WATER PROOF Marine Consultancy & Services B.V.

Technisch overzicht radarsystemen offshore windparken

Rijkswaterstaat Zee en Delta

11-apr-16

Ons referentienummer: WP2016_1023

Titel

Technisch overzicht radarsystemen offshore windparken

Klant	**Referentie**
Rijkswaterstaat Zee en Delta	WP2016_1023

Kernwoorden

Offshore, windparken, radar, vogelmigratie, mitigatiemaatregel, voorspellingsmodel.

Samenvatting

In periodes waarin veel vogels over zee migreren neemt het aantal aanvaringsslachtoffers van vogels tegen de rotorbladen van offshore windmolens toe. Om het aantal aanvaringen te beperken wordt een mitigerende maatregel uitgevoerd, waarbij gedurende vogelmigratieperiodes de turbines zeer langzaam dienen te draaien.

Om de mitigatiemaatregel uit te voeren is inzicht in de intensiteit van vogelmigratie (flux) nodig. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van radarsystemen en van modellen. Radarsystemen meten de daadwerkelijke flux door het windpark en kunnen daarom direct worden ingezet voor uitvoering van de maatregel. Modellen daarentegen kunnen vogelmigratie op basis van te verwachten weersomstandigheden voorspellen, waardoor geanticipeerd kan worden op de gevolgen voor het elektriciteitsnet door de tijdelijke afname van stroomlevering. Voor de ontwikkeling van het model zijn gegevens van vogelmigratie in windparken nodig die door radarsystemen kunnen worden verzameld.

In deze studie zijn de technische specificaties van verschillende radarsystemen geïnventariseerd en is met de sector de haalbaarheid van het plaatsen van deze systemen op offshore windturbines besproken. Daarnaast is met vogelradarspecialisten en modelontwikkelaars de opzet van de radarsystemen besproken zodat de juiste gegevens worden verzameld voor uitvoering van de maatregel op basis van radarsystemen en voor de verzameling van gegevens voor modelvalidatie.

Het plaatsen van radarsystemen op offshore windturbines is technisch mogelijk, mits deze systemen al in de ontwerpfase van het windpark kunnen worden meegenomen. Wel zijn er een aantal aspecten die speciale aandacht behoeven, waaronder health & safety offshore.

Voor de opzet van de radarsystemen wordt aanbevolen om gebruik te maken van een combinatie van een horizontale en verticale radar, om zowel de maatregel te kunnen uitvoeren als gegevens te verzamelen die voor modelkalibratie en -validatie kunnen worden gebruikt. Bij de plaatsing van twee radarcombinaties per windenergiegebied worden naar verwachting voldoende gegevens verzameld voor uitvoering van de maatregel.

Om de maatregel te operationaliseren zijn nog een belangrijk aantal belangrijke stappen te zetten, waaronder de selectie van radarsystemen, het opstarten van het modelontwikkelingstraject en start van dataverzameling op korte termijn.

Versie	Datum	Auteur	Review & Goedkeuring
1.0	01-April-2016	R.C. Snoek	L.M. Perk
2.0	11-April-2016	R.C. Snoek	L.M. Perk

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave 4

1 Inleiding 6

1.1 Aanleiding 6

1.2 Radarsystemen & Migratievoorspellingsmodel 6

1.3 Doel 7

1.4 Aanpak 8

1.5 Leeswijzer 9

2 Achtergrond vogelmigratie en mitigatiemaatregel 10

2.1 Vogelmigratie 10

2.2 Mitigatiemaatregel ter vermindering van aanvaringsslachtoffers onder trekvogels 12

3 Technische specificaties radarsystemen 15

3.1 Type radarsystemen 15

3.2 Inventarisatie technische specificaties radarsystemen 16

3.3 Ordegrootte technische specificaties radarsystemen 17

4 Opzet radars offshore windparken 19

4.1 Technische haalbaarheid 19

4.2 Functionele aspecten 22

4.3 Opzet radarsystemen offshore windparken 27

5 Overview for tender 28

5.1 Mitigation measure to reduce collisions of migratory birds 28

5.2 Horizontal & vertical radar 28

5.3 Specifications 28

5.4 Layout of radar systems 29

5.5 Planning 30

5.6 QHSE 30

6 Roadmap radarsystemen ***31***

6.1 Roadmap radarsystemen 31

6.1.1 Opstellen tijdlijn naar operationele radarsystemen 31

6.1.2 Selectie en aanschaf/lease van radarsystemen 32

6.1.3 Opstarten modelontwikkeling vogelmigratie 32

6.1.4 Starten leer/test fase voor plaatsing offshore 32

6.1.5 Voorbereiding uitvoering mitigatiemaatregel 33

6.1.6 Starten dataverzameling 34

6.1.7 Risico's en aansprakelijkheid 34

Bijlage 1: Specificaties radarsystemen ***35***

Bijlage 2: Workshop wind sector ***49***

1 INLEIDING

1.1 AANLEIDING

In periodes waarin veel vogels over zee migreren neemt het aantal aanvaringsslachtoffers van vogels tegen de rotorbladen van offshore windmolens toe. Om het aantal aanvaringen te beperken is in het kavelbesluit voor Borssele een mitigerende maatregel opgenomen, waarbij gedurende vogelmigratieperiodes de turbines zeer langzaam dienen te draaien (<1rpm) door de turbinebladen tijdelijk uit de wind te draaien (zie paragraaf 2.2, Box 1). Deze maatregel dient geoperationaliseerd te worden.

1.2 RADARSYSTEMEN & MIGRATIEVOORSPELLINGSMODEL

Om de mitigatiemaatregel uit te voeren is inzicht in de intensiteit van vogelmigratie (flux) nodig. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van radarsystemen en van modellen.

Radarsystemen

Radarsystemen meten de daadwerkelijke flux door het windpark en kunnen daarom direct worden ingezet voor uitvoering van de maatregel. Bij overschrijding van een bepaalde drempelwaarde (zie hoofdstuk 2) kan een signaal naar land worden gestuurd waarna de turbines in langzaam draaiende stand gezet kunnen worden. Radarsystemen kunnen migratie echter niet voorspellen en zijn daarnaast relatief duur in onderhoud en operationeel houden op zee.

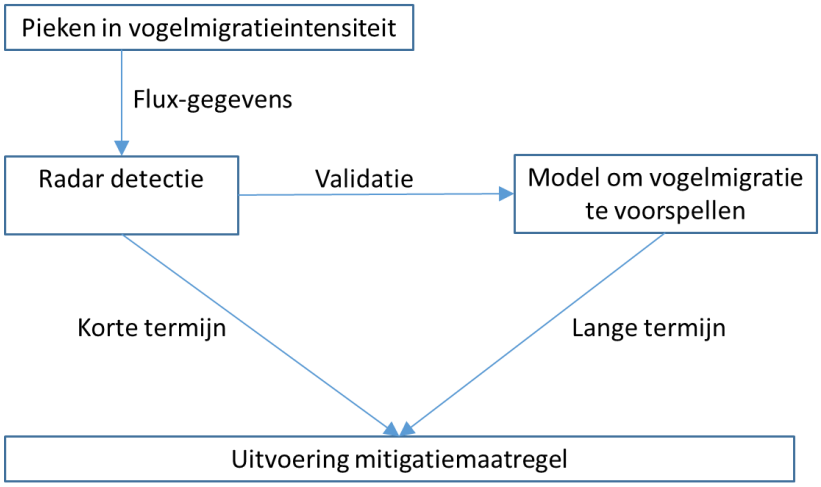
Migratievoorspellingsmodellen

Modellen daarentegen kunnen vogelmigratie op basis van te verwachten weersomstandigheden voorspellen. Dit heeft een grote meerwaarde ten opzichte van radarsystemen, omdat bij uitvoering van de mitigatiemaatregel er tijdelijk geen stroom geleverd wordt aan het net. Door te kunnen voorspellen wanneer dit gaat plaatsvinden kan de operator van het windpark de netbeheerder hier vooraf over op de hoogte stellen. De netbeheerder kan hierop anticiperen waardoor schommelingen op het net kunnen worden voorkomen. Vanuit de sector is aangegeven dat dit zeer wenselijk zou zijn. Daarnaast is uitvoering van de maatregel op basis van modellen goedkoper omdat geen (of minder) activiteiten op zee nodig zijn.

Deze migratievoorspellingsmodellen zijn al ontwikkeld en operationeel voor luchthavens en defensie, echter momenteel zijn deze modellen nog niet ontwikkeld voor het voorspellen van migratie-intensiteit op de hoogtes waarin de rotorbladen draaien (orde 25-250m). Deze modellen dienen te worden ontwikkeld en vervolgens gekalibreerd en gevalideerd worden met gegevens die door de radarsystemen op zee verzameld worden.

Op de korte termijn zullen vooral radarsystemen de benodigde informatie moeten leveren op basis waarvan de turbines tijdelijk uit de wind kunnen worden gedraaid. Om de voorspellende modellen te kunnen ontwikkelen, te kalibreren en te valideren zijn daarnaast gegevens van vogelmigratie door de windparken nodig. Daartoe dienen radarsystemen op de geplande offshore windparken te worden geplaatst.

Figuur 1 geeft schematisch weer hoe een combinatie van radar en model worden ingezet voor uitvoering van de mitigatiemaatregel.



Figuur 1 Schema uitvoering mitigatiemaatregel door middel van radar en modelvoorspelling.

Om de haalbaarheid en invulling van deze maatregel te bepalen voor de windkavels, is onder andere technische informatie nodig over radarsystemen die op de turbines kunnen worden geplaatst.

Daarnaast is afstemming nodig met vogelradarspecialisten en modelontwikkelaars over de geschiktheid van verschillende radarsystemen voor modelvalidatie.

1.3 Doel

Het doel van deze studie is in de eerste plaats om een overzicht van de technische specificaties van potentiele radarsystemen op te stellen. Dit overzicht dient voldoende technische informatie te bevatten om de haalbaarheid van het plaatsen van de radarsystemen op offshore windturbines in overleg met de windsector te kunnen bepalen.

Daarnaast dienen de benodigde specificaties van potentiele radarsystemen afgestemd te worden met de ontwikkelaars van het migratievoorspellingsmodel (Universiteit van Amsterdam,

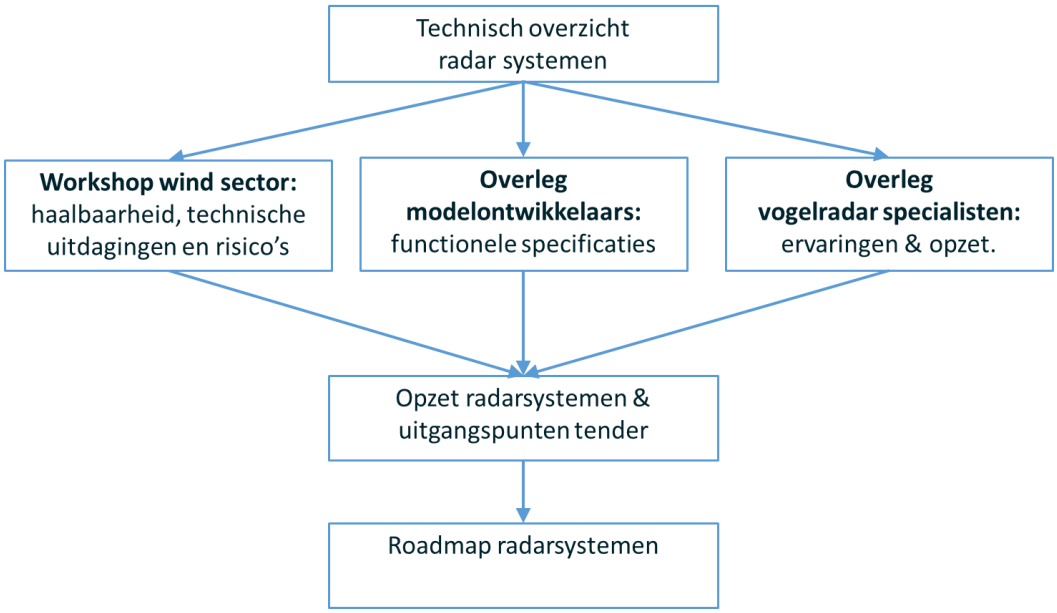
UvA), zodat de informatie die benodigd is voor modelvalidatie ook daadwerkelijk door de te plaatsen radarsystemen wordt verzameld.

Ook is het doel om een overzicht op te stellen van de belangrijkste stappen die genomen dienen te worden om een operationeel mitigatiesysteem op te zetten.

1.4 AANPAK

Figuur 2 geeft de stappen van deze studie weer. Er is gestart met een inventarisatie van technische specificaties van mogelijk geschikte radarsystemen die op de markt verkrijgbaar zijn. Deze specificaties zijn vervolgens in een workshop besproken met de wind sector om de technische haalbaarheid van het plaatsen van deze radarsystemen op offshore windturbines te bepalen. Parallel zijn de functionele specificaties van radarsystemen met modelontwikkelaars van de UvA besproken en zijn specialisten met ervaring in offshore vogelradarstudies geraadpleegd.

Op basis van deze gesprekken is de opzet van de radarsystemen op de offshore windparken bepaald en is een overzicht met uitgangspunten opgesteld die zo nodig gebruikt kan worden als ondersteunende informatie ten behoeve van de tenderdocumenten voor de windkavels. De uitwerking van de ontwikkeling van het migratievoorspellingsmodel valt buiten de scope van dit project.



Figuur 2 Aanpak van de studie

1.5 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt ter achtergrondinformatie kort een overzicht gegeven van vogelmigratie op de Noordzee in relatie tot de mitigatiemaatregel om het aantal vogelaanvaringen te verminderen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de technische informatie van mogelijk geschikte radarsystemen beschreven en wordt een overzicht van de verschillende systemen beschreven die aan de windsector in een workshop zijn voorgelegd. In hoofdstuk 4 wordt de informatie beschreven niet naar voren is gekomen uit de technische workshop met de windsector en diverse overleggen met radar- en vogelmodelspecialisten. Op basis van deze informatie is de opzet van de radarsystemen voor de toekomstige windparken bepaald en beschreven. In hoofdstuk 5 zijn de uitgangspunten beschreven die als ondersteunende informatie gebruikt kunnen worden voor de tender(s) voor het windkavel Borssele. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een overzicht gegeven van de belangrijkste stappen die dienen te worden genomen om een operationeel mitigatiesysteem op te zetten.

2 ACHTERGROND VOGELMIGRATIE EN MITIGATIEMAATREGEL

2.1 VOGELMIGRATIE

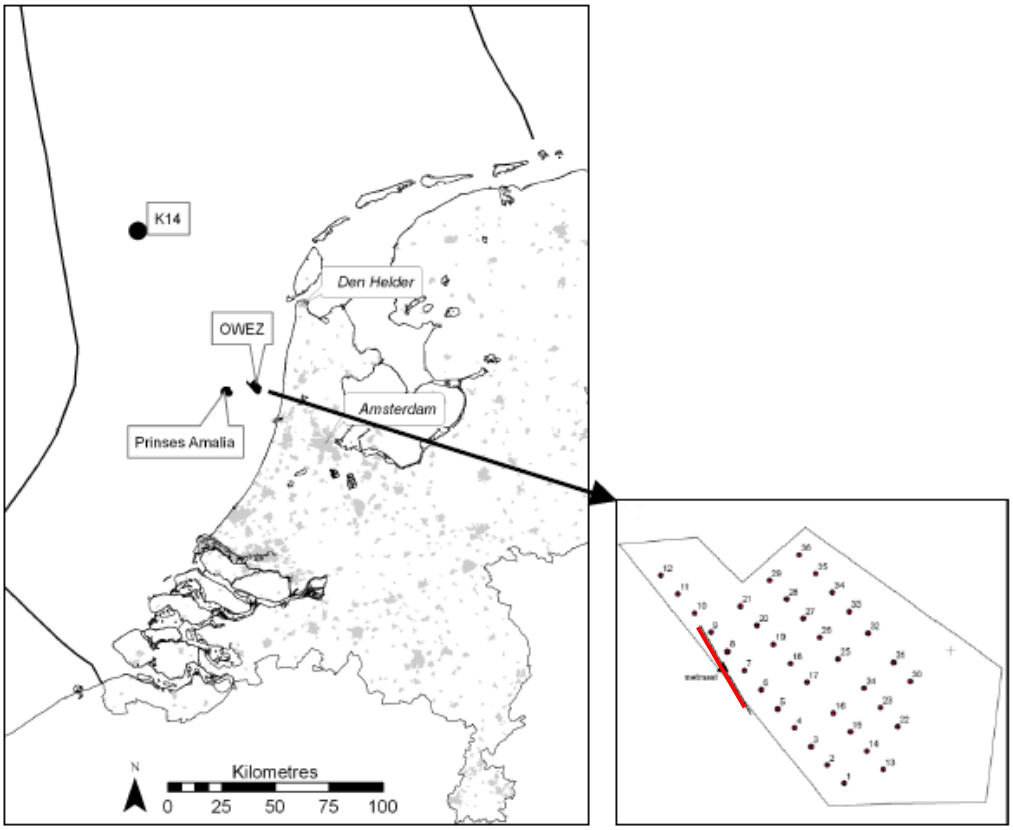
Jaarlijks migreren grote aantallen vogels over de Noordzee, voornamelijk in twee migratierichtingen. De ene route wordt gevormd door vogels die migreren tussen broedgebieden op het vasteland in Noord-Europa / Scandinavië en het Verenigd Koninkrijk en de andere route wordt gevormd door vogels die migreren tussen Noord-Europa / Scandinavië en overwinteringsgebieden in Zuid-Europa en Afrika.

Voornamelijk zangvogels kunnen in massale aantallen over de Noordzee migreren. Deze migratie door windmolenparken op zee kunnen, zoals ingeschat in de MER-studies bij de kavelbesluiten, leiden tot aanvaringen van vogels tegen de rotorbladen van de windmolen. Hoewel migratie voornamelijk op grotere hoogtes plaatsvinden, blijkt uit onderzoek dat een deel van de migratie ook op rotorhoogte plaatsvindt (Krijgsveld et al. 2011, Krijgsveld et al. 2015). Dit kan leiden tot aanvaringsslachtoffers van verschillende vogelsoorten.

Om meer inzicht te krijgen in de migratiepatronen in relatie tot offshore windmolenparken is in de periode van 2007-2011 met behulp van radarsystemen in combinatie met visuele waarnemingen vogelmigratie door het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) onderzocht (Krijgsveld et al 2015). Hierbij zijn radarsystemen geplaatst op de MetMast van het OWEZ windpark (zie Figuur 3).

Figuur 4 geeft de gemeten fluxen door het OWEZ windpark over de periode van 2007-2011. Hieruit blijkt dat sterke migratiepieken optreden met hoge fluxen in het voorjaar (voornamelijk vanuit het Verenigd Koninkrijk naar vasteland) en najaar (voornamelijk vanuit vasteland naar het Verenigd Koninkrijk).

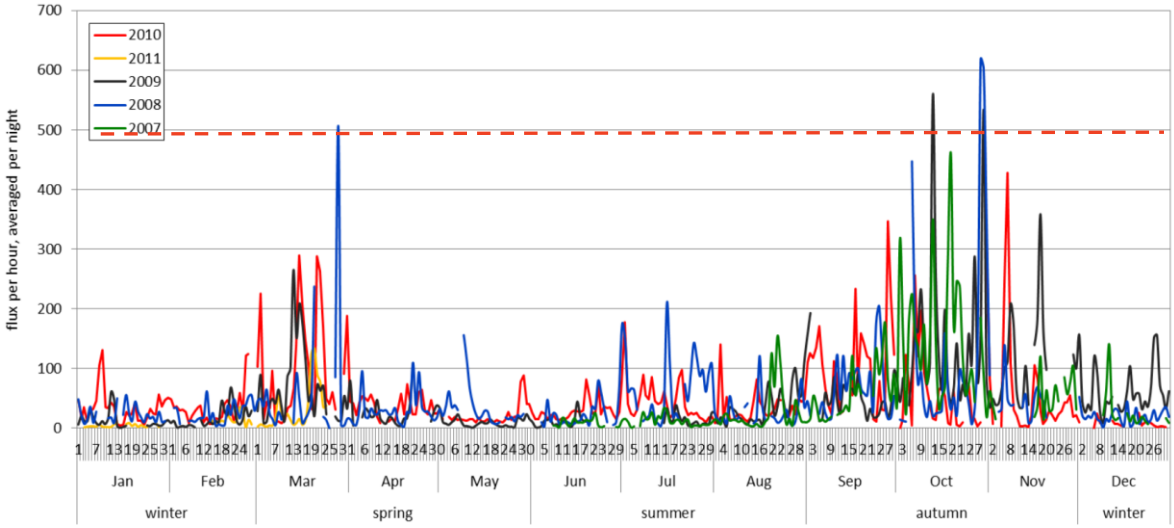
Voor meer informatie over de uitgevoerde onderzoeken wordt verwezen naar de openbaar beschikbare onderzoeksrapporten (Krijgsveld et al. 2011, Krijgsveld et al. 2015)[1]:



Figuur 3 Radar onderzoek naar vogelmigratie in OWZ (uit Krijgsveld et al. 2015). De rode lijn geeft de kijkrichting van de verticale radar dwars op de migratierichting aan.

Krijgsveld K.L., R.C. Fijn, M. Japink, P.W. van Horssen, C. Heunks, M.P. Collier, M.J.M. Poot, D. Beuker & S. Dirksen 2011. Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee: Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. NoordzeeWind report nr OWEZ_R_231_T1_20111114_flux&flight, Bureau Waardenburg report nr 10-219.

Krijgsveld K.L., R.C. Fijn, Lensink, R. 2015. Occurrence of peaks in songbird migration at rotor heights of offshore wind farms in the southern North Sea. Bureau Waardenburg report nr 15-119.



Figuur 4 Vogelfluxen op rotorhoogte (25-250m) weergegeven als flux per uur gemiddeld per nacht, gemeten in OWEZ over de periode 2007-2011 (uit Krijgsveld et al. 2015). De oranje stippellijn geeft de door de overheid bepaalde drempelwaarde van 500 echo's/km^2/uur aan waarboven de mitigerende maatregel van kracht is.

2.2 MITIGATIEMAATREGEL TER VERMINDERING VAN AANVARINGSSLACHTOFFERS ONDER TREKVOGELS

Doordat migratie deels op rotorhoogte plaatsvindt, kan dit leiden tot aanvaringen waarbij vogelslachtoffers vallen. Uit de radarstudies blijkt dat massale migratie optreedt in relatief korte tijdsperiodes. Zo blijkt uit Krijgsveld et al. (2015) op basis van drie meetjaren in OWEZ, dat meer dan 4% van de jaarlijkse migratie die 's nachts en op rotorhoogte plaatsvindt, in slechts een aantal nachten per jaar (ca. 30 uur) optreedt. Er wordt verwacht dat het geschatte aantal vogelaanvaringen in deze nachten ook ca. 4% van het totale aantal aanvaringen per jaar zal zijn.

Tijdens uitvoering van de mitigatiemaatregel wordt de draaisnelheid van de turbines tijdelijk verlaagd waardoor aanvaringen met vogels worden verminderd. Hierdoor wordt in deze periode geen energie opgewekt en treedt daarmee verlies op voor exploitanten van de windparken. Er is daarom gezocht naar een optimale drempelwaarde waarbij de maatregel moet worden uitgevoerd, waarbij een deel van de aanvaringen wordt voorkomen en tegelijkertijd het energieverlies beperkt blijft. Deze drempelwaarde is door de overheid op basis van Krijgsveld et al. (2015) vastgesteld op een flux van 500 echo's/km^2/uur.

De drempelwaarden van 500 echo's/km^2/uur is als criterium gesteld voor uitvoering van de maatregel, het percentage vogels en tijdsduur waarin deze drempelwaarde wordt overschreden is een gevolg van de drempelwaarde en kan dus per jaar variëren.

Box 1 geeft de tekst en het voorschrift zoals opgenomen in het Kavelbesluit weer.

Box 1. Voorschrift mitigatiemaatregel Kavelbesluit (7.8.4 Vermijden aanvaringen trekvogels)

Om aanvaringsslachtoffers onder trekvogelsoorten tot een minimum te beperken wordt een voorschrift aan dit besluit verbonden dat toeziet op het zoveel mogelijk vermijden van aanvaringsslachtoffers bij migratiepieken.

Tot dusverre lijkt alleen het verlagen van het aantal rotaties van de rotor tot minder dan 1 per minuut een hoge effectiviteit te kunnen hebben in het verminderen van het aantal aanvaringslachtoffers[1].

Inschattingen van de omvang van de effectiviteit hiervan zijn nauwelijks bekend en bovendien slecht vergelijkbaar of extrapoleerbaar omdat de effectiviteit sterk locatiespecifiek is. De effectiviteit is sterk afhankelijk van de mate waarin de maatregel is afgestemd op het soortspecifieke voorkomen en gedrag van vogels op de projectlocatie. In dit besluit wordt daarom de maatregel aangepast op de aanwezigheid van massale vogeltrek op de Noordzee om zodoende een hoge effectiviteit te behalen.

Migratiepieken komen het meest voor in omstandigheden met mooi weer en rugwind van 3-4 Bft. Vogels vliegen effectiever in condities met rugwind en besparen daardoor energie. Weercondities kunnen echter in korte tijd omslaan van gunstig naar ongunstig (draaiende wind, door regen/mist/bewolking afnemend zicht, enz.). Vanwege het verslechterde zicht zullen vogels dan over het algemeen lager gaan vliegen, waarbij ze in grote getalen op rotorhoogte terecht kunnen komen. Tijdens dit soort condities worden ook de meeste slachtoffers gevonden bij platforms[2]. Dergelijke omstandigheden komen niet vaak en onregelmatig voor[3]. In hun onderzoek identificeerden Lensink et al drie grote gevallen van dergelijke "vogeldalingen" in de periode van 1978 tot 1990. Deze vogeldalingen waren van een dergelijke omvang dat deze over de gehele Zuidelijke Noordzee werden waargenomen. Ondanks het geringe aantal daadwerkelijke waarnemingen werd op basis van de schaarsheid van data op zee geconcludeerd dat vogeldalingen zich jaarlijks voordoen op de Zuidelijke Noordzee.

Om te voorkomen dat jaarlijks zeer hoge aantallen vogels aanvaringsslachtoffer worden tijdens deze vogeldalingen, is besloten een voorschrift op te nemen waarin verplicht wordt gesteld dat een systeem moet worden opgenomen dat real-time vogelmigratie waarneemt. Dit systeem moet gekoppeld zijn aan het controlesysteem van de windturbines. De overheid zal de kosten voor de aanschaf en het onderhoud van één systeem (met meerdere onderdelen) voor alle kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) voor zijn rekening nemen. Wanneer de waargenomen vogeldichtheid een vastgestelde grenswaarde overstijgt, dient het aantal rotaties van de rotoren van de windturbines tot minder dan 1 worden gebracht.

Op basis van data uit OWEZ is ook geprobeerd te analyseren bij welke vogeldichtheid deze grenswaarde zou moeten liggen[4]. Het feit dat bij de gemeten hoge fluxen op rotorhoogte ook

hoge fluxen boven rotorhoogte werden waargenomen, leidt echter tot de conclusie dat tijdens de onderzoeksperiode geen vogeldalingen zijn waargenomen. Het is daarom zeer waarschijnlijk dat er nachten zullen voorkomen waarin veel hogere concentraties vogels door het windpark zullen vliegen dan nu zijn waargenomen. Op basis van de beschikbare gegevens is gekozen voor een grenswaarde van 500 vogels/km/uur op rotorhoogte. Hieruit blijkt dat bij deze grenswaarde 4% van de slachtoffers tijdens "gewone" migratie wordt voorkomen. Echter, wanneer een vogeldaling zich voordoet zal het aantal voorkomen slachtoffers veel hoger uitvallen. Op basis van de gegevens van OWEZ wordt geschat dat deze maatregel jaarlijks circa dertig uur stilstand van de windturbines tot gevolg zal hebben.

Voorschrift:

1. Maatregelen ter beperking van aanvaringsslachtoffers onder vogels op rotorhoogte bij massale vogeltrek:

a) in nachten (tussen zonsondergang en zonsopkomst), gedurende de periode waarin daadwerkelijk sprake is van massale vogeltrek, wordt het aantal rotaties per minuut per windturbine tot minder dan 1 gebracht;

b) ten behoeve van de uitvoering van het voorschrift, bedoeld in onderdeel a, wordt het controlesysteem van de windturbines gekoppeld aan een systeem dat de daadwerkelijke vogeltrek waarneemt;

c) de vergunninghouder beschrijft in een plan op basis van welk relevant transect de vogeldichtheid wordt bepaald en dient dit plan uiterlijk 8 weken voorafgaand aan de start van de bouw in bij de minister van Economische Zaken;

d) de in onderdeel b van dit voorschrift beschreven koppeling wordt volgens het in onderdeel c genoemde plan uitgevoerd;

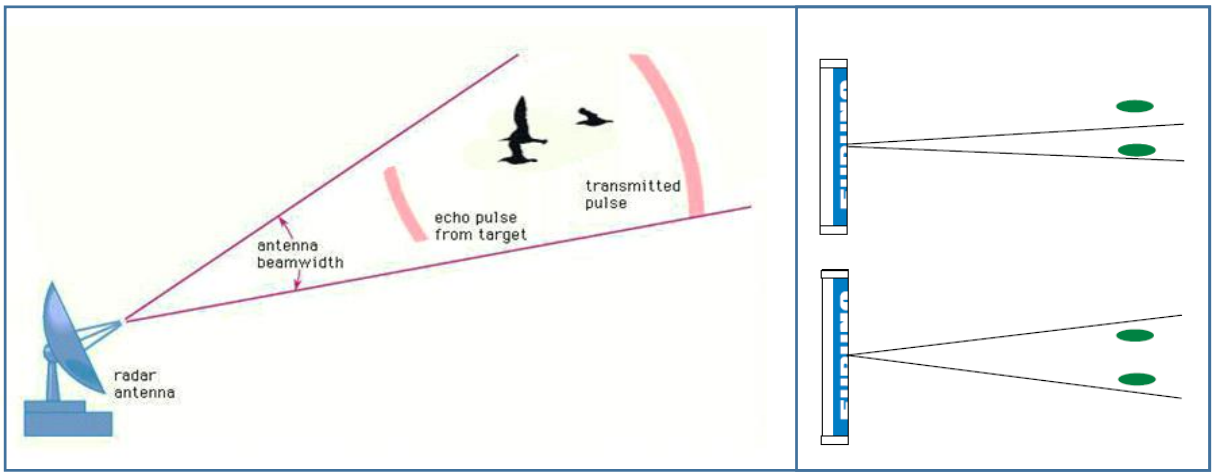
e) de vergunninghouder geeft jaarlijks op 1 juli en 1 januari in een rapportage naar de minister van Economische Zaken aan hoe en op welke wijze aan dit voorschrift uitvoering is gegeven.

3 TECHNISCHE SPECIFICATIES RADARSYSTEMEN

3.1 TYPE RADARSYSTEMEN

Met radarsystemen kunnen objecten op afstand worden gedetecteerd door het uitzenden van radiogolven (pulse) en het ontvangen van de radiogolven als deze reflecteren op de objecten. Het radar principe is weergegeven in Figuur 5. Objecten die zich in de bundel van de radar begeven worden waargenomen.

Om objecten uit alle richtingen te kunnen waarnemen, draaien radar antennes om hun as en worden pulsen in alle richtingen uitgezonden. De bundel van de radar waarin pulsen worden uitgezonden is echter met opzet niet breed, omdat met een smalle bundel onderscheid gemaakt kan worden tussen objecten. Dit is geïllustreerd in Figuur 5, waar met een brede bundel twee objecten als één object wordt waargenomen en met een smalle bundel wel twee objecten worden waargenomen. De radarsystemen in dit rapport hebben allen een voldoende smalle bundel om kleine objecten zoals vogels goed te kunnen onderscheiden.

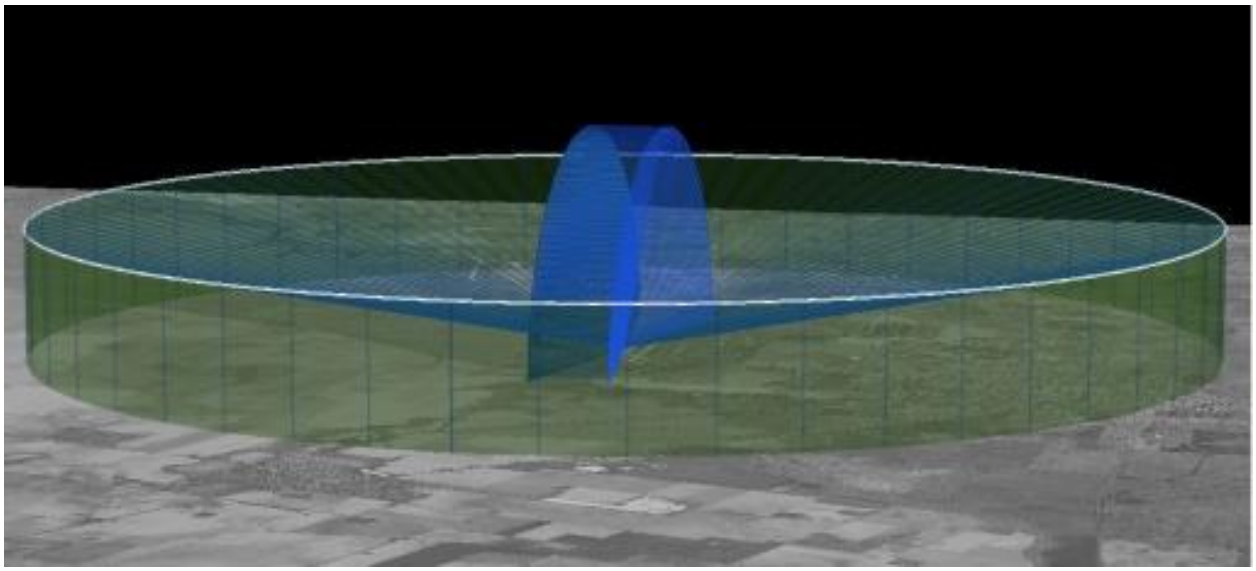


Figuur 5 Principe van radarsystemen (links) en detectie van objecten met een brede en smalle bundel (rechts).

Afhankelijk van het doel, kunnen verschillende typen radarsystemen worden ingezet. Horizontale radars, waarbij antennes in een horizontaal vlak om hun as draaien, zijn geschikt om vliegrichting en vliegsnelheid van vogels te kunnen bepalen en om vogels te volgen (*tracking*). Verticale radars, waarbij antennes in een verticaal vlak om hun as draaien zijn geschikt om vlieghoogte te kunnen bepalen en fluxen te meten in een verticaal vlak. Figuur 6 illustreert de

vlakken waarin objecten worden waargenomen bij een combinatie van horizontale en verticale radar.

Daarnaast zijn er *pencil beam* radars beschikbaar die met een zeer smalle bundel objecten goed kunnen volgen, waarmee met name vliegrichting en snelheid van vogels goed mee kan worden bepaald. Vanwege de smalle bundel is zijn *pencil beam* radars minder geschikt om de flux van vogels te meten, om dat het waarnemende gebied van het radarsysteem kleiner is.



Figuur 6 Combinatie van horizontale en verticale radar (U.S. Fish and Wildlife Service photo).

3.2 INVENTARISATIE TECHNISCHE SPECIFICATIES RADARSYSTEMEN

Er is een inventarisatie gemaakt naar technische- en functionele specificaties van de verschillende beschikbare radarsystemen waarmee vogelmigratie kan worden gemeten. De volgende merken zijn in deze inventarisatie meegenomen:

- Detect – Merlin (USA / UK)
- Robin Radar (Nederland)
- Swiss Bird-Radar (Zwitserland)
- Accipiter Radar (Canada)
- Strix Birdtrack Radar (Portugal)
- Scanter 5000 Radar (Denemarken)
- DHI - LAWR 25 (Denemarken)

De inventarisatie heeft zich in de eerste plaats gericht om de haalbaarheid van het plaatsen van de systemen op offshore turbines (in plaats van het OHVS zoals gebruikelijk) te bepalen. Daarnaast is nagegaan of de radarsystemen geschikt zijn om vogelmigratie te kunnen meten.

Hiervoor zijn (1) technische specificaties en (2) functionele specificaties bij de leveranciers opgevraagd (zie Tabel 1). De resultaten van deze inventarisatie van de verschillende merken zijn weergegeven in Bijlage 1.

Tabel 1 Overzicht van opgevraagde technische en functionele specificaties.

Technical specifications	Functional specifications
Offshore experience (J/N)	Power (kW)
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Rotational speed (rpm)
Radar brand	Data sampling frequency
Dimensions antenna	Pulse emission frequency
Height	Beam width (degrees)
Weight	Beam height (degrees)
Construction on WTG (wind turbine generator)	Side lobe suppression
Minimal height above sea-level	Horizontal range / spatial coverage
Power supply (V,A)	Vertical range / spatial coverage
Cable connection (type, diameter, length)	Vertical flex possible (change vertical orientation)
Internal network speed	Accuracy / smallest detection
Bandwidth data connection	Resolution
Frequency	Use of radar fence
Additional hardware for signal processing	Automatic database registration
Software	Visualization software
Operating system	Connection to mitigation measure
Maintenance needs	Connection to SCADA system
Power backup	Species specific information
Waterproof classification (IP code)	
Operational wind force range	
Magnetron / Solid state	

3.3 ORDEGROOTTE TECHNISCHE SPECIFICATIES RADARSYSTEMEN

Voor het bepalen van de haalbaarheid van het plaatsen van radarsystemen zijn een aantal technische specificaties van de verschillende radarsystemen geïnventariseerd. De uiteindelijke opzet en uitvoering van radarsystemen is project specifiek, waardoor de ordegrootte van de gevraagde specificaties door de leveranciers is verstrekt.

Op basis van het maximum van de verschillende systemen, is aan de hand van de verkregen informatie de ordegrootte bepaald:

Afmetingen horizontale radar:

- Dimensies radar antenne: ca. 4000x200x500 mm;
- Gewicht: ca. 150 kg;

- Detectie-range max 10km, realistisch ca. 4-6km.

Afmetingen verticale radar:

- Dimensies radar antenne: ca. 2550x150x260 mm;
- Gewicht: ca. 75 kg;
- Detectie-range max 4-6km, realistisch 1-2km.

Constructie:

- Custom flens op *Transition Piece* platform.

Kabel:

- Diameter ca. 50-75mm, lengte max. 30m tussen radar en control center i.v.m. Signaalverlies;
- Stroomvoorziening 220V, 4A piek, 1-1,5A operationeel;
- Netwerkbandbreedte 2-3Mb/S tussen radar en control center. Lagere bandbreedte voldoende voor output naar land.

Aanvullende hardware:

- Control & processing center, ca. 120x60x120cm (l x b x h);
- Temperatuur range: ca. 5-25°C.

Software & interface:

- Processing in control center, ruwe data kan worden bewaard;
- Netwerkverbinding;
- Koppeling aan SCADA mogelijk.

Onderhoud:

- 1-2 keer per jaar, serviceonderhoud en vervangen slijtageonderdelen.

4 OPZET RADARS OFFSHORE WINDPARKEN

In dit hoofdstuk wordt eerst de technische haalbaarheid van het plaatsen van radarsystemen op offshore windparken besproken aan de hand van de uitkomsten van de workshop met de wind sector. Daarna worden de functionele aspecten op basis van de gesprekken met modelontwikkelaars en vogelradarspecialisten besproken. Op basis van deze aspecten is een opzet gemaakt van de te plaatsen radarsystemen in de toekomstige offshore windparken.

4.1 TECHNISCHE HAALBAARHEID

Uit de workshop blijkt dat het technisch haalbaar is om radarsystemen met de beschreven ordegrootte specificaties (zie paragraaf 3.3) op offshore windturbines te plaatsen. Er zijn een aantal aspecten waar rekening mee gehouden dient te worden:

Dimensies & constructie

De afmetingen en gewicht van de horizontale en verticale radar zijn op basis van de geïnventariseerde ordegrootte specificaties (zie paragraaf 3.3) niet belemmerend bij de plaatsing op het *transition piece platform*, dat zich op ca. 18 meter boven zeeniveau zal bevinden. De mogelijkheden voor positionering hangen af van de posities van andere apparatuur op het platform en van de aanlandingspunten van de onderhoudsschepen (i.r.t. de meest voorkomende windrichting).

Voor de bevestiging van de radarsystemen is een constructie met een flens voorzien, waarbij mogelijk een uitbreiding van het platform nodig is om er voor te zorgen dat de horizontale radar met een diameter van ca. 4m voldoende draairuimte heeft en tegelijkertijd toegankelijk blijft voor onderhoudswerkzaamheden. Ook dient de constructie zo te zijn dat wind wervelingen rondom de antenne worden geminimaliseerd om storing te voorkomen. De constructie kan vrij eenvoudig in de ontwerpfase worden meegenomen en er worden op dit punt geen moeilijkheden verwacht.

Ook plaatsing van het *control center* in de turbine paal is technisch haalbaar, daarvoor is voldoende ruimte beschikbaar. Wel moeten de klimaatcondities in de paal nog worden nagegaan in verband met de minimale en maximale temperatuur waaraan het *control center* kan worden blootgesteld.

Kabel, stroom & dataverbinding

De dikte van de kabels zoals gespecificeerd vormt geen probleem. Ook de maximale lengte van ca. 30 meter tussen radarsysteem en *control center* vormt geen beperking. Wel heeft het de voorkeur om kabels te bundelen tot één kabel en is het van belang om gebruik te maken van kabelgeleiders (min. straal bij hoeken ca. 30cm).

Op de windturbines is stroom beschikbaar voor de radarsystemen. Het genoemde vermogen (1-4 kW) is mogelijk hoog en er moet worden nagegaan of dit beschikbaar is.

Voor de verbinding tussen radarsystemen en het *control center* is een interne netwerksnelheid van ca. 2-3 Mb/s nodig. Dit is de omvang van de ruwe data die wordt verzameld. De ruwe data wordt in het *control center* verwerkt, waarna in principe alleen de verwerkte data met veel minder omvang naar land hoeft te worden verzonden. Deze gegevens kunnen via het bestaande glasvezelnetwerk naar land worden gestuurd. Indien nodig kan één fiber worden toegewezen voor transport van radar data naar land, waarmee een veel grotere hoeveelheid data kan worden verstuurd (mogelijk zelfs ruwe data). Dit heeft echter niet de voorkeur van de sector, aangezien het netwerk ook wordt gebruikt door het SCADA systeem voor controle en aansturing van de windmolens. Indien de verwerking van de data in het control center plaatsvindt en geen ruwe data naar land wordt verzonden, is het van belang dat er goed inzicht is in de algoritmes die de output bepalen van de radarsystemen.

Koppeling radar & SCADA

Een koppeling tussen radarsysteem en het SCADA systeem waarmee de mitigatiemaatregel automatisch kan worden uitgevoerd door de turbines langzaam draaiend te zetten bij overschrijding van de drempelwaarde is in de praktijk te realiseren, echter door de sector worden de volgende knel- en aandachtspunten genoemd: door de sector:

1) De *grid operator* die verantwoordelijk is voor aansturing van de windturbines heeft uitvoeringsregels van de netbeheerder waaraan moet worden voldaan. Als deze regels conflicteren met de mitigatiemaatregel, is de wens om te kunnen kiezen of- en zo ja voor welke turbines (gefaseerd) de mitigatiemaatregel uit te voeren. Bij het niet uitvoeren, terwijl dit conform de voorschriften wel zou moeten, is de windparkeigenaar in overtreding en zal er handhavend opgetreden worden.
2) Er is bij de sector onvoldoende vertrouwen in de betrouwbaarheid van de uitkomsten van de automatische analyse van de radarbeelden, de verwachting is dat er, vooral in de beginfase, veel vals-positieve overschrijdingen van de drempel plaatsvinden. Hierdoor treedt onnodige *down-time* op, daarom dienen de radarbeelden door een specialist te worden geïnterpreteerd voordat de mitigatiemaatregel wordt uitgevoerd (zie ook punt 4).

3) Het uit handen geven van de controle over het windpark door een automatisch radarsysteem leidt tot weerstand bij de windsector.
4) Voordat automatische koppeling mogelijk zou zijn dient er een uitvoerige (locatie specifieke) leer- en testfase te zijn waarin vertrouwen wordt verkregen in de uitkomsten van het radarsysteem. Het doel van deze fase is om het aantal vals-positieve overschrijdingen te verminderen.

Op basis van bovenstaande wordt een automatische koppeling tussen radarsysteem en het SCADA systeem op dit moment door de sector als niet wenselijk beschouwd en is eerst afstemming / invulling van bovenstaande punten nodig. Het heeft de voorkeur van de sector om de radarbeelden eerst door een expert te laten interpreteren, waarna bij (relevante) overschrijding van de drempelwaarde een signaal naar windfarm operators wordt gegeven voor uitvoering van de maatregel. Randvoorwaarde is hierbij wel dat er een operator 24/7/365 beschikbaar is om de maatregel direct te kunnen uitvoeren.

Ook kan achteraf nog een koppeling met het SCADA systeem worden gemaakt, hiervoor is geen aanvullende infrastructuur nodig.

Voorgesteld wordt om na een aantal jaar handmatig de maatregel te laten uitvoeren een evaluatiemoment in te bouwen om te verkennen of een geautomatiseerd uitvoering mogelijk is.

Onderhoud

Het onderhoudsinterval van 1 à 2 keer per jaar per radarsysteem is geen probleem. Er vindt regelmatig regulier onderhoud op de wind turbines plaats, waarmee het onderhoud kan worden gecombineerd.

Wel kunnen er langere periodes zijn – bijvoorbeeld als gevolg van weersomstandigheden – waarbij turbines niet bereikt kunnen worden. Er moet dus rekening mee worden gehouden dat bij storing van de radarsystemen niet direct toegang voor onderhoud kan worden verkregen.

Hoe dan de voeding van het model dan wel de directe uitvoering van de mitigerende maatregel gestalte krijgt is een aandachtspunt.

Quality, Health, Safety & Environment (QHSE)

QHSE vormt één van de belangrijkste aspecten bij werkzaamheden offshore en is leidend bij activiteiten. De volgende aspecten i.r.t. radarsystemen zijn van belang:

1) Er dient veilige toegang tot de radarsystemen en het platform te worden gegarandeerd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met o.a. de aanlandingslocatie van boten.

2) Het radarsysteem met draaiende antennes dient op afstand te kunnen worden stopgezet voordat werkzaamheden op het turbine platform plaatsvinden.
3) De radarsystemen dienen geen vluchtroutes te blokkeren. Het is niet mogelijk om de antenne in een bepaalde stand stop te zetten, waardoor mogelijk de gehele antenne buiten het platform dient te worden geplaatst. Dit dient in het ontwerp van de turbines te worden meegenomen.
4) Straling afkomstig uit de radar antennes kunnen schadelijk zijn. Om dit te voorkomen kunnen 'blind spots' worden ingesteld, dit zijn richtingen waarin de antenne geen straling uitzendt.
5) Alle werkzaamheden die worden uitgevoerd dienen te voldoen aan de gestelde veiligheidseisen en certificeringen.

Als aan bovenstaande punten wordt voldaan vormt QHSE geen belemmering bij de plaatsing van radarsystemen op wind turbines.

Planning

De radarsystemen dienen in het ontwerp stadium van het windpark te worden meegenomen. Achteraf plaatsen van radarsystemen zonder dat vooraf installatievoorzieningen zijn getroffen leidt tot problemen (kwaliteit radarbeelden, aansprakelijkheid, hogere kosten etc.).

Informatie over de te plaatsen radarsystemen dient binnen enkele maanden na gunning van het windkavel bekend te zijn, zodat de plaatsingsrandvoorwaarden voor de systemen in het ontwerp kunnen worden meegenomen.

Apparatuur dient ca. 9 maanden voor plaatsing op zee te worden aangeleverd, zodat het in voorbereiding van inbouw en transport kan worden meegenomen.

4.2 FUNCTIONELE ASPECTEN

De functionele aspecten van radarsystemen die van belang zijn voor het goed kunnen waarnemen van vogelmigratie op de Noordzee en daarnaast ook zinvolle informatie opleveren voor model validatie zijn besproken met vogelradarspecialisten en met modelontwikkelaars van de UvA. De volgende aspecten zijn van belang:

Type radarsystemen

Voor het meten van vogelfluxen wordt gebruik gemaakt van verticale radars. Deze radars kijken in verticale richting en registreren het aantal en de vlieghoogte van vogels die door het beeld vliegen. Dit zijn puntwaarnemingen, op basis waarvan fluxen worden bepaald door het aantal echo's/km^2/uur te berekenen.

Voor het registreren van vliegrichting en vliegsnelheid dient gebruik te worden gemaakt van horizontale radars. Deze radars kunnen op grotere afstand (ca 5 km) vogels waarnemen en volgen (tracking). Met informatie over de vliegrichting tijdens massale migratie kan (1) de kijkrichting van de verticale radar worden aangepast naar dwars op de vliegrichting en (2) de data van de verticale radar beter worden geïnterpreteerd door te corrigeren voor de hoek tussen kijkrichting en vliegrichting indien deze niet dwars op de vliegrichting is. Bij horizontale radars wordt echter geen informatie over vlieghoogtes verkregen en het gebruik van horizontale radar wordt voor bepaling van fluxen als onvoldoende beschouwd.

Een combinatie tussen beide radarsystemen geeft dus het meest volledige beeld van fluxen én levert extra informatie om het 'systeem' van vogelmigratie te kunnen begrijpen.

Uitvoering van de mitigatiemaatregel

Op korte termijn wordt de maatregel uitgevoerd op basis informatie afkomstig van radarsystemen. Echter op lange termijn wordt de maatregel op basis van het migratievoorspellingsmodel uitgevoerd, omdat het hierdoor mogelijk is om een aantal dagen van te voren te kunnen voorspellen of de maatregel uitgevoerd moet gaan worden en het daarnaast goedkoper is dan het gebruik van radarsystemen op zee. Een goed ontwikkeld model is daarom noodzakelijk.

Bij uitvoering van de mitigatiemaatregel op basis van radar volstaat een verticale radar, al wordt uitvoering van de maatregel nauwkeuriger indien in combinatie met een horizontale radar

Voor modelontwikkeling echter is juist de combinatie van horizontale en verticale radar noodzakelijk, omdat juist een combinatie van vliegrichting, snelheid (horizontale radar) en hoogte (verticale radar) bijdraagt aan het snappen van het systeem en het vullen van het model. Dit is essentieel voor het ontwikkelen van een goed voorspellend model. Om deze reden is het daarom nodig om zowel horizontale als verticale radarsystemen te plaatsen.

De meerwaarde van een *pencil beam* radar ten opzichte van een horizontale of verticale radar moet nog nader door vogelradarspecialisten worden afgewogen. De dekking van een pencil beam radar is door een smallere bundel kleiner en daarom minder geschikt om fluxen te meten, maar is wel nauwkeuriger bij het bepalen van soortgroepen aan de hand van vleugelslag (wingbeat)-patronen.

Ook is door experts aangegeven dat *solid state* radars minder betrouwbaar zijn, dit dient in de selectie van radarsystemen te worden meegenomen.

Aantal & locatie van radarsystemen

De mitigatiemaatregel richt zich op de periodes van massale vogelmigratie. Er wordt in deze periodes verwacht dat er over vrijwel de gehele Nederlandse Noordzee zangvogels migreren en

experts denken dat er slechts beperkt ruimtelijke differentiatie is waar te nemen. Het plaatsen van één radarsysteem per windkavel is daarom overbodig. Het heeft de voorkeur om binnen een windenergiegebied radarsystemen op strategische posities te plaatsen, waardoor minder dan één radarsysteem per kavel nodig is. In principe zou één gecombineerd systeem (bestaande uit horizontale en verticale radar) per windenergiegebied voldoende kunnen zijn, echter bij storing en uitval leidt dit direct tot het niet meer kunnen uitvoeren van de maatregel.

Ook voor het verkrijgen van inzicht in gedrag van vogels (aantrekken, uitwijken, veranderen vlieghoogte) is het zinvol om twee radarsystemen in één windkavel te plaatsen, bijvoorbeeld aan de rand aan beide kanten van het windpark (aan de 'voorkant' & 'achterkant' van het park gezien vanuit de migratierichting). Dit geeft extra informatie t.b.v. de ontwikkeling van het migratievoorspellingsmodel.

Om deze reden wordt voorgesteld om per windenergiegebied (Borssele & Hollandse Kust Zuid) twee gecombineerde systemen met een horizontale radar (HR) en verticale radar (VR) te plaatsen.

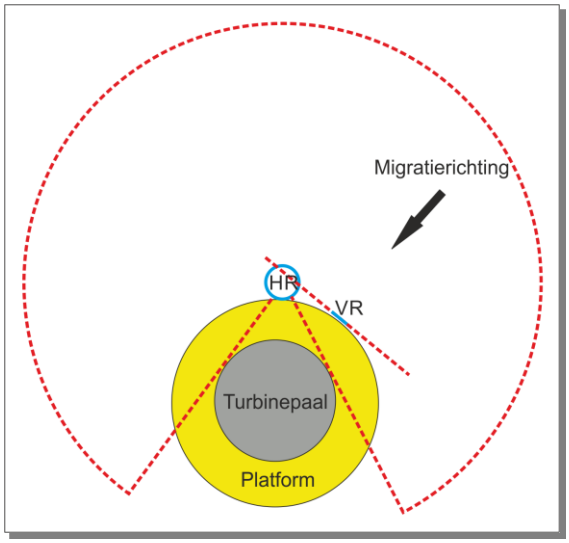
Positionering radarsystemen

Radarsystemen hebben vrij zicht nodig om vogels te kunnen detecteren. De positionering van radarsystemen is daarom van groot belang.

Hoogte positionering: De verticale radar dient hoger geplaatst te worden dan de horizontale radar voor vrij zicht van de horizontale radar.

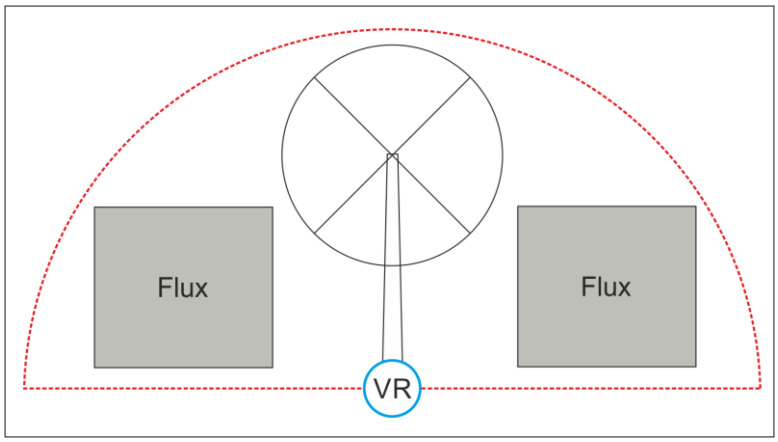
Kijkrichting verticale radar: de verticale radar dient dwars op de verwachte migratierichting te worden ingesteld om maximale fluxen te kunnen meten. Het heeft de voorkeur om de kijkrichting van de verticale radar aan te kunnen passen, automatisch of met een draaibare flens (handmatig).

Positie op het turbine platform: bij de positionering op het turbine platform dient rekening te worden gehouden met de vliegrichting en de paal van de windturbine. Dit is geïllustreerd in Figuur 7, waarin de horizontale en verticale radars maximaal bereik hebben. De kijkrichting van de verticale radar is dwars op de vliegrichting en de radar wordt door de positie ten opzichte van de paal niet gehinderd door de paal. De horizontale radar wordt wel deels door de paal gehinderd, maar deze zone ligt aan de binnenzijde van het windpark (bij plaatsing in noord-oost hoek).



Figuur 7 Bovenaanzicht van turbine paal (grijs) en platform (geel) met daarop de positie (blauw) en kijkrichting van horizontale (rode cirkel) en verticale (rode lijn) radar. De migratierichting van vogels is weergegeven door de zwarte pijl.

Verticale radar en turbine/rotorbladen: de verticale radar kijkt recht omhoog en zal daardoor reflectie krijgen van de turbine en rotorbladen. Dit betekent dat recht boven de radar geen fluxgegevens kunnen worden verzameld. Op basis van ervaringen in het OWEZ onderzoek blijkt echter dat fluxen goed kunnen worden bepaald in een zijwaartse hoek van het beeld en niet direct boven de radar (zie Figuur 8, naar Krijgsveld et al., 2015). Door het verlies aan detectie kunnen vogels beter worden onderscheiden van bijvoorbeeld insecten. De reflectie van turbine en rotorbladen vormen bij deze analyses geen beperking bij het bepalen van fluxen.



Figuur 8 Zijaanzicht van detectiebeeld (rood, niet op juiste schaal) verticale radar (blauw) met gebieden waar fluxen worden bepaald (grijs).

Positionering ten opzicht van het park: het is van belang om de radarsystemen aan de rand van het windpark te plaatsen om direct bij overschrijding van de drempelwaarde de

mitigatiemaatregel te kunnen uitvoeren. Gezien de migratierichting ligt het voor de hand om één systeem in de noordoost en één in de zuidwest hoek van de windenergiegebieden te plaatsen.

Het transformatorplatform in het park is het alleen zinvol voor plaatsing van een verticale radar omdat het beeld van een horizontale radar te veel wordt gehinderd door de windturbines van het park.

Range van radarsystemen

Met de beschikbare radarsystemen zijn zangvogels tot een afstand van ca. 1 km goed te detecteren. Deze afstand is lager dan de genoemde ordegrootte range genoemd in paragraaf 3.3, omdat zangvogels relatief klein zijn.

Indien een verticale radar op het transformatorstation in het park wordt geplaatst, moet de flux net boven rotorhoogte worden bepaald, omdat vogels in het park omhoog kunnen uitwijken.

Clutter

Een van de uitdagingen bij het gebruik van (horizontale) radars offshore is het uitfilteren van de grote hoeveelheid *clutter* (verstoring van het beeld), met name veroorzaakt door golven die radar pulsen reflecteren. Het is belangrijk dat bij plaatsing van de radarsystemen hiermee rekening wordt gehouden. Voor horizontale radars is het mogelijk om de antenne iets omhoog te richten of aan de onderzijde af te schermen zodat de bundel niet het zeeoppervlak raakt. Daarnaast moet in de processing van de gegevens hiermee rekening worden gehouden door algoritmes en filters te ontwikkelen om verstoring door *clutter* tot een minimum te beperken.

Model randvoorwaarden

Het belangrijkste doel ontwikkelen van het migratievoorspellingsmodel is om de intensiteit van migratie tot 72 uur van tevoren te kunnen voorspellen. Hiervoor is het nodig om het systeem en achterliggende mechanismen van migratie te begrijpen. Welke factoren beïnvloeden migratie en welke migratiepatronen worden waargenomen. De radarsystemen dienen hiervoor de juiste gegevens te verzamelen.

Leerfase

Voor zowel het gebruik van radarsystemen als de inzet van het migratievoorspellingsmodel is een leerfase van groot belang.

In deze leerperiode is het belangrijk om radarbeelden met waarnemers te combineren. Hiermee kunnen radarbeelden worden geïnterpreteerd en kan vertrouwen worden gekregen in automatische dataverwerking van de systemen. Inzicht in de verwerking (processing) van ruwe data is nodig en het is daarom een vereiste dat een leverancier inzicht geeft in de algoritmes en filters die gebruikt om de dataverwerking te kunnen doorgronden.

In de leerperiode dient ook te worden bepaald of de verwerking van gegevens snel genoeg gaat om de mitigatiemaatregel uit te kunnen voeren. Hiervoor is bijna real-time output nodig.

Ook voor het ontwikkelen van het migratievoorspellingsmodel is een leerfase van belang, enerzijds door te kunnen vertrouwen op de gegevens die gebruikt worden om de modellen te kalibreren maar anderzijds ook om te kunnen valideren of de door het model voorspelde vogelmigratie ook daadwerkelijk optreedt.

Soort-classificatie

Met de huidige radarsystemen is onderscheiding op soortsniveau niet mogelijk, wel kan onderscheid worden gemaakt in soortgroepen. Identificatie van soortsgroepen kan wel automatisch en de nauwkeurigheid neemt met de tijd toe door zelflerende processing algoritmes.

Ook kunnen radarbeelden gecombineerd worden met andere systemen zoals camera's of *bat detectors* om de betrouwbaarheid van soortclassificatie te vergroten door verificatie met andere waarnemingen.

4.3 OPZET RADARSYSTEMEN OFFSHORE WINDPARKEN

Op basis van de technische haalbaarheid en functionele aspecten is een opzet voor radarsystemen gemaakt, bestaande uit:

1) Een combinatie van verticale en horizontale radar;
2) Twee sets van radarsystemen per windenergiegebied (Borssele en Hollandse Kust Zuid)
3) Verticale radar kijkrichting dwars op de migratieroute.
4) Positionering in de noord-oost en zuid-west hoeken van de kavels;

Op basis hiervan is een overzicht met uitgangspunten in hoofdstuk 5 beschreven die zo nodig gebruikt kan worden als ondersteunende informatie ten behoeve van de tenderdocumenten voor de windkavels.

Op basis van deze gesprekken is de opzet van de radarsystemen op de offshore windparken bepaald en is een overzicht met uitgangspunten opgesteld die zo nodig gebruikt kan worden als ondersteunende informatie ten behoeve van de tenderdocumenten voor de windkavels.

5 OVERVIEW FOR TENDER

5.1 MITIGATION MEASURE TO REDUCE COLLISIONS OF MIGRATORY BIRDS

If the determined threshold for bird migration of 500 echo's/km2/h is exceeded, the mitigation measure to reduce collisions of migratory birds needs to be followed. This implies that the turbines of the windfarm needs to be slowed down (< 1 rpm) until migration is lower than the provided threshold. Slow-down (turbine slowed down in approx. 1 minute) should be immediately initiated at exceedance of the threshold level.

5.2 HORIZONTAL & VERTICAL RADAR

A combination of horizontal and vertical radars need to be placed on a number of wind turbine generators (WTGs) per cluster of windfarms.

The radars will be purchased and maintained by the Dutch government, facilitation of solid placement of the radar systems and necessary infrastructure such as power supply and data connection on the WTG's is mandatory.

Antennas of the radar systems should be allowed to rotate freely, without interference of the WTG.

The operator needs to assure that the radar systems function optimally and are not hindered in any way.

5.3 SPECIFICATIONS

At this moment, no choice of radar systems has been made. Based on an inventory of potential systems, the following indicative specifications of the radar systems are provided.

Dimensions horizontal radar:

- Dimensions radar antenna: ca. 4000x200x500 mm;
- Weight: ca. 150 kg;
- Detection-range max 10km, realistic ca. 4-6km.

Dimensions vertical radar:

- Dimensions radar antenna: ca. 2550x150x260 mm;

- Weight: ca. 75 kg;
- Detection-range max 4-6km, realistic 1-2km.

Construction:

- Custom flange on *Transition Piece* platform.

Cable, power and network:

- Diameter of cable ca. 50-75mm, length max. 30m between radar and control center due to signal loss;
- Power supply 220V, 4A peak, 1-1,5A operational;
- Network bandwidth 2-3Mb/s between radar and control center. Lower bandwidth sufficient for output to shore.

Additional hardware:

- Control & processing center, approx. 120x60x120cm (l x w x h);
- To be positioned inside turbine pole;
- Temperature range: ca. 5-25°C, climate control necessary.

Software & interface:

- Processing in control center, raw data can be stored;
- Network connection to shore necessary;
- Connection to SCADA system possible.

Maintenance:

- 1-2 times a year, maintenance and replacement of wear and tear parts.

5.4 LAYOUT OF RADAR SYSTEMS

For the Borssele windfarm area, radars need to be positioned at the transition piece platform of two WTGs.

Construction should ensure proper functioning of the radar systems and allow for regular maintenance under safe working conditions.

Positioning of the radar on the platform should be assessed in the design stage in more detail, but can be expected to be at the outside of the windfarm in north east and south west corner respectively (see Figure 1).

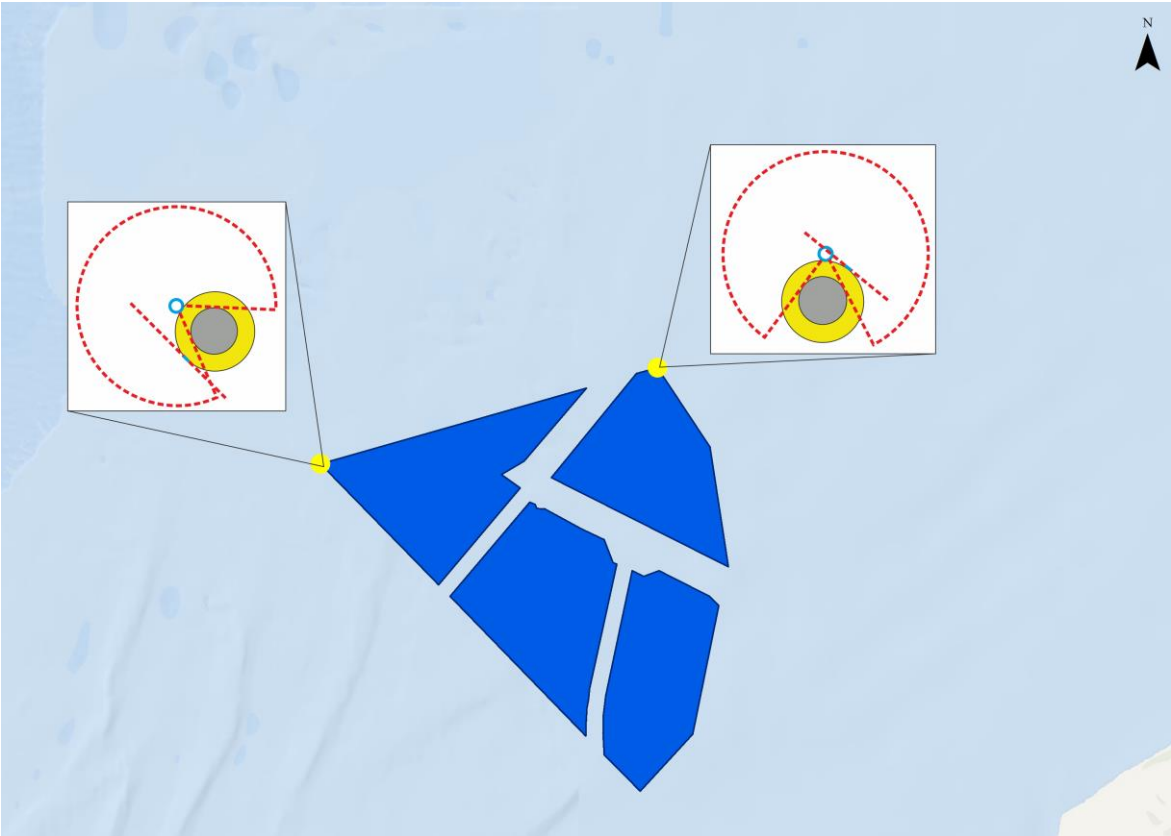


Figure 1: Map of positioning of horizontal and vertical radars. Detailed view gives indicative position of radar systems on the platform (yellow) in relation to the pole (grey). The detected area of the horizontal radar (red circle) and vertical radar (red line) is shown. Orientation is based on main migration routes in the direction NE to SW and vice versa. Note that the shown locations of the radar systems are indicative and not confirmed yet.

5.5 PLANNING

Details of the radar systems will be provided within 3 months after awarding of the tender, to be able to include details in the design phase.

Equipment will be supplied approx. summer 2018.

5.6 QHSE

The radar system can be shut down remotely before accessing the platform. Also, the radar systems will be configured with blind spots which will prevent harmful radiation at the platform.

The rotating antenna cannot be fixed in a certain position and therefore potentially can block evacuation routes if they stop above the platform. The antenna is allowed to be positioned fully outside the platform, as long as safe maintenance is allowed for.

6 ROADMAP RADARSYSTEMEN

In dit hoofdstuk wordt een *roadmap* beschreven van de belangrijkste stappen naar een operationele mitigatiemaatregel ter voorkoming van aanvaringen voor offshore windparken in de Nederlandse Noordzee. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van punten die op basis van de gevoerde gespreken aandacht en/of opvolging vereisen.

6.1 ROADMAP RADARSYSTEMEN

De belangrijkste stappen zijn:

1) Opstellen tijdlijn naar operationele radarsystemen
2) Selectie en aanschaf/lease van radarsystemen
3) Opstarten modelontwikkeling vogelmigratie
4) Starten leer/test fase voor plaatsing offshore
5) Voorbereiding uitvoering mitigatiemaatregel
6) Starten dataverzameling
7) Risico's en aansprakelijkheid

Deze stappen zijn hieronder uitgewerkt.

6.1.1 Opstellen tijdlijn naar operationele radarsystemen

Er is een periode van enkele jaren tussen het winnen van de tender voor de Borssele kavels (2016-2017) tot het moment van operationele windpark op zee (ca. 2019). In deze periode moeten er verschillende stappen gezet worden die onderling nauw verbonden zijn en van elkaar afhankelijk zijn. Om dit proces optimaal te laten verlopen is de eerste stap om een tijdlijn op te stellen waarin de verschillende activiteiten en relaties onderling zijn beschreven.

Ook dienen mijlpalen en deadlines in de tijdslijn te worden opgenomen en dienen de verantwoordelijken voor de verschillende acties te zijn worden beschreven.

De tijdslijn moet zo snel mogelijk na bekendwording van de gunning van het eerste windkavel worden afgestemd met de ontwikkelaar van het windpark, mede in verband met de tijdslijn van de ontwerpfase van het windpark (twee maanden na bekendmaking winnaar specificaties aanleveren i.v.m. ontwerp).

6.1.2 Selectie en aanschaf/lease van radarsystemen

De inventarisatie van technische parameters heeft zich vooral gericht op de haalbaarheid van het plaatsen van de radarsystemen op offshore wind turbines. Hierbij is in grote lijnen gekeken of de functionaliteit van de radarsystemen voldoet voor het meten van vogelmigratie en gebruikt kan worden voor modelvalidatie.

De volgende stap is om deze selectie van radarsystemen verder uit te werken. Daarin worden de volgende stappen onderscheiden:

- Vaststellen budget en mogelijkheden voor plaatsing aantal radarsystemen
- Opstellen selectiecriteria, denk aan:
- Vaststellen wie de radarsystemen selecteert en welke ruimte voor voorkeur er vanuit inhoud (model) meegeven kan worden;
- Bepalen inkoop procedure en shortlist systemen.
- Opstellen aanbestedingsregels.
- Uiteindelijke selectie van systeem.

6.1.3 Opstarten modelontwikkeling vogelmigratie

Het ontwikkelen van het vogelmigratiemodel dat geschikt is voor uitvoering van de mitigatiemaatregel zal in de orde van enkele jaren (>4) duren. Het is daarom belangrijk om zo snel mogelijk te starten met het opzetten van het model. De volgende stappen worden onderscheiden:

- Opstarten en afspraken modelproject
- Bepalen startdatum project, in relatie tot beschikbaarheid data. Wat zijn de mogelijkheden?
- Bepalen teamsamenstelling, waaronder rol vogelradarspecialisten:
    - Hoeveel belang hecht de overheid aan het gebruik maken van deze expertise?
    - Kan al verzamelde data worden gebruikt voor het opstarten van het model?
- Bepaal in overleg met UvA bandbreedtes van toegestane nauwkeurigheid en eisen aan voorspellend vermogen als doel voor opstellen van het model;
- Koppeling met ervaringen internationaal.

6.1.4 Starten leer/test fase voor plaatsing offshore

Een van de belangrijkste stappen is om de betrouwbaarheid van het radarsysteem te vergroten. Hiervoor zijn al verschillende stappen te zetten voordat de radarsystemen in de offshore windparken geplaatst worden:

- Ontwikkel methodiek en/algoritmes om de invloed van sea clutter te beperken. Hiervoor kan bijvoorbeeld een testopstelling bij Neeltje Jans worden gemaakt en de eerste data worden verzameld;
- Verticale radar op een windturbine lijkt mogelijk, maar is nog niet getest. Hiervoor kan een testopstelling op land worden gemaakt onder een bestaande windturbine en kunnen opstelling en algoritmes worden geoptimaliseerd (er staan bijvoorbeeld offshore windturbines op land in de Wieringerwaard);
- Vergroot vertrouwen in systeem door op land als testfases te doen waarbij radar waarnemingen gecombineerd worden met visuele observaties. Dit is op land logistiek veel makkelijker en goedkoper en daarna minder observaties offshore nodig.
- Bepaal of en welke ruwe data bewaard moet blijven, bijvoorbeeld tijdens uitvoering van mitigatiemaatregel ter onderbouwing / claims.
- Is het zinvol om shut-down scenario's te ontwikkelen indien ruimtelijke differentiatie aanwezig is? Bijvoorbeeld anders gefaseerd in voorjaar en najaar?

6.1.5 Voorbereiding uitvoering mitigatiemaatregel

Ter voorbereiding van de uitvoering van de mitigatiemaatregel zijn er een aantal belangrijke stappen te zetten:

- Data stromen in kaart brengen en vaststellen wie waar voor verantwoordelijk is. Wie analyseert de data, waar komt de data binnen, welke verificatie moet worden uitgevoerd, hoe/wie geeft signaal door aan operator van windpark, hoe wordt dit gecontroleerd?
- Robuustheid van de gekozen drempel bepalen. Een ander radarsysteem leidt tot andere fluxwaarnemingen. De drempelwaarde van 500 echo's/km^2/u is gebaseerd op onderzoek met een Detect – Merlin radar, een ander radarsysteem heeft waarschijnlijk een ander aantal echo's bij dezelfde flux door andere algoritmes. Mogelijkheid om nieuwe radar naast bestaande radar in OWEZ te plaatsen en uitkomsten vergelijken. Op basis hiervan de drempelwaarde verbeteren / herijken en toekomstbestendig maken.
- Uitwerken overschrijding drempelwaarde, gaat dit bijvoorbeeld over één radarsysteem of gemiddeld over de verschillende systemen? Gemiddeld over een uur, of over een nacht? En wanneer kunnen turbines weer aan geschakeld worden, direct bij 499? Of een bepaalde periode weer lager dan de drempelwaarde?
- Wat is de relatie tussen de drempelwaarde en de positie van de radar ten opzichte van het park? Ontwijking van vogels is mogelijk meegenomen in de gestelde

drempelwaarde, wat is het verschil bij plaatsing van een radar aan het begin van het park en niet achterin het park zoals bij OWEZ?

6.1.6 Starten dataverzameling

Ten behoeve van de modelontwikkeling en het vergroten van het vertrouwen in het systeem kan al gestart worden met data verzameling voordat het offshore windpark operationeel is:

- Verken mogelijkheden voor plaatsing nieuw radarsysteem naar de bestaande OWEZ radarsystemen om data verzameling te starten;
- Verken mogelijkheden voor plaatsing nieuw radarsysteem op het bestaande Europlatform dat in de buurt ligt van het windkavel Borssele;
- Mogelijk vergelijking van data tussen beide radars om te onderzoeken of differentiatie in migratie optreedt en het zinvol zou kunnen zijn om de maatregel per gebied uit te voeren;
- Dataverzameling bruikbaar als input voor modelontwikkeling, waardoor de UvA al eerder kan starten.

6.1.7 Risico's en aansprakelijkheid

Uit de workshop met de windsector zijn vragen naar voren gekomen met betrekking tot risico's en aansprakelijkheid m.b.t. de radarsystemen offshore. Dit dient te worden uitgezocht.

BIJLAGE 1: SPECIFICATIES RADARSYSTEMEN

Specifications	Robin Radar	
Used offshore (Y/N)	Y	
Technical specifications		
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Horizontal S band pulse radar	3D tracking FMCW X-band radar
Radar brand	Furuno SN36AF	Modified Furuno XN24AF
Dimensions antenna	3765x180x480 mm	2550x140x255 mm
Height		
Weight (kg)	133	65
Construction on OWF	On platform	On platform
Minimal height above sealevel	Clear of wave action	
Power supply (V,A)	220V, 4A	
Cable connection (type, diameter, length)	7 shielded cables: 2 with 25mm diameter, 4 with 15mm diameter, 1 with 6 mm diameter	
Internal network speed	1 Gbs	
Bandwidth data connection	>2Mbit down and up internet connection towards the system with fixed IP	
Frequency	3050 MHz +/- 30MHz	9700MHz +/- 33MHz
Additional hardware signal processing	2x 19 inch shockproof rack plus laptop / desktop	
Software used	Virtualised database server PostgreSQL (size depends on size of live database: assumption 500Gb)	
Operating software	Linux Ubuntu	
Maintenance needs	2 site visits per year for routine maintenance, remote maintenance/updates of system computers and software	
Powerbackup	UPS, 10 minutes	
Waterproof classification (IP code)		
Operational wind force range		
Magnetron / Solid state	Magnetron	Solid state
	Remote system monitor	
Functional specifications		
Power (kW)	25	
Rotational speed (rpm)	45	30
Data sampling frequency	1.3	2
Pulse emission frequency	0.05 microsecond	
Beam width (degrees)	1.8	0.9
Beam height (degrees)	25	20
Side lobe suppression	34dB	
Horizontal range / spatial coverage	10 km large birds and flocks / up to 4.5km for smaller birds	
Vertical range / spatial coverage		3.5-5km

Vertical flex possible (change vertical orientation)	Yes	
Accuracy / smallest detection	> 5 cm	
Resolution	25m at 10km	
Use of radar fence	No	
Automatic database registration	Yes, PostgreSQL (open source)	
Visualization software	Yes, can be remotely used if internet connection is available	
Connection to mitigation measure	Yes, real-time information	
Connection to SCADA system	Yes, outgoing PLC	
Species specific information	Yes, learning algorithm in combination with human observations	
Remarks		Staring mode, scanning mode, automatic acquisition mode

Specifications	DeTect / Merlin	
Used offshore (Y/N)	Y	
Technical specifications		
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Horizontal Survaillance Radar (HSR)	Vertical Scanning Radar (VSR)
Radar brand	Kelvin Hughes	JRC
Dimensions antenna	3.9m	2.74m
Height	85cm	44cm
Weight (kg)	240kg	50kg
Construction on OWF	Client-provided pedistol to DeTect's specification	
Minimal height above sealevel	clear of wave action, sea spray, etc.	
Power supply (V,A)	220VAC, 30 Amps	
Cable connection (type, diameter, length)	power and signal cables for each radar…	
Internal network speed	Minimum 10mb/sec… better network allows more functions and capability…	
Bandwidth data connection	fiber optics, wireless bridge, GSM…	
Frequency	S-band solid state	X-band magnetron
Additional hardware signal processing	Digital signal processor, radar data analysis computer, database computer…	
Software used	MERLIN Server, MS SQL Server, web-based display…	
Operating software	Windows	
Maintenance needs	2 site visits per year for routine maintenance, remote maintenance/updates of system computers and software	
Powerbackup	UPS 20-30 min typical, or as needed by client requirements	
Waterproof classification (IP code)	Rain and Spray IEC 60945	IPX2
Operational wind force range	50kts	
Magnetron / Solid state	Solid state	Magnetron
Functional specifications		
Power (kW)	0.2	25
Rotational speed (rpm)	24 rpm standard, 48rpm maximum	
Data sampling frequency	16 bit	16 bit
Pulse emission frequency	2.93 – 3.07 GHz, 8 channels in 20MHz separation	9.41 GHz, +/- 30MHz

Beam width (degrees)	2.0 degrees	1.2 degrees
Beam height (degrees)	26.5 degrees	20 degrees
Side lobe suppression	Yes	No
Horizontal range / spatial coverage	48nm (radar spec, not bird detection)	96nm
Vertical range / spatial coverage	48nm	96nm
Vertical flex possible (change vertical orientation)	N/A	Yes, but not standard
Accuracy / smallest detection	is a range dependant variable, but note, insects are detectable…	
Resolution	is a range dependant variable. radar is imaged 1024x1024 pixel resolution	
Use of radar fence	No	No
Automatic database registration	Yes, MS SQL Server	
Visualization software	Yes	
Connection to mitigation measure	Yes, via site SCADA system	
Connection to SCADA system	Yes	
Species specific information	No radar performs automatic species identification - MERLIN includes automatic target classification, real-time ground truthing display	
Remarks		

Specifications	Accipiter Radar *
Used offshore (Y/N)	?
Technical specifications	
Type (horizontal, vertical, x/s band)	
Radar brand	
Dimensions antenna	Approx. 4m
Height	
Weight (kg)	190kg + 220kg for electronic equipment
Construction on OWF	
Minimal height above sealevel	avoid obstruction by waves or local objects. In general lower mounting gives better performance.
Power supply (V,A)	1,2-2kW
Cable connection (type, diameter, length)	
Internal network speed	
Bandwidth data connection	TCP/IP network with 1.5Mbs up required for full remote use of radar
Frequency	
Additional hardware signal processing	
Software used	
Operating software	
Maintenance needs	
Powerbackup	
Waterproof classification (IP code)	
Operational wind force range	100kts
Magnetron / Solid state	

*No further information provided at request

Specifications	Swiss Bird Radar
Used offshore (Y/N)	N
Technical specifications	
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Vertical Scanning Radar (VSR)
Radar brand	Sperry Marine
Dimensions antenna	Diameter Radome:
Height	1.5m
Weight (kg)	100kg (approx.)
Construction on OWF	Yes
Minimal height above sealevel	0m
Power supply (V,A)	1-Phase, 230V, 300VA (without cooler)
Cable connection (type, diameter, length)	Power (230V), Control (RS485), Data (RS485), Video (BNC); Cablelength up to 10m (more on request)
Internal network speed	
Bandwidth data connection	
Frequency	9.4GHz
Additional hardware signal processing	
Software used	Tailor Made Software "BirdScanMR1"
Operating software	Windows 7 Professional, 64bit
Maintenance needs	Once per year (General checkup / Magnetron replacement)
Powerbackup	Yes, can be arranged.
Waterproof classification (IP code)	Radar: Offshore; Registration unit: to be protected by radome or in container
Operational wind force range	
Magnetron / Solid state	Magnetron
Functional specifications	
Power (kW)	25kW
Rotational speed (rpm)	0.8 rev./sec.
Data sampling frequency	200MHz
Pulse emission frequency	Short/Medium Pulse:1800Hz; Long Pulse: 780Hz
Beam width (degrees)	Circular Beam, 3dB: 18°
Beam height (degrees)	Circular Beam, 3dB: 18°
Side lobe suppression	>= 35dB
Horizontal range / spatial coverage	depending on height (beam width varies with height)
Vertical range / spatial coverage	up to 2km
Vertical flex possible (change vertical orientation)	no
Accuracy / smallest detection	Short Pulse: 50nsec.; Medium Pulse: 250nsec.; Long Pulse: 750nsec.

Resolution	Short Pulse: 1.5m; Medium Pulse: 3m; Long Pulse: 6m
Use of radar fence	no
Automatic database registration	
Visualization software	
Connection to mitigation measure	
Connection to SCADA system	
Species specific information	yes, automatic classification in realtime
Remarks	

Specifications	DHI MUlti-SEnsor Bird Detection System with LAWR 25 radar	
Used offshore (Y/N)	Y	
Technical specifications		
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Horizontal Surveillance Radar (HSR)	Vertical Scanning Radar (VSR)
Radar brand	Furuno 2027 BB	Same radar
Dimensions antenna	2400 mm	
Height	60 cm, 120 cm on pedestal	
Weight (kg)	40 kg, 100 kg with pedestal	
Construction on OWF	Mounted on pedestal on floor of transition piece	
Minimal height above sealevel	10 m	
Power supply (V,A)	230 VAC 13 A	
Cable connection (type, diameter, length)	Ø 32 mm 30 m	
Internal network speed	100 Mbits	
Bandwidth data connection	1.4 Mbits/s	
Frequency	9.4 GHz	
Additional hardware signal processing	FPGA - DHI proprietary	
Software used	Tracker DHI and sensor fusion proprietary	
Operating software	WINDOWS/Linux	
Maintenance needs	Magnetron every 6 month	
Powerbackup	UPS	
Waterproof classification (IP code)	Antenna/Gear IP 65 /Computer IP50	
Operational wind force range	100 knots	
Magnetron / Solid state	Magnetron	
Functional specifications		
Power (kW)	25	
Rotational speed (rpm)	24/42	
Data sampling frequency	100 Msamples/S	
Pulse emission frequency	500 hz	
Beam width (degrees)	0.95	
Beam height (degrees)	20	
Side lobe suppression	Yes	
Horizontal range / spatial coverage	6000 m	
Vertical range / spatial coverage	6000 m	
Vertical flex possible (change vertical orientation)	40 degrees	
Accuracy / smallest detection	10 cm	
Resolution	3 m	
Use of radar fence	optional	
Automatic database registration	Included	
Visualization software	Optional	

Connection to mitigation measure	Possible through sensor fusion software
Connection to SCADA system	Possible through sensor fusion software
Species specific information	Yes, via coupling to digital camera through sensor fusion software
Remarks	Parallel analogue and screen data available, including video data

Specifications	DHI MUlti-SEnsor Bird Detection System with SCANTER 5000 radar	
Used offshore (Y/N)	Y	
Technical specifications		
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Horizontal Surveillance Radar (HSR)	Vertical Scanning Radar (VSR)
Radar brand	SCANTER 5000 solid state	Same radar
Dimensions antenna	3658 mm	
Height	70 cm, 130 cm on pedestal	
Weight (kg)	125 kg, 234 kg with pedestal	
Construction on OWF	Mounted on pedestal on floor of transition piece	
Minimal height above sealevel	10 m	
Power supply (V,A)	Transceiver is single phase. Antenna needs three phase	
Cable connection (type, diameter, length)	Ø 32 mm 30 m	
Internal network speed	100 Mbits	
Bandwidth data connection	1.4 Mbits/s	
Frequency	9.3-9.5 GHz	
Additional hardware signal processing	FPGA - DHI proprietary	
Software used	Tracker Terma and DHI sensor fusion proprietary	
Operating software	WINDOWS/Linux	
Maintenance needs	Annual inspection	
Powerbackup	UPS	
Waterproof classification (IP code)	Antenna is IP56	
Operational wind force range	88 knots	
Magnetron / Solid state	Solid state	
Functional specifications		
Power (kW)	20-200W peak, 20% duty cycle (programmable in sectors)	
Rotational speed (rpm)	14 bits/400 MHz	
Data sampling frequency	1-15KHz (programmable)	
Pulse emission frequency	0.6	
Beam width (degrees)	16	
Beam height (degrees)	Better than 35 dB outside ±10o	
Side lobe suppression	12000 m	
Horizontal range / spatial coverage	12000 m	
Vertical range / spatial coverage	None!	
Vertical flex possible (change vertical orientation)	5 cm	
Accuracy / smallest detection	3 m	
Resolution	optional	
Use of radar fence	Included	
Automatic database registration	Optional	

Visualization software	Possible through sensor fusion software
Connection to mitigation measure	Possible through sensor fusion software
Connection to SCADA system	Yes, via coupling to digital camera through sensor fusion software
Species specific information	Parallel analogue and screen data available, including video data
Remarks	

Specifications	BirdTrack by STRIX	
Used offshore (Y/N)	Y	
Technical specifications		
Type (horizontal, vertical, x/s band)	Horizontal Survaillance Radar (HSR)	Vertical Scanning Radar (VSR)
Radar brand	BirdTrack // Furuno	BirdTrack // Furuno
Dimensions antenna	X-Band 8 foot (4 or 6.5 also available) S-Band 12 foot	X-Band 8 foot (4 or 6.5 also available) S-Band 12 foot
Height	X-Band 555mm S-Band 710mm	X-Band 555mm
Weight (kg)	X-Band 39/42kg S-Band 133kg	X-Band 39/42kg
Construction on OWF	Y	
Minimal height above sealevel	1 m	
Power supply (V,A)	110-115/220-230 VAC, 1 phase, 50/60Hz; 200/380 VAC, 3 phase, 50 Hz; many other options available including transform units	
Cable connection (type, diameter, length)	15/20/30/50/100 m	
Internal network speed	10/100/1000 Gb	
Bandwidth data connection	100 Mbps	
Frequency	100 MHz	
Additional hardware signal processing	BirdTrack // BirdMonitor	
Software used	BirdTrack // BirdMonitor	
Operating software	BirdTrack // BirdMonitor	
Maintenance needs		
Powerbackup	Diesel Power Generator	
Waterproof classification (IP code)	IPx6	
Operational wind force range	100 kt	
Magnetron / Solid state	Magnetron	
Functional specifications	20-200W peak, 20% duty cycle (programmable in sectors)	
Power (kW)	X-Band 12 kW; X-Band 25 KW; S-Band 30 kW	X-Band 12 kW; X-Band 25 KW
Rotational speed (rpm)	X-Band 24 rpm or 42 rpm S-Band 21/26 rpm or 42 rpm	X-Band 24 rpm or 42 rpm
Data sampling frequency	50 MHz	
Pulse emission frequency	X-Band 9410 MHZ / S-Band 3050 MHz	
Beam width (degrees)	20/25	
Beam height (degrees)	0.95;1.23;1.8;1.9	0.95;1.23;1.8;1.9
Side lobe suppression	-24/-28 dB	
Horizontal range / spatial coverage	12 km	
Vertical range / spatial coverage	5 km	

Vertical flex possible (change vertical orientation)	Y	
Accuracy / smallest detection	1cm	
Resolution	3m	
Use of radar fence	Y	N
Automatic database registration	Y	
Visualization software	Y	
Connection to mitigation measure	Y	
Connection to SCADA system	Y	
Species specific information	N	
Remarks		

BIJLAGE 2: WORKSHOP WIND SECTOR

Workshop technical specifications radar systems & offshore wind farms

14 March 2016

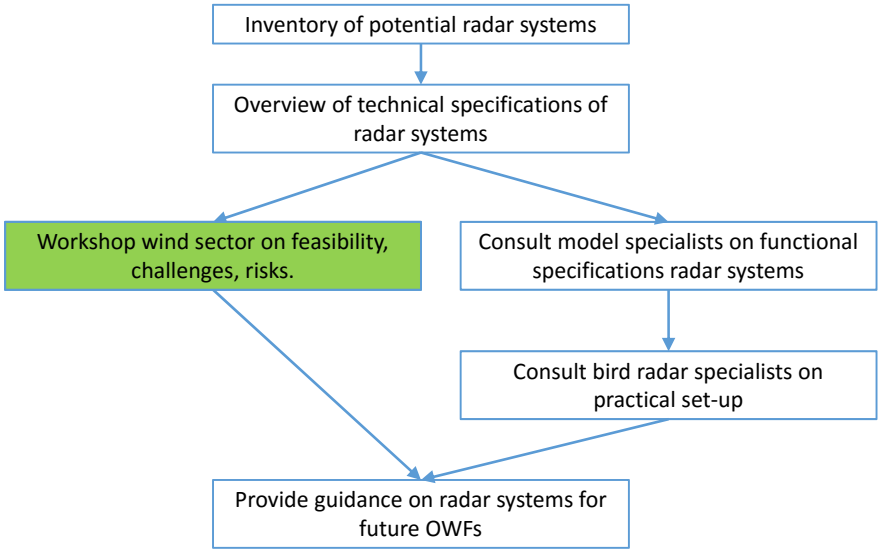
WATER PROOF Marine Consultancy & Services B.V.

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Agenda

- 12:00h – Welcome & lunch
- 12:30h – Start with aim of workshop
  - Background information bird migration and OWFs
  - Overview of radar systems used for bird detection
- 13:00h – Open discussion on following points:
  - First thoughts;
  - Positioning of radar systems on WTGs'
  - Power and data connections;
- 15:00h – Coffee break
- 15:15h – Continue open discussion on following points:
  - Data recordings and interface to mitigation measures;
  - Maintenance needs;
  - Remaining technical challenges to be considered (input requested).
- 16.00h – Specific risks to be considered
- 16.30h – Wrap-up workshop

Steps radar systems OWF



Aim of workshop

1. Discuss the technical feasibility of placement of radar systems on offshore wind turbines
2. Get feedback on the technical challenges that need to be considered

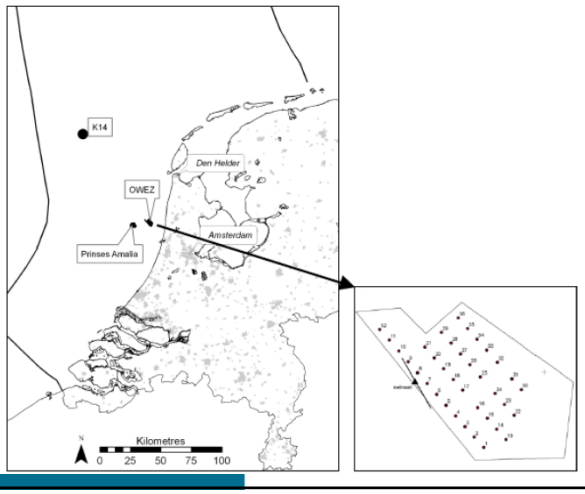
Background on bird migration and OWFs

1. Annual migration peaks
2. Two main directions:
   1. North to South (towards wintering grounds southern Europe / Africa)
   2. Mainland northern Europe / Scandinavia towards UK
3. Migration mainly on higher altitudes, but also on rotor height depending on weather conditions
4. Result - > bird collisions & mortality (Flora and fauna act).

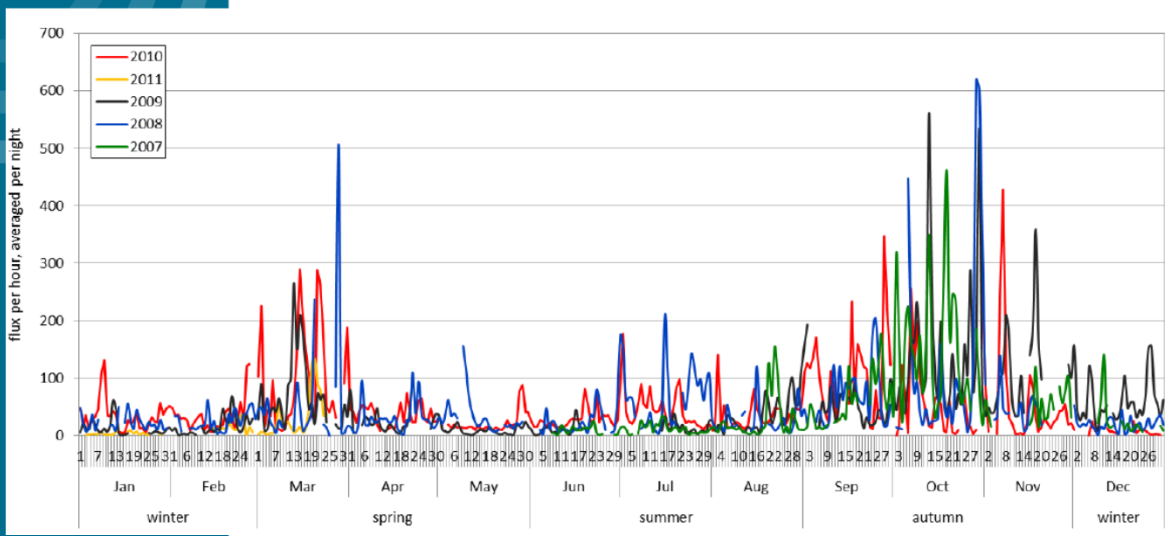
Bureau Waardenburg bv
Ecologie & landschap

OWEZ bird migration study

RADAR study 2007-2011 – Offshore Windfarm Egmond aan Zee (OWEZ); (Krijgsveld et al., 2015)



Fluxes at rotor height - OWEZ

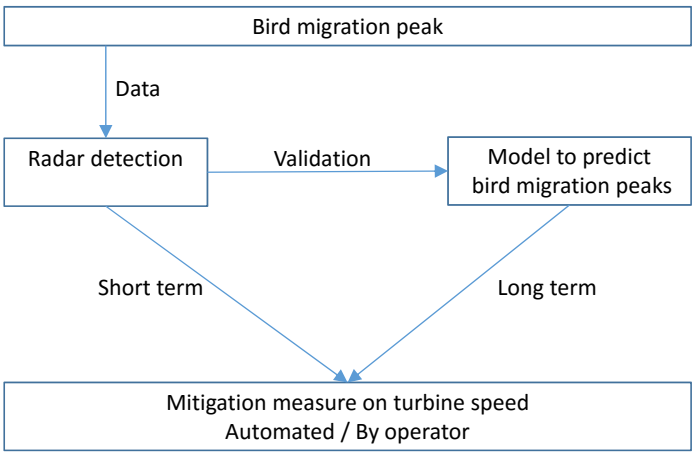


(Quick) Conclusions

- Major peak (approx. 4% of yearly total) in relatively limited timeframe: number of nights of mass migration;
- Possibility to mitigate for effects by measure on turbine speed;
- Threshold based on study: 500 echo's/km^2/h.

- Data for prediction of migration (model calibration & validation)

Mitigation measure turbine speed



Overview of radar systems

robin Systems & Services

DeTect Intelligent Radar

MERLIN Avian Radar Systems

ACCIPITER ACCIPITERRADAR.COM TARGETING A SAFER WORLD™

TERMA ALLIES IN INNOVATION

STRIX AMBIENTE E INOVAÇÃO

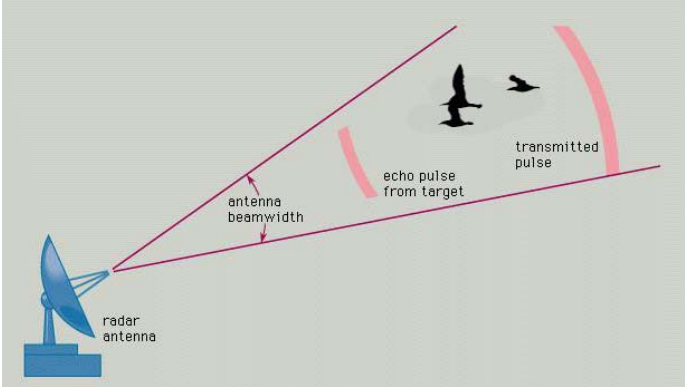
swiss-birdradar.com

DHI LAWR Systems

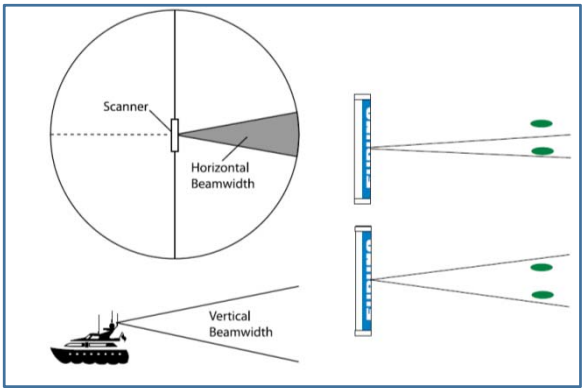
FURUNO

Radar principle

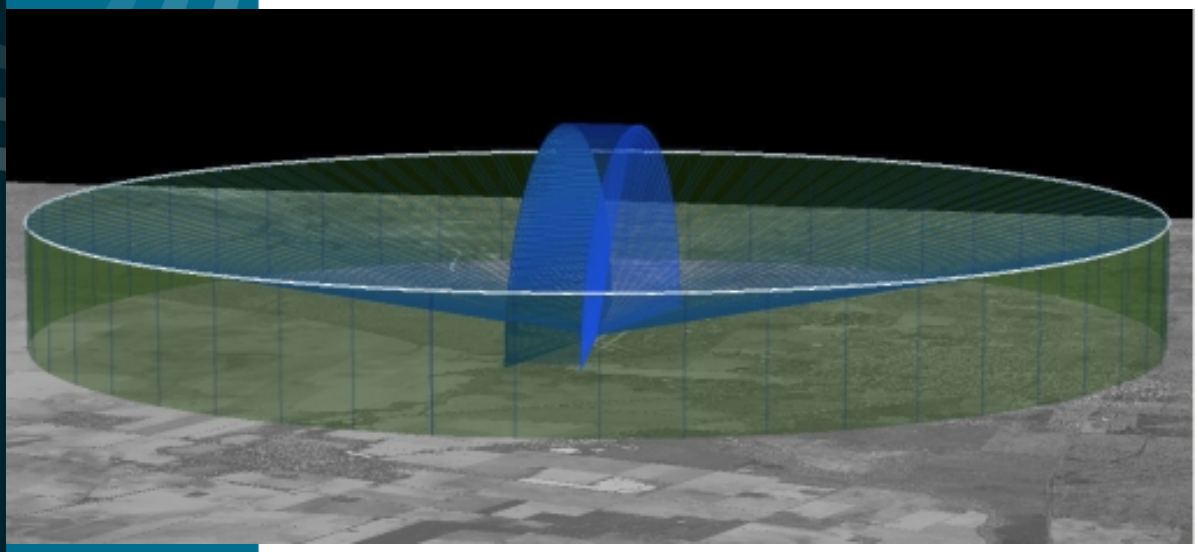
Bird (flock) detection:



Horizontal & vertical radar



Horizontal & vertical radar



Criteria for radar systems

- Detection of bird migration peaks
- Migration intensity based on echo intensity (echo's/km^2/h);
- Radar on WTGs;
- Real-time system, 24/7/365, all weather conditions;
- Data on rotor height (25-250m);
- Offshore-proof, low maintenance;
- Automatic mitigation measure, connection to SCADA;
- Data suitable for model validation.

Inventory of specs of radars

Technical specifications
Type (horizontal, vertical, x/s band)
Radar brand
Dimensions antenna
Heigth
Weight
Construction on OWF
Minimal height above sealevel
Power supply (V,A)
Cable connection (type, diameter, length)
Internal network speed
Bandwidth data connection
Frequency
Additional hardware signal processing
Software used
Operating software
Maintenance needs
Powerbackup
Waterproof classification (IP code)
Operational wind force range
Magnetron / Solid state

Functional specifications
Power (kW)
Rotational speed (rpm)
Data sampling frequency
Pulse emission frequency
Beam width (degrees)
Beam height (degrees)
Side lobe suppresion
Horizontal range / spatial coverage
Vertical range / spatial coverage
Vertical flex possible (change vertical orientation)
Accuracy / smallest detection
Resolution
Use of radar fence
Automatic database registration
Visualization software
Connection to start-stop mitigation
Connection to SCADA system
Sensitivity to disturbance
Species specific information
Remarks

Technical specs of radar systems

Approx. dimensions horizontal radar:

- Dimensions radar antenna: 3765x180x480 mm
- Weight: 140 kg
- Detection range max 10km,

Approx. dimensions vertical radar:

- Dimensions radar antenna: 2550x140x255 mm
- Weight: 70 kg
- Detection range max 10km, realistic 4-6km
- Approx. 2km

Cable:

- Diameter approx. 50-75mm, length max. 30m due to signal loss
- Power supply 220V, 4A;

Additional hardware:

- Approx. 20” by 40” hardware box + laptop;

Software & interface:

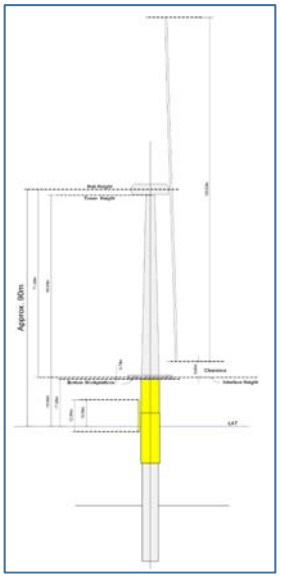
- PLC connection to SCADA possible;

Mitigations measure turbine speed & radar

Horizontal radar on Thanet offshore wind farm (ORJIB)

Discussion session 1

1. First thoughts;
2. Positioning of radar systems on WTGs'
3. Power and data connections;



Discussion session 2

4. Data recordings and interface to mitigation measures;
5. Maintenance needs;
6. Remaining technical challenges to be considered (input requested).

Risk inventory

Any specific risks foreseen?

Questions sent for preparation

1. Do you consider it feasible to position the radar systems on the WTG?
2. With the dimensions above provided, what would be the best / most feasible position on the WTG to position both radars.
3. Are there technical conditions the radar system needs to comply with?
4. If positioned at the foundation platform, can power, Ethernet connection be arranged?

5. Do you have experience with mitigation measures based on radar?

6. Can the radar systems be automatically connect to maintenance system for mitigation measure?
7. What are the interface requirements for mitigation measure?

8. What limitations / challenges do we need to consider in our inventory and / or need to be discussed at the workshop?
9. Are there any specific risks foreseen in placing radar systems at the WTGs that are considered unacceptable?