelande vliegtuigen van boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026, zijn weergegeven in de windroos in figuur 6.3.

Goed te zien is dat de vliegtuigen voornamelijk noordelijk landen (blauwe cirkels) bij zuidwesten wind. De meeste vliegtuigen landen bij zuidwesten wind omdat deze windrichting het meest voorkomt in Nederland. Ook bij noordelijke windrichtingen bij een zeer lage windkracht kan vanuit het noorden geland worden. De richting van de landingsbaan is bij constructie dus ook in die meestvoorkomende windrichting gekozen, omdat vliegtuigen bij voorkeur tegen de wind in landen.

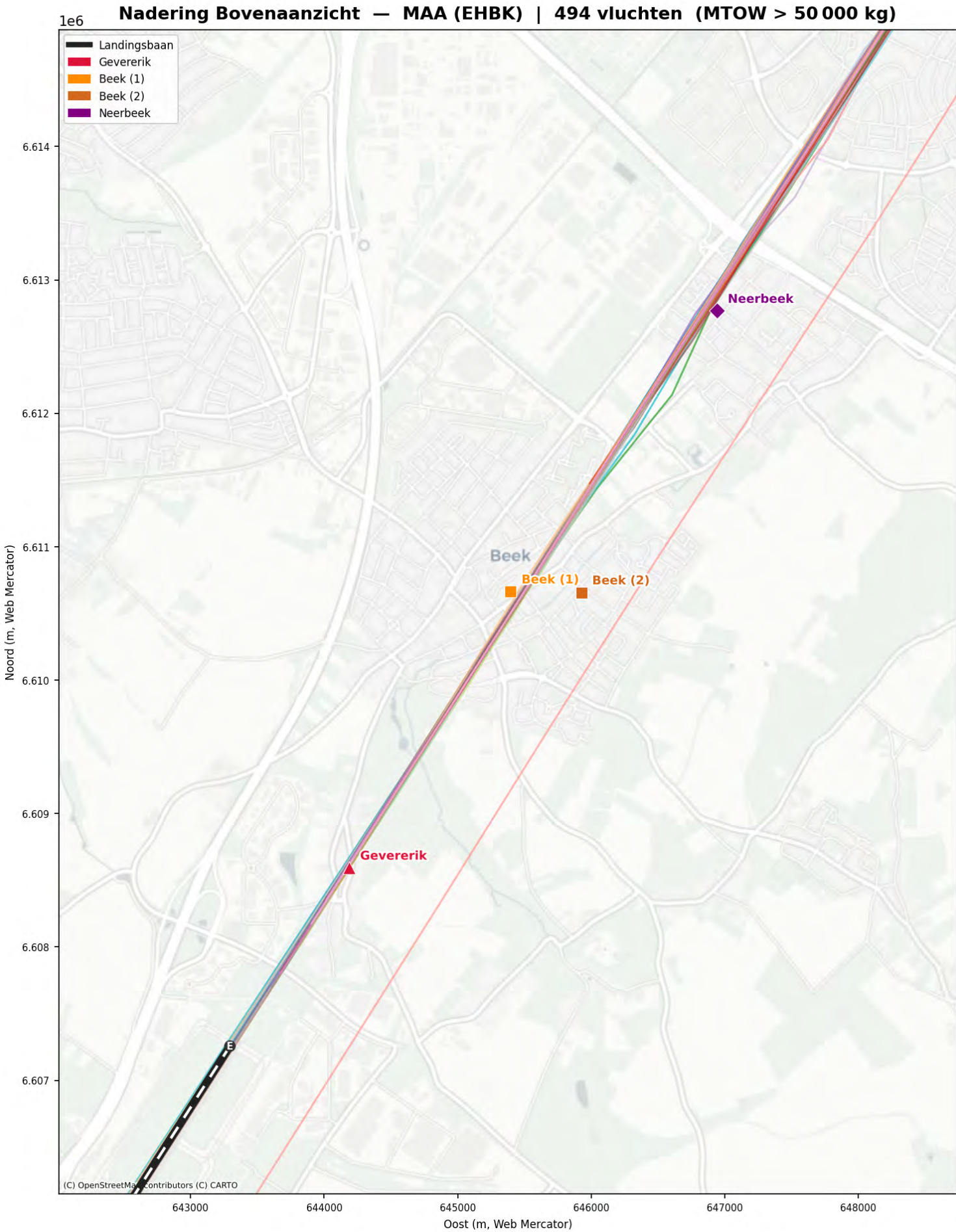


— **Figuur 6.3:** Windroos van gelande vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026

Het daalpad dat de vliegtuigen afleggen wordt voor de vliegtuigen boven de 50.000 kg gevlogen met behulp van het ILS (Instrument Landing System), dat is een systeem dat de piloot helpt om het vliegtuig op de juiste hoogte en in de juiste richting te houden tijdens de landing. Hierdoor vliegen alle vliegtuigen vrijwel hetzelfde daalpad, met dezelfde richting.

In figuur 6.4 is een bovenaanzicht gegeven van de vliegbewegingen van landende vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode.

Te zien is dat 494 geanalyseerde vluchten, ongeacht het type vliegtuig, allemaal gevlogen worden in dezelfde richting.



— **Figuur 6.4:** Boven-aanzicht landende vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026

Figuur 6.5 geeft een verder ingezoomd beeld van de locaties in Beek, de laterale afwijking kent een standaarddeviatie van ongeveer 24 meter naast het dalpad.

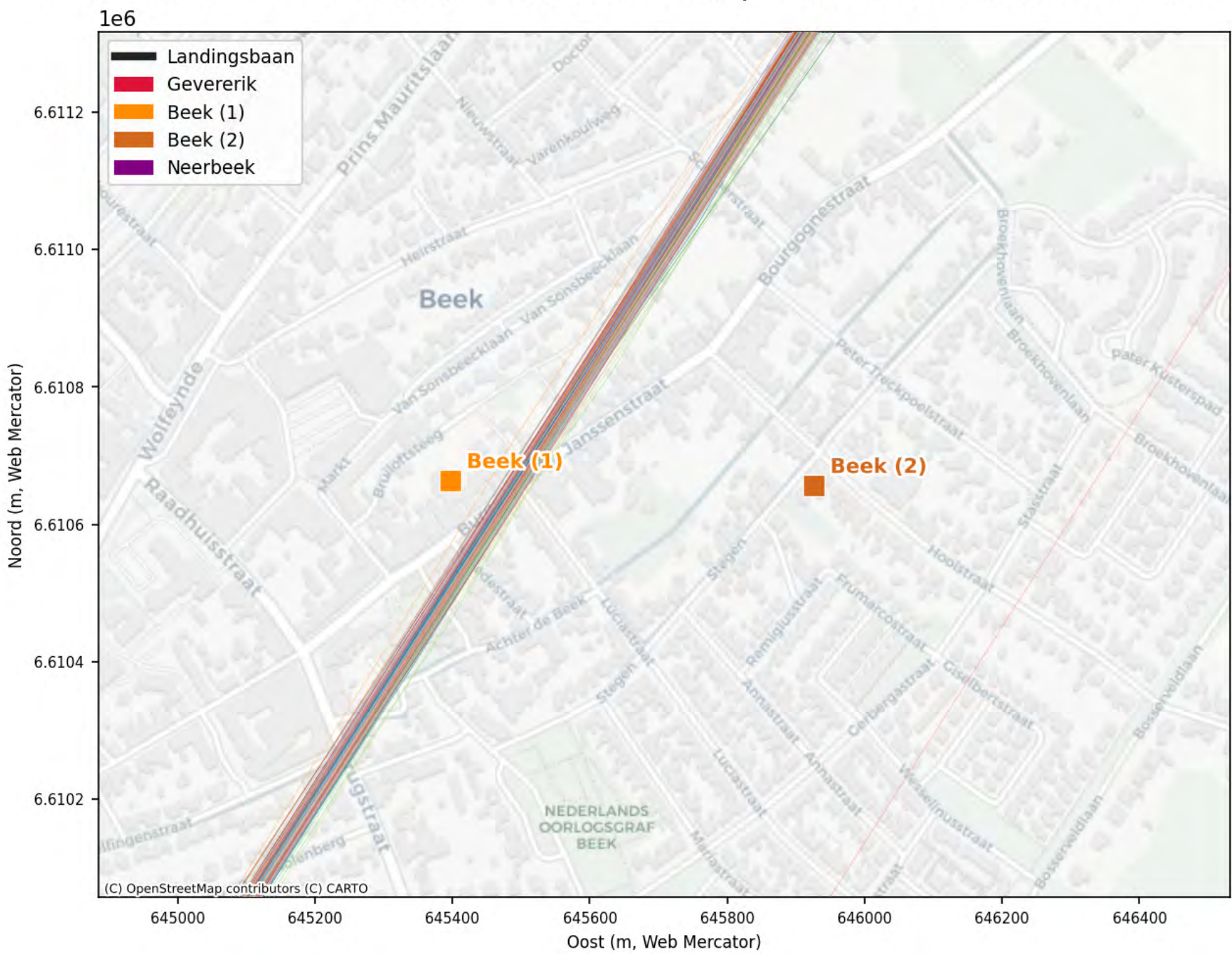
Een zijaanzicht van de vliegbewegingen van landende vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode is gegeven in figuur 6.6. De verticale afwijking ten opzichte van de ILS 3° lijn kent een standaarddeviatie van ongeveer 12 meter.

De gemiddelde dalingshoek is ongeveer 3,13°, wat overeenkomt met de ILS 3°-lijn.

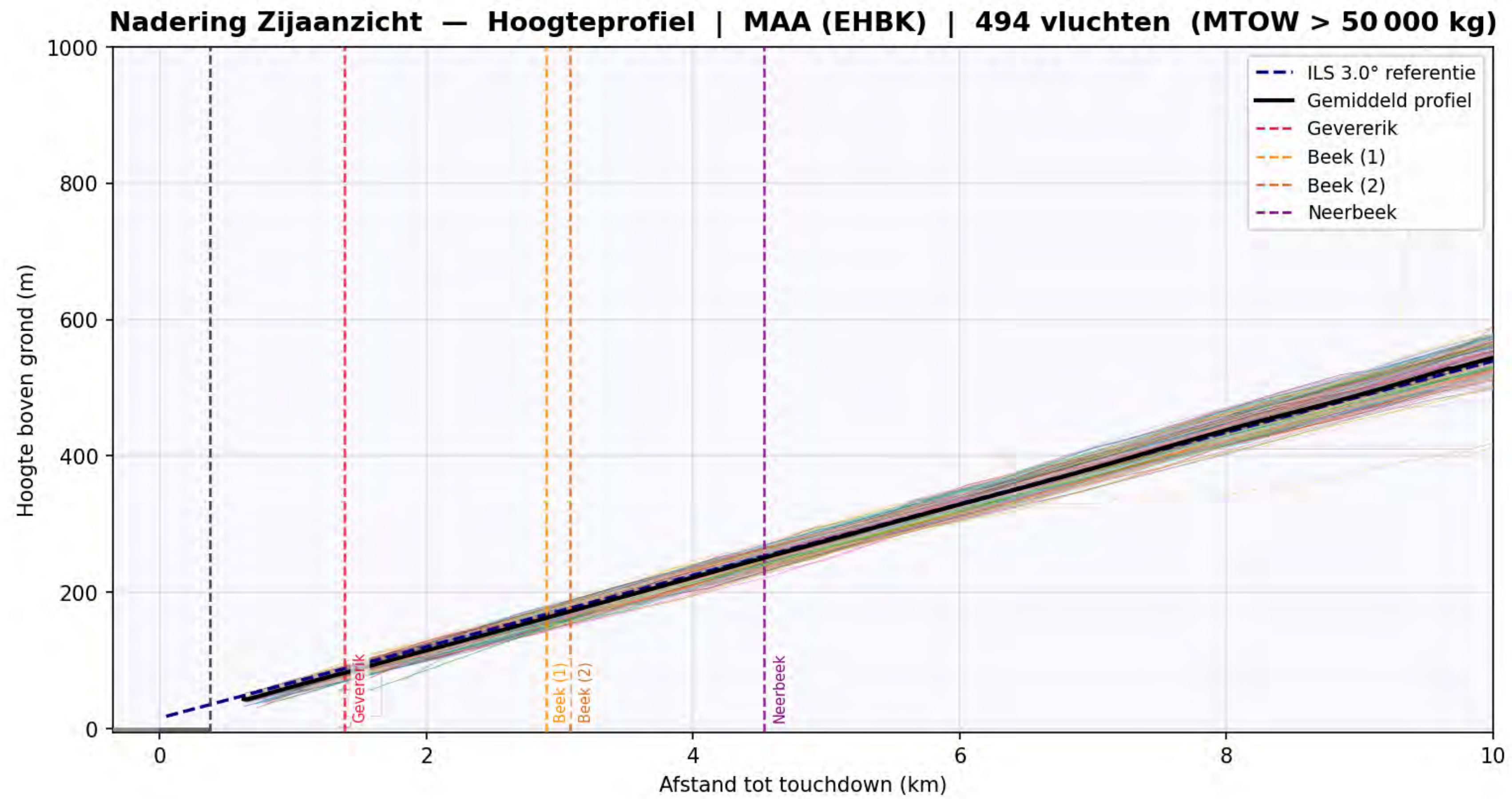
Statistiek	Waarde
Aantal geanalyseerde vluchten zwaarder dan 50 000 kg	494
Gem. dalingshoek	3,13°
Spreiding lateraal t.o.v. baan (± stdev)	± 24 m
Spreiding verticaal t.o.v. ILS 3° lijn (± stdev)	± 12 m

Tabel 6.1: Statistieken van de vliegpaden van landende vliegtuigen

Zoom Beek — Naderingssporen MAA (EHBK) | 494 vluchten (MTOW > 50 000 kg)



Figuur 6.5: Zoom Beek, bovenaanzicht landende vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026



— Figuur 6.6: Zijaanzicht landende vliegtuigen boven de 50.000 kg tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026

6.2 Detectiecriteria voor vliegtuigpassages

Door de zeer lokale aard van de drukpieken in een vliegtuigwervel is het niet mogelijk de maximale optredende (onder)drukken te bepalen of te voorspellen met een beperkt aantal vaste meetpunten. Een classificatie op basis van detectiefrequentie kan echter wel inzicht geven in de mate van invloed van vliegtuigwervels op de verschillende locaties.

Om met zekerheid te kunnen bepalen of een gemeten drukverschil op het dak van een woning rondom MAA is veroorzaakt door een vliegtuigwervel, en niet door een windvlaag of een andere oorzaak, zijn er detectiecriteria opgesteld.

Een meting wordt als vortexdetectie aangemerkt wanneer aan elk van de volgende drie criteria **tegelijkertijd** is voldaan:

- **Tijdsvenster:** het drukverschil treedt op binnen twee minuten na de overvlucht van een vliegtuig. Vliegtuigwervels vormen zich achter het vliegtuig en bewegen zich vervolgens naar beneden; de onderdruk op het dak treedt daarom op kort ná de passage.
- **Drukverschil:** een gemeten kortstondige extra onderdruk bedraagt meer dan 30 Pa. Kleinere drukverschillen worden niet als significant beschouwd en zijn niet uniek toe te schrijven aan een vliegtuigwervel.
- **Windsnelheid en windstoten:** de gemiddelde windsnelheid en de maximale windstoot (gust) bedragen op het moment van de meting minder dan 10 m/s (+/- 5 BF). Wanneer er sprake is van sterke windstoten, kan een gemeten drukverschil niet betrouwbaar worden onderscheiden van een vortexeffect, en wordt de meting daarom uitgesloten van de analyse.

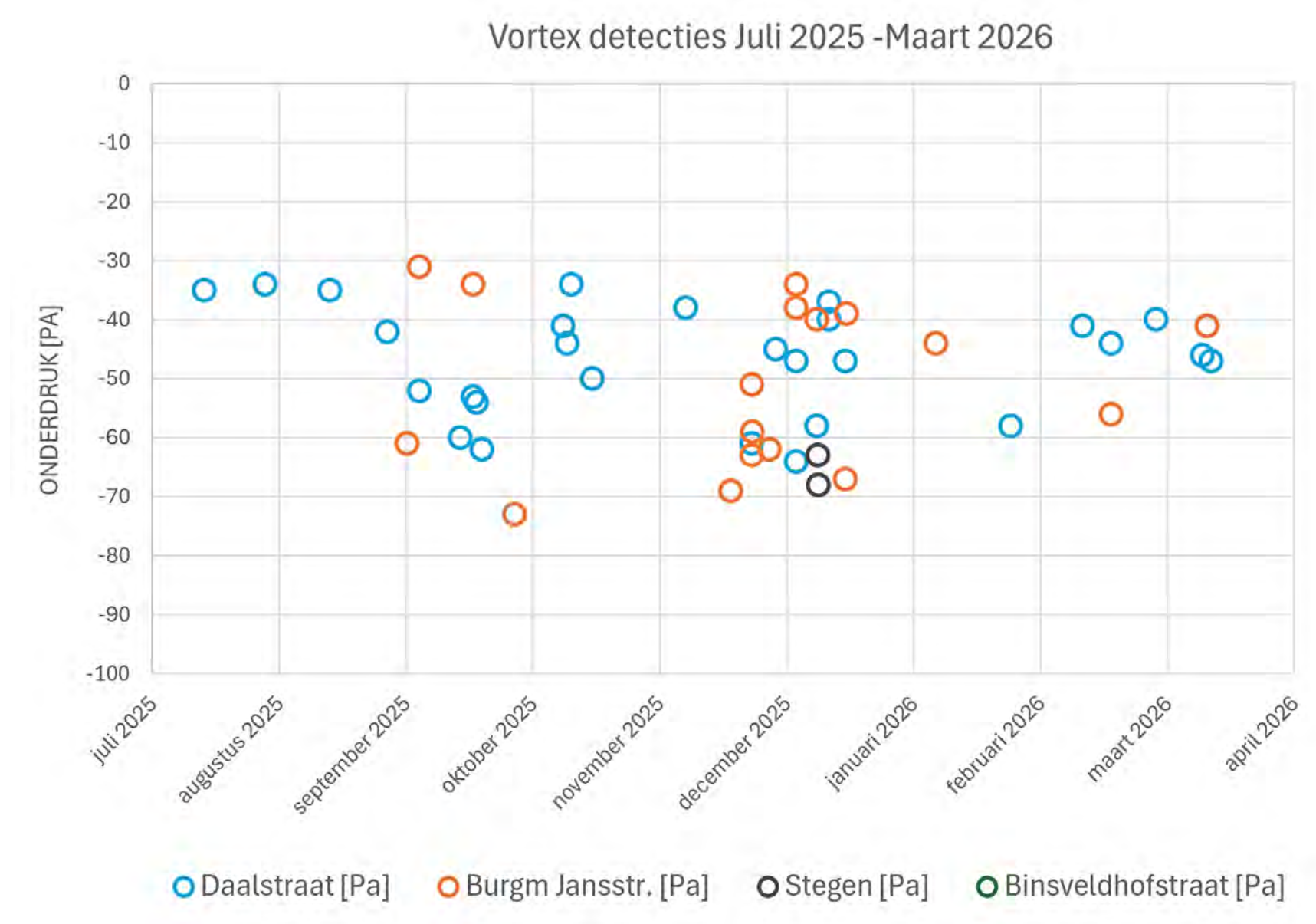
Er wordt dus een detectie geregistreerd wanneer er een vliegtuig overkomt, die binnen 2 minuten een kortstondige extra onderdruk van meer dan 30 Pascal veroorzaakt en er geen windstoten zijn die dit effect kunnen verklaren.

6.3 Vortexdetecties

Figuur 6.7 geeft de vortexdetecties weer op basis van de detectiecriteria, weergegeven als de maximaal gemeten onderdruk op het dak van de vier gemeten woningen rondom MAA. Hier is te zien dat er meerdere (totaal 47) vortexdetecties zijn geweest tijdens de meetperiode, met onderdrukken van meer dan 30 Pa. De gemeten drukken liggen tijdens een detectie tussen de 30 en 70 Pascal. Deze variatie is afhankelijk van het gedeelte van de vliegtuigwervel dat de meetopstelling raakt.

De locatie in de Daalstraat in Geverik (blauw) heeft de meeste detecties, 28. Dit is de locatie die het dichtst bij de landingsbaan ligt. Op de locatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek (oranje) zijn 17 detecties geweest. De locatie in de Stegen in Beek (zwart) heeft slechts 2 detecties en de locatie in de Binsveldhofstraat in Neerbeek (rood) geen.

Er is ook te zien dat de meeste vortices zijn gedetecteerd in de periode van half november tot half december 2025. In de volgende secties zal dit cluster van vortexdetecties verder worden geanalyseerd in relatie tot het type vliegtuigen en de weerdata tijdens deze periode.



Figuur 6.7: Vortexdetecties op basis van de detectiecriteria, weergegeven als onderdruk op het dak van de woningen rondom MAA

6.4 Vortexdetecties in relatie tot type vliegtuig

De tabel in figuur 6.8 geeft de vortexdetecties weer in relatie tot het type gelande vliegtuigen tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026.

Te zien is dat van de 47 vortexdetecties, 36 detecties afkomstig zijn bij overkomst van een cargo-vliegtuig van het type Boeing 777 en 8 detecties bij een vliegtuig van het type Boeing 747.

Van alle overkomende vliegtuigen van het type Boeing 777, geeft 15 procent een significant drukverschil op in ieder geval 1 van de 4 meetlocaties. Van alle overkomende vliegtuigen van het type Boeing 747, geeft 22 tot 25 procent een significant drukverschil op in ieder geval 1 van de 4 locaties.

Slechts 3 detecties zijn geregistreerd bij overkomst van een passagiersvliegtuig van het type Boeing 737. Dit is slechts 2 procent van alle overkomende vliegtuigen van het type Boeing 737.

Voor alle andere typen vliegtuigen zijn geen vortexdetecties geregistreerd.

In hoeverre de wind een rol speelt bij het wel of niet detecteren van een vliegtuigvortex, wordt verder bekeken in de volgende sectie.

TYPE	NAAM	CATEGORIE	GEWICHT MTOW (kg)	DETECTIES DAALSTRAAT	DETECTIES BURG. JANSSENSTRAAT	DETECTIES STEGEN	DETECTIES BINSVELDHOFSTRAAT	DETECTIES TOTAAL	UNIEKE VLUCHTEN MET DETECTIE	TOTAAL LANDINGEN	LANDINGEN NOORD (OVERVLIEGENDE VLIETUIGEN)	DETECTIE PERCENTAGE
B77L	Boeing 777	Cargo	347500	23	12	1	0	36	28	237	189	15%
B744	Boeing 747	Cargo	412769	2	4	1	0	7	6	35	27	22%
B748	Boeing 747	Cargo	447696	0	1	0	0	1	1	4	4	25%
B737	Boeing 737	Passenger	82191	3	0	0	0	3	3	195	140	2%
				28	17	2	0	47				

— Figuur 6.8: Vortexdetecties in relatie tot het type vliegtuig

6.5 Vortexdetecties in relatie tot de wind

6.5.1 Windroos Daalstraat, Geverik

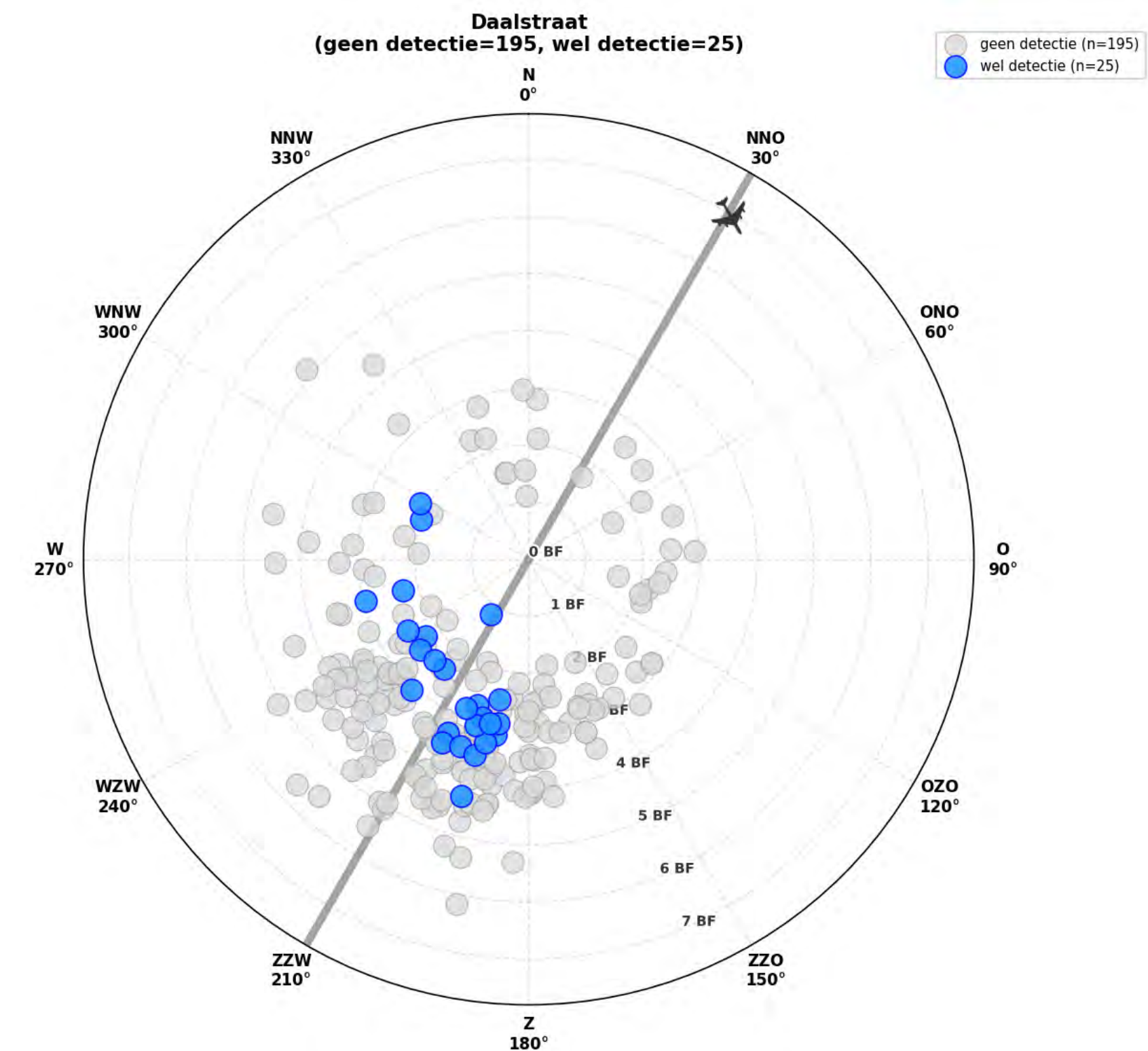
Figuur 6.9 geeft een windroos weer van de vortexdetecties op de locatie Daalstraat in Geverik, in relatie tot de windsnelheid en -richting tijdens deze detecties.

De blauwe cirkels geven de vortexdetecties weer, de grijze cirkels geven de overvluchten van vliegtuigen van het type Boeing 777 en Boeing 747 waarbij geen vortexdetectie is geweest.

Hier is te zien dat de meeste vortices zijn gedetecteerd bij zuidwesten wind, wat ook de meest voorkomende windrichting is in Nederland. De meeste vortices zijn gedetecteerd bij windsnelheden tussen de 1 en 5 Beaufort, wat ook de meest voorkomende windsnelheid is in Nederland.

In Geverik lijkt de windrichting dus in mindere mate van invloed te zijn op het wel of niet detecteren van een vortex, aangezien alle vortices variërend in een vrij grote hoek van 190 tot 300 graden zijn gedetecteerd. Een verband met de windsnelheid is aan de hand van deze gegevens niet vast te stellen, aangezien de meeste vortices zijn gedetecteerd bij de meest voorkomende windsnelheid.

Op de volgende pagina is te zien dat de detecties op de locatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek wel sterk geclusterd zijn om een specifieke windrichting.



Figuur 6.9: Windroos van vortexdetecties op de locatie Daalstraat, Geverik

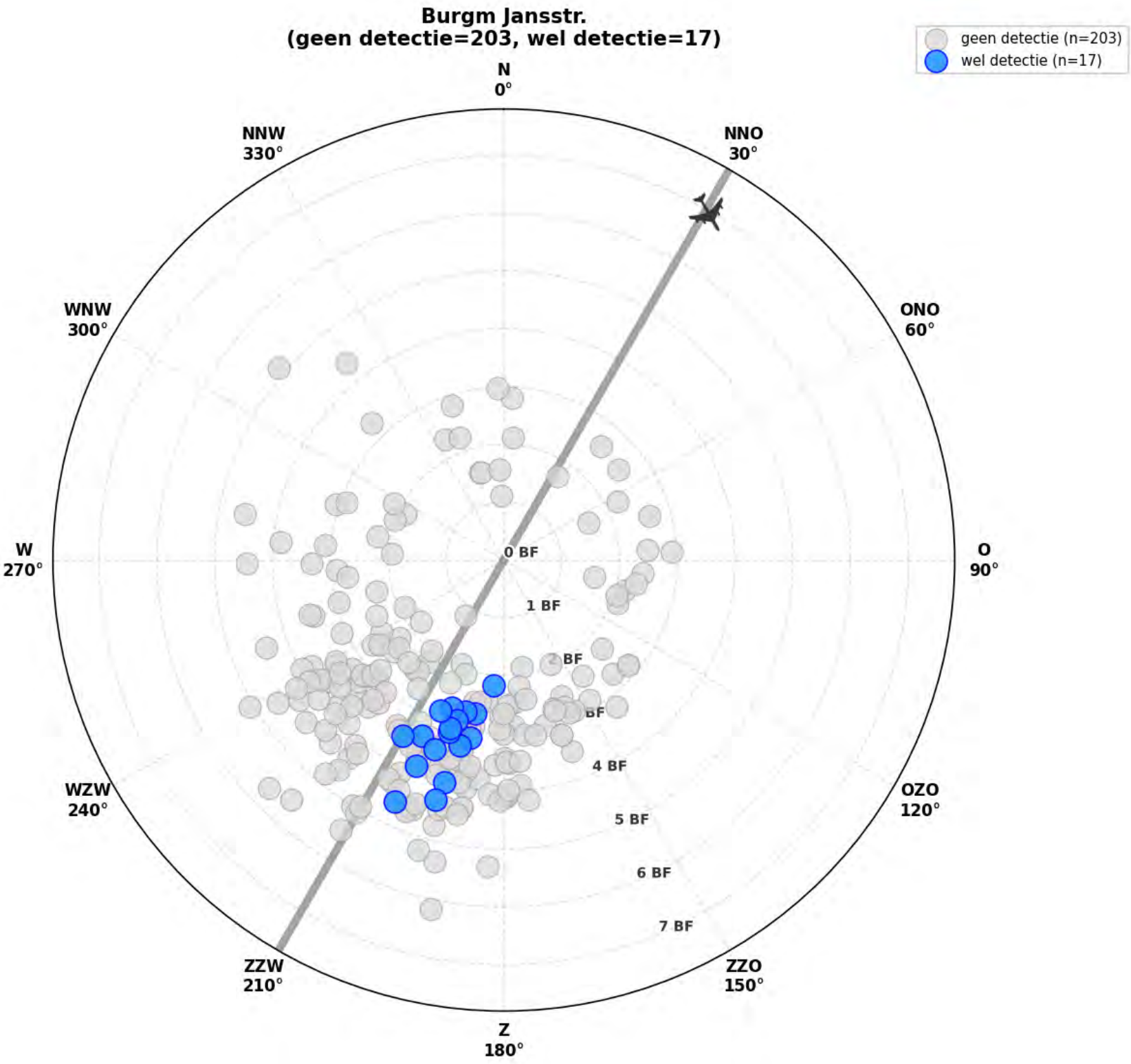
6.5.2 Windroos Burgemeester Janssenstraat, Beek

Figuur 6.10 geeft een windroos weer van de vortexdetecties op de locatie Burgemeester Janssenstraat in Beek, in relatie tot de windsnelheid en -richting tijdens deze detecties.

Ook hier zijn weer de blauwe cirkels de vortexdetecties, en de grijze cirkels de overvluchten van vliegtuigen van het type Boeing 777 en Boeing 747 waarbij geen vortexdetectie is geweest.

Op deze locatie vallen alle 17 detecties tussen zuidelijke en zuidwestelijke wind, en zijn sterk geclusterd in een richting van 200 graden terwijl de overvluchten van vliegtuigen van het type Boeing 777 en Boeing 747 waarbij geen vortexdetectie is geweest, meer verspreid zijn over verschillende windrichtingen.

Op deze locatie bestaat dus een duidelijke correlatie tussen de windrichting en het wel of niet detecteren van een vortex.

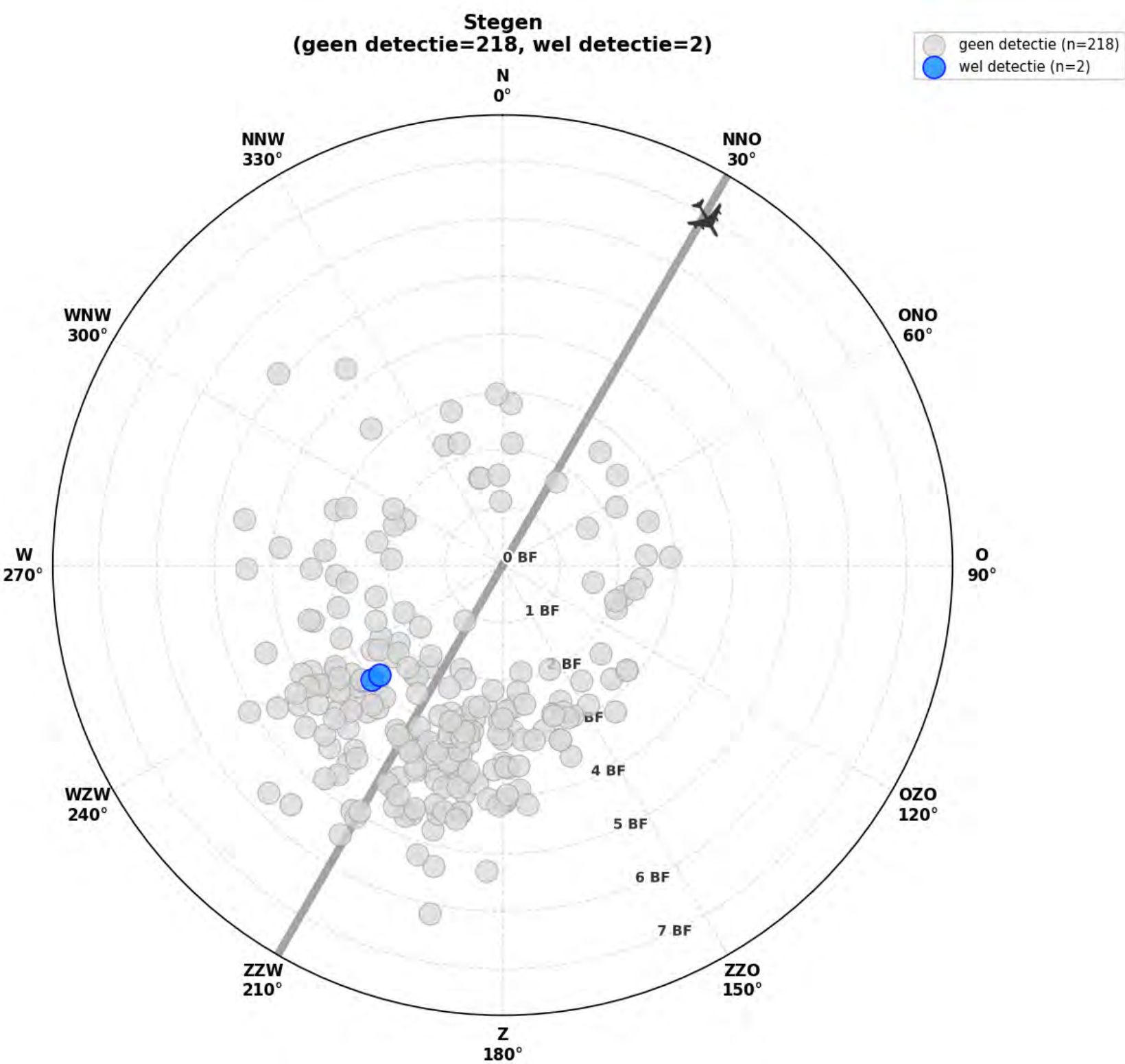


— Figuur 6.10: Windroos van vortexdetecties op de locatie Burgemeester Janssenstraat, Beek

6.5.3 Windroos Stegen, Beek

Figuur 6.11 geeft een windroos weer van de vortexdetecties op de locatie Stegen in Beek, in relatie tot de windsnelheid en -richting tijdens deze detecties. Op deze locatie zijn slechts twee detecties geweest, wat te weinig is om een duidelijke correlatie tussen de windrichting en het wel of niet detecteren van een vortex te kunnen vaststellen.

De windrichting is met 230 graden iets westelijker dan de richting van de landingsbaan. De locatie Stegen ligt iets verder naar het oosten van het vliegveld. Ondanks de lage frequentie lijkt dit wel logisch, aangezien een westelijke wind de vortex wat meer naar het oosten kan verplaatsen.

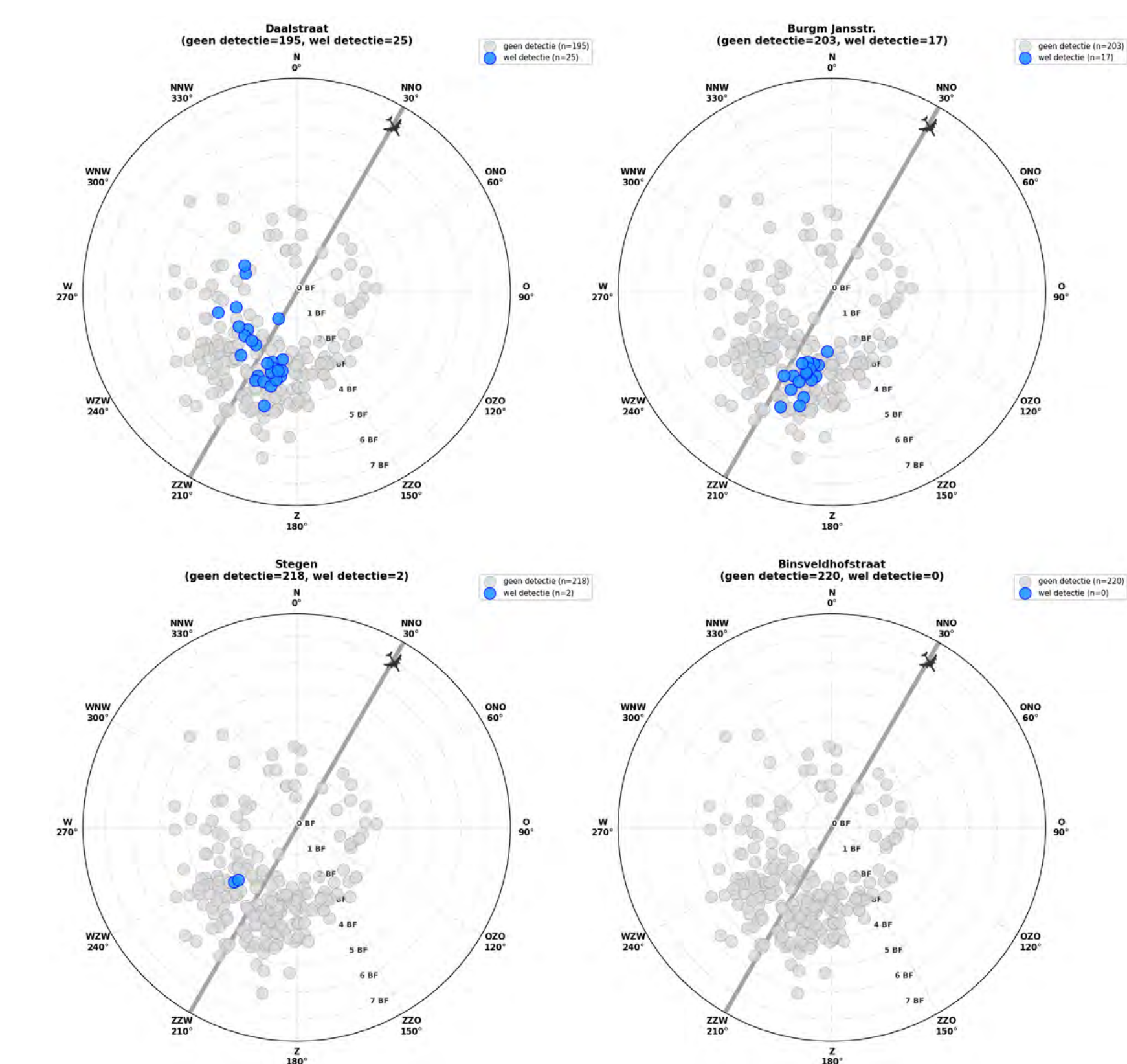


— Figuur 6.11: Windroos van vortexdetecties op de locatie Stegen, Beek

6.5.4 Windroos vergelijking

Ter vergelijking geeft figuur 6.12 de windrozen van de 4 meetlocaties bij elkaar inclusief de windroos locatie Binsveldhofstraat in Neerbeek zonder vortexdetecties. Op deze locatie zijn geen vortexdetecties geweest, ondanks dat er wel vliegtuigen over zijn gekomen.

Een vergelijk van de figuren laat zien dat de windrichting bij het merendeel van de detecties dichtbij de richting van de landingsbaan staat. En het meest geclusterd is bij de detecties op de burgemeester Janssenstraat in Beek.



— **Figuur 6.12:** Windroos vergelijk inclusief de windroos met vortexdetecties op de locatie Binsveldhofstraat (geen detecties), Neerbeek

6.6 Analyse cluster vortexdetecties in periode half november tot half december 2025

In de meetresultaten is een cluster van vortexdetecties te zien in de periode van half november tot half december 2025.

Eerder werd vastgesteld dat de zwaardere cargo-vliegtuigen van Boeing, zoals de Boeing 747 en Boeing 777, verreweg de meeste vortexdetecties op de daken van de meetlocaties veroorzaken.

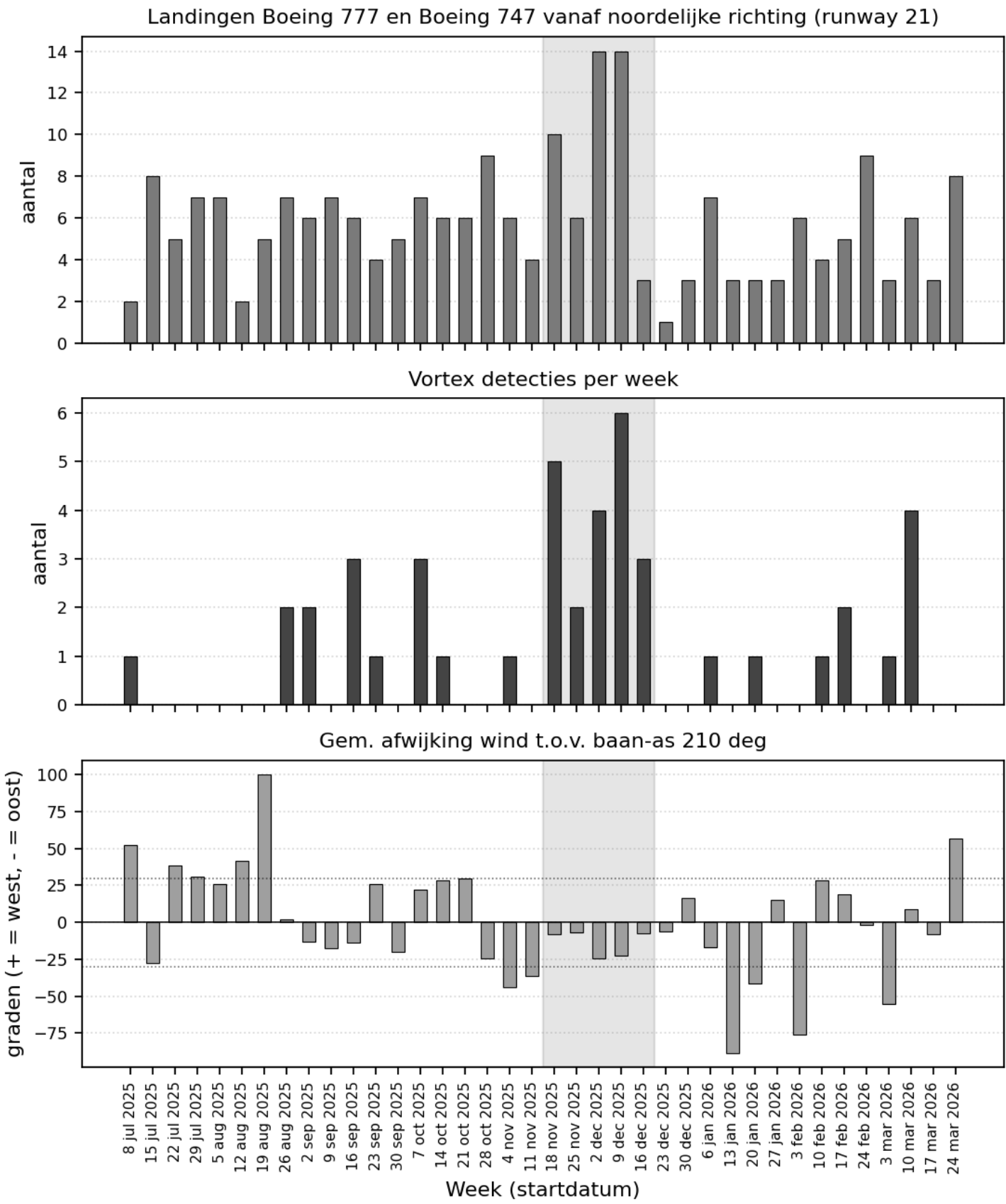
Figuur 6.13 geeft in de bovenste grafiek het aantal gelande vliegtuigen van het type Boeing 747 en Boeing 777, tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026. Te zien is dat er in de periode van half november tot half december 2025 tot tweemaal zoveel vliegtuigen van dit type zijn geland dan in de rest van de meetperiode.

In de middelste grafiek worden de vortexdetecties weergegeven. Hier is te zien dat in de periode van half november tot half december 2025 ook een cluster van vortexdetecties is geweest, wat overeenkomt met de periode waarin relatief meer zware vliegtuigen zijn geland.

In de onderste grafiek wordt de gemiddelde hoek van de wind ten opzichte van de landingsbaan gegeven. Hier is te zien dat in deze periode de wind meer in de richting van de landingsbaan lag.

De combinatie van meer gelande zware vliegtuigen en een gemiddelde windrichting die meer in de richting van de landingsbaan lag, lijkt een logische verklaring te zijn voor het cluster van vortexdetecties in deze periode.

Wekelijks overzicht: detecties, zware landingen en windcondities



Figuur 6.13: Wekelijks aantal gelande vliegtuigen van type Boeing 747 en Boeing 777, vortexdetecties en gemiddelde windrichting in afwijking van de landingsbaan tijdens de meetperiode van juli 2025 tot en met maart 2026

6.7 Vortexdetecties in relatie tot afstand tot het vliegpad

De meetlocaties zijn zo gekozen dat ze op verschillende afstanden van het daalpad of vliegpad liggen. Waarbij de locaties op de Binsveldhofstraat en Stegen vergelijkbare afstanden hebben tot het vliegpad, maar de locatie op de Stegen meer naast het vliegpad ligt. De afstand tot het vliegpad is gedefinieerd als de kortste afstand van het hoogste punt van het dakvlak tot het vliegpad. Tabel 6.2 geeft de positie van het dakvlak ten opzichte van het vliegpad weer voor elk van de vier meetlocaties, inclusief de afstand tot het vliegpad, de afstand onder het vliegpad en de afstand naast het vliegpad.

	Positie dakvlak			aantal detecties
	afstand tot glijpad [m]	afstand onder vliegpad [m]	afstand naast vliegpad [m]	
Daalstraat	79	79	0	28
Burgemeester Janssenstraat	180	179	19	17
Binsveldhofstraat	274	271	40	0
Stegen	287	193	212	2

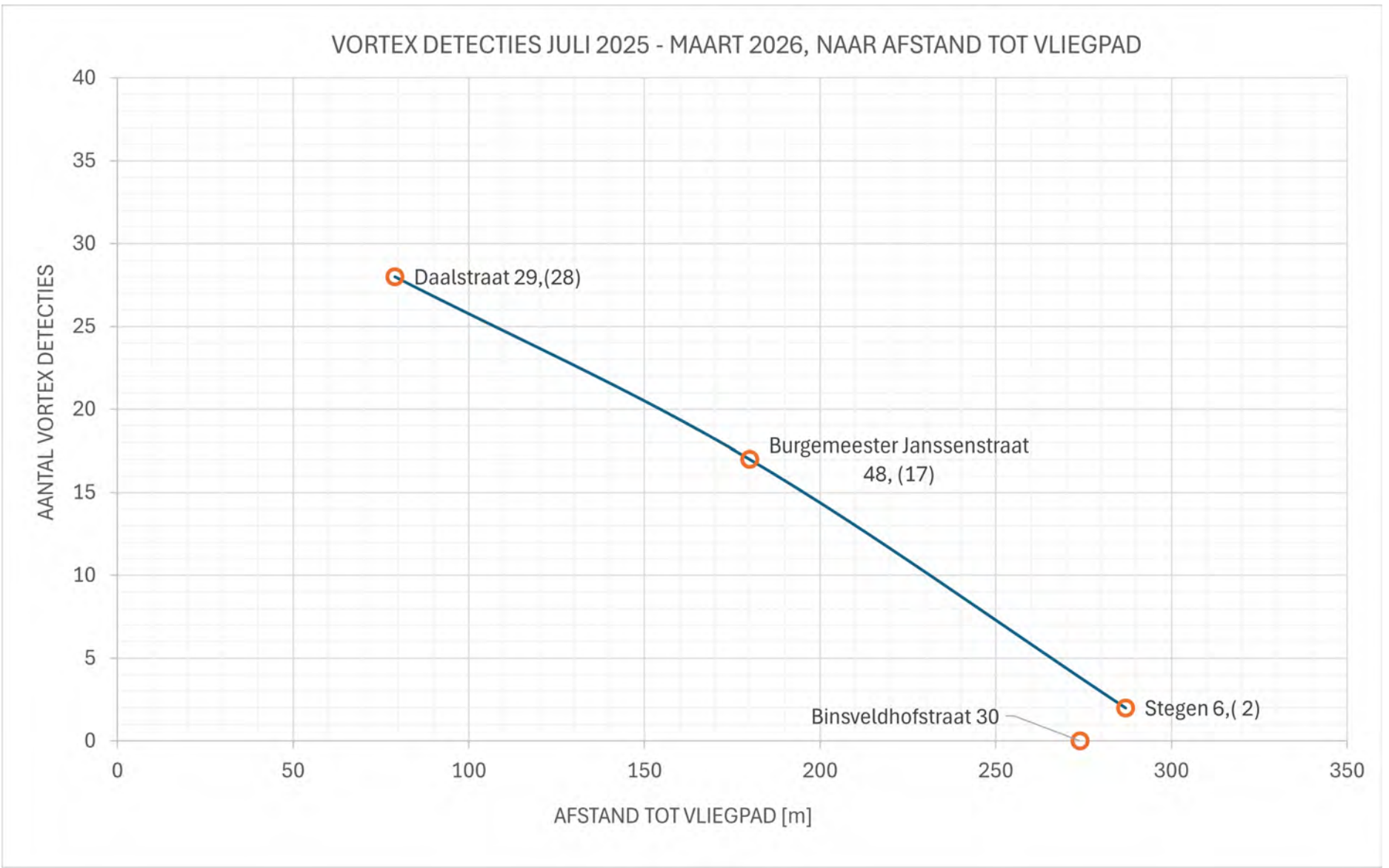
Tabel 6.2: Positie dakvlak ten opzichte van het vliegpad per meetlocatie

Figuur 6.14 geeft de vortexdetecties weer in relatie tot de afstand tot het vliegpad voor elk van de vier meetlocaties. Hier is te zien dat de meeste vortices zijn gedetecteerd op de locatie Daalstraat in Geverik, die het dichtst bij het vliegpad ligt. De locatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek, die iets verder van het vliegpad ligt, heeft ook een significant aantal detecties.

De locaties in de Stegen in Beek en de Binsveldhofstraat in Neerbeek, die het verst van het vliegpad liggen, hebben respectievelijk 2 en 0 detecties.

Er is een correlatie tussen de afstand tot het vliegpad en het aantal vortexdetecties, waarbij de locaties dicht bij het vliegpad meer detecties hebben dan de locaties verder van het vliegpad.

Deze correlatie zal in hoofdstuk 7 verder worden uitgewerkt, om het invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen te bepalen.



Figuur 6.14: Vortexdetecties in relatie tot de afstand tot het vliegpad

6.8 Casus: incident met schade aan dak in Beek

Op 24 november 2025 heeft zich een incident voorgedaan waarbij twee dakvlakken van een woning in Beek schade hebben opgelopen, veroorzaakt door een vliegtuigwervel van een landend vliegtuig. Deze dakvlakken met schade bevinden zich tussen de 10 en 20 meter naast de meetopstelling op een ander dakvlak van de meetlocatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek.

Op deze dag zijn er meerdere vortexdetecties geweest op deze locatie, waaronder een detectie die plaatsvond op dezelfde tijd als het incident net na de overkomst van een vliegtuig van het type Boeing 777.

Aangezien in deze casus zowel aan een noordwest gericht dakvlak als aan een zuidwest gericht dakvlak schade te zien is, is de oriëntatie van het dakvlak, voor dit geval, niet van invloed op de vatbaarheid voor schade door een vliegtuigwervel.



— **Figuur 6.15:** Schade aan dakvlak noordwest zijde woning.

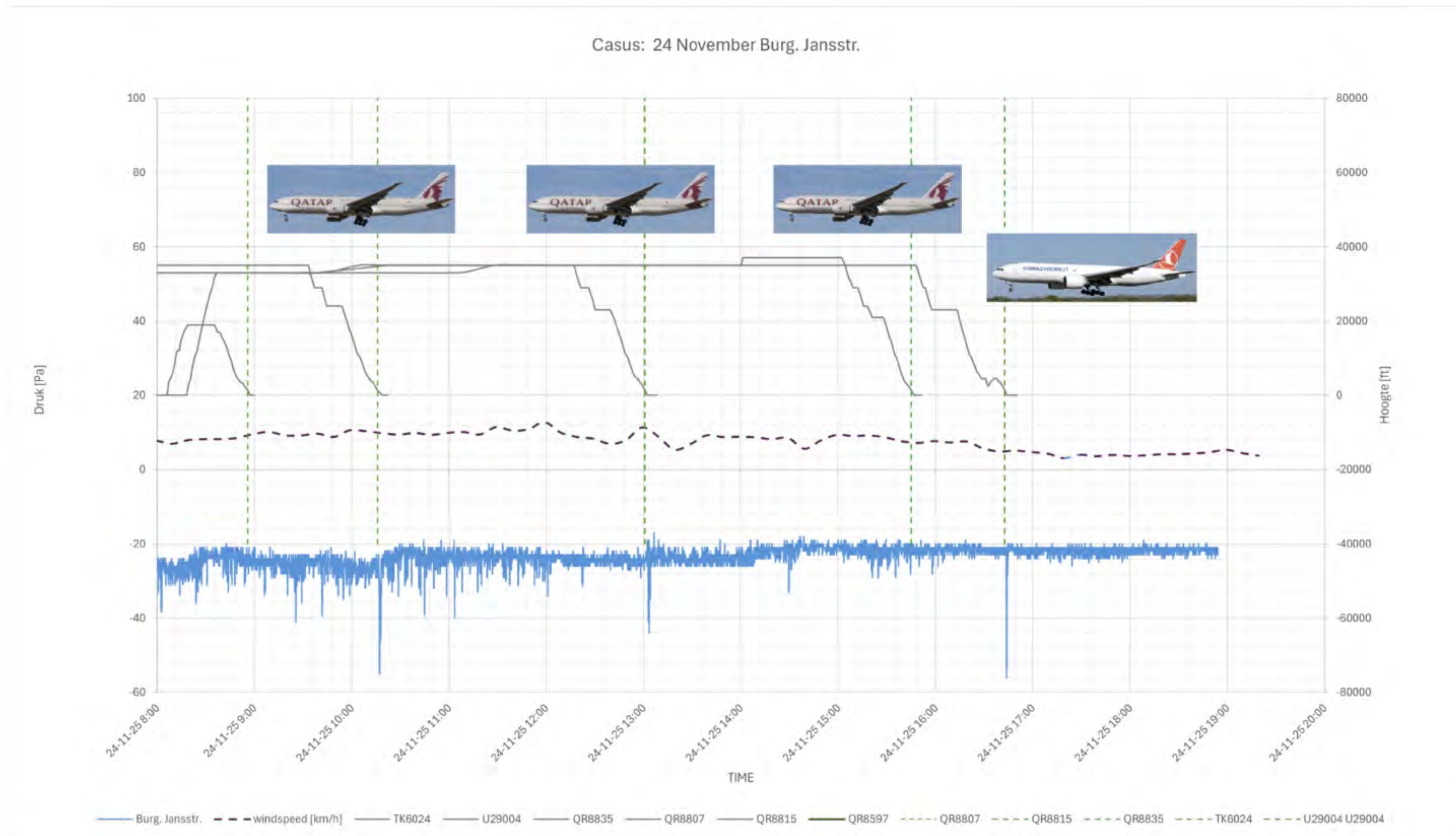
Figuur 6.15 en figuur 6.16 geven foto's weer van de schade aan de dakvlakken van de woning in Beek. Het is een dakvlak zonder onderdak, waarbij vooral pannen in het midden van het dakvlak zijn weggeslagen. Deze schade is typisch anders dan stormschade, die zich vooral aan de randen van daken voordoet.

De grafiek in figuur 6.17 geeft de minimale onderdruk op het dakvlak op de meetlocatie naast de dakvlakken met schade (onderste blauwe lijn), in combinatie met de vliegtuiglandingen van die dag (bovenste lijnen). De vliegbewegingen zijn weergegeven waarbij de hoogte van het vliegtuig staat aangegeven op de rechter verticale as.

Te zien is dat er deze dag tussen 8 uur 's ochtends en 8 uur 's avonds meerdere vliegtuigen zijn geland van het type Boeing 777.



— **Figuur 6.16:** Schade aan dakvlak zuidoost zijde woning.



— **Figuur 6.17:** Meetdata van de dag van een incident, met schade aan een dakvlak in Beek bij de laatste overkomst van een Boeing 777.

HOOFDSTUK 6. RESULTATEN

In tabel 6.3 zijn de gelande vliegtuigen van het type Boeing 777 op 24 november 2025 weergegeven, inclusief de tijd van landing, het type vliegtuig, de windrichting en windsnelheid tijdens deze landingen, en of er een vortexdetectie is geweest op de meetlocatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek.

Te zien is dat er 4 vortexdetecties door het meetsysteem zijn geregistreerd, waarbij de laatste detectie plaatsvond op hetzelfde tijdstip als het incident waarbij de schade werd veroorzaakt.

De landing die niet werd geregistreerd als vortexdetectie, was de landing van een Boeing 777 om 14:48, waarbij de windrichting in vergelijking met de andere landingen meer westelijk was (222 graden). Dit bevestigt de windafhankelijkheid van de invloed van vliegtuigwervels, op deze locatie in Beek, zoals eerder vastgesteld in figuur 6.10.

De meting bewijst dat de ontstane schade is veroorzaakt door een vliegtuigwervel, aangezien er een vortexdetectie is gemeten op het moment van het incident. Daarnaast laat het zien dat bij een gemeten vortexdetectie, er daadwerkelijk schade kan ontstaan aan een dakvlak in de naaste omgeving van de meetopstelling.

Tijd landing (utc)	Tijd landing (lokaal)	Vlucht	Type	Windrichting [graden]	Windsnelheid [m/s]	Detectie [-]
24-11-25 6:15	24-11-25 7:15	QTR8597	Boeing 777	193	4.5	Ja
24-11-25 9:20	24-11-25 10:20	QTR8815	Boeing 777	195	5.4	Ja
24-11-25 12:03	24-11-25 13:03	QTR8807	Boeing 777	196	6.3	Ja
24-11-25 14:48	24-11-25 15:48	QTR8835	Boeing 777	222	4.0	Nee
24-11-25 15:45	24-11-25 16:45	THY6024	Boeing 777	194	2.9	Ja

— Tabel 6.3: Overzicht vliegtuigpassages en vortexdetecties op 24 november 2025

7 Invloedsgebied

Met de metingen en de daarbij behorende vortexdetecties in voorgaande hoofdstukken is een verband gevonden met het type vliegtuig, de windrichting en de afstand tot het vliegp pad. Ook bevestigt het schadegeval in Beek dat een vortexdetectie daadwerkelijk kan leiden tot schade aan een dakvlak in de omgeving van de meetopstelling.

Om dit te vertalen naar de vortexinvloed op de omliggende daken van woningen rondom MAA, is de relatie tot afstand tot het vliegp pad het meest geschikt, aangezien dit een objectieve maat is die voor alle woningen kan worden toegepast; Daarbij zijn het type overkomende vliegtuigen en de windrichting waarbij deze vliegtuigen overkomen voor alle woningen hetzelfde.

In dit hoofdstuk wordt dus een inschatting gemaakt van het invloedsgebied op basis van de afstand van de daken van de woningen tot het vliegp pad.

Hierbij wordt gekeken naar de relatie tussen het aantal vortexdetecties en de afstand tot het vliegp pad uit de metingen, om zo een inschatting te maken van het risico op vortexinvloeden op alle schuine dakvlakken van woningen rondom MAA, op basis van de specifieke afstand van ieder dakvlak tot het vliegp pad.

Aan de hand van het aantal vortexdetecties per gemeten locatie zijn zes risicocategorieën gedefinieerd, namelijk:

- risicocategorie 1: dakvlak van 50 tot 100 meter uit het vliegp pad ¹
- risicocategorie 2: dakvlak van 100 tot 150 meter uit het vliegp pad
- risicocategorie 3: dakvlak van 150 tot 200 meter uit het vliegp pad
- risicocategorie 4: dakvlak van 200 tot 250 meter uit het vliegp pad
- risicocategorie 5: dakvlak van 250 tot 300 meter uit het vliegp pad
- risicocategorie 6: dakvlak van meer dan 300 meter uit het vliegp pad

Hierbij heeft risicocategorie 1 het hoogste risico op vortexinvloeden, en categorie 6 het laagste.

In combinatie met het 3D model van het gebied rondom MAA, kan ieder dakvlak geclassificeerd worden in een van deze risicocategorieën, op basis van de afstand tot het vliegp pad.

Hiermee kan een kaart worden gemaakt waarop de risicocategorieën van alle schuine dakvlakken rondom MAA zijn ingekleurd, wat inzicht geeft in het invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op de daken met dakpannen rondom MAA.

¹In het gebied van 0 tot 50 meter uit het vliegp pad bevinden zich geen woningen

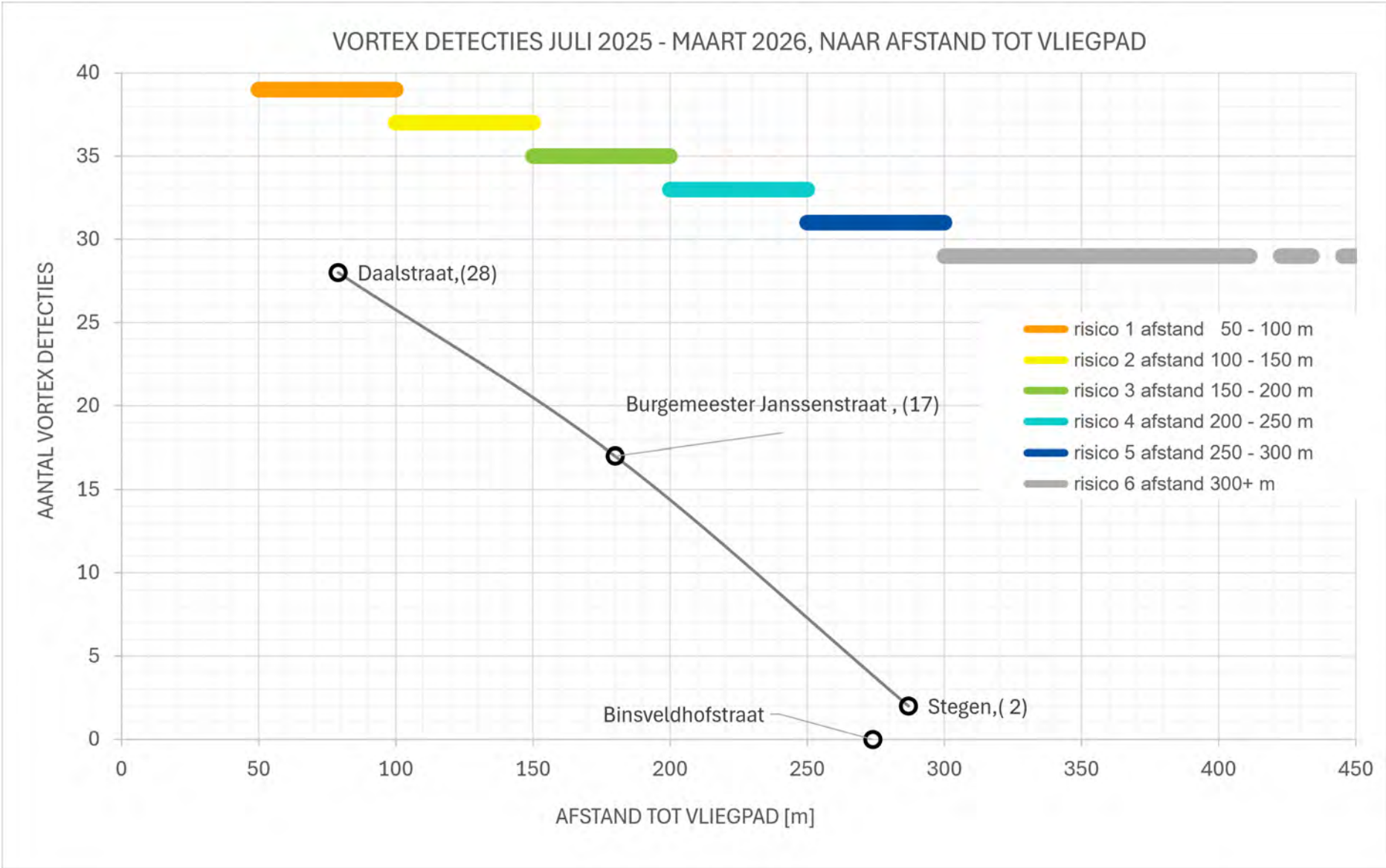
Figuur 7.1 geeft de vortexdetecties weer in relatie tot de afstand tot het vliegveld, waarbij de verschillende risicocategorieën zijn aangegeven.

In risicocategorie 1 valt de meetlocatie op de Daalstraat in Geverik, die 28 vortexdetecties heeft geregistreerd wat aangeeft dat hier het hoogste risico is op vortexinvloeden.

In risicocategorie 3 valt de meetlocatie in de Burgemeester Janssenstraat in Beek, die 17 vortexdetecties heeft geregistreerd. Hier is het risico op vortexinvloeden nog steeds aanzienlijk.

In risicocategorie 5 vallen de meetlocatie in de Stegen in Beek, die 2 vortexdetecties heeft geregistreerd en de meetlocatie in de Binsveldhofstraat in Neerbeek, die 0 vortexdetecties heeft geregistreerd. Hier is dus een laag risico op vortexinvloeden.

In risicocategorie 6 (meer dan 300 meter uit het vliegveld) is er geen tot zeer weinig risico op vortexinvloeden.



— **Figuur 7.1:** Vortexdetecties in relatie tot de afstand tot het vliegveld en risico op incidenten

7.1 Invloedsgebied noord

In de figuren 7.2 tot figuur 7.5 zijn de schuine dakvlakken van de woningen aan de noordzijde van MAA, gekleurd naar risicocategorie op basis van de afstand tot het vliegp pad.

Enkel de schuine dakvlakken van woningen zijn gekleurd. De schuine dakvlakken zijn veelal voorzien van dakpannen, die potentieel vatbaar zijn voor schade door vliegtuigwervels.

Onder in de figuur is de landingsbaan van MAA te zien, met daarboven Geverik, Beek en Neerbeek. De schuine dakvlakken in risicocategorie 1 (oranje) liggen enkel in Geverik. In Beek ligt een klein aantal schuine dakvlakken in risicocategorie 2, en de rest in 3 en hoger. In Neerbeek liggen alle schuine dakvlakken in risicocategorie 5 en 6.

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m



— **Figuur 7.2:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de noordzijde

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m

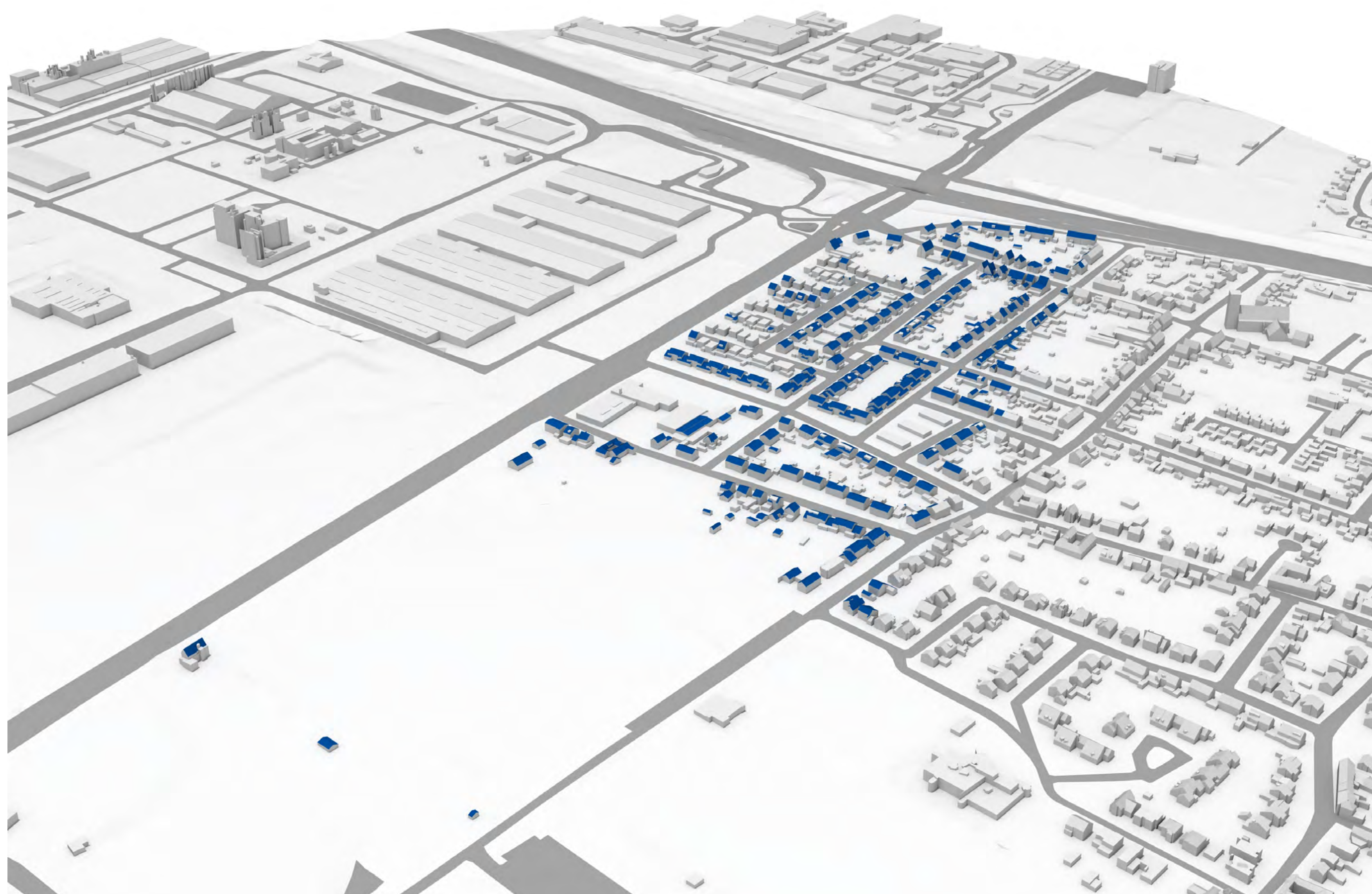


— **Figuur 7.3:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de noordzijde, Geverik



— **Figuur 7.4:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de noordzijde, Beek

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m



— **Figuur 7.5:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de noordzijde, Neerbeek

7.2 Invloedsgebied zuid

De metingen op de daken zijn uitsluitend verricht aan de noordzijde van MAA, aangezien hier de meeste landingen plaatsvinden. 20 tot 25 procent van de landingen vindt echter plaats over de zuidzijde van MAA, over de dorpen Meerssen en Rothem.

Op basis van de modellering van de metingen aan de noordzijde, en de relatie tot de afstand tot het vliegp pad, kan ook een inschatting worden gemaakt van het invloedsgebied aan de zuidzijde van MAA, over de dorpen Meerssen en Rothem.

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat er aan de zuidzijde van MAA geen metingen zijn verricht, en dat deze inschatting dus gebaseerd is op de metingen aan de noordzijde en de relatie tot de afstand tot het vliegp pad, en dat er dus enige onzekerheid is in deze inschatting.

Daarnaast zal het algehele risico aan de zuidzijde van MAA aanzienlijk lager zijn doordat veel minder vliegtuigen over de zuidzijde van MAA landen. De huizen zijn nu op dezelfde wijze naar afstand geclassificeerd, zonder rekening te houden met het lagere aantal landingen over de zuidzijde van MAA, wat dus een conservatieve inschatting is van het risico aan de zuidzijde van MAA.

Figuren 7.6 tot 7.8 geven de schuine dakvlakken van de woningen aan de zuidzijde van MAA, gekleurd naar risicocategorie op basis van de afstand tot het vliegp pad.

Bovenin de figuur is de landingsbaan van MAA te zien, met daaronder Meerssen en daaronder Rothem. De schuine dakvlakken met classificatie 2 en hoger liggen in Meerssen. In Rothem liggen schuine dakvlakken met classificatie 4 en hoger.

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m



— **Figuur 7.6:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de zuidzijde

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m



— **Figuur 7.7:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de zuidzijde, Meerssen

- risico 1 afstand 50 - 100 m
- risico 2 afstand 100 - 150 m
- risico 3 afstand 150 - 200 m
- risico 4 afstand 200 - 250 m
- risico 5 afstand 250 - 300 m
- risico 6 afstand 300+ m



— **Figuur 7.8:** Classificatie invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op schuine daken van woningen rondom MAA, aan de zuidzijde, Rothem

8 Conclusies en Aanbevelingen

8.1 Conclusies

Op basis van de meetgegevens en de analyse van de vortexdetecties, kunnen de volgende conclusies worden getrokken over het invloedsgebied van vliegtuigwervels van landende vliegtuigen op de daken van woningen rondom MAA:

- Overvluchten van landende vliegtuigen veroorzaken meetbare en significante drukverschillen (30–70 Pa onderdruk) op daken van woningen rondom MAA, die niet door wind worden veroorzaakt.
- In totaal zijn 47 vortexdetecties geregistreerd gedurende de meetperiode. Hiervan zijn 36 veroorzaakt door Boeing 777-cargo-vliegtuigen (15% van alle overvluchten van dit type) en 8 door Boeing 747-cargo-vliegtuigen (22–25%).
- Bij passagiersvliegtuigen van het type Boeing 737 zijn slechts 3 detecties geregistreerd (2% van 140 overvluchten); bij alle overige gelande vliegtuigen zijn geen vortexdetecties waargenomen.
- Er is een verband tussen de afstand tot het vliegpad en de detectiefrequentie: hoe dicht een dakvlak bij het vliegpad ligt, hoe groter de kans op een vortexdetectie.
- De relatie tussen windrichting en vortexdetectie verschilt per locatie. Op de locatie Daalstraat in Geverik zijn de detecties verspreid over alle voorkomende windrichtingen (180°–270°); de windrichting heeft hier geen aantoonbare invloed op de detectiekans.
- Op de locatie Burgemeester Janssenstraat in Beek zijn alle 17 detecties geclusterd bij windrichtingen tussen 190° en 210° (zuidzuidwest), wat wijst op een sterke locatiespecifieke correlatie tussen windrichting en detectiekans.
- Er is geen correlatie gevonden tussen windsnelheid en detectiekans; alle detecties treden op bij windsnelheden van 1–5 Beaufort. Bij hogere windsnelheden kan minder goed gedifferentieerd worden tussen onderdruk op het dak door een vliegtuig en onderdruk die door de wind veroorzaakt wordt.
- Het cluster van detecties in de periode half november tot half december 2025 valt samen met een verhoogd aandeel zwaar cargoverkehr en wind overwegend in de richting van de landingsbaan (zuidwest, 210 graden), wat de gevonden correlaties met vliegtuigtype en windrichting bevestigt.
- Op basis van de detectiefrequentie per locatie zijn zes risicocategorieën gedefinieerd, van 50–100 m (risicocategorie 1, hoogste risico) tot meer dan 300 m uit het vliegpad (risicocategorie 6, laagste risico). Met een voor deze studie opgesteld 3D model is ieder dakvlak rondom MAA in een categorie ingedeeld en weergegeven op een risicokaart.
- De risicoclassificatie uit de metingen aan de noordzijde van MAA is ook toegepast op de zuidzijde van MAA, waar geen metingen zijn verricht. Deze inschatting is gebaseerd op de relatie tussen afstand tot het vliegpad en detectiefrequentie aan de noordzijde, en is een

conservatieve inschatting aangezien er minder vliegtuigen over de zuidzijde van MAA landen.

- Tijdens de meetperiode is een incident met ernstige dakvlakschade in Beek direct bewezen als veroorzaakt door een landend vliegtuig, doordat een gelijktijdige vortexdetectie op een naastgelegen meetlocatie werd vastgelegd.
- Door de zeer lokale aard van de drukpieken in een vliegtuigwervel is het niet mogelijk de maximale optredende (onder)drukken te bepalen of te voorspellen met een beperkt aantal vaste meetpunten. Een risicoclassificatie op basis van detectiefrequentie en afstand tot het vliegp pad is echter wel mogelijk en goed toepasbaar.

- Correlatie van het aantal en de locatie van gemelde schadegevallen aan daken rondom MAA met de risicocategorieën, om de praktische relevantie van de risicoclassificatie verder te valideren.
- Vergelijk van het aantal vliegbewegingen en type vliegtuigen met voorgaande jaren, om te beoordelen of de meetperiode representatief is voor het normale operationele patroon van MAA. In aanvulling kan gekeken worden naar het maximaal aantal toegestane vluchten op MAA.
- De risicoclassificatie van de schuine daken kan verder worden verfijnd door onderzoek naar de opbouw en staat van de daken in het invloedsgebied.

8.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan voor vervolgonderzoek:

- Uitvoering van gerichte metingen aan de zuidzijde van MAA, waar nu geen data beschikbaar is, om de inschatting van het invloedsgebied aan die zijde te valideren en aan te passen indien nodig.
- Onderzoek naar de invloed van variatie in dalhoek anders dan 3 graden, op de classificering van daken naar afstand tot het dalpad en het risico op vortexinvloeden.

Actiflow BV
Tramsingel 5
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl

