



## Bijlage 3 TNO – radarverstoringsonderzoek

---

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

Bosch & van Rijn  
T.a.v. de heer J. Dooper  
Groenmarktstraat 56  
3521 AV UTRECHT

**Onderwerp**

Radarverstoringsonderzoek Windpark Spui Korendijk

Geachte heer Dooper,

Bijgaand ontvangt u onze rapportage aangaande het radarverstoringsonderzoek voor een windturbinepark Spui te Korendijk, Zuid Holland.

*Het bouwplan*

Het bouwplan betreft alle wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie die betrekking hebben op het te bouwen windturbinepark. In dit rapport zullen deze wijzigingen worden aangeduid als 'het bouwplan'. Voor de huidige aanvraag betreft dit een plaatsing van vijf nieuwe windturbines. De coördinaten van de betreffende windturbines zijn verderop gegeven. Bij de toetsing is uitgegaan de Lagerwey L136 3.6 MW windturbine met een ashoogte van 140 m en een rotordiameter van 136 m.

*De uitgevoerde berekeningen*

TNO heeft de verstoring op de primaire radar als gevolg van radarreflectie en schaduw effect berekend met behulp van het radarhinder simulatiemodel PERSEUS, volgens de toetsingsmethode, die op 1 oktober 2012 is ingevoerd. Het bouwplan bevindt zich buiten de 75 km cirkels rond de beide gevechtsleidingsradar Medium Power Radar (MPR) te Wier en Nieuwe Milligen. De analyse is dan ook alleen uitgevoerd voor een het Military Approach Surveillance System (MASS) radarnetwerk, bestaande uit een vijftal verkeersleidingsradarsystemen verspreid over Nederland.

*Resultaten verkeersleidingsradarsystemen MASS*

Op de locatie van de windturbine eist het Ministerie van Defensie voor het verkeersleidingsradarnetwerk een minimale detectiekans van 90% voor een doel met een radaroppervlak van 2 m<sup>2</sup>. Twee mogelijke optredende effecten zijn onderzocht:

**Defensie & Veiligheid**

Oude Waalsdorperweg 63  
2597 AK Den Haag  
Postbus 96864  
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

**Datum**

15 januari 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100293256

**E-mail**

onno.vangent@tno.nl

**Doorkiesnummer**

+31 88 866 40 25

**Projectnummer**

060.19870/04.01

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op [www.tno.nl](http://www.tno.nl).  
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
2/15

1. Reductie van de detectiekans ter hoogte van het bouwplan:  
Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet een minimale detectiekans geconstateerd van 90% ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2016 norm.
2. Reductie van het maximum bereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan:  
De radars te Soesterberg en Woensdrecht ondersteunen elkaar in de schaduwgebieden achter het bouwplan. Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet dan ook geen afname van het maximum bereik waarneembaar. Het bouwplan blijft daarmee binnen de thans gehanteerde 2016 norm.

Details vindt u in bijgaande documentatie.

De rapportage met de resultaten vormt de basis voor de beoordeling van de aanvaardbaarheid van de verstoring door Defensie. Deze beoordeling kan een vereiste zijn in de bouwvergunningsprocedure en/of nodig zijn voor een wijziging van het bestemmingsplan. TNO voert de beoordeling niet uit en geleidt het rapport ook niet door aan Defensie, voor beoordeling.

De aanvraag voor een beoordeling met bijvoeging van het TNO-rapport dient u zelf uit te voeren en dient te worden gericht het Rijksvastgoedbedrijf, Directie Vastgoedbeheer, Afdeling Expertise & Realisatie Defensie, Sectie Beheer & Omgevingsmanagement, Ruimte, Postbus 90004, 3509 AA Utrecht of emailadres; [DVD.JBRuimte@mindef.nl](mailto:DVD.JBRuimte@mindef.nl).

Voor de achtergronden van de toegepaste rekenmethode wordt korthedshalve verwezen naar de toelichting die is te downloaden van de TNO website: <http://www.tno.nl/perseus>.

Hoogachtend,



Ing. O.J. van Gent  
Senior Research Medewerker

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
3/15

## 1 Locatie- en radargegevens

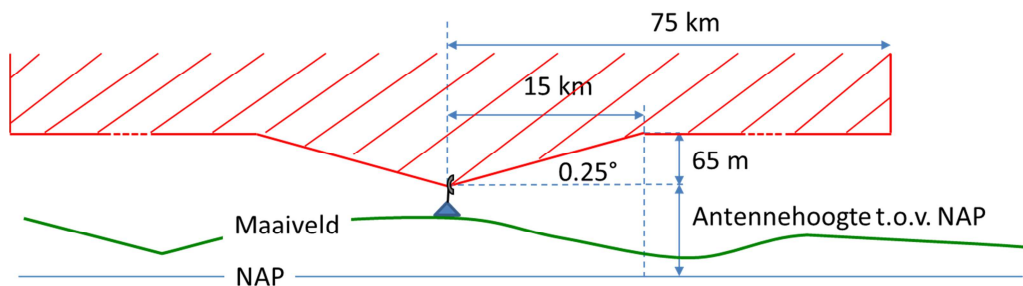
De locatie van het te toetsen bouwplan is weergegeven in Tabel 1.

De weergegeven Rijksdriehoek (RDS) coördinaten en fundatiehoogtes zijn afkomstig van de opdrachtgever. De WGS 84 coördinaten zijn hiervan afgeleid.

Tabel 1 Locatiegegevens van het bouwplan zoals opgegeven door de opdrachtgever.

Nr.	ID	RDS coördinaten		WGS 84 coördinaten		Fundatiehoogte t.o.v. NAP [m]
		X	Y	Latitude [°]	Longitude [°]	
1	WT1	80217	424347	51.80274	4.30296	1.1
2	WT2	80641	424530	51.80444	4.30906	0.6
3	WT3	81065	424725	51.80625	4.31517	0.6
4	WT4	81511	424923	51.80809	4.32159	0.9
5	WT5	81863	425083	51.80957	4.32666	0.9

Het Ministerie van Defensie hanteert een zogenaamd toetsingsvolume dat reikt tot aan 75 km rondom de vijf verkeersleidingsradars en de twee gevechtsleidingsradars. Het profiel van het toetsingsvolume is weergegeven in Figuur 1. Er dient getoetst te worden indien de tip van de wiek hoger is dan de rode lijn. Bouwplannen die verder verwijderd zijn dan 75 km kunnen zondermeer geplaatst worden.



Figuur 1. Het toetsingsprofiel (niet op schaal) zoals gehanteerd door het Ministerie van Defensie rondom elk van de militaire radarsystemen.

De locatiegegevens van de vijf MASS verkeersleidingsradarsystemen en de gevechtsleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier worden weergegeven in Tabel 2. In deze tabel zijn zowel de antennehoogtes aangegeven die aangehouden worden voor de bepaling van het toetsingsprofiel als ook de feitelijke antennehoogtes van de primaire radarantenne, toegepast in de detectiekansberekeningen.

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
4/15

*Tabel 2 Locatiegegevens van de vijf MASS radars en de twee gevechtsleidingsradars, de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne.*

Radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte toetsingsprofiel t.o.v. NAP [m]	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP [m]
	X [m]	Y [m]		
Leeuwarden	179139	582794	30	27.3
Twenthe	258306	477021	71	68.8
Soesterberg	147393	460816	63	60.2
Volkel	176525	407965	49	46.9
Woensdrecht	083081	385868	48	45.2
Nieuw Milligen (MPR)	179258	471774	53	Gerubriceerd*
Wier (MPR)	170509	585730	24	Gerubriceerd*

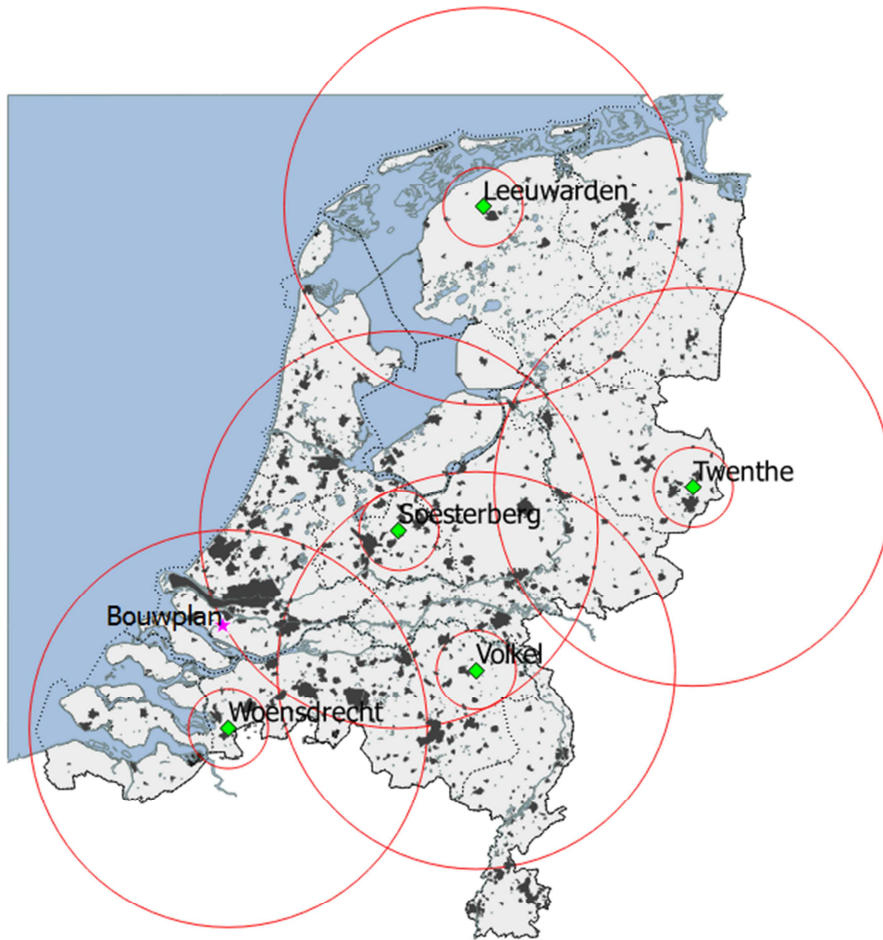
\* deze gegevens zijn bekend bij defensie

Variaties in de hoogte van het terrein worden bepaald uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-1) met een ruimtelijke resolutie van 10 m. In dit bestand bevindt zich bebouwing van de stedelijke gebieden mits de aaneengesloten bebouwing een oppervlakte beslaat die groter is dan 1 km<sup>2</sup>. Het hoogtebestand is opgenomen in de periode tussen 1998 en 2003, dus veranderingen in bebouwing van na die datum zijn in het model niet meegenomen. Buiten deze gebieden is de hoogte gelijk aan het maaiveld. Buiten Nederland gebruikt TNO terreinhoogtegegevens afkomstig van de NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) met een resolutie van 3 boogseconde (ongeveer 90 m langs een meridiaan). Het kan voorkomen dat een deel van het bouwplan wordt afgeschermd door het tussenliggende terrein of door bebouwing in een stedelijk gebied en dus niet wordt belicht door de radar. In dat geval wordt dit deel van het bouwplan niet meegenomen in de berekening. De 15 en 75 km cirkels rond de MASS radarsystemen en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 2. De 15 en 75 km cirkels rond de MPR gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand zijn weergegeven in Figuur 3.

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
5/15



*Figuur 2. Locaties van de vijf MASS verkeersleidingsradarsystemen (groene ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De donkergrijze vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.*

**Datum**

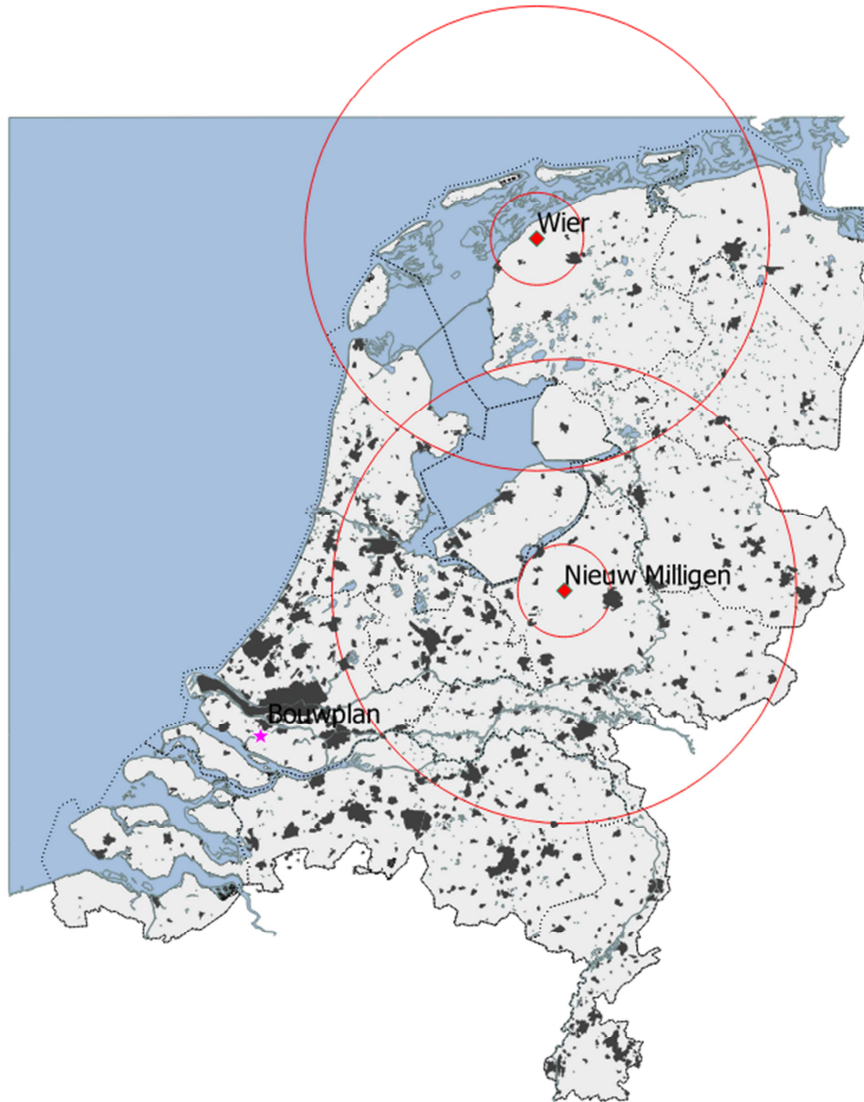
15 januari 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**

6/15



*Figuur 3. Locaties van de twee MPR gevechtsleidingsradars (rode ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De donkergrijze vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden. De ligging van het te toetsen bouwplan is aangegeven met een roze ster.*

Het bouwplan ligt binnen de 75 km cirkels rond de MASS radar van Soesterberg en Woensdrecht. Het bouwplan ligt buiten de 75 km cirkels rond de MPR te Wier en Nieuw Milligen. Daarnaast is de tiphoogte groter dan de in Figuur 1 aangegeven hoogte. Het onderhavige bouwplan dient derhalve getoetst te worden voor alleen het MASS verkeersleidingsradarnetwerk.

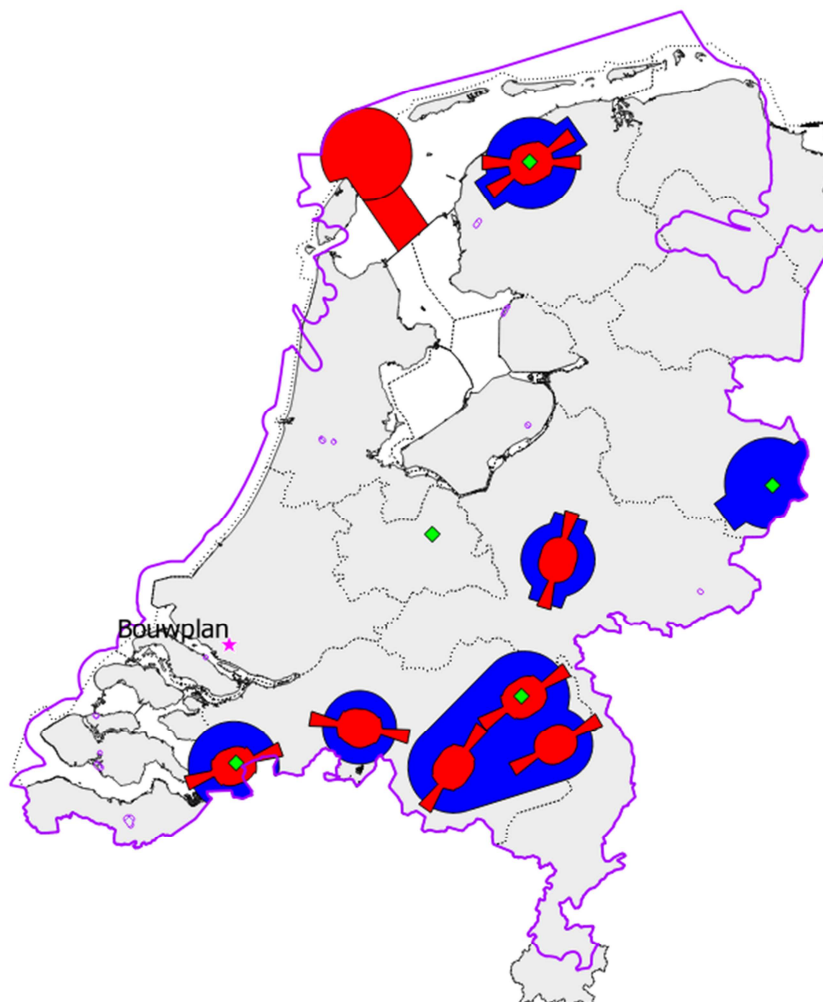
**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
7/15

## 2 Rekenmethode MASS verkeersleidingsradarnetwerk

Het radarsimulatiemodel PERSEUS berekent voor elk radarsysteem de detectiekans van een doel met een radardoorsnede van  $2 \text{ m}^2$ , fluctuatiestatistiek Swerling case 1, en loos alarmkans  $1 \times 10^{-6}$ . Afhankelijk van de locatie van het bouwplan moet de detectiekans geëvalueerd worden op een normhoogte van 300, 500 of 1000 voet ten opzichte van het maaiveld. Indien op 1000 voet geëvalueerd wordt, zal middeling van detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m toegepast worden. De 300 en 500 voet normhoogtes liggen over het algemeen rond de verschillende militaire vliegvelden in Nederland. Op een hoogte van 1000 voet dient er, met enige uitzonderingen, landelijke dekking te zijn. In Figuur 4 worden de normhoogtegebieden getoond.



*Figuur 4. De ligging van het te toetsen bouwplan aangegeven met een ster en de ligging van de thans gehanteerde 2016 normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet (paars) dient het MASS radarnetwerk, op enkele uitzonderingen na, een landelijke dekking te hebben. Tevens zijn op deze kaart met een groene markering de locaties aangegeven van het MASS verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit een vijftal radarsystemen.*



Het bouwplan ligt binnen het normgebied van 1000 voet.

De detectiekans van de vijf radarsystemen te Leeuwarden, Twente, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht is conform de nieuwe rekenmethode gesimuleerd in één radarnetwerk, waarbij de radars elkaar eventueel ondersteuning kunnen bieden bij de detectie van radardoelen. Daarbij wordt rekening gehouden met de aanstaande upgrade van de MASS primaire radar, zoals TNO die op dit moment in PERSEUS gemodelleerd heeft.

Als referentie zijn ook de radardetectiekansdiagrammen berekend voor de zogenaamde baseline situatie, dat wil zeggen, rekening houdend met alle bestaande windturbines en dus voor realisatie van het bouwplan. Het baseline-bestand van windturbines geeft de situatie aan binnen Nederland, vastgelegd in het begin van januari 2016, door Windstats.nl. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde: fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter. Het bouwplan wordt daar vervolgens aan toegevoegd en voor beide situaties (baseline en baseline met bouwplan) worden detectiediagrammen berekend. Door een vergelijking van beide diagrammen kan het detectieverlies worden vastgesteld in de directe nabijheid van het bouwplan veroorzaakt door reflecties van het bouwplan en het eventuele verlies aan radarbereik ten gevolge van de schaduwwerking van het bouwplan.

**Datum**

15 januari 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**

8/15

### 3 Berekeningen radardetectiekansdiagrammen

#### Gegevens windturbine

Voor de bepaling van de effecten op de radars is uitgegaan van een windturbine van Lagerwey, de L136 met een opgewekt vermogen van 3.6 MW een ashoogte van 140 m en een rotordiameter van 136 m. Zie Figuur 5.

**Datum**

15 januari 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**

9/15



*Figuur 5. De Lagerwey L136 met een opgewekt vermogen van 3.6 MW, een ashoogte van 140 m en een rotordiameter van 136 m. De hier afgebeelde turbine heeft echter een ashoogte van 132 m.*

De lengte van de gondel is gedefinieerd als de afstand van de 'hub' tot aan de achterzijde van de gondel in het verlengde van de as. De hoogte en breedte van de gondel zijn gebaseerd op het effectieve oppervlak van de voor- en zijkant van de gondel en kunnen dus iets afwijken van de feitelijke afmetingen. De lengte van de wiek is gedefinieerd als de halve diameter van de rotor. De breedte van de wiek wordt afgeleid van het frontaal oppervlak van de wiek.

In Tabel 3 is de maatvoering weergegeven van de te toetsen windturbine, noodzakelijk voor de juiste modellering.

*Tabel 3 De afmetingen van de Lagerwey L136 windturbine met een opgewekt vermogen van 3.6 MW, een ashoogte van 140 m en een rotordiameter van 136 m.*

Onderdeel	Afmeting [m]
Ashoogte*	140.0
Tiphoogte*	208.1
Breedte gondel	5.6
Lengte gondel	10.5
Hoogte gondel	5.5
Diameter mast onder	11.4
Diameter mast boven	3.0
Lengte mast	137.3
Lengte wiek	68.1
Breedte wiek	3.7

\* Deze gegevens zijn gebaseerd op afmetingen opgegeven door de fabrikant.

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
10/15

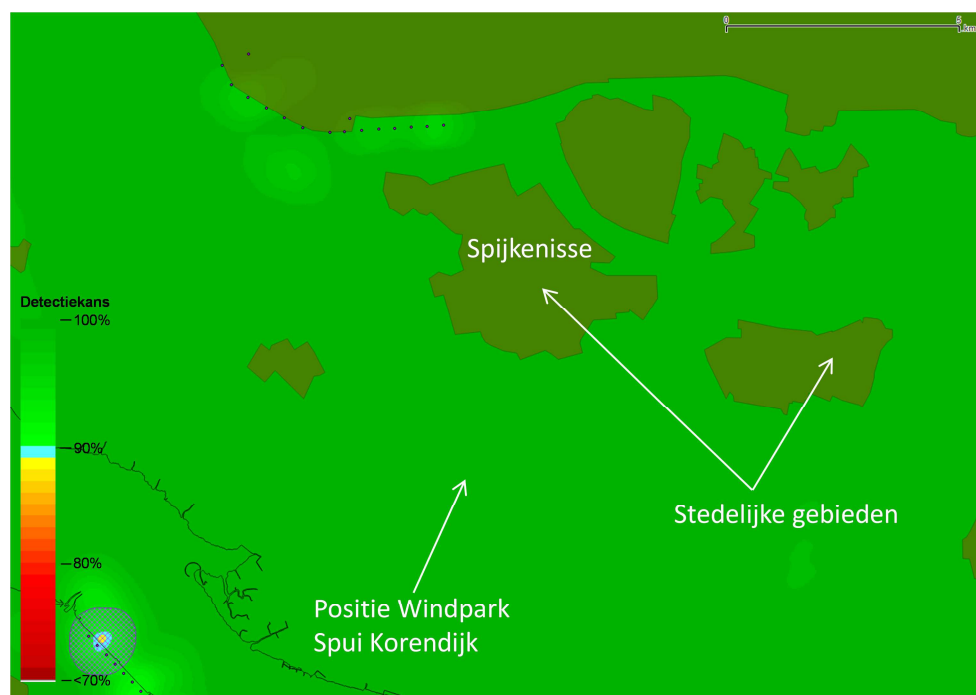
**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
11/15

Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk in de directe nabijheid van het bouwplan

In Figuur 6 wordt de detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk van de baseline op 1000 voet getoond rond het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. Figuur 7 toont de detectiekans voor hetzelfde gebied, na realisatie van het bouwplan. In Figuur 8 is het gebied vergroot weergegeven. De minimale detectiekans die door het Ministerie van Defensie wordt geëist bedraagt 90%. In groen gekleurde gebieden wordt aan deze eis voldaan. Ter hoogte van de locatie van het bouwplan en binnen het 1000 voet normgebied is er een detectiekans van 90% waarneembaar. Daarnaast is er een geringe verkleining van de detectiekans waarneembaar boven de meest oostelijk gelegen drie windturbines van Windpark Hartelbrug. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2016 norm.

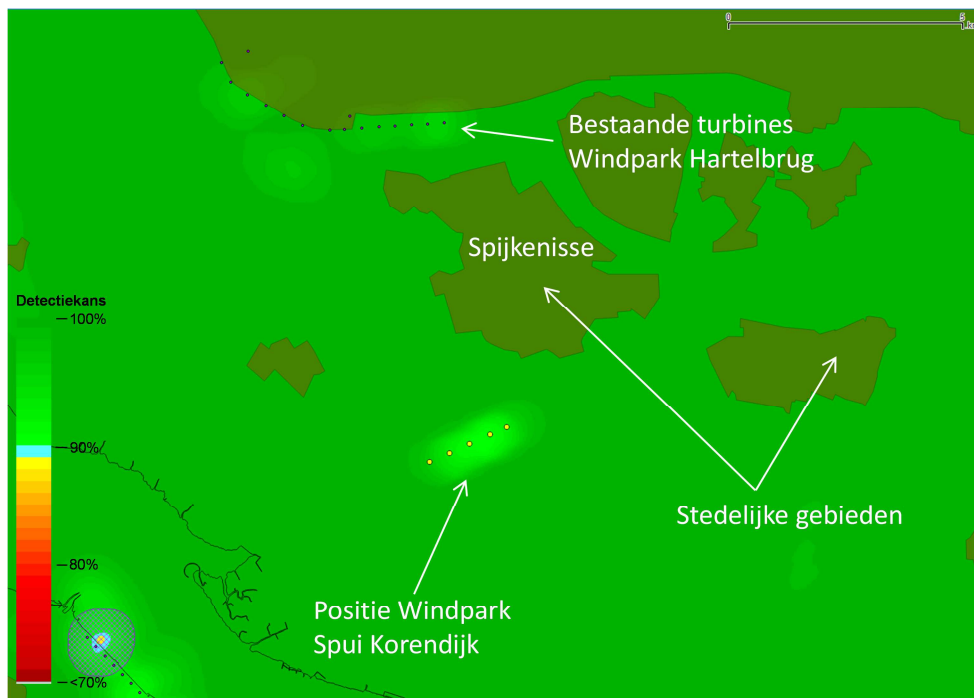


*Figuur 6 Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan voordat dit is gerealiseerd (baseline).*

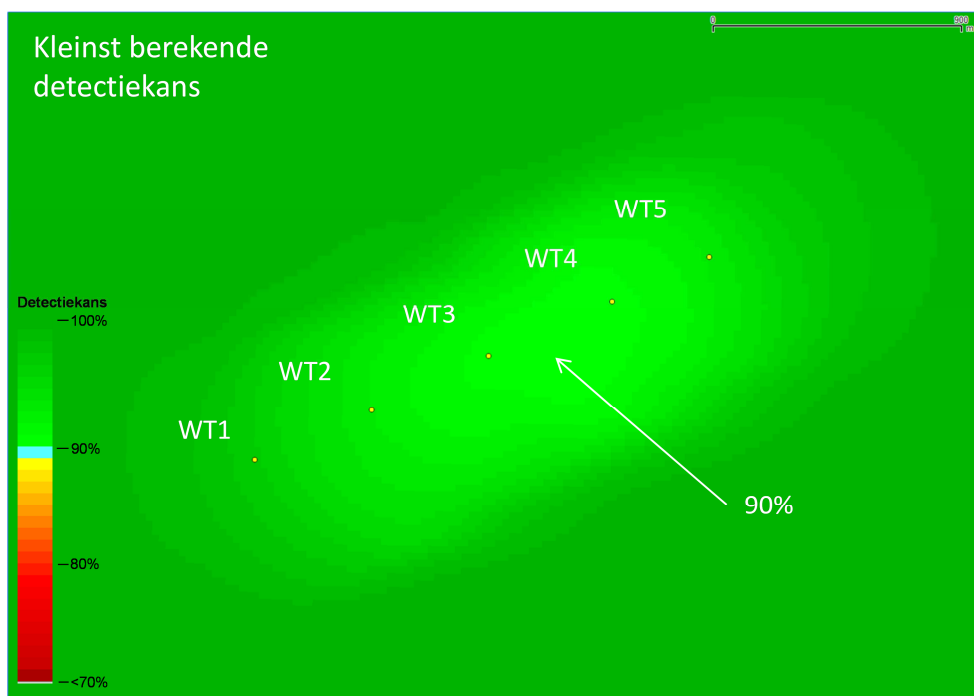
**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
12/15



*Figuur 7 Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet boven het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. De locaties van de windturbines zijn aangegeven met gele stippen.*



*Figuur 8 Het gebied rond de turbines uit Figuur 7 groter weergegeven.*

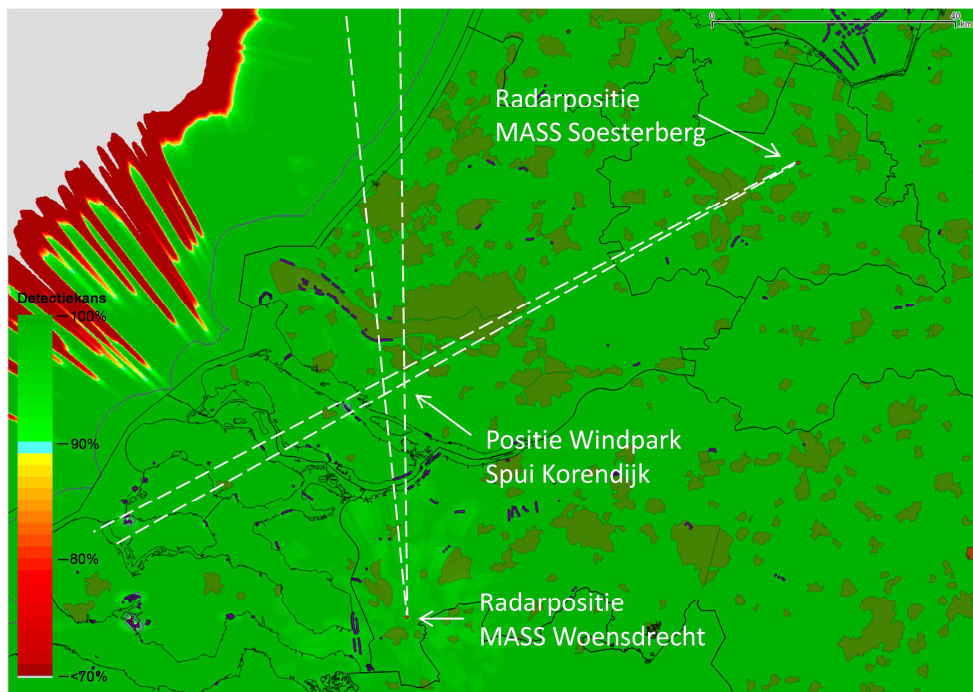
**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
13/15

Detectiekans van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk in de schaduw van het bouwplan

In Figuur 9 is de detectiekans op 1000 voet van het MASS primaire verkeersleidingsradarnetwerk uitgerekend voor de gebieden waar schaduw kan ontstaan ten gevolge van het nog te realiseren bouwplan. Op deze resultaten is detectiekansmiddeling toegepast met een straal van 500 m. De stippellijnen afkomstig van de MASS posities van Soesterberg en Woensdrecht, lopend over het bouwplan, geven de zones aan waartussen een verminderde detectiekans zou kunnen ontstaan als gevolg van de schaduwwerking. In Figuur 10 is de detectiekans berekend voor hetzelfde gebied na realisatie van het bouwplan. De figuur toont aan dat er geen schaduw is omdat de radars te Soesterberg en Woensdrecht elkaar ondersteunen in eventuele schaduwgebieden. Het bouwplan voldoet dus aan de thans gehanteerde 2016 norm.

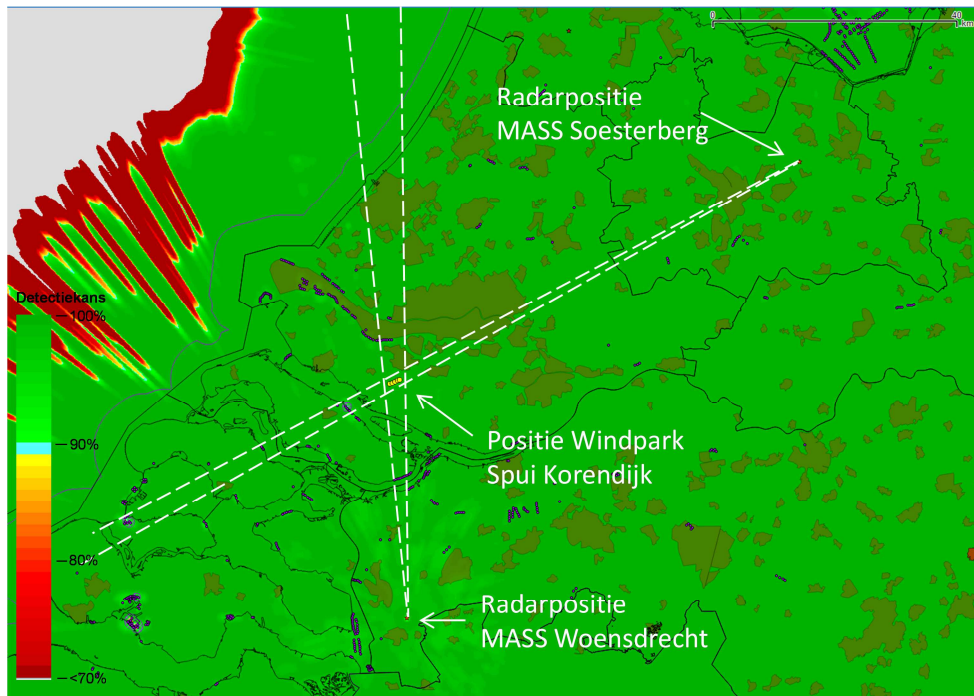


*Figuur 9 Detectiekans van het MASS verkeersleidingsradarnetwerk op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan voordat deze is gerealiseerd (baseline). Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan gaan ontstaan.*

**Datum**  
15 januari 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**  
14/15



*Figuur 10 Detectiekans van het MASS verkeersleidingsradarnetwerk berekend op 1000 voet in het schaduwgebied van het bouwplan nadat deze is gerealiseerd. Op dit figuur is detectiekansmiddeling toegepast. De stippellijnen geven aan waar de schaduw kan ontstaan.*

**Datum**

15 januari 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100293256

**Blad**

15/15

**4 Afkortingen**

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
CTR	Controlled Traffic Region
MASS	Military Approach Surveillance System
MPR	Medium Power Radar
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PSR	Primary Surveillance Radar
RDS	Rijksdriehoekstelsel
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission