

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
T.a.v. Team Natuur, de heer Van der Sneppen
Postbus 93144
2509 AC Den Haag

Betreft : Wijziging en aanvulling aanvraag ontheffing Flora en faunawet,
Datum : 28 januari 2016
Bijlagen : 2
Kenmerk : 709026/MTK/FFW/02

Geachte heer Van der Sneppen,

Op 7 juli 2015 heeft Windpark Fryslân b.v. een aanvraag ingediend voor een ontheffing op grond van de Flora en faunawet voor het doden van een aantal vogelsoorten en ruige dwergvleermuizen. Dit ten gevolge van de exploitatie van Windpark Fryslân.

Graag sturen wij u hierbij een wijziging op onze aanvraag en vullen ten behoeve van deze wijziging onze aanvraag aan. Tenslotte is ter nadere verduidelijking op de aanvraag aangegeven welke mitigatie is getroffen ten einde negatieve effecten van het initiatief te beperken cq te voorkomen.

Wijziging aanvraag

In de ontheffingsaanvraag is uitgegaan van een initiatief van 89 windturbines met een minimale tiphoogte boven het wateroppervlak van 30 meter. Teneinde negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding met zekerheid te kunnen uitsluiten was een mitigerende maatregel in de vorm van een gerichte stilstandvoorziening opgenomen.

In de zomer van 2015 is aanvullend veldonderzoek uitgevoerd in het plangebied gericht op zwarte stern en visdief aangezien effecten voor deze soorten kritisch waren. Dit onderzoek heeft zich onder meer gericht op het voorkomen van deze soorten op verschillende hoogtes. Op grond van dit onderzoek is naar voren gekomen dat een meer effectieve vorm van mitigatie kan worden toegepast, namelijk door het vergroten van de vrije ruimte onder de rotor. Het betreffende onderzoeksrapport is in bijlage 1 bij de brief gevoegd.

Uit het onderzoek komt naar voren dat boven het open water de risicovolle vliegbewegingen van zwarte stern en visdief, foerageervluchten, geconcentreerd zijn op bepaalde hoogtes, met name beneden de 25 meter.

Dit gevoegd bij het feit dat Windpark Fryslân BV uit contact met belangenorganisaties ervaart dat er een zorg bestaat over de stand van de populaties van zwarte stern en visdief in het IJsselmeer, brengt met zich dat de vrije ruimte wordt vergroot zodat de effecten aanzienlijk gereduceerd kunnen worden.

Wijziging: de aanvraag wordt op grond van voorgaand gewijzigd. De minimale vrije ruimte onder de rotor wordt opgetrokken naar 40 meter boven het wateroppervlak en de exploitatie vindt plaats zonder stilstandvoorziening.

Beperking effecten

In bijlage 2 zijn de resultaten gepresenteerd van de gewijzigde effectberekening door Bureau Waardenburg voor visdief en zwarte stern, de soorten waarvoor in eerste aanleg bij een vrije ruimte van 30 meter stilstandsvoorziening was vereist (aangezien de additionele sterfte ten gevolge van aanvaringsslachtoffers in aanvang hoger was dan 1% van de natuurlijke mortaliteit).

De mitigatie in de vorm van de aangepaste vrije ruimte heeft tot direct gevolg dat voor de maatgevende soorten visdief en zwarte stern de effecten aanzienlijk worden gereduceerd ten opzichte van hetgeen oorspronkelijk was bepaald. Deze zijn niet hoger dan 1% van de jaarlijkse natuurlijke sterfte van de betreffende soorten en daarmee verwaarloosbaar klein. Daarmee zijn negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding met zekerheid uit te sluiten. Additionele maatregelen zijn dan ook niet aan de orde.

In de volgende tabel zijn de aantallen aanvaringsslachtoffers conform de oorspronkelijke effectbepaling uit aanvraag (bijlage 7C van de aanvraag) opgenomen inclusief de reductie van de stilstandsvoorziening, en de resultaten met een aangepaste vrije ruimte van 40 m (conform de bijlage bij deze brief).

Tabel Aanvaringsslachtoffers visdief en zwarte stern

Soort	1% mortaliteit populatie	Aanvaringsslachtoffers na mitigatie	
		Oorspronkelijk, 30 meter, excl. en incl. stilstandsvoorziening	Vrije ruimte 40 meter
Visdief (niet)-broedvogel	38	51-100 / 40-80	10
Zwarte stern	38	51-100 / 60-70	30

In lijn met de beoordeling in de oorspronkelijke ontheffingsaanvraag is de beoordeling van de visdief als volgt uitgevoerd. Van de **visdief** zowel voor lokale broedvogels, als voor vogels die buiten het broedseizoen in het IJsselmeer verblijven een beperkt aantal slachtoffers per jaar voorzien. De Nederlandse broedpopulatie is kleiner dan de Nederlandse niet-broedvogelpopulatie. Bij wijze van *worst case* is de voorziene sterfte dan ook (in zijn geheel) getoetst aan de Nederlandse broedvogelpopulatie (in afwijking van Heunks *et al.* 2015). Een bijkomend voordeel van het wijzigen van de vrije ruimte is dat andere soorten hier jaarrond van mee kunnen profiteren, terwijl dit bij een gerichte stilstandsvoorziening beperkt was tot de momenten van stilstand gericht op zwarte stern en visdief.

Voor de soorten zonder binding met het gebied (stap 3B, zie ook tabel 5.2) van bijlage 1 bij de aanvraag leidt dit niet tot andere aantallen. Deze soorten hebben geen directe binding met het gebied in hoofdzaak. De aanpassing van de vrije ruimte leidt voor deze soorten in principe niet tot lagere aantallen aanvaringsslachtoffers. Voor de soorten in stap 3C is dit wel het geval. In de bijlage is aangegeven welke soorten naar meeprofitieren van de vergroting van de vrije ruimte en waarvoor derhalve lagere aantallen aanvaringsslachtoffers worden verwacht.

Aanvullende toelichting mitigatie

Zoals uit de aanvraag naar voren komt is uitgebreid onderzoek gedaan ten behoeve van het initiatief. Daarbij is gebruik gemaakt van de beschikbare telgegevens, aanvullend veldwerk en literatuur. In de

verschillende stappen om te komen tot het initiatief is dit betrokken om effecten op beschermde soorten te voorkomen of beperken.

1. Positionering cluster

Verschillende gebieden hebben verschillende kenmerken als het gaat om voorkomen en gebruik door vogel- en vleermuissoorten. Na keuze voor het noordelijk deel van het IJsselmeergebied zijn verschillende opstellingsprincipes verkent, zoals de positie van een rond cluster en een opstelling in lijnen.

- Het cluster is geconcentreerd in de bolvorm. Langere opstellingen, parallel aan de Afsluitdijk, leiden naar verwachting tot hogere aantallen aanvaringsslachtoffers onder met name vogelsoorten die uitwisselen tussen IJsselmeer en Waddenzee;
- Het cluster is ter hoogte van Breezanddijk gepositioneerd omdat daarbij gebieden met hogere intensiteiten vogels, onder meer de voormalige Zuiderzee stroomgeulen waar grotere aantallen viseters voorkomen, worden vermeden. Tevens zijn onder meer de aantallen steltlopers hoger nabij de Friese IJsselmeerkust.
- Parallele opstellingen aan de voet van of op de Afsluitdijk leidt naar verwachting tot hogere aanvaringsslachtoffers onder met name trekkende ruige dwergvleermuizen gezien het voorkomen van de soort en het aantal turbines in de migratieroute ten opzichte van een clusteropstelling.

2. Opstelling windturbines

Voor de inrichting van het cluster zijn diverse aspecten aan de orde geweest die van invloed zijn op het aantal aanvaringsslachtoffers.

Uit het veldonderzoek uitgevoerd voor windpark Fryslân naar de vleermuisactiviteit bij de afsluitdijk en boven het IJsselmeer komt naar voren dat er sprake is van geconcentreerde trek van ruige dwergvleermuizen boven de Afsluitdijk. Er zijn ook onderzoeken die uitwijzen dat de migratie met name aan de noordzijde/waddenzijde van de Afsluitdijk plaats vindt¹. Daarnaast komt naar voren dat diverse watervogelsoorten de kustzone gebruiken om te rusten en/of foerageren. In de opstelling is om die reden een minimale afstand tot de dijk van ten eerste meer dan 500-600 m en een tussenruimte tussen de turbines van minimaal 600meter aangehouden. Bij de definitieve keuze voor de opstelling is deze afstand verder vergroot tot circa 800 m. Dit leidt tot minder verstoring van rustende watervogels en een vermindering van het te verwachten aantal aanvaringsslachtoffers onder ruige dwergvleermuizen en watervogels.

Voor het plan is in eerste instantie een minimale afstand tussen de onderkant van de tip en het wateroppervlak gehanteerd van 30 m (de zogenaamde vrije ruimte). Voor een diverse soorten geldt dat het aantal vliegbewegingen beneden de 30 m relatief hoog cq hoger is. Door de vrije ruimte te vergroten worden aanvaringsslachtoffers beperkt. Dit is hiervoor reeds nader toegelicht.

Door het vergroten van de vrije ruimte worden ook aanvaringsslachtoffers onder ruige dwergvleermuizen beperkt (bij gelijkblijvende rotordiameter). Ruige dwergvleermuizen komen tot grotere hoogtes voor. Echter uit onderzoek in de Noordoostpolder op zowel gondelhoogte (139 m) en ter hoogte van de mastvoet blijkt dat de geregistreerde activiteit op gondelhoogte minder dan 1% is van de activiteit die ter plaatse van de mastvoet is geregistreerd². Bij een grotere hoogte neemt de activiteit van de ruige

¹ Els & Linde, 2008. Vleermuizen en het Wieringerrandmeer

² A&W, 2015.

dwergvleermuizen af waardoor het verhogen van de minimale tip (bij gelijkblijvende rotordiameter) een positieve bijdrage levert aan het beperken van het aantal aanvaringslachtoffers onder ruige dwergvleermuizen. Voor de Noordoostpolder geldt eveneens dat sprake is van gestuwde migratie.

3. Maatregelen turbine-instelling

Zoals hiervoor aangegeven is deze voorziening mogelijk niet meer nodig door het aanpassen van de vrije ruimte onder de rotor (de minimale hoogte van de onderzijde van de tip tot 40 m (bij gelijkblijvende rotordiameter)).

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden kunt u contact op nemen met onze adviseur, de heer M. ten Klooster van Pondera Consult.

Namens Windpark Fryslân B.V.

Met vriendelijke groet,



Dhr. J.F.W. Rijntalder
Directeur Pondera Consult

Overzicht bijlagen:

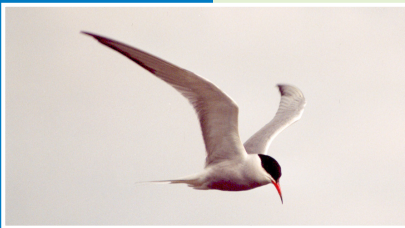
1. Veldonderzoek visdief en zwarte stern 2015, Bureau Waardenburg
2. Notitie effectbepaling vrije ruimte, 2015. Pondera Consult en Bureau Waardenburg

BIJLAGE 1



Zwarte sterns en visdieven in het plangebied van Windpark Fryslân

Resultaten van veldonderzoek naar
vliegintensiteit en -gedrag in de nazomer van 2015



J.C. Kleyheeg-Hartman
B. Engels
C. Heunks
A. Gyimesi
M.P. Collier



Bureau Waardenburg
Ecologie & landschap

Zwarte sterns en visdieven in het plangebied van Windpark Fryslân

Resultaten van veldonderzoek naar vliegintensiteit en –gedrag in de nazomer van 2015

J.C. Kleyheeg-Hartman MSc., B. Engels BSc., drs. C. Heunks, dr. A. Gyimesi, M.P. Collier MSc.

Status uitgave: definitief

Rapportnummer: 15-214
Projectnummer: 15-555
Datum uitgave: 11 december 2015
Foto's omslag: Groot: Zwarte stern – Mark Collier
Klein boven: Waarnemer op het ponton – Camiel Heunks
Klein midden: Visdief – Jan Dirk Buizer
Klein onder: Uitzicht vanaf observatiepunt west – Camiel Heunks
Projectleider: J.C. Kleyheeg-Hartman MSc.
Naam en adres opdrachtgever: Pondera Consult b.v.
Postbus 579, 7550 AN, Hengelo (Ov)
Referentie opdrachtgever: e-mail A. van der Steege d.d. 21 juli 2015
Akkoord voor uitgave: drs. C. Heunks



Paraaf:

Graag citeren als: J.C. Kleyheeg-Hartman, B. Engels, C. Heunks, A. Gyimesi & M.P. Collier, 2015. Zwarte sterns en visdieven in het plangebied van Windpark Fryslân. Resultaten van veldonderzoek naar vliegintensiteit en –gedrag in de nazomer van 2015. Bureau Waardenburg Rapportnr. 15-214. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: Zwarte stern, visdief, Windpark Fryslân, stilstandvoorziening, vlieghoogte, pieken, dichtheid.

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Pondera Consult bv
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10
info@buwa.nl www.buwa.nl

Voorwoord

Windpark Fryslân BV heeft het voornemen om in het noordelijke deel van het IJsselmeer een windpark te realiseren: Windpark Fryslân. Uit de ecologische toetsing van de effecten van Windpark Fryslân, is gebleken dat de sterfte van de zwarte stern en visdief in de gebruiksfase van het windpark naar verwachting dermate hoog is, dat het nodig is om mitigerende maatregelen te treffen. Hiervoor is een stilstandvoorziening beoogd, waarbij de windturbines worden stilgezet op momenten dat veel sterns in het plangebied aanwezig zijn.

Ter ondersteuning van de besluitvorming met betrekking tot deze stilstandvoorziening heeft Bureau Waardenburg, in opdracht van Pondera Consult, in de nazomer van 2015 onderzoek verricht naar de vliegintensiteit en het vlieggedrag van zwarte sterns en visdieven in het plangebied van Windpark Fryslân. Het doel van dit onderzoek was tweeledig:

- 1) Verifiëren van de aannames in de slachtofferberekeningen die ten grondslag liggen aan de passende beoordeling voor Windpark Fryslân.
- 2) Onderzoeken van de haalbaarheid van een stilstandvoorziening volgens het *shutdown on demand* principe.

Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van het veldonderzoek en behandelt de betekenis van de resultaten in het licht van de slachtofferberekeningen die voor de zwarte stern en de visdief in het kader van de passende beoordeling zijn uitgevoerd. Ook worden implicaties van de resultaten voor de stilstandvoorziening besproken. Hierbij wordt zowel ingegaan op de mogelijke effectiviteit van een stilstandvoorziening volgens het *shutdown on demand* principe als op enkele praktische onderdelen van de stilstandvoorziening (o.a. benodigde periode van stilstand).

Aan de totstandkoming van dit rapport werkten mee:

Jonne Kleyheeg-Hartman	analyse, rapportage en projectleiding
Bas Engels	veldwerk, analyse en rapportage
Abel Gyimesi	veldwerk en analyse
Mark Collier	veldwerk
Camiel Heunks	kwaliteitscontrole

Vanuit Bureau Waardenburg hebben Daniël Beuker, Rob Lensink en Lieuwe Anema meegewerkt in het veld. Daarnaast heeft Lieuwe Anema GIS-ondersteuning verleend en heeft Karen Krijgsveld meegeholpen bij de statistische analyses. Genoemde personen zijn door opleiding, werkervaring en zelfstudie gekwalificeerd voor de door hun uitgevoerde werkzaamheden. Het project is uitgevoerd volgens het kwaliteits-handboek van Bureau Waardenburg. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg is ISO gecertificeerd.

Vanuit Pondera Consult werd de opdracht begeleid door de heer M. ten Klooster. Vanuit de initiatiefnemer werd de opdracht begeleid door de heer A. van der Steege

en de heer A.T. de Groot. Voor waarnemingen vanaf het IJsselmeer is gebruik gemaakt van de diensten (verhuur van een ponton) van de firma Roorda. Gedurende de gehele periode van veldwerk hebben we gebruik kunnen maken van een kampeerplek op de camping van Staatsbosbeheer in het Robbenoordbos. Wij danken allen voor de prettige samenwerking.

Disclaimer

De studie betreft een beoordeling van de huidige aanwezigheid van beschermde soorten planten en dieren. Deze beoordeling is gebaseerd op bronnenonderzoek, veldonderzoek en deskundigenoordeel. Veldonderzoek is altijd een momentopname. Bureau Waardenburg waarborgt dat het onderzoek is uitgevoerd door deskundige onderzoekers volgens de gangbare standaardmethoden. Het bureau is niet aansprakelijk voor waarnemingen van soorten door derden en waarnemingen die na afronding van de studie bekend worden gemaakt.

Inhoud

Voorwoord.....	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Doel.....	7
1.3 Onderzoeksvragen.....	8
1.4 Leeswijzer.....	9
2 Materiaal en methoden.....	11
2.1 Methoden.....	11
2.1.1 Module 1: Panoramascans vanaf de Afsluitdijk.....	11
2.1.2 Module 2: Dijkpassages.....	13
2.1.3 Module 3: Panoramascans vanaf het IJsselmeer.....	15
2.2 Weersomstandigheden.....	17
2.3 Analyse.....	19
2.3.1 Uitwerking panoramascans.....	19
2.3.2 Uitwerking gegevens dijkpassages.....	20
2.3.3 Tijdsweergave – moment van de dag.....	20
2.3.4 Identificatie van 'pieken'.....	21
2.3.5 Statistische analyses.....	22
3 Resultaten.....	23
3.1 Vliegintensiteit in de tijd.....	23
3.1.1 Het optreden van pieken.....	23
3.1.2 Het verloop van een piek in vliegintensiteit.....	25
3.1.3 Vliegintensiteit over de dag.....	26
3.1.4 Vliegintensiteit over het seizoen.....	29
3.2 Vliegintensiteit in de ruimte.....	30
3.2.1 Ruimtelijke verdeling vliegintensiteit langs de Afsluitdijk.....	30
3.2.2 Ruimtelijk verloop van een piek in vliegintensiteit.....	31
3.2.3 Open water (locatie 'park') versus kustzone (locatie 'west').....	33
3.3 (Vlieg)gedrag.....	34
3.3.1 Vlieghoogte.....	34
3.3.2 Type gedrag.....	35
3.4 Invloed van het weer.....	36
3.4.1 Invloed op vliegintensiteit.....	36

3.4.2	Invloed op vlieghoogte.....	36
3.4.3	Invloed op gedrag	37
3.5	Uitwisseling tussen IJsselmeer en Waddenzee	37
4	Implicaties voor slachtofferberekeningen.....	41
4.1	Vliegintensiteit / flux	41
4.2	Vlieghoogte	43
4.2.1	Vlieghoogte in het Flux-Collision Model.....	43
4.2.2	Vlieghoogte in slachtofferberekeningen voor Windpark Fryslân.....	44
4.2.3	Vlieghoogte in het veldonderzoek in 2015	44
4.2.4	Implicaties voor de slachtofferberekeningen	46
5	Haalbaarheid stilstandvoorziening	47
5.1	Duur stilstand	47
5.1.1	Piekmomenten gedurende onderzoeksperiode.....	47
5.1.2	Piekmomenten gedurende een jaar	48
5.1.3	Samengevat	48
5.2	Reductie door middel van stilstand op piekmomenten	48
5.3	Praktische invulling stilstandvoorziening	50
5.3.1	Drempelwaarde op basis van aanwezigheid sterns in 2015.....	50
5.3.2	Toepasbaarheid drempelwaarde 2015 in andere jaren	50
5.3.3	Detectiemethoden in relatie tot de drempelwaarde	51
5.3.4	Stilzetten van een deel van het windpark.....	52
5.3.5	Samengevat	52
6	Discussie en conclusies.....	53
6.1	Vliegactiviteit	53
6.2	Gedrag	54
6.3	Uitwisseling tussen Waddenzee en IJsselmeer	55
6.4	Aannames in de slachtofferberekeningen	55
6.5	Stilstandvoorziening.....	55
6.6	Belangrijkste conclusies	56
7	Literatuur.....	59
Bijlage 1	Onderzoekschema modules 1&3	62
Bijlage 2	Resultaten statistiek	66

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Windpark Fryslân BV heeft het voornemen om in het noordelijke deel van het IJsselmeer een windpark te realiseren: Windpark Fryslân. Uit de ecologische toetsing van de effecten van Windpark Fryslân, is gebleken dat de sterfte van de zwarte stern en visdief in de gebruiksfase van het windpark naar verwachting dermate hoog is, dat het nodig is om mitigerende maatregelen te treffen. Hiervoor is een stilstandvoorziening beoogd, waarbij turbines worden stilgezet op momenten dat veel sterns in het plangebied aanwezig zijn.

De sterfteberekeningen die ten behoeve van het MER en de passende beoordeling zijn uitgevoerd, zijn deels gebaseerd op aannames. Deze aannames representeren in alle gevallen het *worst case* scenario, zodat met zekerheid geen sprake is van een onderschatting van de aantallen slachtoffers. Door de aannames in het veld te verifiëren kan gevoel gekregen worden voor hoe de werkelijkheid zich verhoudt tot het gehanteerde *worst case* scenario. Zodoende kan ingeschat worden in hoeverre de in de passende beoordeling gepresenteerde aantallen aanvaringslachtoffers een overschatting van de werkelijke sterfte betreffen.

Een specifiekere inschatting van het aantal slachtoffers, ondersteunt ook de besluitvorming rond de praktische invulling van de stilstandvoorziening. Voor Windpark Fryslân wordt de toepassing van het *shutdown on demand* principe overwogen. Dit betekent dat de windturbines alleen stil worden gezet op momenten dat er veel zwarte sterns en/of visdieven in het windpark aanwezig zijn. Het doel van deze aanpak is om met zo min mogelijk stilstand een zo groot mogelijke reductie van het aantal aanvaringslachtoffers te bewerkstelligen. Voor de praktische invulling van deze stilstandvoorziening is een beter begrip van de vliegintensiteit en het vlieggedrag van de sterns in het plangebied van Windpark Fryslân noodzakelijk.

1.2 Doel

Het doel van het onderzoek is tweeledig:

1) *Verfijnen slachtofferberekening.*

Door de aannames met betrekking tot o.a. vlieghoogte en vliegintensiteit in het veld te verifiëren, kunnen de slachtofferberekeningen voor zwarte stern en visdief gespecificeerd worden. Door zowel met de eerder gedane aannames, als met de in 2015 empirisch vastgestelde waarden slachtofferberekeningen met het Flux Collision Model uit te voeren, wordt inzichtelijk in hoeverre het *worst case* scenario, zoals gepresenteerd in de passende beoordeling, afwijkt van de berekende sterfte voor 2015.

2) Vaststellen haalbaarheid stilstandvoorziening.

Om op een succesvolle manier het *shutdown on demand* principe toe te passen moet sprake zijn van momenten waarop de desbetreffende soort duidelijk een hoger aanvaringsrisico heeft. In het geval van de zwarte stern en de visdief gaat het om momenten waarop de vogels met grote aantallen in het plangebied aanwezig zijn. Daarnaast moet je in staat zijn om deze momenten in het veld te herkennen / registreren, zodat daarop actie ondernomen kan worden, in dit geval het stilzetten van (een deel van) de windturbines. Voor de initiatiefnemers van Windpark Fryslân is het daarnaast van belang om te weten hoe lang de windturbines ongeveer stil zullen moeten staan en welke reductie van het aantal slachtoffers daar dan mee gehaald kan worden. Het veldonderzoek was erop gericht om zoveel mogelijk van deze vragen te beantwoorden.

1.3 Onderzoeksvragen

De twee (hoofd)doelen van het onderzoek lijken vrij eenvoudig, maar zijn in werkelijkheid veelomvattend en complex. De doelen zijn dan ook opgesplitst in 'kleinere' oftewel minder veelomvattende onderzoeksvragen, die in dit rapport stuk voor stuk aan de orde zullen komen.

- 1) Wat is de vliegactiviteit van zwarte sterns en visdieven in het plangebied?
 - a. Is het voorkomen van de sterns in het plangebied gepiekt of constant?
 - b. Als het voorkomen (zoals verwacht) gepiekt is, hoe vaak is er dan sprake van een piek en hoe definieer je een piek?
 - c. Wat is de variatie van de vliegactiviteit in de tijd (door het seizoen en over de dag)?
 - d. Wat is de variatie van de vliegactiviteit in de ruimte (is er sprake van variatie binnen het plangebied van Windpark Fryslân)?
 - e. Is er een relatie tussen de vliegactiviteit en het weer?

- 2) Hoe is het vlieggedrag van de zwarte stern en de visdief in het plangebied?
 - a. Wat is de vlieghoogte van de sterns (in relatie tot het rotorbereik van de windturbines)?
 - b. Wat is het gedrag van de sterns in het plangebied van Windpark Fryslân? (foerageren, rusten, vliegen).
 - c. Wat is de invloed van het weer op de vlieghoogte en het vlieggedrag?

- 3) In hoeverre is er uitwisseling van zwarte sterns en visdieven tussen het IJsselmeer en de Waddenzee?
 - a. Wat is de mate van uitwisseling van sterns tussen het IJsselmeer en de Waddenzee?
 - b. Is er variatie in de mate van uitwisseling in de tijd (door het seizoen)?
 - c. Is er variatie in de mate van uitwisseling in ruimte (delen van de Afsluitdijk)?

- 4) In hoeverre wijken de aannames in de slachtofferberekeningen af van de gemeten waarden?
 - a. Hoe groot is de vliegintensiteit van zwarte sterns en visdieven in vergelijking met de aannames in het Flux Collision Model?
 - b. Is er een wezenlijk verschil tussen de vastgestelde vlieghoogte en de aannames in de slachtofferberekeningen?

- 5) In hoeverre is stilstand volgens het *shutdown on demand* principe een haalbare strategie?
 - a. Hoeveel procent van de tijd zouden de windturbines in 2015 stilgezet zijn?
 - b. Welke reductie van de aantallen aanvaringslachtoffers zou in 2015 behaald zijn met het stilzetten van de windturbines op piekmomenten?
 - c. Kan een piek in de aanwezigheid van sterns in het veld vastgesteld worden? En zo ja, hoe?
 - d. Moeten alle windturbines stil, of kan in sommige gevallen ook volstaan worden met stilstand van een deel van het windpark?

1.4 Leeswijzer

De rode draad in dit rapport zijn de onderzoeksvragen zoals weergegeven in §1.3. In hoofdstuk 2 zijn de gehanteerde methoden voor het veldonderzoek en de analyses in detail beschreven. De resultaten van het onderzoek zijn gepresenteerd in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 3 is antwoord gegeven op onderzoeksvragen 1 t/m 3. In hoofdstuk 4 worden onderzoeksvragen 4a en 4b beantwoord door de resultaten van het veldonderzoek te vergelijken met de eerder uitgevoerde slachtofferberekeningen. In hoofdstuk 5 komen onderzoeksvragen 5a t/m d aan bod en wordt de haalbaarheid van de stilstandvoorziening volgens het *shutdown on demand* principe bediscussieerd. De belangrijkste conclusies en discussiepunten uit het onderzoek zijn gepresenteerd in hoofdstuk 6.

2 Materiaal en methoden

2.1 Methoden

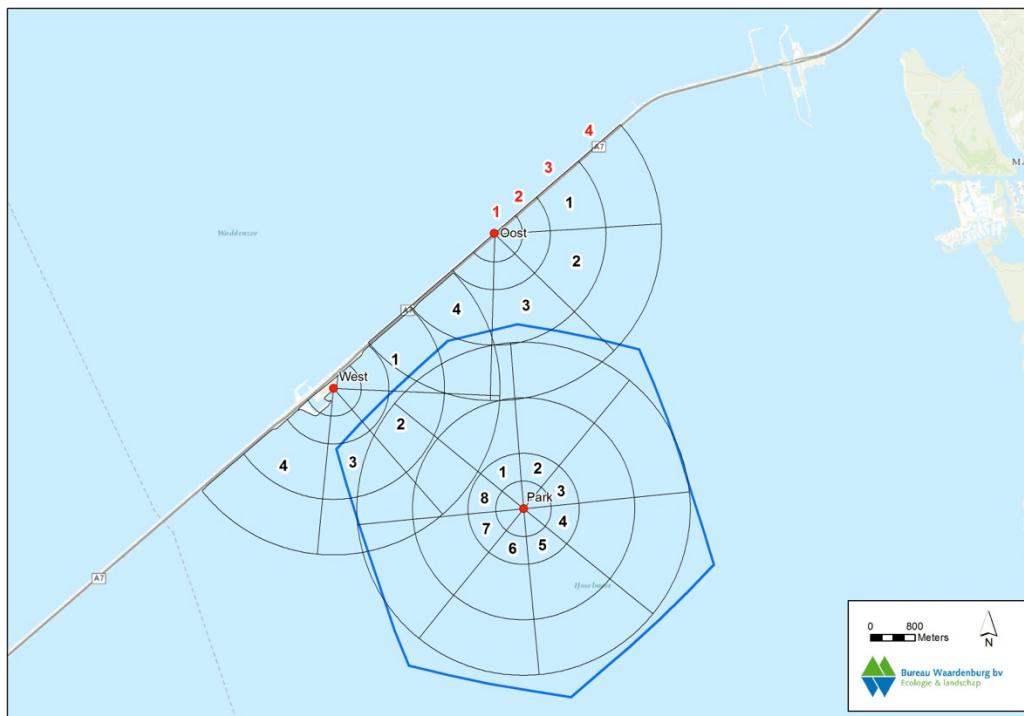
In het onderzoek is een modulaire aanpak gehanteerd. Module 1 betreft het op een gestandaardiseerde manier, frequent uitvoeren van waarnemingen vanaf twee observatiepunten op de Afsluitdijk (zie §2.1.1). Deze module is van belang voor het beantwoorden van onderzoeksvragen 1, 2, 4 en 5. Module 2 is opgezet om onderzoeksvragen 3a t/m d te kunnen beantwoorden (zie §2.1.2). Om vast te stellen of er wezenlijke verschillen zijn tussen het gebied direct langs de Afsluitdijk en het (deel van het) plangebied op grotere afstand van de Afsluitdijk is Module 3 uitgewerkt (zie §2.1.3). Deze module betreft het op een gestandaardiseerde manier uitvoeren van waarnemingen vanaf een observatiepunt in het midden van het plangebied van Windpark Fryslân (op het water). Deze module was nodig om invulling te geven aan de ruimtelijke component van onderzoeksvragen 1, 2 en 5.

2.1.1 Module 1: Panoramascans vanaf de Afsluitdijk

Algemeen

De vliegactiviteit en het vlieggedrag van de sterns is via een gestandaardiseerde observatiemethode (panoramascans) vastgelegd vanaf twee vaste observatiepunten op de Afsluitdijk ("west" en "oost"). De observatiepunten liggen ter hoogte van het geplande windpark met een tussenafstand van vier kilometer (zie figuur 2.1).

Tijdens de panoramascan wordt een vast zoekgebied op en boven het open water van het IJsselmeer afgezocht naar zwarte sterns en visdieven. Het zoekgebied is ingedeeld in gelijke segmenten (taartpunten) met verschillende afstandsklassen (zie figuur 2.1). Per segment zijn alle zwarte sterns en visdieven geregistreerd (inclusief vlieghoogte en gedrag). De vlieghoogte is bepaald op basis van ervaring (*expert judgement*). Tevens zijn alle vormen van waterrecreatie en/of beroepsvaart geregistreerd. Tijdens de panoramascan zijn de resultaten ingesproken op een dictafoon. Deze resultaten zijn direct na afronding van een panoramascan uitgeschreven en digitaal ingevoerd.



Figuur 2.1 De drie waarneemlocaties “west”, “oost” en “park”. De blauwe omlijning geeft het plangebied van Windpark Fryslân weer (voorkeursalternatief). De afstandsklassen (rode nummers) en ‘sectoren’ (zwarte nummers) waarin is waargenomen zijn per waarneemlocatie weergegeven.

Om een antwoord op de vragen te kunnen formuleren was het nodig om in de maanden augustus en september frequent (meerdere dagen per week) gedurende de daglichtperiode ieder uur een panoramascan uit te voeren. Beide observatiepunten zijn hierbij om de beurt gebruikt. De precieze waarneemmomenten per locatie zijn weergegeven in bijlage 1. Deze hoge onderzoeksinspanning was nodig om het optreden van pieken in aanwezigheid van sterns vast te kunnen stellen en zodoende de definitie van een ‘piek’ en ook de frequentie en duur van pieken in vliegactiviteit van sterns te kunnen bepalen. Bij een te lage onderzoeksinspanning is de trefkans voor een piek te klein en is het niet mogelijk om de variatie van vliegactiviteit en gedrag goed vast te stellen.

In de praktijk

De panoramascans zijn uitgevoerd met een 10x verrekijker met een 6.3° (110/1000m) kijkhoek in een vaste opstelling. In een panoramascan vanaf de Afsluitdijk is met de kijker de horizon aan de IJsselmeerzijde over 180° afgezocht en zijn alle zwarte sterns en visdieven geregistreerd. De waarnemer stond op één van de twee vooraf bepaalde observatiepunten op de Afsluitdijk (zie figuur 2.1). Observatiepunt ‘west’ (bij Breezanddijk) is ca. 5 meter boven het wateroppervlakte van het IJsselmeer, observatiepunt ‘oost’ ligt bovenop de Waddendijk op ca. 25 meter boven het wateroppervlakte van het IJsselmeer.

De telling bestond uit twee scans die direct na elkaar uitgevoerd zijn. Tijdens de eerste scan zijn waarnemingen visueel verzameld tot een bereik van 500 meter afstand. Tijdens de tweede scan zijn met behulp van de verrekijker op statief waarnemingen tot maximaal 3.000 meter afstand verzameld. Het middelpunt van het kijkerbeeld bevond zich hierbij op de horizon. In de lengte zijn vier afstandklassen onderscheiden (0-500, 500-1000, 1000-2000 en 2000-3000 meter) en vier hoogteklassen (gelijk verdeeld over het kijkerbeeld van onder naar boven 1 t/m 4). Daarnaast is de daadwerkelijke vlieghoogte van de sterns geschat en genoteerd. Deze daadwerkelijke vlieghoogte is teruggebracht tot een verdeling in zeven klassen: 0-2 m, 3-10 m, 11-25 m, 26-50 m, 51-100 m, 100-150 m en >150 m.

Tijdens beide scans zijn de waarnemingen per sector van 45° verzameld. Van iedere waargenomen vogel(groep) is soort, aantal, richting, afstand, vlieghoogte in het kijkerbeeld, daadwerkelijke vlieghoogte en eventueel gedrag op een gestandaardiseerde manier geregistreerd. De duur van een telling bedroeg ca. 10 minuten. Naast zwarte sterns en visdieven zijn ook futen, kuifeenden en aalscholvers geregistreerd tijdens de panoramascans. Voor aanvang van elke panoramascan zijn tevens de weersomstandigheden (windkracht, windrichting, temperatuur, neerslag, bewolking en zicht) genoteerd.



Panoramascan op observatiepunt 'west'

2.1.2 Module 2: Dijkpassages

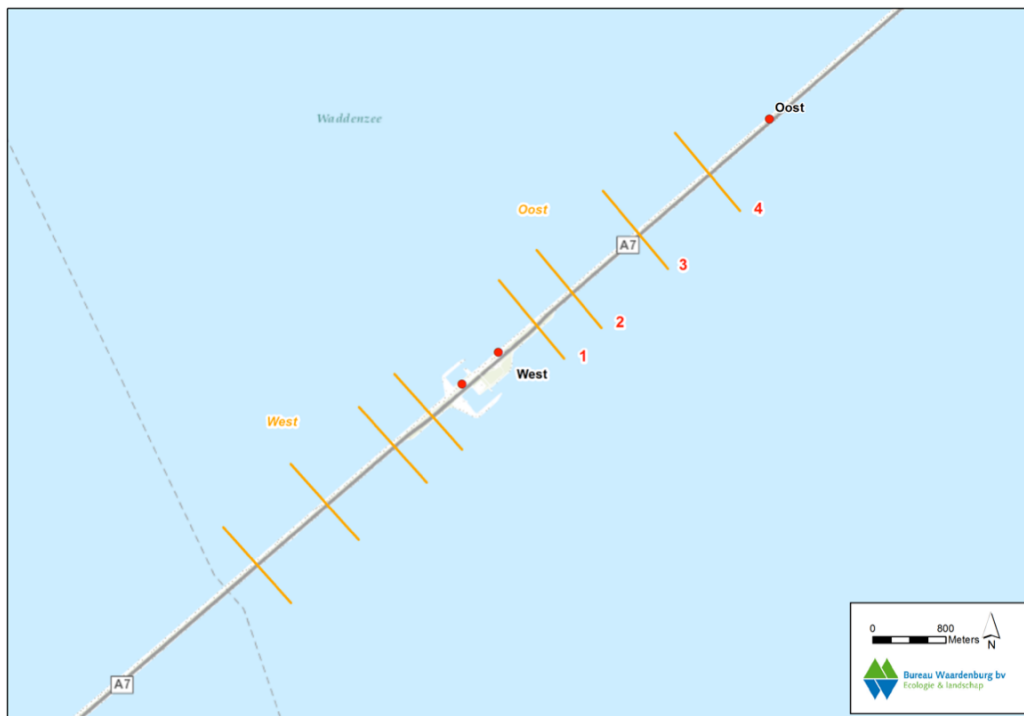
Algemeen

De panoramascans vanaf de hiervoor beschreven locaties zijn niet geschikt om uitwisseling van sterns tussen het IJsselmeer en de Waddenzee te onderzoeken. Hier zijn dan ook aanvullende observaties voor uitgevoerd. Deze observaties hebben

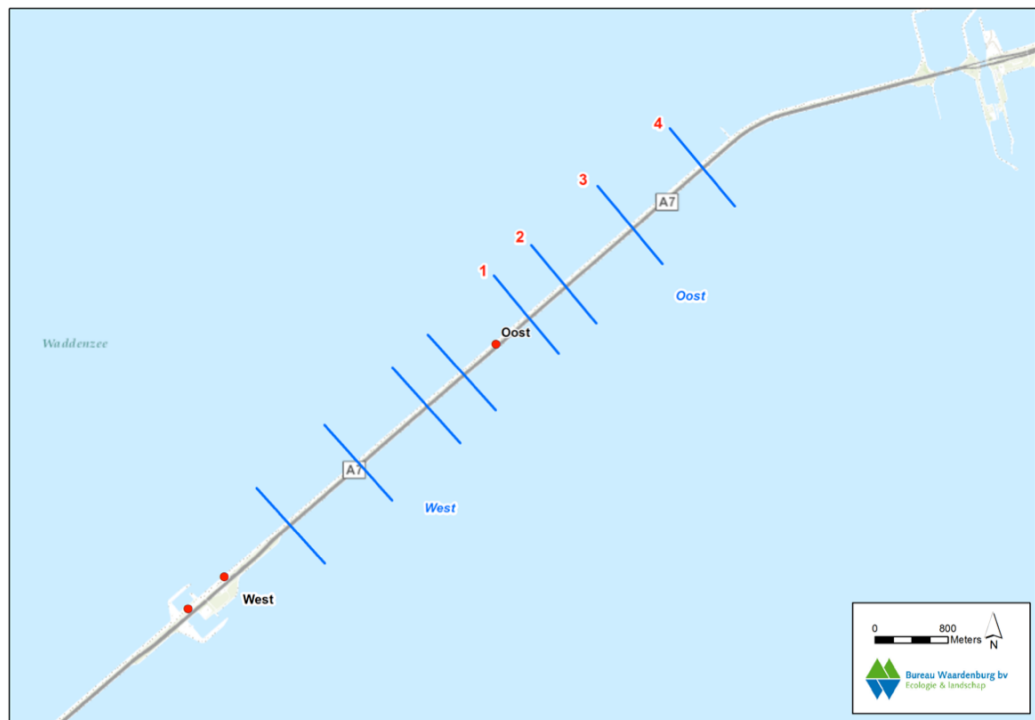
plaatsgevonden op dezelfde dagen als de panoramascans (tussen de scans door). Dit betrof het op een gestandaardiseerde manier observeren en vastleggen van vliegbewegingen van zwarte sterns en visdieven over de afsluitdijk (tussen het IJsselmeer en de Waddenzee en *vice versa*).

In de praktijk

De passages van sterns werden geregistreerd vanaf drie vooraf vastgestelde observatiepunten op het hoogste punt van de Afsluitdijk (de Waddendijk; zie figuur 2.2 en 2.3). Op iedere locatie is zowel in oostelijke als in westelijke richting gekeken om een zo groot mogelijke lengte van de Afsluitdijk te bekijken. De waarnemingen zijn over dezelfde afstand als in de panoramascans verricht (tot 3.000 meter). Bij locatie "oost" was dit observatiepunt hetzelfde punt als waar de panoramascans uitgevoerd werden en is zowel in oostelijke als in westelijke richting gekeken. Bij locatie "west" zijn twee observatiepunten gebruikt (een voor traject oost en een voor traject west), ca. 200 meter ten noorden van het observatiepunt dat voor de panoramascans is gebruikt (figuur 2.2). De totale duur van een observatie in een bepaalde richting was 15 minuten. Per dag is vier maal een periode van 15 minuten waargenomen. Op sommige dagen zijn alle trajecten eenmaal bekeken. Op andere dagen zijn de trajecten "oost" en "west" bij één locatie tweemaal onderzocht en bij de andere locatie niet. Over de gehele onderzoeksperiode is de onderzoeksinspanning over de verschillende trajecten gelijk verdeeld. In totaal zijn gedurende 101 perioden van 15 minuten waarnemingen verricht.



Figuur 2.2 Gebied waarbinnen dijkpassages van visdieven en zwarte sterns bij observatiepunt 'west' zijn onderzocht. De waarneemlocaties zijn weergegeven met rode punten. De afstandsklassen (rode nummers) waarin is waargenomen zijn weergegeven als lijnen over de dijk. De trajectnamen zijn weergegeven in oranje.



Figuur 2.3 Gebied waarbinnen dijkpassages van visdieven en zwarte sterns bij observatiepunt 'oost' zijn onderzocht. De waarneemlocaties zijn weergegeven met rode punten. De afstandsklassen (rode nummers) waarin is waargenomen zijn weergegeven als lijnen over de dijk. De trajectnamen zijn weergegeven in blauwe.

Tijdens de meting is continu het betreffende dijktraject geobserveerd. Alle visdieven en zwarte sterns die de dijk passeerden zijn geregistreerd op de daarvoor bestemde formulieren. Per waarneming is de soort, aantal, vlieghoogte, vliegrichting en afstandsklasse genoteerd. De gehanteerde afstandsklassen en hoogteklassen zijn gelijk aan die in de panoramascans (zie §2.1.1).

2.1.3 Module 3: Panoramascans vanaf het IJsselmeer

Algemeen

Aangezien vliegende sterns vanaf de Afsluitdijk tot op een afstand van maximaal ca. 3 kilometer vastgelegd konden worden, was het alleen mogelijk om de onderzoeksvragen met betrekking tot vliegintensiteit en -gedrag te beantwoorden voor het meest noordelijke deel van het plangebied van Windpark Fryslân (zie figuur 2.1). De vliegactiviteit in het grootste deel van het plangebied bleef met waarnemingen vanaf de Afsluitdijk (module 1) buiten beeld. Om te bepalen in hoeverre de resultaten in het noordelijke deel representatief zijn voor het gehele plangebied en om een beter antwoord te formuleren op de onderzoeksvragen, was het cruciaal om gedurende enkele dagen (verspreid over de maanden augustus en september) panoramascans te verrichten vanaf een locatie op het water midden in het plangebied. Dit is gedaan vanaf een drijvend ponton dat voor anker lag in het midden van het plangebied, locatie "park" (zie figuur 2.1). Door deze tellingen simultaan uit te voeren met tellingen vanaf

de Afsluitdijk kon geverifieerd worden in hoeverre de gegevens die vanaf de Afsluitdijk verzameld werden representatief zijn voor het gehele plangebied.



Aankomst van het ponton, gekoppeld aan een boot voor transport, in de haven van Breezanddijk vanaf observatiepunt 'park'

In de praktijk

Gedurende de waarneemperiode zijn viermaal waarnemingen verricht vanaf een drijvend ponton op de locatie "park" (zie tabel 2.1). De panoramascans werden op dezelfde wijze verricht als beschreven bij Module 1, met als enige verschil dat hier niet een halve, maar een hele cirkel is onderzocht. Bij aanvang van iedere panoramascan, is een vast ijkpunt op de Afsluitdijk als startpunt aangehouden (grens tussen sector 1 en sector 8) . Het onderzoeksgebied dat vanaf locatie "park" onderzocht is, bestaat uit acht sectoren van ieder 45°. De gradenboog op het statief is gebruikt om de grens tussen twee sectoren aan te geven. Bij te veel deining van het ponton, is de panoramascan tijdelijk onderbroken om geen onjuiste vlieghoogte en/of afstand te schatten.

Tabel 2.1 Overzicht van de dagen waarop waarnemingen op de locatie "park" zijn verricht.

Datum	Periode
10 augustus 2015	13:00 – 21:00
21 augustus 2015	07:00 – 14:00
31 augustus 2015	13:00 – 15:30
10 september 2015	07:00 – 14:00

Op 31 augustus hebben we de waarnemingen vanaf het water eerder moeten staken in verband met overtrekkende onweersbuien. In die periode was er dagenlang sprake van onweer en harde wind waardoor het niet mogelijk bleek om een lange periode op het water aanwezig te zijn. We hebben er daarom voor gekozen om gebruik te maken van de enige kans die zich in deze periode voordeed om waarnemingen te verrichten (hetzij gedurende een kortere periode).



Panoramascan vanaf het ponton op observatiepunt 'park'

2.2 Weersomstandigheden

Om de weersomstandigheden gedurende de onderzoeksperiode in kaart te brengen is gebruik gemaakt van weersgegevens van het KNMI weerstation in Stavoren. Er is gekozen voor deze locatie omdat deze op de kortste afstand gelegen is van het plangebied en tevens aan de IJsselmeerszijde. Dichtbij gelegen weerstations aan de Waddenzeezijde zijn buiten beschouwing gelaten omdat het weer aan de Waddenzeezijde (sterk) kan verschillen van de IJsselmeerszijde. De tijdens de panoramascans genoteerde weergegevens zijn gebruikt om te controleren of de gegevens van Stavoren een goed beeld geven van het weer in het onderzoeksgebied. Dit bleek het geval te zijn.

Gedurende de waarneempriode tussen 28 juli en 15 september waren de weersomstandigheden niet optimaal (tabel 2.2). De gemiddelde windkracht, gemeten op de schaal van Beaufort (Bft.), was 4 en kwam voornamelijk uit het zuiden en zuidwesten. Een hardere windkracht ging vaak gepaard met neerslag en slecht zicht. Gedurende de waarneempriode viel gemiddeld 6,8 millimeter neerslag in het

plangebied. Op dagen met een gemiddelde windkracht van vijf Bft. viel gemiddeld 18,3 millimeter neerslag. De temperatuur was vrij constant en was gemiddeld 16,7 °C, met een minimum van 13,1 °C en een maximum van 20,8 °C. Gemiddeld was het 72% van de waarneemperiode bewolkt.

Tabel 2.1 Weersomstandigheden in de waarneemperiode tussen 28 juli en 15 september. De dagen waarop waarnemingen op de locatie "park" zijn verricht zijn gearceerd (Bron: KNMI 2015).

datum	module	windkracht (Bft)	windrichting	temp. (C°)	neerslag (mm)	bewolking (%)
28-07	1+2	5	WZW	16,3	34,1	88%
03-08	1+2	3	ZZO	19,6	0	38%
04-08	1+2	3	W	17,7	11	88%
05-08	1+2	3	ZZW	18,5	0	63%
06-08	1+2	3	W	19,6	0	50%
10-08	1+2+3	2	Z	19,6	0,05	75%
13-08	1+2	3	ONO	20,8	0	25%
17-08	1+2	5	O	16,1	38,4	100%
18-08	1+2	4	Z	16,1	0,1	100%
19-08	1+2	3	Z	16,7	0,05	88%
20-08	1+2	3	N	18,1	0	13%
21-08	1+2+3	2	ZZO	19,7	0	63%
24-08	1+2	4	Z	18	6,3	88%
25-08	1+2	5	WZW	17	3,5	75%
26-08	1+2	5	Z	19,2	21,3	100%
27-08	1+2	4	ZZW	16,3	9,6	100%
28-08	1+2	3	WZW	16,9	0,05	25%
31-08	1+3	3	ONO	19,2	32,3	100%
01-09	1+2	5	NNW	15,9	1,3	100%
02-09	1+2	4	W	14,7	2,3	75%
03-09	1	3	ZW	13,1	13,5	88%
04-09	1	5	WZW	14,7	20,9	75%
07-09	1+2	4	WNW	14,8	0,4	75%
08-09	1+2	3	WNW	13,7	1,3	100%
09-09	1+2	2	O	13,5	0	38%
10-09	1+2+3	3	ONO	13,8	0	25%
11-09	1+2	3	O	13,9	0	0%
14-09	1	4	OZO	15,1	6	100%
15-09	1	5	Z	13,1	8,9	88%

2.3 Analyse

2.3.1 Uitwerking panoramascans

Dataselectie

In de periode tussen 28 juli en 15 september zijn in totaal 351 panoramascans uitgevoerd (verdeeld over de drie observatiepunten). Bij de uitwerking van de panoramascans zijn niet alle verzamelde gegevens in beschouwing genomen. Voor aanvang van de analyse is besloten om **afstandsklasse 4** (2.000 – 3.000 meter) buiten beschouwing te laten. Op deze afstand is het bij goed zicht al lastig om alle zwarte sterns (en in mindere mate visdieven) waar te nemen. Bij slechtere zichtomstandigheden zijn (sommige) sterns in deze afstandsklasse vrijwel zeker gemist. Slecht zicht kan veroorzaakt worden door mist, regen, golfslag op het IJsselmeer door de wind of zindingering boven het water als gevolg van de warmte. Omdat niet altijd alle aanwezige sterns in deze afstandsklasse zijn waargenomen en dit een onderschatting van de vliegintensiteit op zou leveren is besloten om deze afstandsklasse in de analyse buiten beschouwing te laten. Hierdoor is er bovendien geen overlap tussen 'oost' en 'west'.

Ook is besloten om bij **observatiepunt 'west' sector 4** buiten beschouwing te laten. Een groot deel van het zicht op deze sector werd geblokkeerd door de aanwezigheid van de haven (zie ook figuur 2.1). Omdat niet met zekerheid vastgesteld kan worden in welk deel van de sector wel alle sterns zijn waargenomen is besloten de gehele sector buiten beschouwing te laten. Deze sector is bovendien niet representatief/sterk afwijkend van de andere sectoren.

Berekening dichtheden

De vliegintensiteit van zwarte sterns en visdieven is uitgedrukt in de dichtheid (aantal vogels per km²). Voor de meeste analyses is gebruik gemaakt van de gemiddelde dichtheid over het gehele onderzochte oppervlak per locatie ('oost', 'west' en 'park'). Om deze dichtheid te berekenen is het aantal vliegende visdieven of zwarte sterns per scan gedeeld door het oppervlak van het onderzochte gebied. Op de locatie 'oost' beslaat het onderzochte gebied precies een halve cirkel met een straal van 2 km. Op locatie 'park' betreft het onderzochte gebied een hele cirkel met een straal van 2 km. Op locatie 'west' is het oppervlak van sectoren 1 t/m 3 gehanteerd. Het oppervlak van een sector op locatie 'west' is iets groter dan 1/8 van een volledige cirkel, omdat het observatiepunt niet precies op de dijk lag, maar wel het hele wateroppervlak (en luchtruim daarboven) is afgescand (zie ook figuur 2.1). Hiervoor is in de analyse gecorrigeerd.

Voor de ruimtelijke analyses zijn de dichtheden per segment bepaald. Een segment is een uniek onderdeel van het onderzochte gebied dat gevormd wordt door de combinatie van locatie, sector en afstand.

Gedrag

In de analyses (berekening dichtheden) zijn de sterns die rustend op paaltjes of andere objecten zijn waargenomen buiten beschouwing gelaten. Alleen de vliegende sterns zijn in de analyses meegenomen, omdat ook alleen deze sterns risico lopen op een aanvaring met een windturbine. Zodra rustende vogels opvliegen gaan ze meetellen in de analyse.

Locaties

In de analyses met betrekking tot het optreden van pieken of het verloop van de vliegintensiteit (dichtheden) over het seizoen, is de locatie 'park' buiten beschouwing gelaten. Op deze locatie zijn namelijk maar gedurende vier dagen waarnemingen verricht en op deze dagen zijn ook waarnemingen verricht op locatie 'west'. Voor de vergelijking van de waargenomen dichtheden op de afsluitdijk en middenin het plangebied zijn alleen de gegevens van de simultaantellingen op locatie 'park' en locatie 'west' gebruikt (4 dagen). Voor de overige analyses zijn alle drie de locaties in beschouwing genomen.

2.3.2 Uitwerking gegevens dijkpassages

Dataselectie

Net als bij de panoramascans is bij de uitwerking van de observaties van dijkpassages **afstandsklasse 4** (2.000 – 3.000 meter) buiten beschouwing gelaten. De redenen hiervoor zijn dezelfde als beschreven in §2.3.1 voor de panoramascans.

Berekenen flux

Om de gegevens van verschillende dagen en locaties met elkaar te kunnen vergelijken is de vliegintensiteit over de dijk (flux) uitgedrukt als het aantal vliegbewegingen per uur per kilometer. Dit is mogelijk omdat altijd gedurende een vaste tijdsperiode (15 minuten) het aantal vliegbewegingen per afstandsklasse is genoteerd. In totaal zijn gedurende 101 perioden van 15 minuten waarnemingen verricht.

2.3.3 Tijdsweergave – moment van de dag

Voor een groot deel van de analyses speelt het moment op de dag een belangrijke rol. In het veld is simpelweg de tijd genoteerd. In de analyses is gewerkt met de tijd ten opzichte van het moment van zonsopkomst of zonsondergang. Ecologisch gezien is het namelijk niet relevant of het 7 of 8 uur 's ochtends is, maar wel of dat voor, rond of na zonsopkomst is. In de analyses is voor zover mogelijk gewerkt met tijdsklassen van één uur. Als dat problemen opleverde, omdat er bijvoorbeeld te weinig data in een bepaalde categorie aanwezig waren om statistische toetsen uit te kunnen voeren, zijn tijdsklassen van twee uur gehanteerd. In sommige gevallen is met drie dagdelen gewerkt. De ochtend omvat de eerste 5 uren na zonsopkomst, de avond omvat de laatste 5 uren voor zonsondergang en de middag omvat alle tussenliggende uren (hoeveelheid afhankelijk van de daglengte). Een panoramascan is ingedeeld in een bepaalde tijdsklasse op basis van de begintijd.

2.3.4 Identificatie van 'pieken'

Voor de analyse van het optreden van pieken in de vliegintensiteit van visdief en zwarte stern is gewerkt met de (gemiddelde) dichtheid per waargenomen uur zoals vastgesteld vanaf de Afsluitdijk. Voor deze analyse zijn de hiervoor beschreven tijdsklassen van één uur ten opzichte van zonsopkomst en zonsondergang gehanteerd. Indien meerdere panoramascans in één uur zijn uitgevoerd is de gemiddelde dichtheid van deze scans voor het betreffende uur gehanteerd. Indien (simultaan) zowel op locatie 'oost' als op locatie 'west' waarnemingen zijn verricht in hetzelfde uur zijn de gemeten dichtheden gemiddeld. De observaties vanaf het water (locatie 'park') zijn voor de identificatie van pieken buiten beschouwing gelaten, omdat die op slechts vier van de onderzoeksdagen zijn uitgevoerd en dus mogelijk het beeld vertroebelen. In totaal is in 237 uren minimaal één panoramascan vanaf de Afsluitdijk uitgevoerd.

Om uit deze 237 waardes de eventueel aanwezige 'pieken' oftewel 'afwijkend hoge dichtheden' te destilleren zijn achtereenvolgens twee stappen gezet. Ten eerste is een standaard wiskundige methode toegepast om 'uitschieters' of '*outliers*' te detecteren. Hiertoe is per soort op basis van alle 237 dichtheden Q1 en Q3 berekend (waarbij Q staat voor kwartiel, Q1 voor de grens waaronder 25% van de data valt en Q3 voor de grens waaronder 75% van de data valt). Vervolgens is de afstand tussen deze kwartielen berekend ($Q3 - Q1$). Volgens de wiskundige regel zijn uitschieters te definiëren als:

$$Q1 - 1,5 \times \text{de afstand tussen } Q1 \text{ en } Q3$$

$$Q3 + 1,5 \times \text{de afstand tussen } Q1 \text{ en } Q3$$

De eerste regel gaat in dit geval niet op, omdat we zoeken naar pieken aan de rechterkant van de verdeling (afwijkend hoge dichtheden).

Aanvullend op deze eerste wiskundige benadering is een tweede rekenregel toegepast. Het doel is namelijk niet zozeer om wiskundige 'uitschieters' in de verdeling te detecteren, maar om 'afwijkend hoge dichtheden' vast te stellen, wat we in dit geval 'pieken' noemen. Om van een 'uitschieter' een 'piek' te maken hebben we de regel gehanteerd dat de dichtheid ook minimaal 5x zo hoog moet zijn als de gemiddelde dichtheid. Deze grens is enigszins arbitrair. De grens ligt te hoog als er helemaal geen pieken meer gedetecteerd worden, maar ligt te laag als teveel momenten met een niet noemenswaardig hoge vliegintensiteit, als piek worden aangemerkt. Omdat bij het hanteren van de grens van '5x het gemiddelde' van geen van deze twee zaken sprake was, is de grens (in dit geval) goed bruikbaar gebleken. Indien deze tweede rekenregel niet wordt toegepast worden er op basis van enkel de wiskundige benadering ook 'pieken' gedetecteerd die niet ver boven het gemiddelde liggen en die niet van belang zijn in relatie tot de stilstandvoorziening die voor Windpark Fryslân wordt ontworpen.

2.3.5 Statistische analyses

In dit onderzoek is op drie verschillende locaties in en langs het plangebied van Windpark Fryslân onderzoek verricht naar de vliegintensiteit en vlieghoogte van zwarte sterns en visdieven. Dit om vast te kunnen stellen of verschillen bestaan in dichtheden en vlieghoogtes en waar deze verschillen door worden veroorzaakt (bijvoorbeeld weersomstandigheden, locatie specifieke kenmerken, tijd van het jaar of periode van de dag). Om dit statistisch te analyseren zijn er afhankelijk van het type data verschillende statistische toetsen gebruikt.

In voorliggend onderzoek is het effect van de volgende factoren op de vliegintensiteit en vlieghoogte getoetst:

- 1) waarneemlocatie (in het plangebied (park) of op de Afsluitdijk (west of oost));
- 2) tijdstip van de dag (periode met een lengte van twee uur tussen zonsopkomst en zonsondergang);
- 3) dagdeel (ochtend, middag en avond);
- 4) windkracht (gemeten op de Beaufort schaal);
- 5) windrichting (onderverdeeld in de vier hoofdrichtingen);
- 6) temperatuur (afgerond naar hele graden Celsius);
- 7) neerslag (wel of geen tijdens observatie).

De dichtheidsmetingen van visdieven (resultaten van de panoramascans) zijn met een *General Linear Model* (GLM) geanalyseerd. Op de data is een worteltransformatie toegepast om aan de aannames van het model te voldoen. In het basismodel is naast de hoofdfactoren ook een aantal interactie effecten opgenomen. Nadat dit grootst mogelijke model toegepast was, zijn de niet-significante factoren door middel van omgekeerde stapsgewijze selectie weggelaten om tot het definitieve model te komen.

In het geval van de dichtheidsmetingen van zwarte sterns en de hoogtemetingen van allebei de soorten kon ook na transformatie niet aan de aannames van een GLM toets voldaan worden. Daarom is het effect van de verschillende factoren op de dichtheid van zwarte sterns met non-parametrische *Kruskal-Wallis toetsen* onderzocht. De hoogtemetingen zijn met een *Generalized Linear Model* (GZLM) geanalyseerd, waarbij het aantal vogels per waarneming als weegfactor meegenomen is. In deze berekening zijn alleen de hoofdfactoren opgenomen.

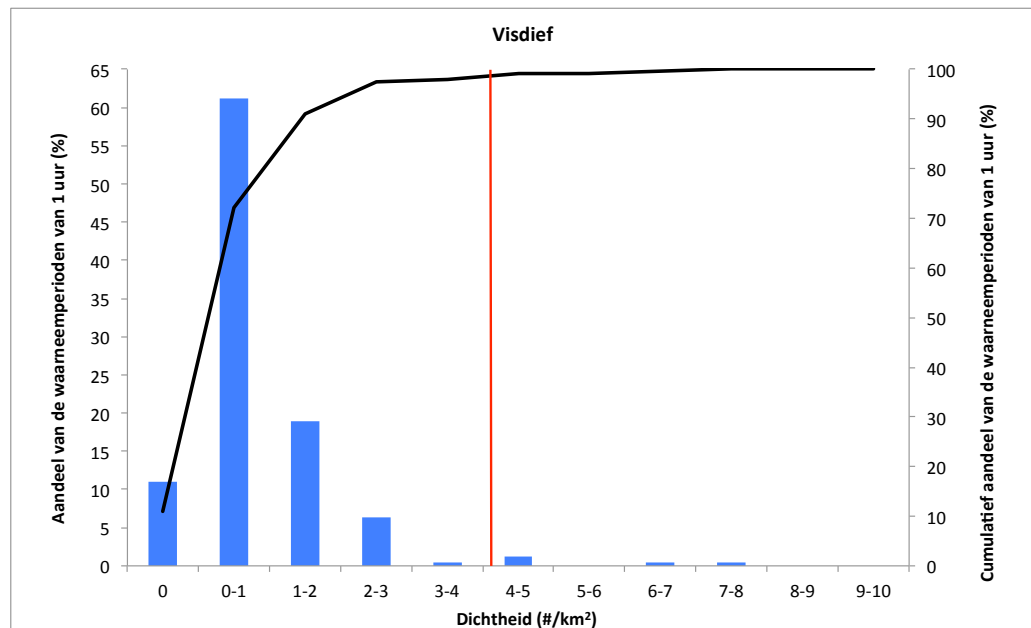
Om een goed beeld te krijgen van hoe de dichtheden van vogels in het plangebied (locatie 'park') zich verhouden tot de dichtheden langs de Afsluitdijk (locaties 'west' en 'oost') is er een additionele analyse uitgevoerd op de resultaten van de 'simultaantellingen' vanaf de locaties 'park' en 'west'. In het geval van de visdief is dit gedaan met een gepaarde t-toets, nadat de data getransformeerd waren met behulp van de natuurlijke logaritme. In het geval van de zwarte sterns is een non-parametrische verdelingsvrije tekentoets (Sign-test) gebruikt.

3 Resultaten

3.1 Vliegintensiteit in de tijd

3.1.1 Het optreden van pieken

Gemiddeld verbleven gedurende de onderzoeksperiode 0-1 visdieven (0,8) per km² in het onderzoeksgebied. Voor de visdief blijkt er gedurende de onderzoeksperiode (28 juli t/m 15 september) nauwelijks sprake te zijn van afwijkend hoge dichtheden in het onderzoeksgebied, oftewel pieken in aanwezigheid (figuur 3.1 en tabel 3.1). Op basis van de rekenregels zoals beschreven in §2.3 worden weliswaar vier pieken gedetecteerd (tabel 3.1), maar deze liggen niet heel ver boven het gemiddelde. De hoogste piek betreft een dichtheid van 7,55 visdieven per km², wat 9 keer zo hoog is als de gemiddelde dichtheid voor de gehele onderzoeksperiode van 0,83 visdieven per km². Alle dichtheden hoger dan 4,15 visdieven per km² zijn aangemerkt als een piek (5x het gemiddelde).

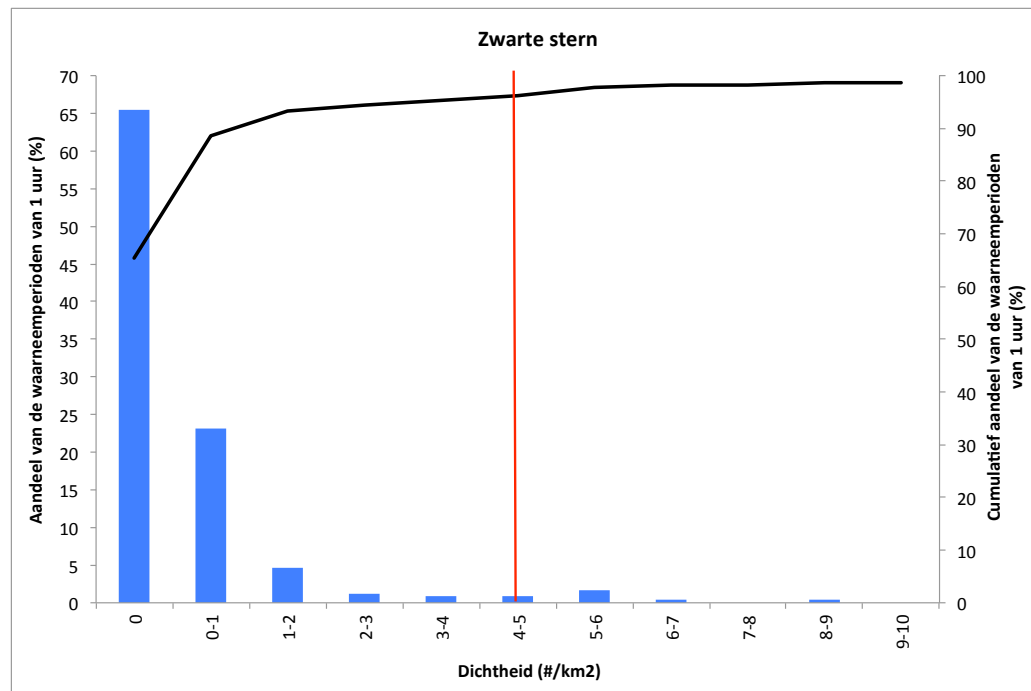


Figuur 3.1 Verdeling van alle waarneemperiodes van 1 uur over afzonderlijke dichtheidsklassen (blauw). De zwarte lijn geeft het cumulatieve aandeel van de waarneemperiodes in de dichtheidsklassen weer. De rode lijn representeert de waarde waarboven de dichtheid is aangemerkt als een piek.

Tabel 3.1 Gemeten dichtheid van de visdief langs de afsluitdijk per uur. De pieken zijn weergegeven met een rode kaderrand. Een hogere dichtheid is weergegeven met een donkerdere kleur blauw. Tijdsaanduidingen in de kolomtitels betreffen het uur na zonsopkomst (+) of voor zonsondergang (-). Aangezien de daglengte in de loop van de onderzoeksperiode steeds korter wordt vervallen de uren +8 en -8 al snel. Het is dus niet zo dat er vanaf half augustus steeds een 'middagpauze' van twee uur is gehanteerd.

VISDIEF	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
28-jul		0,40	0,00	0,40	0,20	0,60	0,10									
3-aug							0,26		1,07	0,10	0,56	0,24	0,08	0,56	0,64	
4-aug			2,19	0,66	2,19		0,32	0,30	1,17	0,36	1,19	1,19	1,39	0,40		
5-aug				0,95	0,64			0,79	0,79	0,40	1,19	1,59	0,60	1,59	2,19	
6-aug				2,31	1,43		0,16		0,48	0,32	0,95	1,11	1,59			
10-aug							0,00		0,20	0,60	0,20	0,40	0,40	0,00	0,00	0,40
11-aug		0,20	2,60	1,21	1,13	0,76	1,23		0,32	0,08	0,16					
12-aug			7,55	4,97	3,97	2,58	2,19		0,48	0,16	0,16	0,48	0,64			
13-aug			1,27	0,80	1,43	0,32	0,48		0,16	0,16	0,00					
17-aug							0,20			0,20	0,79	0,99	0,40	0,20		
18-aug		0,32	0,16	0,00	0,00	0,00							0,16	0,00	0,00	
19-aug		0,95	1,75	1,75	1,11							0,00	0,80	0,64		
20-aug		0,95	0,64	0,95	0,48	0,48	0,16				0,00	0,00	0,18	0,00	0,08	0,08
21-aug	0,60	0,40	1,39	1,39	0,20	0,40	0,40									
24-aug							0,16			0,32	0,68	0,32	0,40	0,36	0,16	
25-aug	0,36	0,42	0,56	0,24	0,16	0,00	0,10			0,00	0,08					
26-aug	1,79	2,58	0,79	1,19	0,80	0,32						0,95	0,48	0,20	0,79	0,20
27-aug	0,16	0,00			0,00	0,00	0,00			0,00	0,32	0,00	0,48	0,48	0,16	
28-aug	1,59	0,95	0,16	0,48												
31-aug							0,70			0,40	0,20	1,79	0,40			
1-sep	1,43	4,09	0,95	2,09	1,51	1,53									0,95	0,64
2-sep	1,11	1,43	1,43	1,75	1,39	2,58						1,27	0,32	0,80	0,64	0,80
3-sep		0,20	0,60		0,40	2,19						0,64	0,80	0,32	0,80	0,16
4-sep	0,24															
7-sep						2,19				1,39	2,19	0,00	1,79	1,59		
8-sep	2,79					1,11	0,95				1,11	0,80	0,60	1,59		6,46
9-sep	4,77	1,91				1,67				0,95	1,91		2,23	1,27		
10-sep	0,79	0,10	0,30	0,89	0,50	0,50	1,19			0,79						0,95
11-sep	0,99	0,00	0,20													
14-sep						0,40					0,20	0,00	0,20	0,00		
15-sep	0,20		0,30	0,08		0,72										

Voor de zwarte stern is er gedurende de onderzoeksperiode (28 juli t/m 15 september) veel duidelijker sprake van afwijkend hoge dichtheden in het onderzoeksgebied, oftewel pieken in aanwezigheid (figuur 3.2 en tabel 3.2). Gemiddeld verbleven 0-1 (0,9) zwarte sterns per km² in het onderzoeksgebied. Op basis van de rekenregels zoals beschreven in §2.3 worden tien pieken gedetecteerd (tabel 3.2). De hoogste piek betreft een dichtheid van 60,96 zwarte sterns per km², wat bijna 69 keer zo hoog is als de gemiddelde dichtheid voor de gehele onderzoeksperiode van 0,89 zwarte sterns per km². Alle dichtheden hoger dan 4,44 zwarte sterns per km² zijn aangemerkt als een piek (5x het gemiddelde).



Figuur 3.2 Verdeling van alle waarneemperiodes van 1 uur over afzonderlijke dichtheidsklassen (blauw). De zwarte lijn geeft het cumulatieve aandeel van de waarneemperiodes in de dichtheidsklassen weer. De rode lijn representeert de waarde waarboven de dichtheid is aangemerkt als een piek. Let op: de x-as is afgekapt bij een dichtheid van 10 zwarte sterns per km². De drie meest extreme pieken vallen daardoor buiten de grafiek (zie tabel 3.2).

3.1.2 Het verloop van een piek in vliegintensiteit

Nu we voor de zwarte stern duidelijke ‘pieken’ in aanwezigheid vast hebben kunnen stellen is het interessant om wat meer in te zoomen op de dagen waarop deze ‘pieken’ zich voordoen. Voor de zwarte stern is er grofweg sprake van twee typen ‘pieken’. Er zijn dagen waarop de dichtheid enkele uren van de dag net iets meer dan 5 keer zo hoog is als de gemiddelde dichtheid gedurende de gehele onderzoeksperiode, zoals bijvoorbeeld het geval was op 3 en 4 augustus (tabel 3.2). Op dergelijke dagen was er sprake van een grotere groep zwarte sterns die langere tijd foeragerend in (de omgeving van) het plangebied aanwezig was. In enkele gevallen, zoals op 6 augustus 4 uur na zonsopkomst, is er sprake van een kortdurende extreem hoge dichtheid (tabel 3.2). In dit specifieke geval was er sprake van een grote groep sterns die door het onderzoeksgebied vloog, onderweg naar een andere locatie, en die niet in de omgeving van het plangebied bleef rondvliegen. De dichtheid in de daaropvolgende uren was daardoor aanmerkelijk lager. De extremen zijn alleen in de ochtend waargenomen. In de avond (einde van de middag) zijn wat kleinere pieken vastgesteld (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Gemeten dichtheid van de zwarte stern langs de afsluitdijk per uur. De pieken zijn weergegeven met een rode kaderrand. Een hogere dichtheid is weergegeven met een donkerdere kleur blauw. Tijdsaanduidingen in de kolomtitels betreffen het uur na zonsopkomst (+) of voor zonsondergang (-). Aangezien de daglengte in de loop van de onderzoeksperiode steeds korter wordt vervallen de uren +8 en -8 al snel.

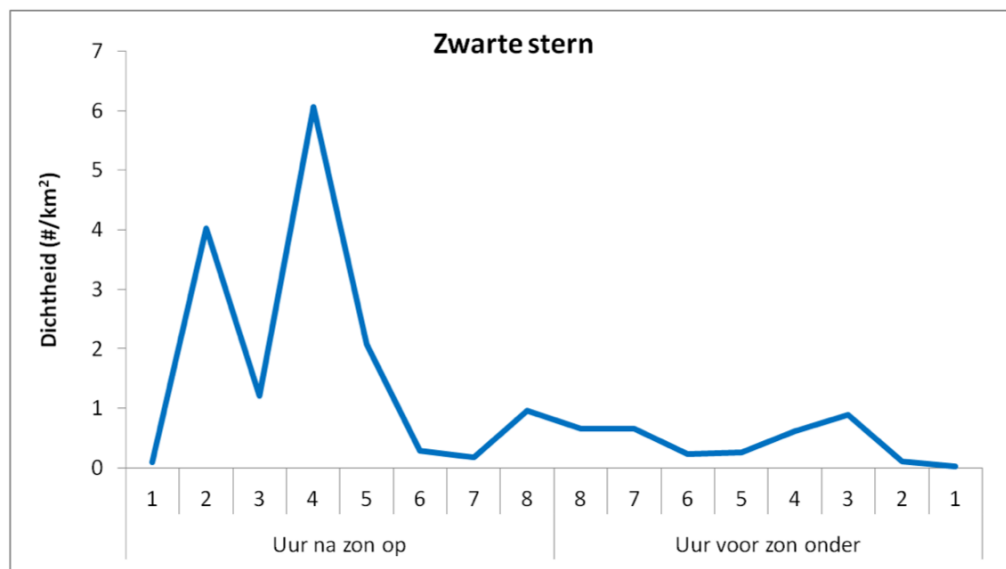
ZWARTE STERN	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
28-jul		0,60	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00									
3-aug							0,16		0,00	4,08	0,48	0,56	5,74	3,56	0,00	
4-aug			5,76	5,88	8,54		0,00	1,19	1,79	0,58	1,59	0,00	0,20	0,40		
5-aug				5,49	21,49			1,39	0,00	1,59	0,20	0,99	1,99	4,57	0,60	
6-aug				60,96	2,86		0,00		2,86	0,80	1,43	0,48	0,80			
10-aug							0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11-aug		0,00	2,02	1,19	0,40	0,16	0,16		0,00	0,00	0,00					
12-aug			1,19	0,60	0,40	0,20	0,00		0,00	0,16	0,16	0,16	0,00			
13-aug			0,32	0,00	0,00	0,16	0,00		0,00	0,00	0,00					
17-aug							0,00			0,00	0,00	0,00	0,00	0,10		
18-aug		1,11	0,00	0,16	0,00	0,00							0,00	0,00	0,00	
19-aug		0,00	0,16	0,32	0,00							0,00	0,00	0,00		
20-aug		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
21-aug	0,00	31,58	0,99	6,36	0,99	3,38	0,00									
24-aug							0,16			0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	
25-aug		0,26	0,40	0,08	0,20	0,00	0,00	0,00		0,08	0,20					
26-aug		0,20	0,60	0,40	0,20	0,00	0,00					0,00	0,16	0,00	0,00	0,00
27-aug		0,64	0,16			0,00	0,00	0,16		0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	
28-aug		0,16	0,00	0,00	0,00											
31-aug							0,00			0,00	0,00	0,00	0,00			
1-sep		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								0,00	0,00
2-sep		0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3-sep			0,00	0,00		0,00	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4-sep		0,08														
7-sep						0,00				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
8-sep		0,00				0,00	0,00				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
9-sep		0,00	0,00			0,32				0,00	0,00		0,00	0,00		
10-sep		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00						0,00
11-sep		0,00	0,00	0,00												
14-sep						0,00					0,00	0,00	0,00	0,00		
15-sep		0,00	0,18	0,00		0,00										

Op dagen dat er sprake was van één of meerdere 'piekuren' was de dichtheid in het onderzoeksgebied langere tijd relatief hoog. Met andere woorden, een piek kwam nooit zomaar uit het niets opzetten. Dagen dat er urenlang geen zwarte sterns zijn gezien en vervolgens plotseling heel veel zijn niet voorgekomen (tabel 3.2).

3.1.3 Vliegintensiteit over de dag

De gemiddelde dichtheid van zwarte sterns in het onderzoeksgebied is hoger in de ochtenduren (figuur 3.3). Er is echter geen significant verschil in dichtheid tussen tijdsperioden van 2 uur ($X^2 = 9,3$; $df = 7$; $p = ns$) of tussen dagdelen ($X^2 = 3,9$; $df = 2$; $p = ns$). Dit wordt veroorzaakt door de sterke verschillen tussen individuele uren in de ochtend. Eén uur na zonsopkomst is de gemiddelde dichtheid in het onderzoeksgebied erg laag terwijl de dichtheid in het tweede uur na zonsopkomst gemiddeld genomen een stuk hoger ligt. In het derde uur is de gemiddelde dichtheid weer lager en in het vierde uur weer hoog. Gemiddeld is er dan geen sprake van een significant verschil met andere momenten van de dag. In het vierde uur na zonsopkomst ligt de gemiddelde dichtheid zelfs hoger dan de 'drempelwaarde' van 4,44 zwarte sterns per

km², waarboven sprake is van een piek in aanwezigheid. Dit gemiddelde wordt echter zeer sterk beïnvloed door de extreem hoge dichtheid die op 6 augustus 4 uur na zonsopkomst is vastgesteld (eenmalig; zie tabel 3.2).

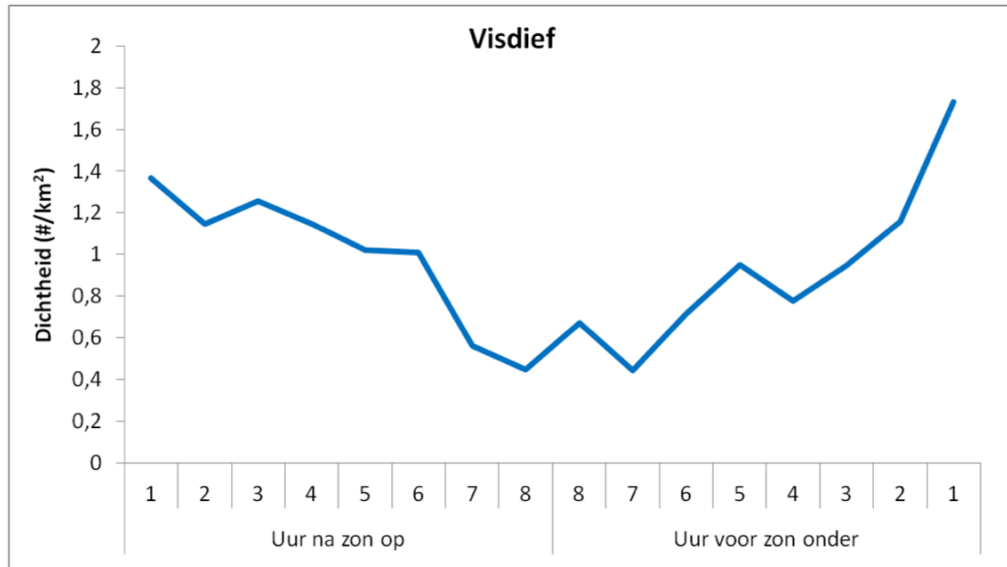


Figuur 3.3 Gemiddelde dichtheid (#/km²) van de zwarte stern in het onderzoeksgebied per uur van de dag voor de drie locaties samen. Uren zijn berekend als uren na zonsopkomst of voor zonsondergang.

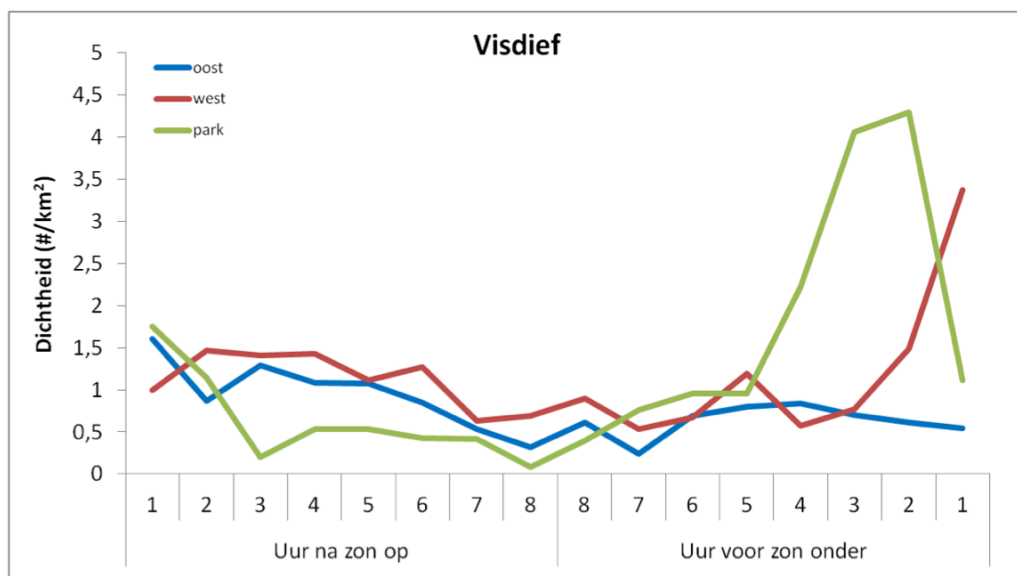
In de ochtend zijn zwarte sterns vooral in grote groepen richting noord vliegend waargenomen. Hierbij is niet vastgesteld of de vogels de Afsluitdijk passeerden, omdat de focus van de waarnemer op het moment dat de sterns langs vlogen op het volledig uitvoeren van de panoramascan lag. Het blikveld van de verrekijker is daarbij op het IJsselmeer gericht. Sterns worden tijdens een panoramascan niet gevolgd. Het is dus ook mogelijk dat de sterns richting de Friese IJsselmeerkust (Makkum) vlogen. De herkomst van de vogels lijkt een slaapplek in zuidwestelijke richting te zijn, vermoedelijk de Kreupel. Over de dag verspreid kwamen zwarte sterns solitair of in kleine groepen terug richting zuidwest.

Voor de visdief is er een significant verschil in vliegintensiteit op verschillende momenten van de dag (getest in tijdsperioden van 2 uur, zie bijlage 2). Midden op de dag is de dichtheid lager dan in de ochtend en de avond (figuur 3.4). De hoge dichtheid in de avond is alleen op de locaties 'park' en 'west' waargenomen, terwijl op de locatie 'oost' geen duidelijk hogere dichtheid in de avond is vastgesteld. Voor alle drie de locaties samen is de dichtheid in de avond vergelijkbaar met die in de ochtend (figuur 3.4), terwijl de avondpiek op locaties 'west' en 'park' duidelijk hoger was dan de ochtendpiek (figuur 3.5). De interactie tussen locatie en tijd van de dag (in tijdsklassen van 2 uur) is significant (zie bijlage 2). De absolute verschillen in gemiddelde dichtheid zijn voor de visdief echter erg klein en zijn niet van betekenis in relatie tot de stilstandvoorziening. De gemiddelde dichtheid ligt op alle momenten van de dag onder de 'drempelwaarde' (4,15 visdieven per km²) waarboven sprake is van een piek in aanwezigheid. Vooral in de ochtenduren werden veel visdieven vliegend in meerdere

richtingen waargenomen. Tegen het vallen van de avond nam het aantal visdieven weer toe en werden ze vooral vliegend richting zuidwest waargenomen (44%).



Figuur 3.4 Gemiddelde dichtheid (#/km²) van de visdieven in het onderzoeksgebied per uur van de dag voor de drie locaties samen. Uren zijn berekend als uren na zonsopkomst of voor zonsondergang.

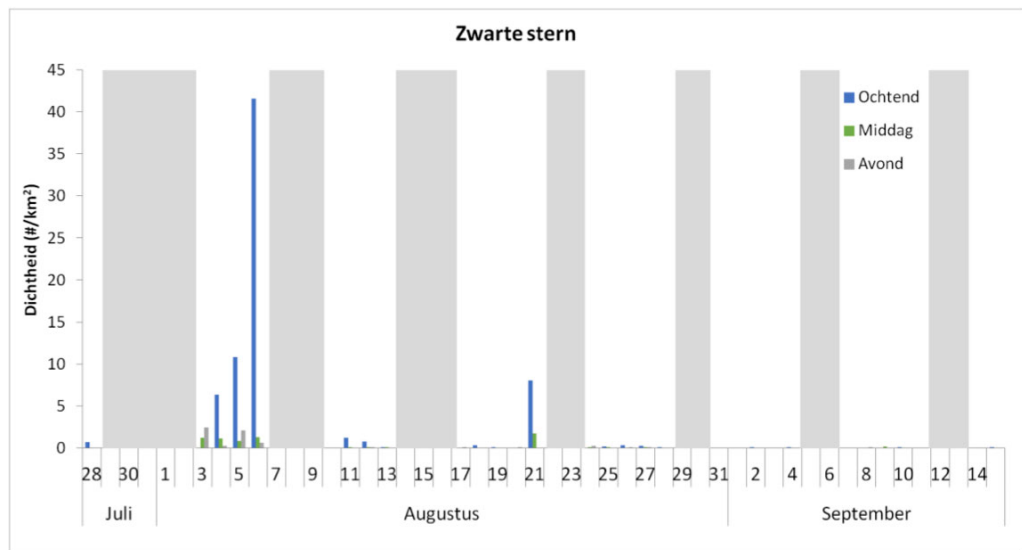


Figuur 3.5 Gemiddelde dichtheid (#/km²) van de visdieven in het onderzoeksgebied per uur van de dag voor de drie locaties afzonderlijk. Uren zijn berekend als uren na zonsopkomst of voor zonsondergang.

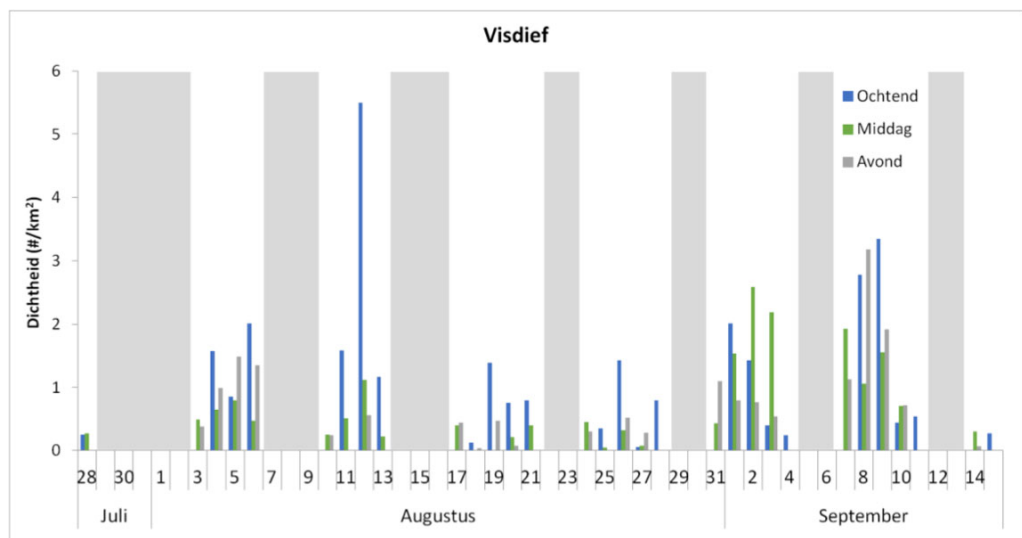
Voor zowel de zwarte stern als de visdief geldt dat alle pieken in aanwezigheid in de ochtend of avond zijn vastgesteld. Rond de middag was de dichtheid consequent aanmerkelijk lager (zie ook §3.1.1).

3.1.4 Vliegintensiteit over het seizoen

Zwarte sterns werden gedurende de waarneemperiode tussen 28 juli en 15 september voornamelijk waargenomen in de eerste week (figuur 3.6). Na 6 augustus zijn de aantallen, met uitzondering van 21 augustus, niet meer zo hoog geweest als in de eerste week. In september waren de zwarte sterns vrijwel afwezig (zie ook tabel 3.2). De aanwezige aantallen visdieven waren gedurende de gehele onderzoeksperiode vrij stabiel, al waren de aantallen iets hoger in de eerste en laatste week (figuur 3.7).



Figuur 3.6 De vliegintensiteit van de zwarte stern gedurende de waarneemperiode tussen 28 juli en 15 september, berekend in gemiddelde dichtheden ($\#/km^2$) per dagdeel. De grijze vlakken geven de dagen weer dat er geen waarnemingen zijn gedaan.

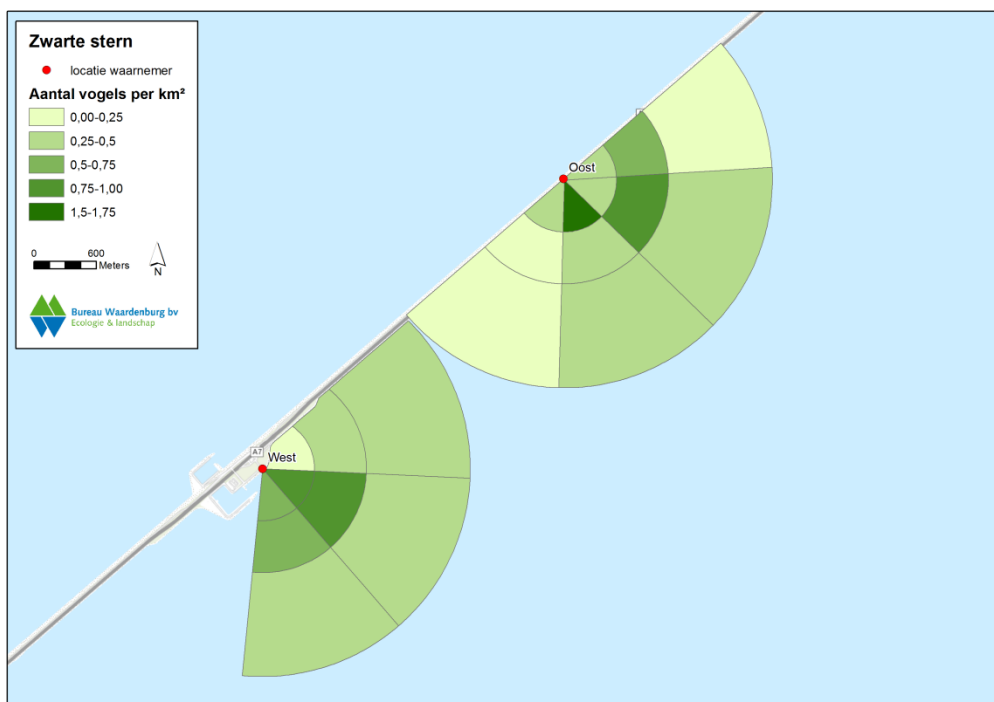


Figuur 3.7 De vliegintensiteit van de visdief gedurende de waarneemperiode tussen 28 juli en 15 september, berekend in gemiddelde dichtheden ($\#/km^2$) per dagdeel. De grijze vlakken geven de dagen weer dat er geen waarnemingen zijn gedaan.

3.2 Vliegintensiteit in de ruimte

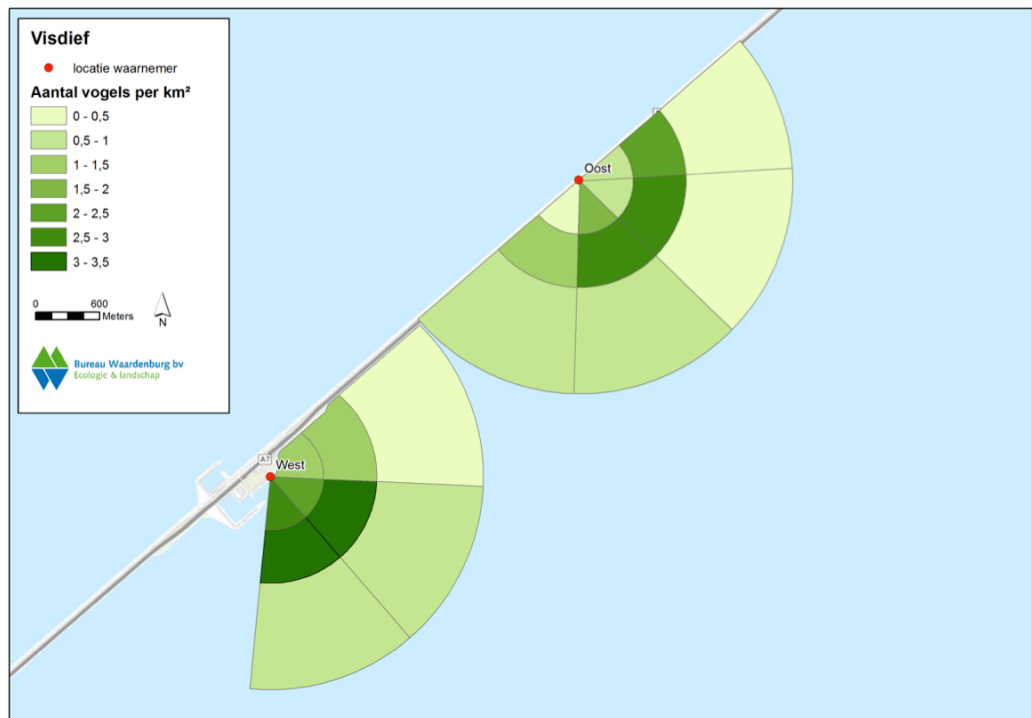
3.2.1 Ruimtelijke verdeling vliegintensiteit langs de Afsluitdijk

Zwarte sterns werden op variabele afstanden van de Afsluitdijk waargenomen (figuur 3.8). Het merendeel bevond zich tussen 0 en 1.000 meter, maar dit verschilt per sector en per locatie. Zwarte sterns werden vaker zoekend in het onderzoeksgebied waargenomen dan visdieven en vlogen daardoor vaker zonder duidelijke vliegrichting.



Figuur 3.8 De gemiddelde dichtheid van zwarte sterns per km² berekend per segment voor de locaties oost en west voor de gehele onderzoeksperiode tussen 28 juli en 15 september.

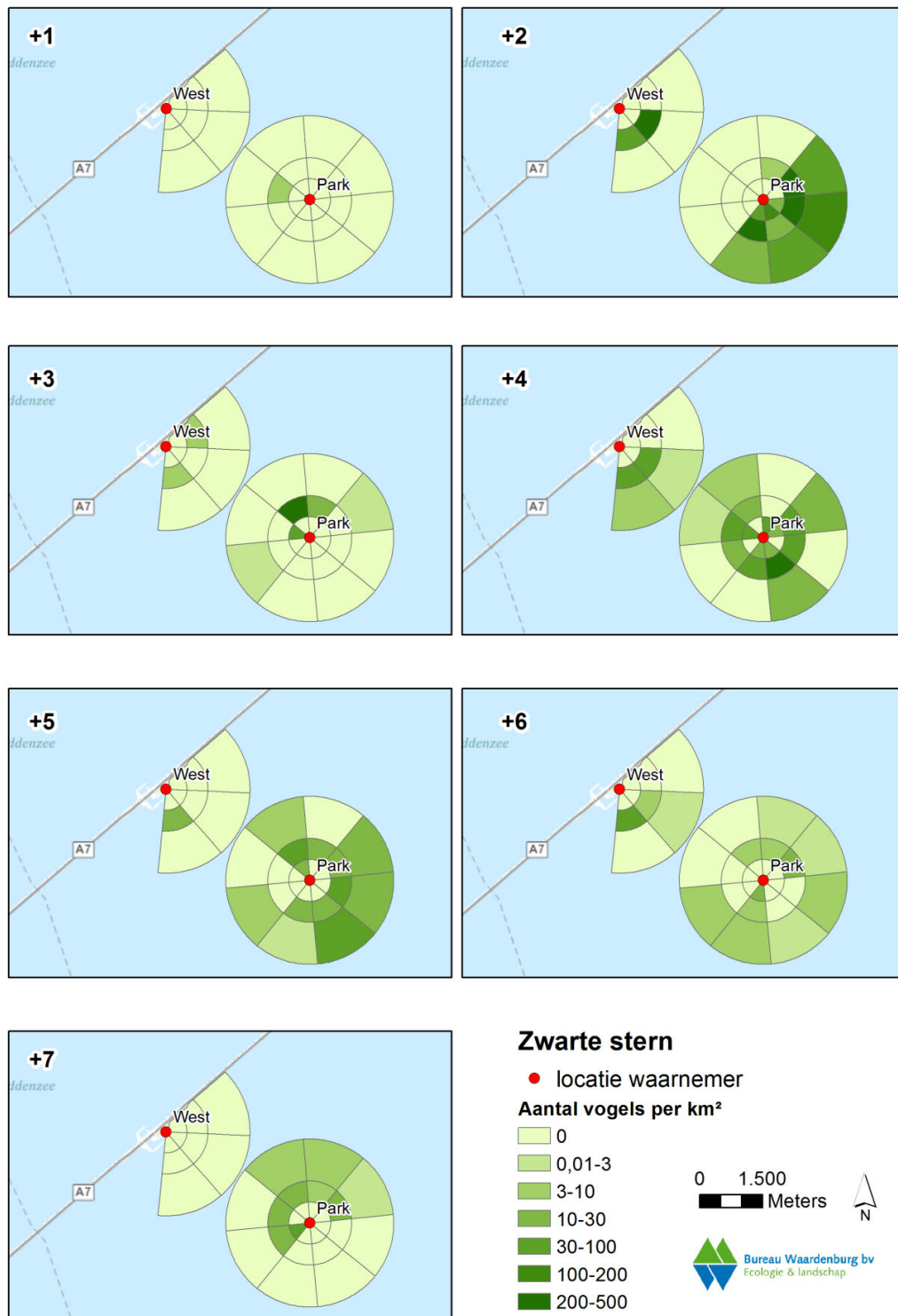
Visdieven werden voornamelijk op een afstand van 500 tot 1.000 meter van de dijk waargenomen (figuur 3.9). Hierbij ging het veelal om visdieven die van A naar B vlogen (dus niet om foeragerende of zoekende visdieven). Poot *et al.* (2010) hebben tijdens tellingen vanuit een vliegtuig in augustus 2010 ook relatief veel visdieven dicht langs de Afsluitdijk waargenomen (in vergelijking met het open water). Een mogelijke verklaring voor de hogere dichtheid aan visdieven op korte afstand van de Afsluitdijk is de aanwezigheid van visnetten en de daarbij behorende paaltjes die boven water uit steken. De visdieven gebruiken deze paaltjes om op te rusten en zijn veelvuldig in associatie met de locaties van deze visnetten vastgesteld.



Figuur 3.9 De gemiddelde dichtheid van visdieven berekend per segment voor de locaties oost en west voor de gehele onderzoeksperiode tussen 28 juli en 15 september.

3.2.2 Ruimtelijk verloop van een piek in vliegintensiteit

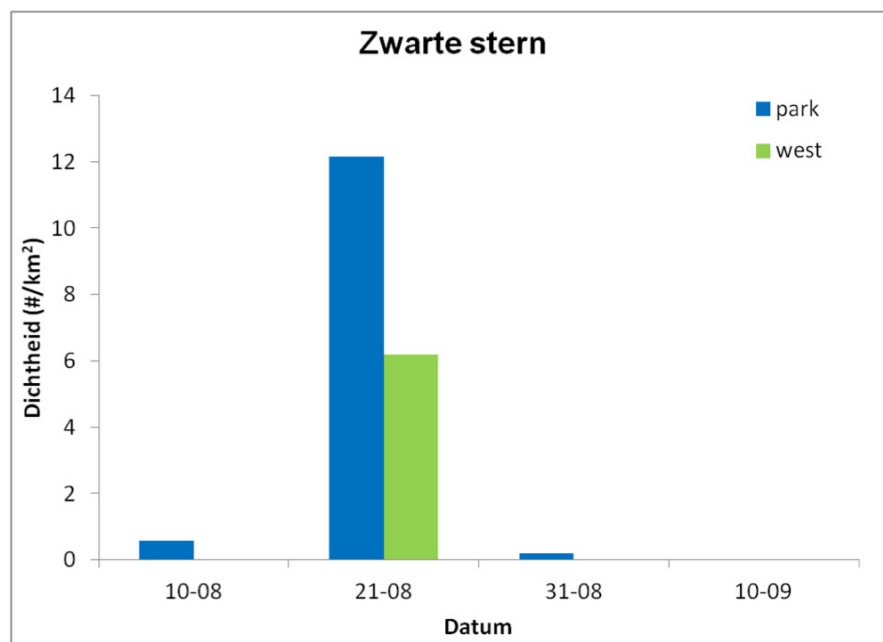
Het ruimtelijke verloop van een piek in vliegintensiteit van zwarte sterns kan aan de hand van de simultaantelling van 21 augustus (zowel op locatie 'park' als op locatie 'west') goed gevisualiseerd worden (figuur 3.10). Een uur na zonsopkomst waren er nog nauwelijks zwarte sterns in het gebied aanwezig. Twee uur na zonsopkomst kwamen grote aantallen vanuit het zuid-zuidwesten het plangebied binnenvliegen. Deze groep is aan de oostzijde langsgetrokken. In de uren die volgden was te zien dat de zwarte sterns verspreid over het gebied aanwezig waren. De vogels bleven binnen het gebied rondvliegen en foerageerden op vliegende insecten. Daarbij vlogen ze steeds in zuidelijke richting vlak boven het wateroppervlak (tegen de wind in) en kwamen ze met de wind mee op grotere hoogte (hoogteklassen 2 en 3) teruggevlogen, foeragerend op de vliegende insecten.



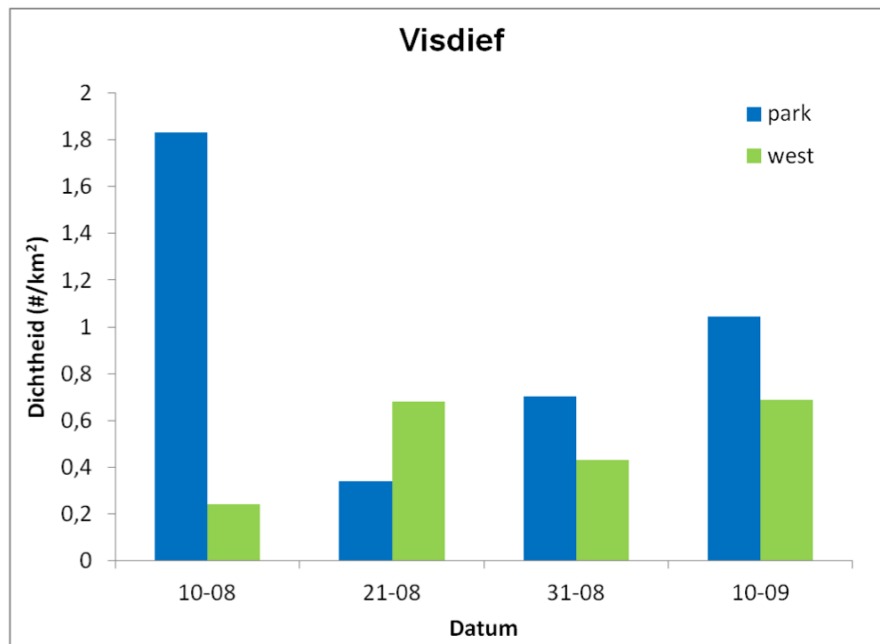
Figuur 3.10 De gemiddelde dichtheid ($\# / \text{km}^2$) van zwarte sterns per segment en per uur vanaf de locaties 'park' en 'west' op 21 augustus 2015. Deze figuur geeft het ruimtelijk verloop van een piek weer (zie ook tabel 3.2). De figuuraanduidingen (b.v. +1) staan voor aantal uren na zonsopkomst.

3.2.3 Open water (locatie 'park') versus kustzone (locatie 'west')

De simultaantellingen op het open water en langs de kust laten zien dat de dichtheid van zwarte sterns en visdieven een duidelijke ruimtelijke variatie kent. Momenten waarop vanaf de Afsluitdijk (locatie 'west') relatief hoge dichtheden zwarte sterns en/of visdieven werden vastgesteld gingen doorgaans wel gepaard met hoge dichtheden in het plangebied (locatie 'park'). Omgekeerd was dat niet altijd het geval (figuren 3.11 en 3.12). Daarnaast verschilde de absolute dichtheid tussen beide locaties soms sterk (factor 2 of hoger). Uit statistische analyses is gebleken dat zowel de dichtheid van zwarte sterns als van visdieven significant hoger was rond locatie 'park' dan rond locatie 'west' (respectievelijk tekentoets $df = 36$; $p = <0,001$ en $t_{36} = 2,5$; $p < 0,05$). De dichtheid die vanaf de Afsluitdijk wordt vastgesteld is dus slechts in beperkte mate representatief voor de dichtheid midden in het plangebied.



Figuur 3.12 Gemiddelde dichtheid van de zwarte stern, waargenomen vanaf de Afsluitdijk (locatie 'west' = groen) en het ponton (locatie 'park' = blauw).

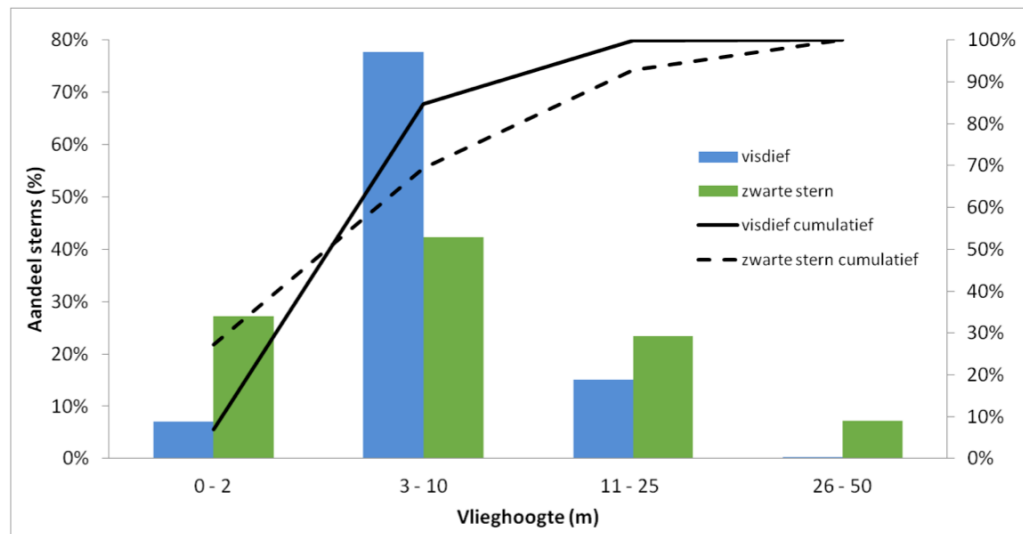


Figuur 3.13 Gemiddelde dichtheid van de visdief, waargenomen vanaf de Afsluitdijk (locatie 'west' = groen) en het ponton (locatie 'park' = blauw).

3.3 (Vlieg)gedrag

3.3.1 Vlieghoogte

Visdieven en zwarte sterns werden tot maximaal 50 meter boven het wateroppervlak waargenomen (figuur 3.13). Het merendeel van de visdieven (ca. 78%) vloog tussen 3 en 10 meter. Visdieven in hoogteklaas 4 (26-50 meter) zijn alleen in het onderste deel van deze klasie waargenomen. Evenals de visdief, werd de zwarte stern ook voornamelijk in hoogteklaas 2 (3-10 meter) waargenomen (ca. 42%). De vlieghoogte van de zwarte stern wordt onder andere bepaald door de voedselkeuze. Ze vliegen laag over het wateroppervlak waarbij ze op prooidieren op of net onder het wateroppervlak jagen (Snow & Perrins 1998) of ze vliegen hoger (hoogteklaas 3; 11-25 m), jagend op insecten.



Figuur 3.13 Vlieghoogte van zwarte stern en visdief in percentages per hoogteklaas.

De ruimte onder de rotoren van de geplande windturbines zal minimaal 30 meter bedragen. Dit betekent dat, met ruim 99% van de visdieven en bijna 93% van de zwarte sterns met een vlieghoogte tot 25 meter, het merendeel van de sterns in het plangebied onder de rotoren van de windmolens vloog. Daarnaast is het van belang te vermelden dat de waargenomen sterns met een vlieghoogte van 25 meter en hoger over het algemeen onderin deze klasse werden waargenomen en in veel gevallen dus ook onder rotorhoogte vloegen.

3.3.2 Type gedrag

Over de gehele onderzoeksperiode, tussen 28 juli en 15 september 2015, zijn in totaal 5.557 visdieven en 3.290 zwarte sterns geobserveerd in en rondom het plangebied. De waarnemingen van de visdief betroffen voornamelijk solitaire vogels (63%). Het aandeel visdieven dat in paren of grotere groepen vloog bedroeg respectievelijk 16% en 21%. De grootste groep vliegende visdieven bestond uit 18 exemplaren en betrof zoekende vogels dicht bij de haven op locatie 'west'. De meeste visdieven zijn rustend waargenomen (53%) op palen, havenhoofden en dijken. Alle grotere groepen (>18 exemplaren) behoren ook tot deze klasse. De resterende 47% van de visdieven vertoonde vliegend gedrag. Hiervan liet 10% zoekend gedrag zien. Dit betreft vogels die lokaal een groter gebied afspeuren naar prooidieren zonder duidelijke vliegrichting. Slechts 2% van de vliegende visdieven is daadwerkelijk foeragerend waargenomen, waarbij duikvluchten het meest algemene foerageergedrag was. Dit betekent dat de overgrote meerderheid van de waargenomen vliegende visdieven (88%) onderweg van A naar B door het plangebied vloegen.

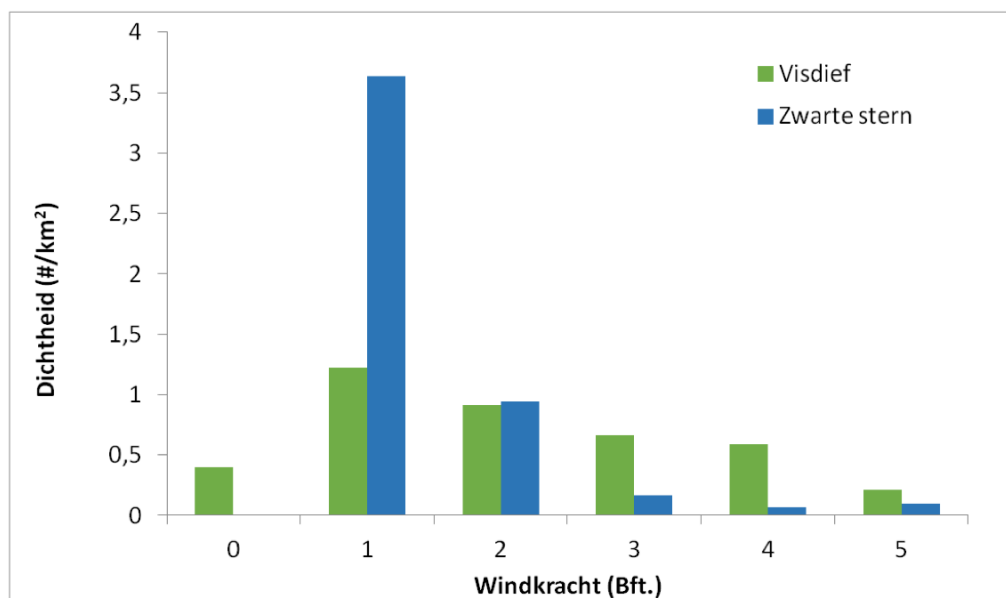
Zwarte sterns zijn eveneens voornamelijk solitair waargenomen (49%), maar kleine groepen van 2 – 5 vogels komen meer voor (39%) dan bij de visdief. Ook grote groepen (>21 vogels) komen meer voor (3,5%) dan bij visdief. De grootste groep zwarte sterns werd op 6 augustus op locatie 'oost' waargenomen en bestond uit 367 exemplaren, allemaal vliegend richting noord. Er zijn nauwelijks rustende zwarte

sterns waargenomen (0,5%). Dit betekent dat de meeste zwarte sterns vliegend in het onderzoeksgebied aanwezig waren (99,5%). Van de vliegende zwarte sterns vertoonde 27% foeragegedrag en was 14% aan het zoeken naar potentiële prooien op of boven het wateroppervlak.

3.4 Invloed van het weer

3.4.1 Invloed op vliegintensiteit

De dichtheid van visdieven in het plangebied werd niet significant beïnvloed door de windkracht of de windrichting (figuur 3.14; bijlage 2). Bij relatief harde wind uit noordelijke richting zijn wel vrij veel vliegende visdieven bij locatie 'west' aanwezig. Dit zijn vermoedelijk vogels die in de luwte van de haven schuilen. De dichtheid van de zwarte stern is significant hoger bij lage windsnelheden (Bft. = 1) dan bij hogere windsnelheden ($X^2 = 11,6$; $df = 4$; $p = <0,05$) (figuur 3.14). Voor de zwarte stern blijkt daarnaast ook de windrichting een significant effect te hebben op de dichtheid ($X^2 = 28,5$; $df = 3$; $p = <0,001$). In beide gevallen (zowel windkracht als windrichting) is echter zeer sterk de invloed van de paar momenten met een zeer hoge dichtheid merkbaar (de extreme pieken). De invloed van neerslag is uiteindelijk niet getoetst omdat neerslag ook het zicht beïnvloed en daarmee direct de resultaten van de panoramascans.



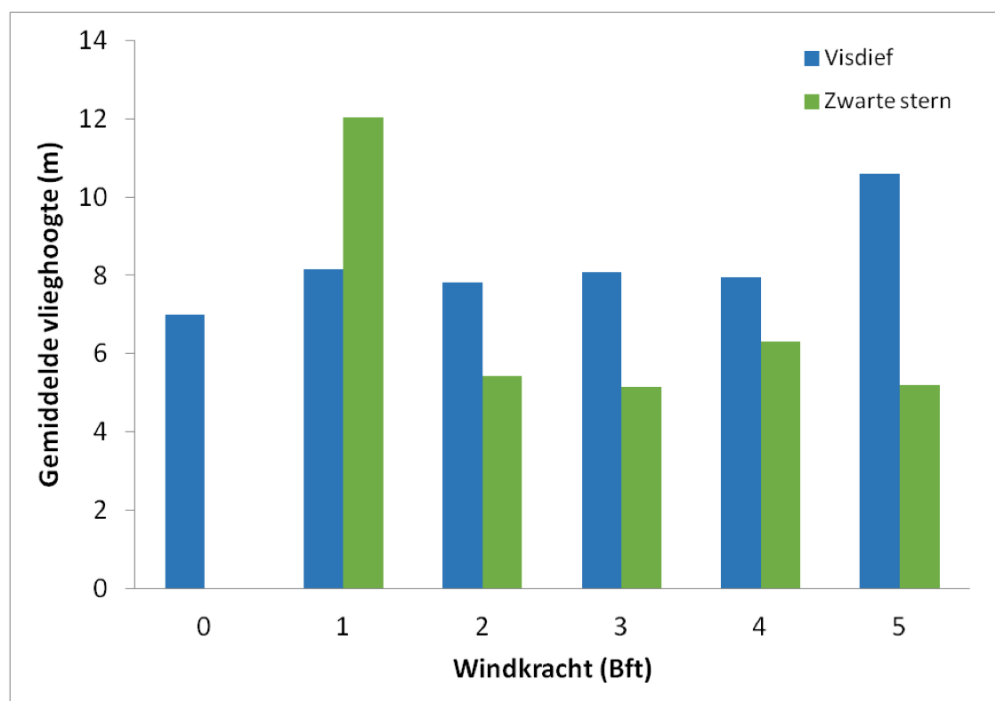
Figuur 3.14 Gemiddelde dichtheid ($\#/km^2$) van zwarte stern en visdief in relatie tot windkracht (Bft.)

3.4.2 Invloed op vlieghoogte

De vlieghoogte van de zwarte stern en visdief werd niet aantoonbaar beïnvloed door windkracht (figuur 3.15) en/of windrichting. Desondanks blijkt uit statistische toetsen dat verschillende factoren (bijvoorbeeld windkracht en moment van de dag) bepalend

zijn voor de vlieghoogte van de visdief en/of de zwarte stern (bijlage 2). Als we naar de bijbehorende waarden kijken betreft het echter steeds een minimaal verschil in vlieghoogte (maximaal enkele meters) dat gezien de werkwijze (vastleggen van vlieghoogte in klassen) en de gemiddelde vlieghoogte (<10 meter) niet relevant is.

Uit observaties vanaf de Afsluitdijk blijkt wel dat bij een hogere windkracht, en met name bij forsere windstoten, zwarte sterns en visdieven omhoog worden geblazen over korte afstanden. Daarbij bereiken ze echter zelden tot nooit een hoogte van 30 meter of hoger.



Figuur 3.15 Gemiddelde vlieghoogte van zwarte stern en visdief in relatie tot windkracht (Bft.)

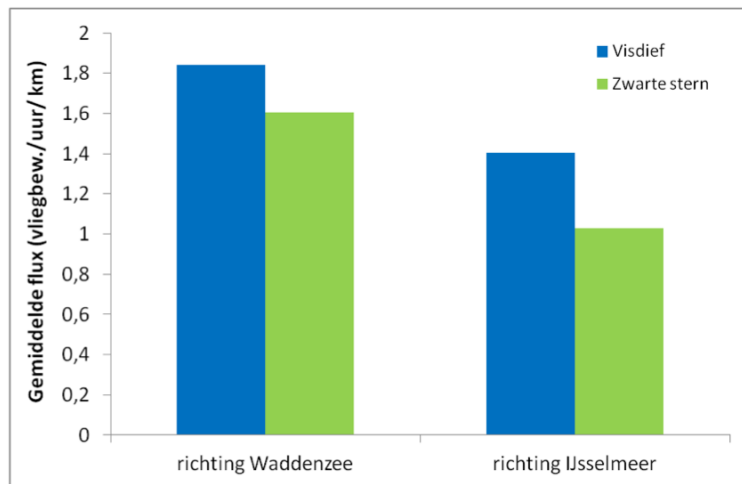
3.4.3 Invloed op gedrag

Op dagen met meer neerslag en hardere windkracht werden veel visdieven rustend op de fuikpalen, havenhoofden en dijken waargenomen. Op 17 augustus viel gemiddeld 38,4 millimeter aan neerslag. Het aandeel rustende vogels bedroef op deze dag 79% (107 van in totaal 136 vogels). Op dagen met veel wind rustten ook veel visdieven op de steiger in de haven bij locatie 'west'.

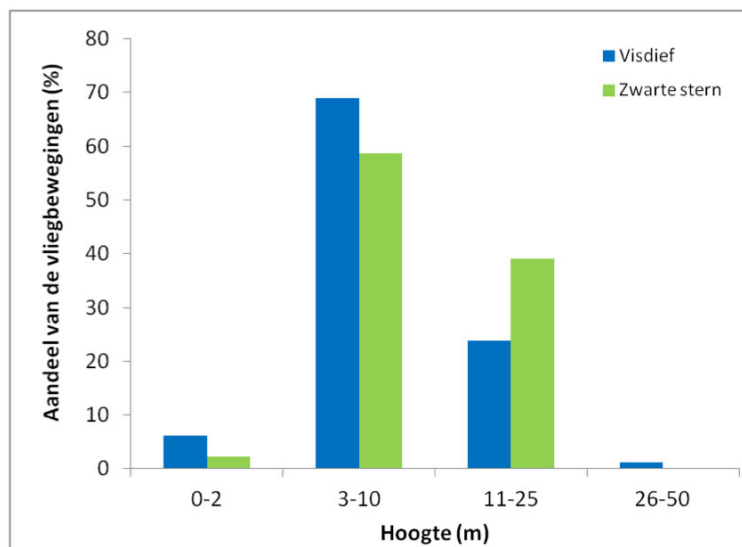
3.5 Uitwisseling tussen IJsselmeer en Waddenzee

Uit het onderzoek naar dijkpassages van visdieven en zwarte sterns blijkt dat de uitwisseling tussen het IJsselmeer en de Waddenzee beperkt is. Gemiddeld bedroeg de flux over de gehele onderzoeksperiode en over het gehele onderzochte dijktraject 1

- 2 visdieven of zwarte sterns per uur per kilometer (figuur 3.16). Zowel visdieven als zwarte sterns vlogen iets meer richting de Waddenzee dan richting het IJsselmeer, maar het verschil is nihil en ecologisch niet van betekenis. Zowel de zwarte stern als de visdief vloog voornamelijk op lage hoogte over de afsluitdijk (figuur 3.17).

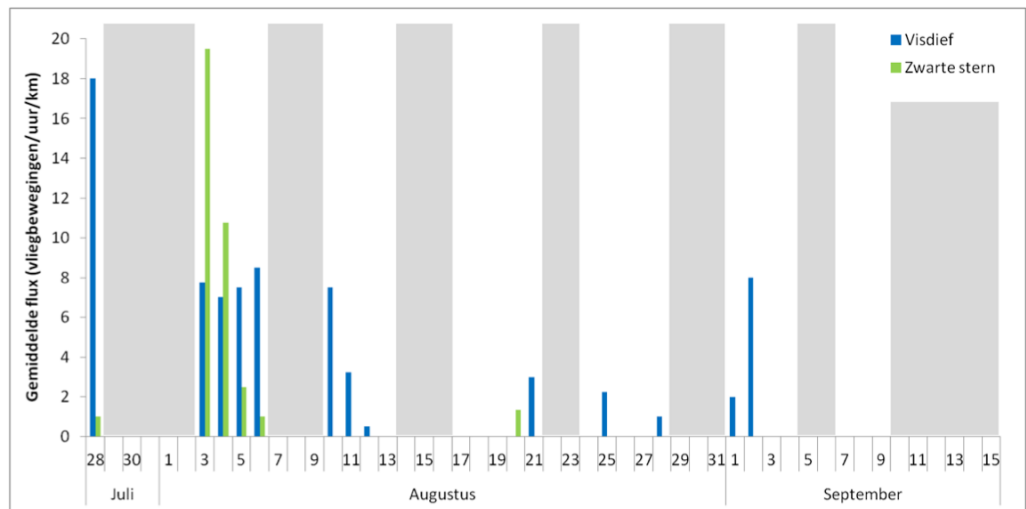


Figuur 3.16 Gemiddelde flux (vliegbewegingen per uur per km) van visdieven en zwarte sterns over de afsluitdijk.



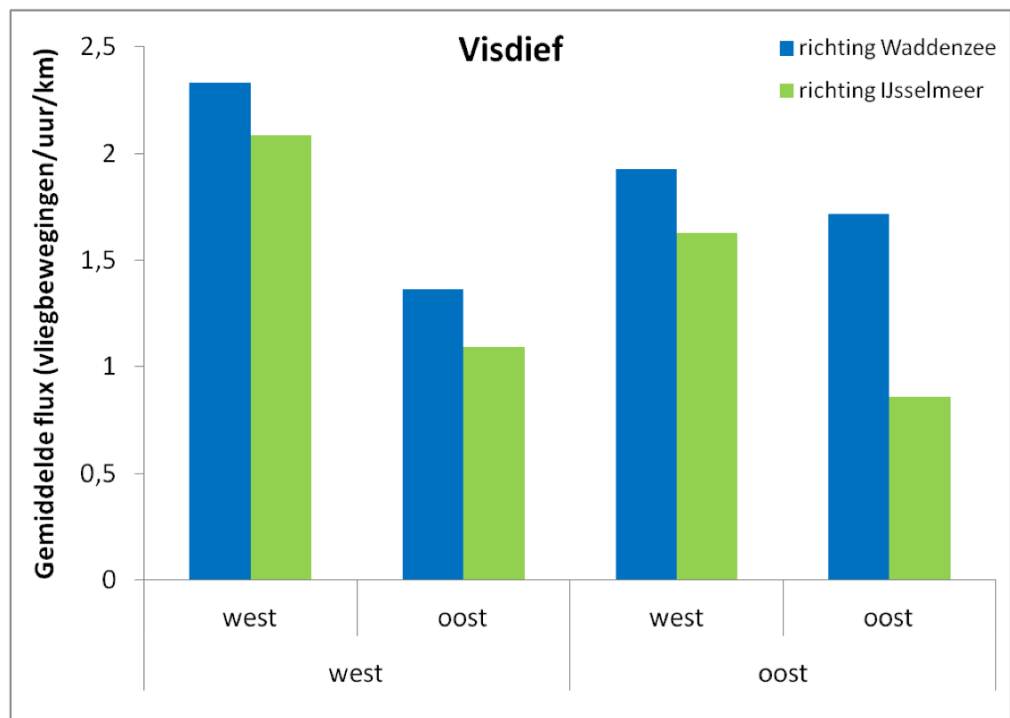
Figuur 3.17 De vlieghoogte van zwarte stern en visdief tijdens het passeren van de Afsluitdijk.

De meeste uitwisseling vond plaats in de eerste weken van de waarneemperiode, tussen 28 juli en 11 augustus (figuur 3.18). Dit geldt het sterkst voor de zwarte stern en is duidelijk gecorreleerd met de aantallen sterns die zijn waargenomen tijdens deze weken in de panoramascans (figuren 3.6 en 3.7). Na deze periode nam de uitwisseling sterk af.

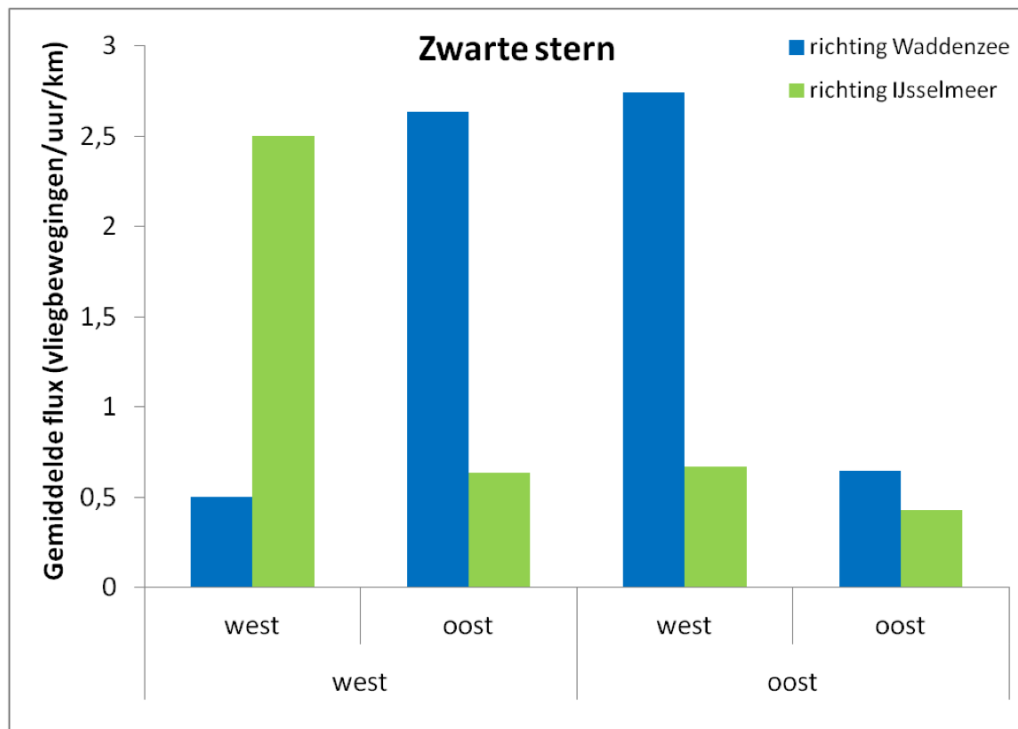


Figuur 3.18 Uitwisseling van zwarte stern en visdief tussen het IJsselmeer en de Waddenzee tussen 28 juli en 15 september.

De dijkpassages vonden plaats over de gehele lengte van het geobserveerde deel van de Afsluitdijk (figuren 3.19 en 3.20). Zwarte sterns passeerden de dijk richting de Waddenzee voornamelijk tussen de locaties “oost” en “west”. De meeste passages van zwarte sterns richting het IJsselmeer vonden plaats aan de westzijde van observatiepunt ‘west’. De visdieven lieten geen duidelijk ruimtelijk patroon zien in de uitwisseling tussen het IJsselmeer en de Waddenzee.



Figuur 3.19 Dijkpassages van visdief over de vier onderzochte dijktrajecten, gemiddeld voor de gehele onderzoeksperiode (28 juli t/m 15 september).



Figuur 3.20 Dijkpassages van zwarte stern over de vier onderzochte dijktrajecten, gemiddeld voor de gehele onderzoeksperiode (28 juli t/m 15 september).

4 Implicaties voor slachtofferberekeningen

4.1 Vliegintensiteit / flux

In de passende beoordeling voor Windpark Fryslân is de vliegintensiteit, oftewel de flux, van de zwarte stern en de visdief in de slachtofferberekeningen gebaseerd op de telgegevens die in 2010 in augustus vanuit het vliegtuig zijn geteld (Poot *et al.* 2010). Op deze data zijn verschillende correcties toegepast (zie ook Heunks *et al.* 2015a en b). Ten eerste is gecorrigeerd voor eventuele gemiste sterns op basis van de aantallen die op slaappleatsen zijn vastgesteld en daarnaast is het seizoensverloop gebaseerd op meerjarige monitoringsgegevens van Rijkswaterstaat (maandelijkse tellingen). Zodoende is de kennisleemte die bestond ten aanzien van het voorkomen van sterns op het open water ingevuld. Door toepassing van deze correcties is de dichtheid en daarmee de flux in de slachtofferberekeningen substantieel hoger dan op grond van de door de reguliere monitoring van Rijkswaterstaat vastgestelde dichtheden zou mogen worden aangenomen.

De dichtheid die in de slachtofferberekeningen ten behoeve van de passende beoordeling is gehanteerd voor de visdief en de zwarte stern kan nu, voor de maanden augustus en september, vergeleken worden met de gemeten dichtheden in 2015 (tabel 4.1). Het verschil blijkt aanzienlijk te zijn met ca. 60 tot bijna 100% lagere dichtheden gemeten in 2015 dan aangenomen voor de slachtofferberekeningen. De dichtheid die in 2010 vanuit het vliegtuig is gemeten, ligt voor beide soorten tussen de dichtheid die in 2015 is gemeten en de in de passende beoordeling gehanteerde dichtheid (Poot *et al.* 2010).

Tabel 4.1 *Dichtheden die voor de maanden augustus en september zijn gehanteerd in de slachtofferberekeningen in de passende beoordeling (PB), vergeleken met de gemiddelde dichtheden die in 2015 zijn gemeten vanaf de Afsluitdijk (resultaten 2015). Metingen vanaf locatie 'park' zijn buiten beschouwing gelaten.*

soort	maand	gemiddelde dichtheid (#/km ²)		
		PB	resultaten 2015	verschil (%)
visdief	augustus	10,732	0,709	-93,4
visdief	september	2,764	1,149	-58,4
zwarte stern	augustus	10,873	1,292	-88,1
zwarte stern	september	10,113	0,014	-99,9

Om inzichtelijk te maken wat dit verschil in dichtheid voor consequenties heeft voor de uitkomsten van de slachtofferberekeningen, is voor de maanden augustus en september voor beide soorten het aantal aanvaringslachtoffers berekend op basis van de dichtheden die gebruikt zijn in de passende beoordeling en op basis van de gemeten dichtheden in 2015 (tabel 4.2). We zijn daarbij uitgegaan van het voorkeursalternatief voor Windpark Fryslân, zoals weergegeven in de passende beoordeling. De slachtofferberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het Flux-Collision Model (zie bijlage 4 in Heunks *et al.* 2015b). De aannames in de slachtofferberekeningen met

betrekking tot aanvaringskans, vlieghoogte en uitwijking zijn gelijk gehouden aan de berekeningen die voor de Passende Beoordeling zijn uitgevoerd (zie Heunks *et al.* 2015b).

*Tabel 4.2 Berekend aantal aanvaringssslachtoffers van de visdief en de zwarte stern voor de maanden augustus en september (samen) op basis van de dichtheden die gebruikt zijn in de passende beoordeling (PB) en op basis van de in 2015 gemeten dichtheden (zie tabel 4.1). Let op: met name voor de visdief, maar in mindere mate ook voor de zwarte stern, geldt dat ook buiten de maanden augustus en september aanvaringssslachtoffers zullen vallen. De hier gepresenteerde getallen kunnen dus niet 1 op 1 vergeleken worden met de getallen in de passende beoordeling en in Heunks *et al.* 2015b.*

soort	maanden	berekend aantal slachtoffers		
		PB	resultaten 2015	verschil (%)
visdief	aug. & sep.	89	12	-86,5
zwarte stern	aug. & sep.	113	8	-92,9

Het resultaat van deze vergelijking geeft eenzelfde beeld als de directe vergelijking van de dichtheden (tabel 4.1). Het berekende aantal slachtoffers voor de maanden augustus en september op basis van de in 2015 gemeten dichtheden, ligt voor beide soorten *ca.* 90% lager dan de aantallen slachtoffers die in de passende beoordeling zijn berekend (Heunks *et al.* 2015b). Met name voor de visdief is het belangrijk om op te merken dat ook buiten de maanden augustus en september slachtoffers zullen vallen. De slachtofferaantallen zoals weergegeven in tabel 4.2 kunnen dus niet 1 op 1 vergeleken worden met de slachtofferaantallen zoals die zijn vermeld in de passende beoordeling.

Het (aanzienlijke) verschil tussen de in de passende beoordeling gehanteerde dichtheden en de in 2015 gemeten dichtheden wordt veroorzaakt door verschillende factoren. De gehanteerde dichtheden in de Passende Beoordeling zijn conservatief (hoog), echter de gemeten dichtheden in 2015 zal om twee redenen veelal lager zijn dan de te verwachten 'toekomstige werkelijkheid' in Windpark Fryslân. Ten eerste zijn de dichtheden in 2015, zoals gepresenteerd in tabel 4.1, gemeten vanaf de Afsluitdijk. Uit de simultaantellingen, die op het water (in het plangebied van Windpark Fryslân) en op de Afsluitdijk zijn uitgevoerd, blijkt echter dat de dichtheid nabij de Afsluitdijk vaak lager is dan op het open water in het plangebied (zie §3.2.3 en figuren 3.11 en 3.12). Dit betekent dat bij de tellingen vanaf de Afsluitdijk de dichtheid in het plangebied onderschat is.

Ten tweede waren de aantallen visdieven en zwarte sterns op de Kreupel (de belangrijkste broedkolonie en/of slaappleaats in het IJsselmeer) in de nazomer van 2015 opvallend veel lager dan in voorgaande jaren (<https://www.sovon.nl/nl/actueel-nieuws/waar-slapen-de-zwarte-sterns-het-ijsselmeergebied>). Ervan uitgaande dat alle slaappleaatsen geteld zijn, kan dit betekenen dat de aantallen visdieven en zwarte sterns in het IJsselmeergebied in augustus en september 2015 een stuk lager waren dan 'normaal' en dat de gemeten dichtheden in 2015 niet representatief zijn voor een 'gemiddeld jaar'. Komende jaren zal moeten blijken of dit patroon zich voortzet en de

lagere aantallen blijvend zijn, of dat 2015 een 'vreemd' jaar was met opvallend lage aantallen sterns.

4.2 Vlieghoogte

Alvorens in te gaan op de vastgestelde vlieghoogte van visdieven en zwarte sterns in het plangebied van Windpark Fryslân, gaan we in op de manier waarop de vlieghoogte van de vogels in de slachtofferberekeningen is opgenomen. In tegenstelling tot wat vaak verondersteld wordt, kan het aandeel vogels dat op rotorhoogte vliegt niet als parameter ingevuld worden in het Flux-Collision Model. De vlieghoogte is daarentegen op een indirecte manier in de modelberekeningen verwerkt. Dit verdient nadere toelichting en een rekenvoorbeeld.

4.2.1 Vlieghoogte in het Flux-Collision Model

In het Flux-Collision Model wordt gewerkt met een soort(groep)specifieke aanvaringskans die is bepaald in een bestaand windpark (het referentiewindpark). Deze aanvaringskans is bepaald door de flux (aantal vliegbewegingen) door een windpark te koppelen aan het in slachtofferonderzoek vastgestelde aantal slachtoffers. De flux wordt over het algemeen gemeten door het gehele 'verticale vlak' dat door een windpark wordt bestreken, dus van het maaiveld tot de hoogste tip (zie bijlage 4 bij Heunks *et al.* 2015b). Dit betekent dat de berekende aanvaringskans geldt voor alle vogels die door hetzelfde 'verticale vlak' vliegen en niet alleen voor de vogels die op rotorhoogte vliegen.

In de praktijk komt het weleens voor dat de flux in het referentiewindpark (met 'kleine' windturbines) evenredig verdeeld is over het verticale vlak, terwijl in het te toetsen windpark (met 'grote' windturbines) relatief meer vogels onder de rotoren door vliegen dan op rotorhoogte. Wanneer dat het geval is, biedt het Flux-Collision Model de mogelijkheid om daarvoor te corrigeren (h_{cor}). Zonder correctie zou het aantal aanvaringssslachtoffers namelijk sterk overschat worden (zie rekenvoorbeeld).

Rekenvoorbeeld

Voor een (fictief) nieuw windpark bestaande uit vijf windturbines wordt het aantal aanvaringssslachtoffers van de wilde eend met het Flux-Collision Model berekend. Als aanvaringskans wordt gebruik gemaakt van de nachtelijke aanvaringskans van 0,09% die door Winkelman (1992) in Windpark Oosterbierum voor eenden is vastgesteld. Dit betekent dat Windpark Oosterbierum het referentiewindpark is. De afmetingen van de windturbines van het referentiewindpark en het nieuwe windpark zijn weergegeven in tabel 4.3. Het verschil tussen het referentiewindpark en het te toetsen windpark is zo groot dat de hoogste tip van het referentiewindpark gelijk valt met de laagste tip van het nieuwe windpark.

Tabel 4.3 Afmetingen van het referentiewindpark (Windpark Oosterbierum) en het fictieve te toetsen windpark (initiatief).

windpark	as (m)	rotor (m)	tip (m)	ruimte onder rotor (m)
Oosterbierum	35	30	50	20
Initiatief	100	100	150	50

We houden de fictieve slachtofferberekening met het Flux-Collision Model zo eenvoudig mogelijk. We gaan uit van een flux van 100.000 wilde eenden door het nieuwe windpark. Al deze eenden vliegen tussen maaiveld en hoogste tip ($h = 1$) en er is geen sprake van macro-uitwijking ($a_{\text{macro}} = 0$). Uit veldonderzoek in het plangebied van het nieuwe windpark weten we dat 75% van de wilde eenden onder 50 meter hoogte vliegt en dus onder de rotoren van de windturbines door. De overige 25% van de flux gaat door het vlak waar de rotoren in draaien (50 – 150 meter hoogte).

Voor het referentiewindpark (Windpark Oosterbierum) kan gezien de geringe hoogte van de windturbines aangenomen worden dat de flux van eenden (op basis waarvan de aanvaringskans is berekend) evenredig verdeeld was over het verticale vlak van het windpark. Zonder correctie voor het feit dat in het nieuwe windpark 75% van de vogels onder de rotoren door vliegt ($h_{\text{cor}} = 1$), ligt het berekende aantal aanvarings-slachtoffers op **22** per jaar voor het gehele nieuwe windpark. Hierbij wordt er dus vanuit gegaan dat de flux evenredig over het verticale vlak van het windpark verdeeld is en dat dus 67% van de vogels op rotorhoogte vliegt. Met correctie voor de onevenredige verticale verdeling van de flux, dus uitgaande van 25% van de vogels op rotorhoogte, ligt het berekende aantal aanvarings-slachtoffers op **8** per jaar voor het gehele nieuwe windpark.

4.2.2 Vlieghoogte in slachtofferberekeningen voor Windpark Fryslân

Voor de visdief en de zwarte stern is in de slachtofferberekeningen voor Windpark Fryslân een aanvaringskans van 0,002% gehanteerd (Heunks *et al.* 2015b). Deze aanvaringskans is voor de visdief vastgesteld in Windpark Slufter (Prinsen *et al.* 2013). De ruimte onder de rotoren in Windpark Slufter bedraagt ca. 30 meter. Dit komt overeen met Windpark Fryslân, waar de ruimte onder de rotoren minimaal 30 meter zal bedragen. In Windpark Slufter vloog 88% van de visdieven onder rotorhoogte (<30 meter) en het gros vloog zelfs lager dan 10 meter (Prinsen *et al.* 2013). In dit geval is er dus duidelijk geen sprake van een evenredige verdeling van de flux over het verticale vlak van het referentiewindpark. Dit betekent dat er in de slachtofferberekeningen voor Windpark Fryslân voor visdief en zwarte stern al vanuit is gegaan dat het gros (88%) van de vogels onder de rotoren zal vliegen.

4.2.3 Vlieghoogte in het veldonderzoek in 2015

In het veldonderzoek in het plangebied van Windpark Fryslân vlogen visdieven en zwarte sterns tot maximaal 50 meter boven het wateroppervlak. Hoogteklassen 1 t/m 3 beslaan samen 0-25 meter hoogte en bevinden zich met zekerheid onder rotorhoogte. 99,8% van de visdieven en 92,8% van de zwarte sterns vloog in deze

drie hoogteklassen (zie §3.3.1 en figuur 3.13). De resterende sterns vlogen op 26-50 meter hoogte en vlogen over het algemeen vrij laag in deze klasse. Dit betekent dat een groot deel van de sterns in deze hoogteklaas ook onder rotorhoogte vliegt. Deze resultaten bevestigen andere literatuur ten aanzien van vlieghoogte (zie hieronder).

Wanneer deze gegevens gebruikt worden om de slachtofferberekeningen te verfijnen en/of de beoordeling nader te beschouwen dan dient vanzelfsprekend met een aantal aspecten rekening gehouden te worden:

1. Vlieghoogtes zijn voornamelijk vastgesteld vanaf de waarneemlocaties op de Afsluitdijk. Simultaantellingen met waarnemers op het ponton hebben laten zien dat de verkregen resultaten vanaf de dijk niet zondermeer te vertalen zijn naar de situatie op het open water (zie §3.2.3).
2. De aantallen sterns in het IJsselmeergebied waren in de nazomer van 2015 opvallend laag. De oorzaak hiervan is onbekend.

Ad. 1 Hoewel de gegevens hoofdzakelijk vanaf de Afsluitdijk verzameld zijn stemmen de resultaten uit het veldonderzoek in 2015 overeen met de vlieghoogte die in 2010 gemeten is tijdens tellingen vanuit het vliegtuig. Toen vloog 99.9% van de visdieven en vlogen alle zwarte sterns in de eerste drie hoogteklassen, dus lager dan 25 meter (Poot *et al.* 2010). De resultaten bevestigen daarbij een review uit 2012 van de BTO. Uit een review van resultaten van vele onderzoeken in windparken op (of aan) zee in Noordwest-Europa, blijkt dat gemiddeld 87,3% van de visdieven lager dan 20 meter vliegt (Cook *et al.* 2012). Zwarte sterns zijn niet vaak genoeg waargenomen op zee om een analyse van de vlieghoogte te kunnen maken. Cook *et al.* (2012) melden waarnemingen van in totaal zes zwarte sterns in twee windparken in wateren van de UK. Geen van deze zwarte sterns vloog hoger dan 20 meter. Eén van de windparken die Cook *et al.* (2012) in hun review hebben betrokken is het windpark op dammen in de haven van Zeebrugge. Uit onderzoek naar de vlieghoogte van sterns uit de broedkolonie nabij dit windpark, blijkt dat gemiddeld 82% van de visdieven lager dan 15 meter vliegt en dat slechts 1% van de visdieven op een hoogte groter dan 50 meter vliegt (Everaert & Stienen 2007). Uit een modelstudie naar vlieghoogtes van zeevogels in relatie tot windparken op zee blijkt dat gemiddeld 92,6% van de visdieven die boven zee vliegen lager dan 20 meter hoogte vliegt (Johnston *et al.* 2014). Dit alles toont aan, dat ondanks het feit dat de waarnemingen vanaf de Afsluitdijk zijn gedaan en niet op het open water, de conclusie dat het gros van de zwarte sterns en visdieven onder rotorhoogte vliegt ook valide is voor het open water van het IJsselmeer. De resultaten van onderhavige studie bevestigen de bevindingen uit de literatuur.

Ad. 2 De zwarte stern en de visdief foerageren op het IJsselmeer hoofdzakelijk op vis (o.a. spiering). De visdief foerageert door duikvluchten te maken, die vaak voorafgegaan worden door bidden/zweven boven het water (Snow & Perrins 1998). Het uitgangspunt van deze duikvluchten ligt enkele meters boven het wateroppervlak. De zwarte stern vertoont ander foerageergedrag. Het meest vertoonde gedrag is het 'dipping-to-surface' waarbij de zwarte stern laag (ca. 2 meter hoogte) boven het water

vliegt en steeds naar het wateroppervlak afdaalt om prooien uit het water te scheppen. Hierbij vertoont de zwarte stern in tegenstelling tot de visdief weinig biddend/zwevend gedrag (Snow & Perrins 1998). Voor beide soorten geldt dat dit foerageergedrag zich volledig buiten het bereik van rotoren van de windturbines van Windpark Fryslân afspeelt.

De zwarte stern foerageert, ook in de nazomer op het IJsselmeer, soms op insecten, waarbij de vogels de insecten in de lucht op een haast zwaluwachtige manier bejagen (Snow & Perrins 1998). Het foerageren op insecten vindt daardoor op grotere hoogte plaats dan het foerageren op prooien in het water (vis). Van de visdief is dit gedrag niet bekend.

We hebben geen gegevens waarmee onderzocht kan worden of de zwarte sterns en/of visdieven in 2015 ander foerageergedrag vertoonden dan in voorgaande jaren. Wel is vastgesteld dat de zwarte sterns ook in 2015 bij gelegenheid op insecten foerageerden. Zo foerageerden op 21 augustus grote aantallen zwarte sterns in het plangebied (één van de pieken in aanwezigheid) op insecten die op die ochtend in grote getalen uitvlogen uit het water. De vlieghoogte die op dat moment werd vastgesteld is in de analyse betrokken. Dit betekent dat de vastgestelde vlieghoogte ook representatief zijn voor situaties waarin zwarte sterns op insecten foerageren.

Conclusie:

Op grond van de resultaten en rekening houdend met bovenstaande aspecten kan met voldoende zekerheid aangenomen worden dat minimaal 90% van de zwarte sterns onder de geplande rotorhoogte (minimaal 30 meter) vliegt en minimaal 95% van de visdieven.

4.2.4 Implicaties voor de slachtofferberekeningen

De in de slachtofferberekeningen voor windpark Fryslân gehanteerde aanname dat het gros van de visdieven en zwarte sterns onder rotorhoogte vliegt, blijkt juist geweest te zijn. Daarnaast blijkt nog steeds dat is uitgegaan van een *worst case* scenario, aangezien in 2015 meer dan 88% van de visdieven en zwarte sterns onder rotorhoogte vloog. Voor de visdief is het berekende aantal aanvaringslachtoffers nog meer *worst case* dan voor de zwarte stern omdat voor de visdief vrijwel geen vogels op rotorhoogte blijken te vliegen.

Omdat we geen referentiepark hebben waarbij een dergelijke vlieghoogte is vastgesteld kunnen we het aanvaringsrisico in de slachtofferberekening met het Flux-Collision Model niet aanpassen. De resultaten van de slachtofferberekeningen dienen op grond hiervan derhalve als *worst case* te worden gezien en daarbij tevens een overschatting van de te verwachten aantallen slachtoffers per jaar.

5 Haalbaarheid stilstandvoorziening

5.1 Duur stilstand

In Heunks *et al.* (2015b) is een eerste inschatting gemaakt van de reductie in aantallen slachtoffers van zwarte stern en visdief die behaald zou kunnen worden met stilstand gedurende 1% van de tijd (uitgaande van een geheel jaar). Deze periode van stilstand (1% van de tijd) berust niet op ecologische gegevens, maar is als eerste uitgangspunt voorgesteld door de initiatiefnemer van Windpark Fryslân om inzicht te krijgen in het effect van een stilstandvoorziening met een beperkte duur. Op basis van de verzamelde veldgegevens kan nu op basis van het optreden van pieken in de aanwezigheid van zwarte sterns en visdieven in (de omgeving van) het plangebied, 'teruggerekend' worden naar de benodigde periode van stilstand als de windturbines stil worden gezet op deze piekmomenten.

5.1.1 Piekmomenten gedurende onderzoeksperiode

De basisgegevens voor deze analyse zijn gepresenteerd in §3.1.1 en tabellen 3.1 en 3.2. In de periode 28 juli t/m 15 september is in 237 uurperioden minimaal één panoramascan vanaf de Afsluitdijk uitgevoerd. Dit betekent dat voor 237 uur de dichtheid van visdieven en zwarte sterns in (de omgeving van) het plangebied van Windpark Fryslân is berekend. Voor de visdief was gedurende 4 uur sprake van een 'piek' in aanwezigheid en voor de zwarte stern gedurende 10 uur (zie tabellen 3.1 en 3.2). Voor de visdief betreft dit 1,7% van de waargenomen uren en voor de zwarte stern 4.2%.

De onderzoeksopzet is zo ingestoken dat de 'waargenomen uren' in de onderzoeksperiode een goede weergave zijn van de 'daglichturen' in de onderzoeksperiode. Dit betekent dat de hiervoor genoemde percentages gelden voor de gehele daglichtperiode in de periode van 28 juli t/m 15 september.

Bij deze percentages is echter nog geen rekening gehouden met de uren dat het donker is. Als we deze uren wel meerekenen is er voor de **visdief** gedurende **1,0%** van de tijd in de onderzoeksperiode (28 juli t/m 15 september) sprake van een piek en voor de **zwarte stern** gedurende **2,5%** van de tijd. Bij deze analyse is uitgegaan van een gemiddelde daglengte in de onderzoeksperiode van 14 uur en 17 minuten.

Als we aannemen dat stilstand alleen nodig is op momenten dat er sprake is van een piek in aanwezigheid was er in 2015 in de periode 28 juli t/m 15 september voor de visdief sprake van 1% van de tijd stilstand en voor de zwarte stern gedurende 2,5% van de tijd. Uit tabellen 3.1 en 3.2 blijkt dat het optreden van pieken in de aanwezigheid van visdieven in 2015 niet samenvielen met het optreden van pieken in de aanwezigheid van zwarte sterns. Voor beide soorten samen is daardoor in 2015 in de periode 28 juli t/m 15 september (als voorbeeld, ter indicatie) in totaal sprake van 3,5% van de tijd stilstand.

5.1.2 Piekmomenten gedurende een jaar

De volgende stap is om de getallen die gelden voor de onderzoeksperiode, te extrapoleren naar een geheel jaar. Daarbij zijn de volgende aannames gedaan:

- buiten de onderzoeksperiode is geen sprake van grote aantallen zwarte sterns in het plangebied van Windpark Fryslân en is stilstand dus niet nodig.
- voor de visdief kan ook in de maanden april t/m juli sprake zijn van hoge aantallen in het plangebied van Windpark Fryslân, dus kan ook in die maanden stilstand nodig zijn.
- voor de visdief bedraagt de stilstand in de periode april t/m juli eenzelfde percentage van de tijd als in de onderzoeksperiode (1%).

Uitgaande van deze aannames is voor de **visdief** gedurende een geheel jaar **0,4%** van de tijd sprake van een piek in aanwezigheid in het plangebied van Windpark Fryslân en is dus gedurende 0,4% van de tijd stilstand van de windturbines nodig om het aantal aanvaringslachtoffers te beperken. Voor de **zwarte stern** betreft dit **0,3%** van de tijd. Voor **beide soorten samen** zouden de windturbines in 2015, uitgaande van de hiervoor genoemde aannames, gedurende **0,8% van de tijd** stil hadden moeten staan om aanvaringslachtoffers gedurende pieken in aanwezigheid van zwarte stern en visdief te voorkomen.

5.1.3 Samengevat

De in Heunks *et al.* (2015b) aangenomen periode van stilstand (1% van de tijd gedurende een jaar) blijkt op basis van de gegevens van 2015 voldoende te zijn om de piekmomenten in aanwezigheid van zowel de visdief als de zwarte stern te kunnen dekken. De aanwezigheid van zwarte sterns en visdieven in het plangebied van Windpark Fryslân kan verschillen tussen jaren. Als de visdieven in 2015 niet vroegtijdig uit het IJsselmeer waren vertrokken of de zwarte sterns wél in de gebruikelijke aantallen op de Kreupel hadden geslapen was de frequentie waarmee pieken in de aanwezigheid van de sterns optraden mogelijk anders geweest. Bij het vaststellen van een drempelwaarde in aanwezigheid waarboven de windturbines stil worden gezet, is aan te bevelen hier rekening mee te houden teneinde onnodige stilstand te voorkomen (zie §5.3). Met name het uitblijven van echte pieken in de aanwezigheid van de visdief is waarschijnlijk niet representatief voor een 'gemiddeld' jaar. Het hier gepresenteerde percentage (0,8% van de tijd stilstand) geldt dan ook niet als 'standaard' voor alle jaren.

5.2 Reductie door middel van stilstand op piekmomenten

Aan de hand van de verzamelde dichtheden (tabel 3.1 en tabel 3.2) kan voor de maanden augustus en september gesimuleerd worden welke reductie van het aantal aanvaringslachtoffers behaald kan worden met stilstand op de piekmomenten in aanwezigheid (zoals beschreven in §5.1). Om dit te doen is eerst op basis van de

gegevens in tabellen 3.1 en 3.2 de gemiddelde dichtheid voor de maanden augustus en september berekend (zie ook tabel 4.1). Vervolgens is de dichtheid in de 'piekuren' (rood kader in tabellen 3.1 en 3.2) op 0 gezet en is wederom de gemiddelde dichtheid per maand berekend (tabel 5.1). De dichtheid op 0 zetten is de beste manier om stilstand van het gehele windpark te simuleren. Dit resulteert namelijk in 0 aanvaringsslachtoffers in de desbetreffende uren.

Tabel 5.1 Dichtheden in de maanden augustus en september van visdieven en zwarte sterns in (de omgeving van) het plangebied van Windpark Fryslân. De dichtheid is berekend voor een slachtofferberekening met (scenario 2) en zonder (scenario 1) gesimuleerde stilstand van de windturbines op piekmomenten.

soort	maand	dichtheid (#/km ²) als input voor model	
		scenario 1	scenario 2
visdief	augustus	0,709	0,614
visdief	september	1,149	0,991
zwarte stern	augustus	1,292	0,315
zwarte stern	september	0,014	0,014

De aanname bij deze gehele analyse is dat de onderzoeksinspanning dermate hoog is geweest en de spreiding van de panoramascans in de tijd (over de daglichtperiode en over het seizoen) dermate evenredig, dat de onderzochte uren een goede representatie geven van de werkelijkheid in alle daglichturen in de maanden augustus en september. Deze aanname kunnen we doen omdat we hier van tevoren de onderzoeksopzet op aangepast hebben.

De dichtheden zoals weergegeven in tabel 5.1 zijn vervolgens gebruikt in het Flux-Collision Model om het aantal slachtoffers voor de maanden augustus en september in 2015 met en zonder stilstand op piekmomenten te berekenen (tabel 5.2). Alle aannames in het Flux-Collision Model met betrekking tot o.a. uitwijking en aanvaringskans zijn daarbij gelijk gehouden aan de berekeningen die zijn uitgevoerd in de passende beoordeling (Heunks *et al.* 2015b).

*Tabel 5.2 Berekend aantal aanvaringsslachtoffers van de visdief en de zwarte stern voor de maanden augustus en september (samen) op basis van de in 2015 gemeten dichtheden zonder en met simulatie van stilstand van het gehele windpark op piekmomenten (zie tabel 5.1). Let op: met name voor de visdief, maar in mindere mate ook voor de zwarte stern, geldt dat ook buiten de maanden augustus en september aanvaringsslachtoffers zullen vallen. De hier gepresenteerde getallen kunnen dus niet 1 op 1 vergeleken worden met de getallen in de passende beoordeling en in Heunks *et al.* 2015b.*

soort	maanden	berekend aantal slachtoffers		
		zonder stilstand	met stilstand (sim.)	reductie (%)
visdief	aug. & sep.	12	10	17
zwarte stern	aug. & sep.	8	2	75

De reductie in aantallen aanvaringsslachtoffers die voor de visdief behaald kan worden met stilstand op piekmomenten is beperkt. Dit is het gevolg van het (in 2015)

slechts beperkt optreden van echte pieken in de aanwezigheid van de visdief (zie figuur 3.1). Voor de zwarte stern is de reductie aanzienlijk.

Heunks *et al.* (2015b) hebben, volledig gebaseerd op aannames en uitgaande van stilstand van het gehele windpark gedurende 1% van de tijd, ingeschat dat een sterftereductie van 20% behaald moet kunnen worden voor de visdief en een reductie van >45% voor de zwarte stern. Op basis van de gegevens die in de nazomer van 2015 zijn verzameld blijkt deze sterftereductie voor de visdief van vergelijkbare orde grootte te zijn. Voor de zwarte stern kan door middel van stilstand een sterftereductie van ca. 75% behaald worden.

5.3 Praktische invulling stilstandvoorziening

Om een stilstandvoorziening op basis van *shutdown on demand* in de praktijk succesvol toe te kunnen passen moeten pieken in de aanwezigheid van visdieven en sterns in het veld vastgesteld kunnen worden zodat in reactie daarop windturbines stilgezet kunnen worden.

5.3.1 Drempelwaarde op basis van aanwezigheid sterns in 2015

Op basis van de panoramascans die zijn uitgevoerd in de nazomer van 2015 is voor beide soorten achteraf een drempelwaarde bepaald waarboven gesproken wordt van een piek. Voor de **visdief** bedraagt deze waarde **4,15 vogels per km²** en voor de **zwarte stern 4,44 vogels per km²**. Een dichtheid in het veld moeilijk direct vast te stellen, maar kan 'teruggerekend' worden naar een 'aantal vogels boven een bepaald oppervlak'. Dit geeft een praktisch toepasbare drempelwaarde voor een waarnemer in het veld. Als voorbeeld gaan we uit van een waarnemer in het windpark die een gehele cirkel tot een afstand van 2 kilometer kan overzien. Het oppervlak van deze cirkel bedraagt 12,57 km². Bij een dichtheid van 4,15 visdieven per km², ziet de waarnemer (minimaal) **52 visdieven** in de desbetreffende cirkel in één scan (alle vlieghoogtes samen). Bij een dichtheid van 4,44 zwarte sterns per km², ziet de waarnemer (minimaal) **55 zwarte sterns** in de desbetreffende cirkel in één scan (alle vlieghoogtes samen).

5.3.2 Toepasbaarheid drempelwaarde 2015 in andere jaren

De hiervoor beschreven drempelwaarde is bepaald voor de nazomer van 2015. De dichtheid die in 2015 in het plangebied van Windpark Fryslân gemeten is, ligt lager dan verwacht mag worden op basis van langjarige gemiddelden. Dit is het gevolg van de lage aantallen visdieven en zwarte sterns in het IJsselmeer in de nazomer van 2015. Dit betekent dat de drempelwaarde die op basis van de gegevens uit 2015 is bepaald, ook aan de lage kant ligt. Toepassing van deze drempelwaarde in andere jaren zal daardoor niet leiden tot een lagere reductie van de aantallen aanvaringslachtoffers, maar zal leiden tot een hogere reductie en naar verwachting tot een langere periode van stilstand dan nodig. In jaren dat de aantallen zwarte

sterns en visdieven in het IJsselmeer hoger zijn, zal de gemiddelde dichtheid namelijk ook hoger zijn en zal eerder (en dus ook vaker) de drempelwaarde die in 2015 is bepaald overschreden worden.

Om een kleine impressie te geven is op basis van de dichtheden van zwarte sterns boven het IJsselmeer die in 2010 vanuit het vliegtuig zijn bepaald, onderzocht hoe vaak de in 2015 bepaalde drempelwaarde in de ruimte overschreden werd (zie ook figuur 10.1 en bijbehorende tekst in Heunks *et al.* 2015b). Bij de eerste telling (11 & 12 augustus 2010) was de uit het vliegtuig gemeten dichtheid van zwarte sterns in 4,6% van de deelgebiedjes in het IJsselmeer (560 in totaal) hoger dan de drempelwaarde. Bij de tweede telling (20 & 21 augustus 2010) was dit 7,1%. Ter vergelijking: in 4,2% van de uurperiodes dat in 2015 panoramascans vanaf de Afsluitdijk zijn uitgevoerd, was de dichtheid van zwarte sterns hoger dan de drempelwaarde. Voor de visdief was dit 1,7%.

De in §5.3.1. gepresenteerde drempelwaardes zijn te beschouwen als minimumwaardes en kunnen daarom als uitgangspunt voor de stilstandvoorziening in Windpark Fryslân gehanteerd worden. Door middel van gerichte monitoring in de gebruiksfase van het windpark kan de drempelwaarde op basis actuele gegevens (naar boven) bijgesteld worden zodat een maximale reductie van het aantal aanvaringslachtoffers behaald kan worden met zo weinig mogelijk stilstand.

5.3.3 Detectiemethoden in relatie tot de drempelwaarde

Er is nog niet definitief bepaald hoe de stilstandvoorziening op basis van *shutdown on demand* praktisch ingevuld gaat worden. Dit is onder andere sterk afhankelijk van hoe detectietechnieken zich in de komende jaren zullen ontwikkelen (zie voor een overzicht van de bestaande technieken Collier *et al.* 2011, Collier *et al.* 2012 en Collier & Poot 2014). De hiervoor beschreven drempelwaarde is ook bruikbaar indien gekozen wordt voor toepassing van radars of camera's voor de detectie van sterns in Windpark Fryslân. Indien dichtheden gedetecteerd kunnen worden kan de drempelwaarde direct toegepast worden. Indien alleen aantallen sterns in een bepaald oppervlak gedetecteerd kunnen worden kan op basis van de dichtheid voor het gescande oppervlak berekend worden bij hoeveel visdieven en/of zwarte sterns windturbines stilgezet moeten worden.

Indien ten tijde van de ingebruikname van Windpark Fryslân geen geschikte technieken beschikbaar zijn om een volautomatische stilstandvoorziening in te stellen, kan altijd teruggevallen worden op een 'handmatige' stilstandvoorziening met één of meerdere waarnemers in het veld (in of nabij het windpark). Ook dan kan de in §5.3.1 gepresenteerde drempelwaarde toegepast worden en op basis van ervaringen in het veld (naar boven) bijgesteld worden.

5.3.4 Stilzetten van een deel van het windpark

Afhankelijk van de detectiemethodiek is het mogelijk om niet altijd het gehele windpark stil te zetten, maar alleen die delen waar grote aantallen sterns aanwezig zijn. Hiervoor is het noodzakelijk om de vliegintensiteit simultaan op verschillende plekken in (de omgeving van) het windpark te monitoren. Als de drempelwaarde in een deel van het windpark wordt overschreden, maar in andere delen niet, kan volstaan worden met het stilzetten van de windturbines in de nabijheid van de grote groep visdieven of zwarte sterns.

5.3.5 Samengevat

De resultaten van het veldwerk in 2015 bieden een handvat voor de praktische invulling van de stilstandvoorziening. Voor beide soorten is een minimale drempelwaarde bepaald die in het eerste jaar waarin het windpark operationeel is toegepast kan worden. Op basis van de ervaringen in het veld kan deze drempelwaarde dan vervolgens (naar boven) bijgesteld worden, zodat met zo min mogelijk stilstand een zo groot mogelijke reductie van het aantal aanvaringslachtoffers behaald wordt.

Het uitwerken van een volledig stilstandplan ligt buiten de scope van dit rapport. Uit voorgaande paragrafen is wel gebleken dat er veel mogelijk is en dat veel afhangt van de manier waarop de aanwezigheid van de sterns in het plangebied gevolgd gaat worden (detectiemethode).

6 Discussie en conclusies

De in de voorgaande hoofdstukken gepresenteerde resultaten van het veldonderzoek in de nazomer van 2015 worden in de volgende paragrafen bediscussieerd aan de hand van de in §1.3 gepresenteerde onderzoeksvragen. In iedere paragraaf wordt één onderzoeksvraag behandeld. In de tekst wordt tussen haakjes steeds aangegeven op welke deelvraag de stelling betrekking heeft. Aan het eind van dit hoofdstuk (§6.6) zijn de belangrijkste conclusies overzichtelijk op een rijtje gezet.

6.1 Vliegactiviteit

Voor de zwarte stern is in de nazomer van 2015 duidelijk vastgesteld dat de aanwezigheid in (de omgeving van) het plangebied van Windpark Fryslân gepiekt is. Ook voor de visdief zijn pieken in aanwezigheid vastgesteld, maar deze zijn minder frequent en veel minder extreem (in aantal) (1a). Mogelijk is in jaren waarin meer (oftewel normale aantallen) visdieven in de nazomer op het IJsselmeer aanwezig zijn wel sprake van duidelijke en meer extreme pieken in aanwezigheid. Een piek is gedefinieerd als een dichtheid die minimaal 5 keer zo hoog is als de gemiddelde dichtheid in de gehele onderzoeksperiode (1b). Voor het patroon in aanwezigheid van visdieven en zwarte sterns in 2015 is gebleken dat deze grens niet te hoog (duidelijke pieken zijn ook aangemerkt als piek) en ook niet te laag was. Een piek in de aanwezigheid van zwarte sterns kwam nooit zomaar uit het niets opzetten. Dagen dat er urenlang geen (0) zwarte sterns zijn gezien en vervolgens plotseling heel veel zijn niet voorgekomen.

Uit de analyses blijkt dat er niet één 'meetbare' factor is die bepalend is voor de dichtheid van zwarte sterns en/of visdieven in het plangebied. Het onderzoek heeft dan ook geen duidelijke handvatten voor de stilstandvoorziening opgeleverd met betrekking tot weersomstandigheden, tijd op de dag of tijd in het seizoen. Het is weliswaar zo dat in het begin van de onderzoeksperiode duidelijk meer zwarte sterns zijn waargenomen dan aan het eind (1c). Ook is het zo dat de dichtheid van visdieven in het plangebied rond de middag significant lager is dan in de ochtend en avond (1c). Voor de zwarte stern is aangetoond dat de dichtheid bij een windsnelheid van 1 Bft. significant hoger is dan bij andere windsnelheden (1e). Dit alles biedt echter geen concrete aanknopingspunten voor een (*fixed*) stilstandvoorziening omdat uitgaande van deze gegevens de windturbines heel vaak stil zouden staan op momenten dat er toch weinig sterns in (de omgeving van) het windpark aanwezig zijn, dat is suboptimaal. Het is vele malen effectiever om de stilstand van de windturbines te relateren aan de aanwezigheid van de sterns.

Wat niet uit de analyse blijkt, maar wat we wel in het veld hebben kunnen vaststellen is dat de beschikbaarheid van voedsel in het plangebied een belangrijke bepalende factor kan zijn voor de vliegintensiteit van sterns in het plangebied. Zo was op 21 augustus sprake van een groot aantal vliegende insecten die uit het water kwamen en

waar grote aantallen zwarte sterns op kwamen foerageren, wat leidde tot een duidelijke piek in de aanwezigheid van zwarte sterns.

Uit de analyse van de simultaantellingen op het ponton in het IJsselmeer en op de Afsluitdijk is gebleken dat de dichtheden van zowel zwarte sterns als visdieven op het open water (middenin het plangebied) significant hoger zijn dan langs de Afsluitdijk (1d). Dit betekent dat naast waarnemingen vanaf de Afsluitdijk waarnemingen vanaf het open water in het IJsselmeer (door middel van waarnemers of digitale hulpmiddelen) wenselijk zijn .

6.2 Gedrag

Zowel de visdieven als de zwarte sterns vlogen laag boven het wateroppervlak. In totaal vloog bijna 100% van de visdieven en ca. 93% van de zwarte sterns (ruim) onder de minimale tiphoogte van de windturbines die voor Windpark Fryslân zijn voorzien (30 meter) (2a).

Zwarte sterns vlogen vaker in groepsverband in het onderzoeksgebied dan visdieven. Visdieven zijn relatief vaak rustend waargenomen (bijvoorbeeld op palen of stenen langs de oever), zwarte sterns zijn daarentegen nauwelijks rustend waargenomen (N.B. rustende sterns zijn in de analyse van vliegactiviteit buiten beschouwing gelaten, zie §2.3.1). Van de vliegende vogels vertoonde 41% van de zwarte sterns zoekend of foeragerend gedrag, terwijl dit percentage voor de visdief slechts 12% bedroeg (2b).

Uit de statistische analyses blijkt dat weersomstandigheden als windsnelheid en windrichting bepalend zijn voor de vlieghoogte van zowel de visdief als de zwarte stern (2c). Het absolute verschil in vlieghoogte is echter dermate beperkt (enkele meters) dat het in relatie tot het aanvaringsrisico van de sterns in Windpark Fryslân geen betekenis heeft (aantal slachtoffers in dezelfde orde van grootte ongeacht kleine verschillen in vlieghoogte). Deze significante relaties tussen vlieghoogte en weersomstandigheden zijn dan ook niet van belang voor de praktische invulling van de stilstandvoorziening. De relevante conclusie is dat visdieven en zwarte sterns over het algemeen laag vliegen (onder rotorhoogte) en dat windkracht, windrichting, tijd van de dag of andere factoren slechts in zeer beperkte mate bepalend zijn voor het aandeel vogels dat binnen het bereik van de rotoren vliegt.

Op grond van de resultaten en rekening houdend met de in §4.2.4 genoemde aspecten kan met voldoende zekerheid aangenomen worden dat minimaal 90% van de zwarte sterns onder de geplande rotorhoogte (minimaal 30 meter) vliegt en minimaal 95% van de visdieven. Dit is een conservatieve (minimum) inschatting. De lage vlieghoogte van beide soorten sterns maakt dat een verhoging van de onderste tip (oftewel een vergroting van de ruimte onder de rotoren) zal leiden tot een aanzienlijke beperking van het toekomstige aantal aanvaringslachtoffers. Dit kan als alternatieve vorm van mitigatie overwogen worden.

6.3 Uitwisseling tussen Waddenzee en IJsselmeer

De uitwisseling van visdieven en zwarte sterns tussen het IJsselmeer en de Waddenzee was beperkt (3a). Als er grote aantallen visdieven en/of zwarte sterns in het noordelijk deel van het IJsselmeer aanwezig waren was de uitwisseling tussen het IJsselmeer en de Waddenzee ook groter dan wanneer slechts kleine aantallen visdieven en/of zwarte sterns in het noordelijk deel van het IJsselmeer aanwezig waren (3b). In jaren dat grotere aantallen visdieven en zwarte sterns in de nazomer gebruik maken van het IJsselmeer is de uitwisseling met de Waddenzee mogelijk groter. Zwarte sterns passeerden de Afsluitdijk richting de Waddenzee het meest tussen de observatiepunten 'west' en 'oost'. Passages van zwarte sterns richting het IJsselmeer vonden hoofdzakelijk plaats aan de westzijde van observatiepunt 'west'. Uit de passages van visdieven over de Afsluitdijk was geen duidelijk ruimtelijk patroon af te leiden (3c).

6.4 Aannames in de slachtofferberekeningen

Vergelijking van de gemeten dichtheden met de dichtheden die zijn toegepast in de slachtofferberekeningen leert ons dat in de effectbeoordeling in het kader van de natuurwetgeving is uitgegaan van een *worst case* scenario (4a). Voor het bepalen van de flux (vliegintensiteit) die in de slachtofferberekeningen is gehanteerd, is daarnaast gerekend met een vliegsnelheid die voor sterns uit de literatuur afgeleid is. Dit betreft echter een vliegsnelheid (koerssnelheid) van sterns die duidelijk onderweg zijn van A naar B. Foeragerende of zoekende sterns hebben een lagere vliegsnelheid. Een hogere vliegsnelheid in de berekeningen leidt tot een hogere flux en daarmee tot een hoger aantal aanvaringslachtoffers. Dit betekent dat ook op dit punt sprake is van een *worst case* aanname. Tenslotte blijkt op basis van de resultaten van dit onderzoek ook dat met betrekking tot de vlieghoogte in de slachtofferberekeningen *worst case* aannames zijn gehanteerd (4b). In werkelijkheid vliegt een kleiner deel van de vogels op rotorhoogte dan in de slachtofferberekeningen is aangenomen. Dit alles betekent dat het berekend aantal aanvaringslachtoffers een absoluut maximum betreft.

6.5 Stilstandvoorziening

Extrapolatie van de gegevens die in de nazomer van 2015 zijn verzameld laat zien dat voor de visdief en de zwarte stern (samen) gedurende ca. 0,8% van de tijd in het jaar sprake was van een piek in aanwezigheid. In 2015 zouden de windturbines volgens het *shutdown on demand* principe gedurende 0,8% van de tijd zijn stilgezet en daarmee zou een reductie van het aantal aanvaringslachtoffers van ca. 17% (visdief) of ca. 75% (zwarte stern) zijn behaald (5a & 5b). Voor de visdief ligt de reductie aanzienlijk lager dan voor de zwarte stern omdat deze soort in 2015, in tegenstelling tot de zwarte stern, weinig duidelijke pieken in aanwezigheid vertoonde.

Het hier gepresenteerde percentage (0,8% van de tijd stilstand) geldt, gezien het lage aantal sterns op het IJsselmeer in de nazomer van 2015, niet als 'standaard' voor alle jaren. Het laat echter wel zien dat de additionele sterfte met een relatief beperkte tijdsduur van stilstand sterk gereduceerd kan worden.

Voor de visdief is op basis van de aanwezigheid en verspreiding in de nazomer van 2015 een drempelwaarde voor het optreden van pieken (en dus het stilzetten van de windturbines) berekend van 4,15 vogels per km². Voor de zwarte stern bedraagt deze drempelwaarde 4,44 vogels per km². De aanwezige aantallen visdieven en zwarte sterns op het IJsselmeer waren in 2015 (veel) lager dan op basis van voorgaande jaren verwacht kon worden. Daarnaast zijn de dichtheden bepaald op basis van observaties vanaf de Afsluitdijk, terwijl is vastgesteld dat de dichtheid op enkele kilometers afstand van de dijk significant hoger is. In combinatie betekent dit dat de in dit rapport gepresenteerde drempelwaardes minimumwaardes betreffen. Dit maakt dat deze drempelwaardes als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden voor de eerste periode waarin Windpark Fryslân operationeel is. Op basis van monitoring kunnen de drempelwaarden (naar boven) bijgesteld worden, zodat met zo min mogelijk stilstand een zo groot mogelijke reductie van het aantal slachtoffers behaald kan worden.

Deze drempelwaarde is toepasbaar voor alle mogelijke detectiemethoden omdat het indien nodig ook omgerekend kan worden naar een aantal vogels boven een bepaald oppervlak (5c). Afhankelijk van de gehanteerde detectiemethode is het ook mogelijk om niet altijd het gehele windpark stil te zetten, maar om alleen die delen van het windpark stil te zetten waar grote aantallen sterns aanwezig zijn (5d). Indien de stilstandvoorziening wordt ingesteld op basis van waarnemers in het veld dienen de waarnemers of de middelen voor waarneming (bij camera's) in het windpark (of langs de randen van het windpark) gepositioneerd te zijn. Dit omdat uit het onderzoek gebleken is dat de dichtheid op enkele kilometers van de afsluitdijk significant hoger is dan langs de Afsluitdijk.

6.6 Belangrijkste conclusies

- Uit het onderzoek is gebleken dat het voorkomen van de zwarte stern in het plangebied van Windpark Fryslân gepiekt is. Voor de visdief was dit in 2015 ook het geval, maar in mindere mate.
- Het is mogelijk om pieken in de aanwezigheid van sterns zowel in tijd als in ruimte in het veld vast te stellen.
- Weersfactoren, tijd op de dag of tijd in het seizoen hebben geen duidelijke (eenduidige) invloed op de aanwezige dichtheden sterns in het plangebied van Windpark Fryslân. De resultaten van het onderzoek bieden dan ook geen aanknopingspunten voor het toepassen van een *fixed* stilstandvoorziening (zonder onnodige stilstand).
- De dichtheid van visdieven en zwarte sterns die vanaf het ponton in het midden van het plangebied van Windpark Fryslân zijn vastgesteld zijn significant hoger

dan de dichtheden die langs de Afsluitdijk zijn vastgesteld. Dit betekent dat naast waarnemingen vanaf de Afsluitdijk ook waarnemingen vanaf het water in het windpark nodig.

- Visdieven en zwarte sterns vliegen over het algemeen (zeer) laag boven het wateroppervlak. Op grond van de resultaten en rekening houdend met de in §4.2.4 genoemde aspecten kan met voldoende zekerheid aangenomen worden dat minimaal 90% van de zwarte sterns onder de geplande rotorhoogte (minimaal 30 meter) vliegt en minimaal 95% van de visdieven.
- Windkracht, windrichting, tijd van de dag of andere factoren zijn niet bepalend voor het aandeel vogels dat op rotorhoogte vliegt.
- Uit het onderzoek is gebleken dat in de slachtofferberekeningen die ten behoeve van de passende beoordeling zijn uitgevoerd, zowel met betrekking tot de vliegintensiteit (flux) als met betrekking tot de vlieghoogte het *worst case scenario* is gehanteerd. Er is dus met zekerheid geen sprake van een onderschatting van de toekomstige aantallen aanvaringsslachtoffers.
- Extrapolatie van de gegevens die in de nazomer van 2015 zijn verzameld laat zien dat voor de visdief en de zwarte stern (samen) gedurende ca. 0,8% van de tijd in het jaar sprake was van een piek in aanwezigheid. In 2015 zouden de windturbines volgens het *shutdown on demand* principe gedurende 0,8% van de tijd zijn stilgezet en daarmee zou een reductie van het aantal aanvaringsslachtoffers van ca. 17% (visdief) of ca. 75% (zwarte stern) zijn behaald.
- Het hier gepresenteerde percentage (0,8% van de tijd stilstand) geldt, gezien het lage aantal sterns op het IJsselmeer in de nazomer van 2015, niet als 'standaard' voor alle jaren. Het laat echter wel zien dat de additionele sterfte met een relatief beperkte stilstand sterk gereduceerd kan worden.
- Voor de visdief is op basis van de aanwezigheid en verspreiding in de nazomer van 2015 een drempelwaarde voor het optreden van pieken (en dus het stilzetten van de windturbines) berekend van 4,15 vogels per km². Voor de zwarte stern bedraagt deze drempelwaarde 4,44 vogels per km².
- Gezien de lage aantallen sterns op het IJsselmeer in de nazomer van 2015 betreffen de berekende drempelwaardes minimumwaardes die als uitgangspunt gehanteerd kunnen worden en die op basis van monitoring (naar boven) bijgesteld kunnen worden.

7 Literatuur

- Collier, M.P. & M.J.M. Poot, 2014. Review and guidance on use of “shutdown-on-demand” for wind turbines to conserve migrating soaring birds in the Rift Valley/Red Sea Flyway. FINAL REPORT. Rapport 13-282. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Collier, M.P., S. Dirksen & K.L. Krijgsveld, 2011. A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines. Part 1: Review. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A. Rapport 11-078. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Collier, M.P., S. Dirksen & K.L. Krijgsveld, 2012. A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines: Part 2: Feasibility study of systems to monitor collisions. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A. Rapport 11-215. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Cook, A.S.C.P., A. Johnston, L.J. Wright & N.H.K. Burton, 2012. A review of flight heights and avoidance rates of birds in relation to offshore wind farms. Strategic Ornithological Support Services, Project SOSS-02. BTO Research Report Number 618. British Trust for Ornithology, The Nunnery, Thetford, Norfolk.
- Everaert, J. & E.W.M. Stienen, 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. *Biodiversity and Conservation* 16: 3345-3359.
- Heunks, C., R.G. Verbeek & B. van den Boogaard, 2015a. Huidige natuurwaarden in plangebied windpark Fryslân. Rapportnr.13-076.3. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Heunks, C., J.C. Kleyheeg, M. Boonman & R.G. Verbeek, 2015b. Effecten van Windpark Fryslân op vogels, vleermuizen en overige beschermde natuurwaarden. Toetsing in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 en Flora- en faunawet. Rapportnr. 13-174.2. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Johnston, A., A.S.C.P. Cook, L.J. Wright, E.M. Humphreys & N.H.K. Burton, 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. (including Corrigendum). *Journal of Applied Ecology* 51: 31-41 (1126-1130).
- Poot, M.J.M., C. Heunks, H.A.M. Prinsen & J. de Jong, 2010. Verspreiding van watervogels op het open water in de nazomer in het IJsselmeergebied. Resultaten van vliegtuigtellingen in augustus 2010. Rapportnr. 10-230. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Prinsen, H.A.M., J.C. Hartman, D. Beuker & L.S.A. Anema, 2013. Vliegbewegingen van meeuwen en sterns bij twee windparken op de Eerste Maasvlakte. Veldonderzoek naar flux, vlieghoogtes en aanvaringslachtoffers. Rapportnr. 13-023. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Snow, D. W., C.M. Perrins, B. Hillcoat, R. Gillmor & C.S. Roselaar, 1998. *The birds of the Western Palearctic*. Oxford University Press, UK.
- Winkelman, J.E., 1992. De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvaringslachtoffers. RIN-rapp. 92/2. IBN-DLO, Arnhem.

Bijlage 1 Onderzoekschema modules 1&3

Tabel B1.1 Overzicht van de uren waarin panoramascans zijn uitgevoerd vanaf locatie west.
De weekenden zijn niet in de tabel weergegeven.

	Klokuur													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27-jul														
28-jul	X	X	X	X	X	X	X							
29-jul														
30-jul														
31-jul														
03-aug							X	X	X	X	X	X	X	X
04-aug		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
05-aug							X	X	X	X	X	X	X	X
06-aug														
07-aug														
10-aug							X	X	X	X	X	X	X	X
11-aug		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
12-aug			X	X	X	X	X							
13-aug														
14-aug														
17-aug							X	X	X	X	X	X	X	
18-aug														
19-aug		X	X	X	X									
20-aug									X	X	X	X	X	X
21-aug	X	X	X	X	X	X	X							
24-aug										X	X	X	X	
25-aug	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
26-aug	X	X	X	X						X	X	X	X	X
27-aug														
28-aug														
31-aug							X	X	X	X				
01-sep	X	X	X	X	X	X								
02-sep					X	X								
03-sep		X	X		X	X								
04-sep														
07-sep						X		X	X	X	X	X	X	X
08-sep											X	X	X	X
09-sep														
10-sep	X	X	X	X	X	X	X	X						
11-sep	X	X	X	X										
14-sep														
15-sep	X			X	X	X	X							
16-sep														
17-sep														
18-sep														
21-sep														
22-sep														
23-sep														
24-sep														
25-sep														

Tabel B1.2 Overzicht van de uren waarin panoramascans zijn uitgevoerd vanaf locatie oost.
De weekenden zijn niet in de tabel weergegeven.

	Klokuur													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27-jul														
28-jul														
29-jul														
30-jul														
31-jul														
03-aug			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
04-aug			X	X	X		X	X	X					
05-aug			X	X	X		X	X	X	X	X	X		
06-aug			X	X	X		X	X	X	X	X	X		
07-aug														
10-aug		X	X	X	X	X	X	X	X	X				
11-aug		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
12-aug			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
13-aug			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
14-aug														
17-aug														
18-aug		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X
19-aug		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
20-aug		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
21-aug														
24-aug	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
25-aug	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
26-aug					X	X								
27-aug	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
28-aug	X	X	X	X										
31-aug														
01-sep	X	X	X	X	X	X							X	X
02-sep	X	X	X	X						X	X	X	X	X
03-sep										X	X	X	X	X
04-sep	X	X												
07-sep														
08-sep	X	X				X	X	X	X					
09-sep	X	X				X	X	X	X	X	X	X		
10-sep													X	X
11-sep														
14-sep														
15-sep				X	X	X	X							
16-sep														
17-sep														
18-sep														
21-sep														
22-sep														
23-sep														
24-sep														
25-sep														

Tabel B1.3 Overzicht van de uren waarin panoramascans zijn uitgevoerd vanaf locatie park. De weekenden zijn niet in de tabel weergegeven. Op 31 augustus is halverwege de middag besloten om de observaties te beëindigen in verband met onweer.

	Klokuur													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27-jul														
28-jul														
29-jul														
30-jul														
31-jul														
03-aug														
04-aug														
05-aug														
06-aug														
07-aug														
10-aug							X	X	X	X	X	X	X	X
11-aug														
12-aug														
13-aug														
14-aug														
17-aug														
18-aug														
19-aug														
20-aug	X	X	X	X	X	X	X	X						
21-aug														
24-aug														
25-aug														
26-aug														
27-aug														
28-aug														
31-aug							X	X	X					
01-sep														
02-sep														
03-sep														
04-sep														
07-sep														
08-sep														
09-sep														
10-sep	X	X	X	X	X	X	X	X						
11-sep														
14-sep														
15-sep														
16-sep														
17-sep														
18-sep														
21-sep														
22-sep														
23-sep														
24-sep														
25-sep														

Bijlage 2 Resultaten statistiek

Tabel B2.1 Definitief model van de General Linear Model (GLM) analyse met betrekking tot effecten van verschillende factoren op visdief dichtheden.

Factoren		Type III			F	Significantie (p-waarde)
		SS	df	MS		
Intercept	Hypothesis	34.942	1	34.942	60.568	.000
	Error	5.465	9.473	.577 ^a		
locatie	Hypothesis	3.804	2	1.902	3.564	.038
	Error	20.966	39.287	.534 ^b		
tijd	Hypothesis	4.212	7	.602	3.622	.001
	Error	47.342	285	.166 ^c		
Windkracht	Hypothesis	4.947	5	.989	2.000	.098
	Error	20.865	42.183	.495 ^d		
Windrichting	Hypothesis	2.985	3	.995	1.602	.207
	Error	21.603	34.784	.621 ^e		
locatie * tijd	Hypothesis	5.622	14	.402	2.417	.003
	Error	47.342	285	.166 ^c		
locatie * Windkracht	Hypothesis	23.621	30	.787	4.740	.000
* Windrichting	Error	47.342	285	.166 ^c		

Tabel B2.2 Uitkomst van de Generalized Linear Model (GZLM) analyse met betrekking tot effecten van verschillende factoren op visdief vlieghoogtes.

Factoren	Wald Chi-Square	Type III	
		df	Significantie (p-waarde)
(Intercept)	9727.310	1	.000
locatie	6.542	2	.038
tijd	53.442	7	.000
dagdeel	18.099	2	.000
windkracht	34.485	3	.000
windrichting	10.982	3	.012
neerslag	.759	1	.384
temperatuur	65.644	8	.000

Tabel B2.3 Uitskomst van de Generalized Linear Model (GZLM) analyse met betrekking tot effecten van verschillende factoren op zwarte stern vlieghoogtes.

Factoren	Wald Chi-Square	Type III	
		df	Significantie (p-waarde)
(Intercept)	142.903	1	.000
locatie	813.909	2	.000
tijd	3692.331	7	.000
dagdeel	12.609	2	.002
windkracht	337.759	3	.000
windrichting	3.511	3	.319
neerslag	.144	1	.704
temperatuur	512.237	8	.000



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie & landschap

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl

BIJLAGE 2



Notitie

Datum	28 januari 2016
Aan	RvO, de heer J. van der Sneppen
Van	Pondera Consult in samenwerking met Bureau Waardenburg
Betreft	Aanpassing vrije ruimte Windpark Fryslân naar 40 meter

In de aanvraag voor ontheffing op grond van de Flora en Faunawet voor Windpark Fryslân is uitgegaan van een minimale vrije ruimte, de afstand tussen het waterpeil en de onderzijde van de rotor, van 30 m (op basis van NAP als waterpeil).

In de zomer van 2015 is onderzoek uitgevoerd naar zwarte sterns en visdieven in het plangebied. Dit onderzoek is erop gericht om informatie in te winnen over het voorkomen (het optreden van pieken en de opbouw in tijd hiervan). In dit onderzoek is ook specifiek onderzoek gedaan naar de hoogteverdeling voor deze soorten. Het is bekend dat deze soorten laag boven het water vliegen. In het plangebied van Windpark Fryslân was dat nog niet op deze wijze onderzocht. De resultaten gaven aanleiding om na te denken over de mitigatie voor zwarte stern en visdief. De vrije ruimte onder de rotor kan een belangrijke mitigerende maatregel vormen voor sterfte onder deze soorten door aanvaringslachtoffers. De aanvrager heeft derhalve het initiatief aangepast door de minimale vrije ruimte aan te passen naar 40 meter.

In deze notitie wordt beschreven wat het effect van de gewijzigde vrije ruimte is op het aantal aanvaringslachtoffers onder zwarte stern en visdief en wat dit betekent voor de effectbeoordeling. De effecten van een vrije ruimte voor 30 en 40 meter worden daarbij naast elkaar gezet. De gepresenteerde resultaten zijn aangeleverd door Bureau Waardenburg.

Aanpak

Ten behoeve van de effectbepaling voor windpark Fryslân is door Bureau Waardenburg het Flux-Collision Model toegepast. Dit is een empirisch model dat het mogelijk maakt om op basis van een (bestaand) referentiewindpark, na toepassing van diverse correcties, het aantal aanvaringslachtoffers voor een te realiseren windpark te bepalen. Voor de dichtheden in het plangebied worden gegevens van langjarige tellingen en eigen veldonderzoek gebruikt. Het model is ontwikkeld door Bureau Waardenburg op basis van de ruime ervaring van Bureau Waardenburg met onderzoek naar effecten van windturbines op vogels en de meest recente en best beschikbare wetenschappelijke kennis uit de literatuur. Een beschrijving van het model is opgenomen in bijlage 7A van de ontheffingsaanvraag (bijlage 4 van de betreffende rapportage).

Onderdeel van het model is een correctie voor het aandeel van de vogels dat in het te beoordelen windpark onder de rotor vliegt. Dit is factor h_{cor} in de formule. Echter, deze was alleen toe te passen indien de hoogteverdeling van de flux in het te beoordelen windpark onevenredig verdeeld is over het verticale vlak in tegenstelling tot het referentiewindpark waarin de flux wel evenredig verdeeld is over het verticale vlak. In het referentiewindpark dat voor de visdief en de zwarte stern

is gehanteerd (windpark Slufterdam) is de flux onevenredig verdeeld over het verticale vlak (88% van de flux onder rotorhoogte). In het plangebied voor windpark Fryslân bleek respectievelijk 99% en 93% van de flux tussen 0 en 25 meter te passeren. Voor dit verschil in onevenredige verdeling kon niet gecorrigeerd worden. Voor de visdief en de zwarte stern is h_{cor} daarom aanvankelijk toegepast als 1. Dit betekent dat er oorspronkelijk geen correctie is uitgevoerd voor het verschil in verdeling van de flux over het verticale vlak.

Het model liet het dan ook niet toe om te corrigeren voor het verschil in flux tussen het referentiewindpark (Slufter) en Windpark Fryslân. Verder kon met deze invulling het verschil tussen toepassing van verschillende vrije ruimtes niet worden onderzocht. De resultaten waren daarmee worst case.

Ten behoeve van het bepalen van het effect van het aanpassen van de vrije ruimte is derhalve door Bureau Waardenburg het flux-collision-model aangepast. De aanpassing betreft de factor h_{cor} . Met de aangepaste h_{cor} is mogelijk om te corrigeren voor de hoogteverdeling in de flux (indien voor zowel referentiewindpark als te onderzoek windpark bekend), ongeacht de verdeling in het referentiewindpark. Hierdoor is het mogelijk om te corrigeren voor het verschil in hoogteverdeling tussen windpark Slufterdam en windpark Fryslân.

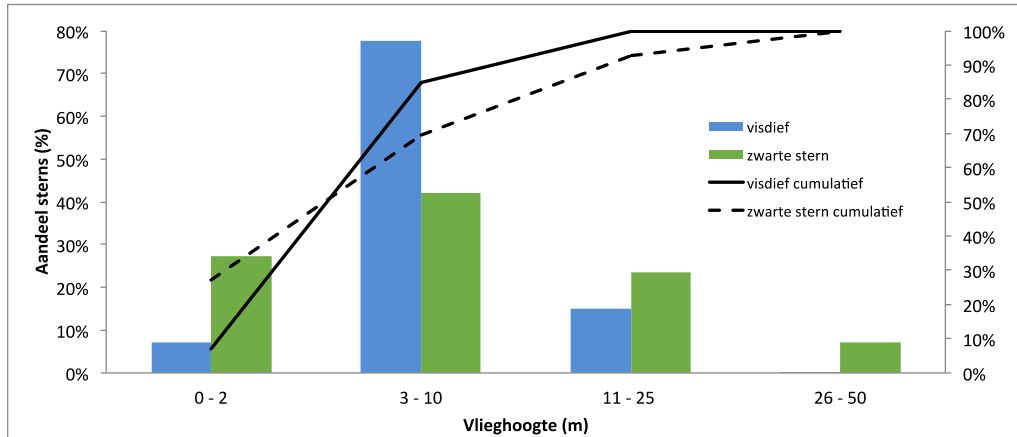
Aanvaringslachtoffers zwarte stern en visdief

Door Bureau Waardenburg zijn de aantallen aanvaringslachtoffers voor zwarte stern en visdief bepaald met toepassing van het aangepaste model voor windpark Fryslân uitgaande van een vrije ruimte van respectievelijk 30 m en 40 m. Daarbij is gebruik gemaakt van de resultaten uit het onderzoek dat afgelopen zomer (2015) door Bureau Waardenburg is uitgevoerd in het plangebied van Windpark Fryslân naar zwarte stern en visdief. In het onderzoek is gedurende langere periode het voorkomen van deze soorten bepaald. Tevens is de vlieghoogte genoteerd. Daarbij is een onderverdeling naar een aantal hoogteklassen gemaakt, 0-2 m, 3-10 m, 11-25 m en 26-50 m. Uit dit onderzoek komt naar voren dat 99% van de visdieven en bijna 93% van de zwarte sterns tussen de 0 en 25 m hoogte vliegen. Voor de zwarte sterns en visdieven met een vlieghoogte van 25 m en hoger is dit met name onderin deze klasse (25-50 m) en in veel gevallen onder de voorziene rotorhoogte van 30 m. De gemiddelde vlieghoogte is lager dan 10 m. De verdeling van het voorkomen op verschillende hoogtes is weergegeven in figuur 1. In tabel 1 zijn de percentages van voorkomen weergegeven. De resultaten uit het onderzoek van 2015 komen overeen met de resultaten van eerder veldonderzoek in 2010 door Bureau Waardenburg. Tijdens de vliegtuigtellingen is de vlieghoogte genoteerd. Dit betreft voor 99,9% van de visdieven en alle zwarte sterns een hoogte van minder dan 25 m.

Tabel 1 verdeling hoogteklasse onderzoek 2015 (Bureau Waardenburg, 2015)

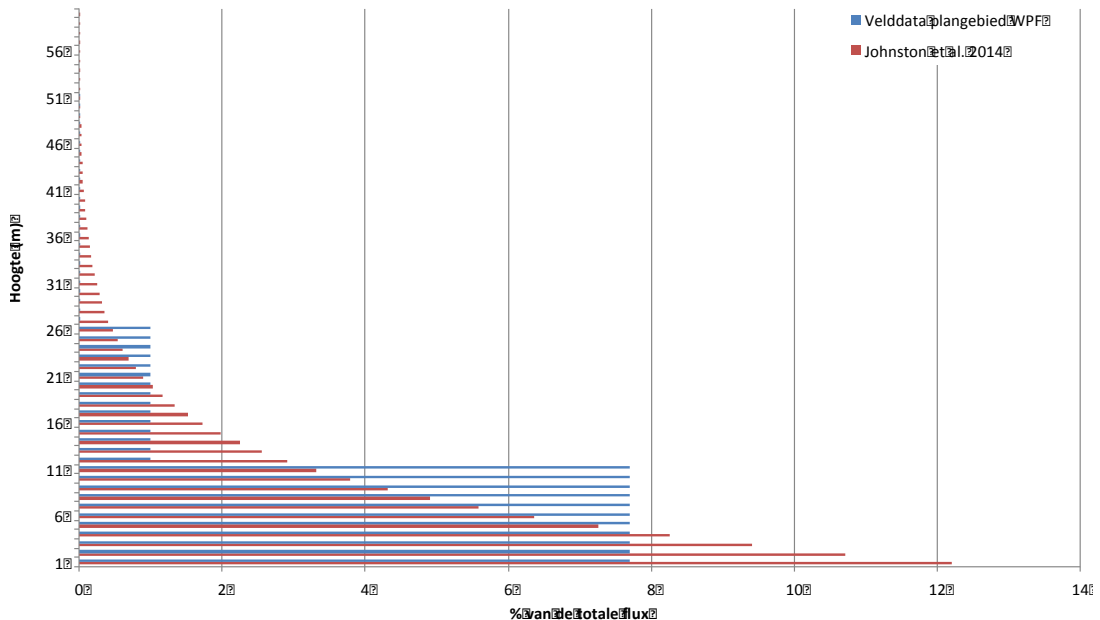
Hoogteklasse	0-2 m	3-10 m	11-25 m	26-50 m
Visdief	7%	78%	15%	<1%
Zwarte stern	27%	42%	23%	7%

Figuur 1 Hoogteverdeling zwarte stern en visdief plangebied (Bureau Waardenburg, 2015)



Omdat in het onderzoek in 2015 het voorkomen in klassen is bepaald is de verdeling gevalideerd met behulp van het model dat door Johnston et al (Johnston, et al 2014¹) is ontwikkeld ten behoeve van de effectbeoordeling van offshore windparken. Dit model is gebaseerd op een brede basis aan literatuur. In figuur 2 zijn de resultaten van beide onderzoeken weergegeven. De verdeling komt goed overeen en het model van Johnston is te benutten voor het verder specificeren van de vlieghoogte in het plangebied, voor 30 en 40 meter. Ook voor de zwarte stern is de hoogteverdeling bepaald met de nieuwe inzichten. De hoogteverdeling is derhalve bepaald op basis van een vergelijkbare curve qua hoogteverdeling als voor de visdief maar met hogere percentages, op grond van de resultaten van het veldonderzoek in 2015.

Figuur 2 Hoogteverdeling visdief



In de volgende tabel is de flux voor de verschillende hoogtes weergegeven.

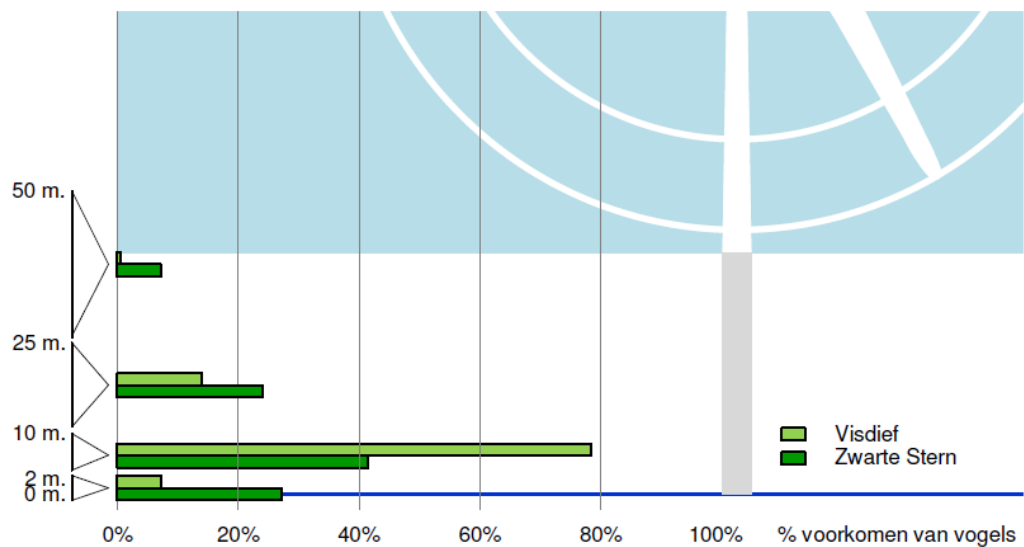
¹ Johnston, A., A.S.C.P. Cook, L.J. Wright, E.M. Humpreys & N.H.K. Burton, 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines (including Corrigendum). Journal of Applied Ecology 51: 31-41 (1126-1130)

Tabel 2 Flux voor verschillende hoogtes ten behoeve slachtofferberekening

Hoogte	Flux boven deze hoogte	
	Visdief	Zwarte stern
30 m	2%	10%
40 m	0,5%	2,5 %

De overige uitgangspunten van het windpark zijn in de berekeningen gelijk gebleven. In de volgende tabel zijn de maximale resultaten opgenomen. Dit betreft de resultaten van 30 en 40 meter vrije ruimte. Dit laat zien dat het aantal aanvaringslachtoffers aanzienlijk wordt gereduceerd door het aanpassen van de vrije ruimte van 30 naar 40 meter en de genoemde correctie voor vlieghoogtes. De volgende figuur maakt inzichtelijk hoe de hoogteverdeling voor deze soorten zich verhoudt tot de vrije ruimte.

Figuur 3 Hoogteverdeling ten opzichte van de vrije ruimte



Tabel 3 Aantallen aanvaringslachtoffers per jaar zwarte stern en visdief bij verschillende vrije ruimte

Soort	Vrije ruimte – afstand wateroppervlak tot onderzijde rotor		
	Jaarlijkse sterfte origineel *	Jaarlijkse sterfte met correctie voor vlieghoogte bij verschillende tiplagtes	
		30 meter	30 meter
Visdief broedvogel	50-60	10	5
Visdief (niet broedvogel)	90-100	20	5
Zwarte stern	110-120	100	30

*Resultaten uit de oorspronkelijke effectbeoordeling, zonder correctie voor vlieghoogte en zonder mitigatie

Aanvaringslachtoffers onder andere soorten

Voor overige soorten waaronder aanvaringslachtoffers worden verwacht geldt dat deze ook kunnen meeprofiten van de mitigerende maatregel door het vergroten van de vrije ruimte naar minimaal 40 meter. De mate waarin is soortspecifiek en zal met name voor soorten die eveneens

laag boven het water vliegen leiden tot een kleiner aantal aanvaringslachtoffers. Het voordeel van een aanpassing van de vrije ruimte is dat deze altijd (jaarrond) van toepassing is. Overige soorten profiteren hier derhalve altijd van, terwijl dit niet het geval is bij de eerder voorziene stilstandvoorziening gericht op zwarte stern en visdief op de karakteristieken van deze soorten en het daadwerkelijk gepiekt voorkomen.

In bijlage 1 van de aanvraag is onderscheidt gemaakt in soorten voor stap 3B en 3C. soorten uit stap 3B betreffen soorten die in het algemeen geen binding met het gebied hebben. Voor deze soorten leidt de aanpassing van de vrije ruimte onder de rotor niet tot de verwachting van een lagere aantal orde-grootte aanvaringslachtoffers. Voor de soorten uit stap 3C is sprake van soorten met binding in het gebied. zoals aangegeven zullen de soorten die ook laag over het water vliegen met name profiteren van de vergroting van de vrije ruimte. In de volgende tabel is aangegeven voor welke soorten het aantal aanvaringslachtoffers dat jaarlijks wordt verwacht, ten opzichte van tabel 5.3 uit bijlage 1 van de aanvraag lager zal zijn en welke derhalve meeprofiten van de vergroting van de vrije ruimte.

Tabel 4 Soorten die meeprofiten van de vergroting van de vrije ruimte

Soort	Soort	Soort
Tafeleend	Kuifeend	Topper
Dwergmeeuw	Kleine Mantelmeeuw	Kokmeeuw
Stormmeeuw	Zilvermeeuw	Grote mantelmeeuw

Effectbepaling

De aantallen aanvaringslachtoffers voor visdief en zwarte stern zijn aanmerkelijk kleiner ten opzichte van de oorspronkelijke effectbepaling. De oorzaak hiervan is enerzijds gelegen in de kennis die is opgedaan over de vlieghoogte van beide soorten en de aanpassing van het Flux-Collision model dat een betere en meer nauwkeurige effectbeoordeling, voor soorten die een heterogene verdeling in de hoogte kennen, mogelijk maakt. Anderzijds is dit het gevolg van het vergroten van de vrije ruimte onder de rotor.

De additionele sterfte van het windpark kan vergeleken worden met de 1% mortaliteitsnorm van deze soorten. In de effectbeoordeling voor de flora en faunawet is deze waarde voor de soorten opgenomen. Voor de visdief betreft dit 38 vogels en voor de zwarte stern eveneens 38. Indien het aantal aanvaringslachtoffers niet meer bedraagt dan 1% van de natuurlijke mortaliteit voor de betreffende populatie is de sterfte dermate klein dat geen aantoonbaar effect op de populatieomvang ten gevolge van het windpark optreedt en kunnen negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding met zekerheid worden uitgesloten. Van de visdief (zowel voor lokale broedvogels, als voor vogels die buiten het broedseizoen in het IJsselmeer verblijven) worden maximaal 10 slachtoffers per jaar voorzien bij een tiplaaagte van 40 meter (tabel 3). De Nederlandse broedpopulatie is kleiner dan de Nederlandse niet-broedvogelpopulatie. Bij wijze van worst case is de voorziene sterfte dan ook (in zijn geheel) getoetst aan de Nederlandse broedvogelpopulatie (in afwijking van Heunks et al. 2015).

Een bijkomend voordeel van het wijzigen van de vrije ruimte is dat andere soorten hier jaarrond van mee kunnen profiteren, terwijl dit bij een gerichte stilstandvoorziening beperkt was tot de momenten van stilstand gericht op zwarte stern en visdief.

In de volgende tabel zijn de resultaten van de aangepaste berekeningen vergeleken met de 1% norm. Tevens is ter referentie het aantal aanvaringslachtoffers na mitigatie (stilstandvoorziening) zoals in de oorspronkelijke effectbepaling opgenomen weergegeven om het effect van de mitigatie door middel van het vergroten van de vrije ruimte te presenteren. De tabel laat zien dat de maximale sterfte aanmerkelijk lager is dan oorspronkelijk bepaald in de effectbeoordeling, na toepassing van de stilstandvoorziening.

Tabel 4 Vergelijking additionele sterfte met 1% natuurlijke mortaliteit

Soort	1% mortaliteit populatie	Aanvaringslachtoffers na mitigatie	
		Oorspronkelijk effectberekening 30 m, excl. en incl. stilstandvoorziening	Vrije ruimte 40 meter
Visdief (niet)-broedvogel	38	51-100 /40-50	10
Zwarte stern	38	51-100/ 60-70	30

Conclusie

Op basis van de resultaten komt naar voren dat het aantal aanvaringslachtoffers bij een vrije ruimte onder de rotor van 40 m voor zowel visdief als zwarte stern niet hoger is dan 1% van de natuurlijke mortaliteit voor de betreffende soorten kunnen negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding ten gevolge van additionele sterfte ten gevolge van het windpark met zekerheid worden uitgesloten. Dit stemt overeen met de resultaten van de eerdere beoordeling, zij het dat het aantal aanvaringslachtoffers respectievelijk grofweg 80% voor visdief en meer dan 50% voor zwarte stern lager is ten opzichte van hetgeen was bepaald.