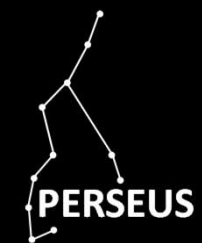


Radarhinderonderzoek Verkeersplein Diemen

Onno van Gent

08 March 2024



TNO innovation
for life

Uitgangspunten onderzoek

- De gemeente Diemen wil onderzoeken in hoeverre een windpark kan worden gerealiseerd rond het verkeersplein Diemen en of dit plan voldoet aan de huidige geldende normen. Het gaat daarbij om de volgende configuratie:
 - Het plaatsen van vier nieuwe windturbines.
 - Omdat op er op deze locatie, door de nabijheid van de luchthaven Schiphol, een hoogtebeperking geldt van 145 m boven het maaiveld, wordt voor de afmetingen uitgegaan van een turbine met een kleine rotor, De Nordex N117 Delta met een opgewekt vermogen van 3.6 MW, een ashoogte van 88.5 m en een rotordiameter van 117 m.
- Vragen:
 - Wordt bij deze nieuwe situatie nog voldaan aan de minimale eis van Defensie voor de verkeers- en gevechtsleidingsradars?
 - En zo niet, zijn er mogelijk mitigerende maatregelen te nemen?
 - Aangezien één windturbine binnen de 15 km zone valt van de TAR-1 secundaire radar, dienen ook de effecten op die radar bepaald te worden.

Coördinaten en maaiveldhoogtes (t.o.v. NAP)

ID	RDS X [m]	RDS Y [m]	Lat. [°]	Long. [°]	Maaiveld- hoogte t.o.v. NAP (m)
WT1	129155	483047	52.33474	5.00802	-1
WT2	128707	482751	52.33206	5.00147	-1.8
WT3	129517	482396	52.32891	5.01338	-1.4
WT4	129572	481980	52.32517	5.01422	-1.6

Bouwplan

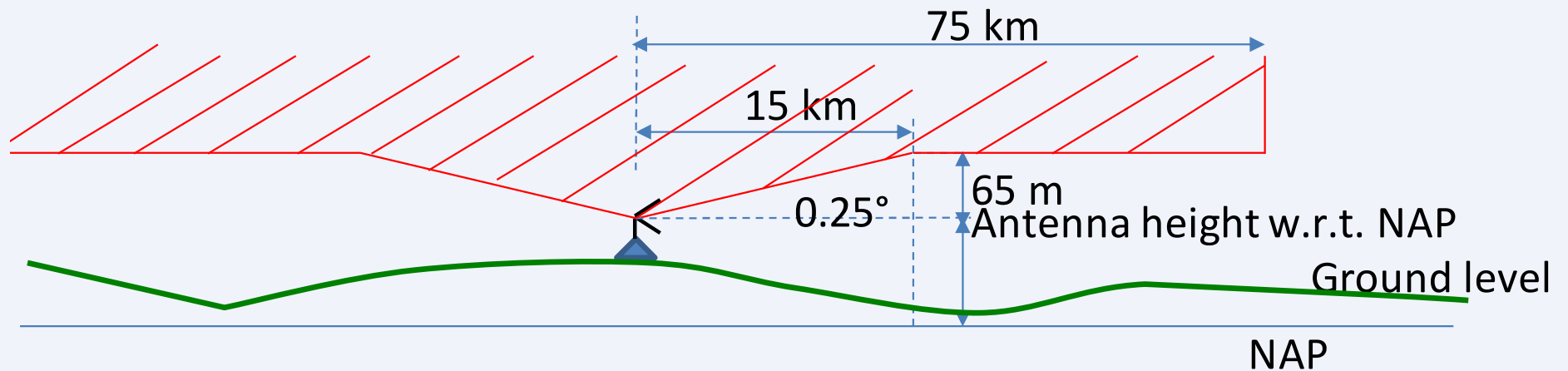
Situatie windpark



Afmetingen windturbines

Parameter	N117 Delta
Ashoogte t.o.v. maaiveld	88.5
Tiphoogte t.o.v. maaiveld	145.0
Fundatiehoogte t.o.v. maaiveld	1.1
Gondelbreedte	4.6
Gondellengte	16.0
Gondelhoogte	4.9
Mast onder \emptyset	4.0
Mast boven \emptyset	3.3
Mastlengte	86.2
Wiek lengte	58.4
Wiek breedte	2.6

Toetsingprofiel voor windturbine



- Het bouwplan is toetsingsplichtig indien de tip van de windturbine door het rood gearceerde vlak heen steekt.

Betrokken Radarsystemen

Radarsysteem	Functie	RDS X	RDS Y	Antennehoogte voor toetsingsprofiel t.o.v. NAP	Feitelijke antennehoogte t.o.v. NAP
MASS Leeuwarden	Verkeersleiding	179139	582794	30	27.3
MASS Twenthe	Verkeersleiding	258306	477021	71	68.8
MASS Soesterberg	Verkeersleiding	147393	460816	63	60.2
MASS Volkel	Verkeersleiding	176525	407965	49	46.9
MASS Woensdrecht	Verkeersleiding	083081	385868	48	45.2
MASS De Kooy	Verkeersleiding	113911	548781	27	27.5
TAR West Schiphol	Verkeersleiding	109603	482283	37	34.0
TAR Centrum Schiphol	Verkeersleiding	113877	480571	17	18.5
Infill Wemeldinge	Verkeersleiding	059912	392950	30	30.4
ASR-M Kleine Brogel (België)	Verkeersleiding	160417	353466	N.v.t.	84.0
MPR Nieuw Milligen	Gevechtsleiding	179258	471774	53	Gerubriceerd
SMART-L Wier	Gevechtsleiding	170513	585673	24	Gerubriceerd
SMART-L Herwijnen	Gevechtsleiding	137106	427741	25	Gerubriceerd

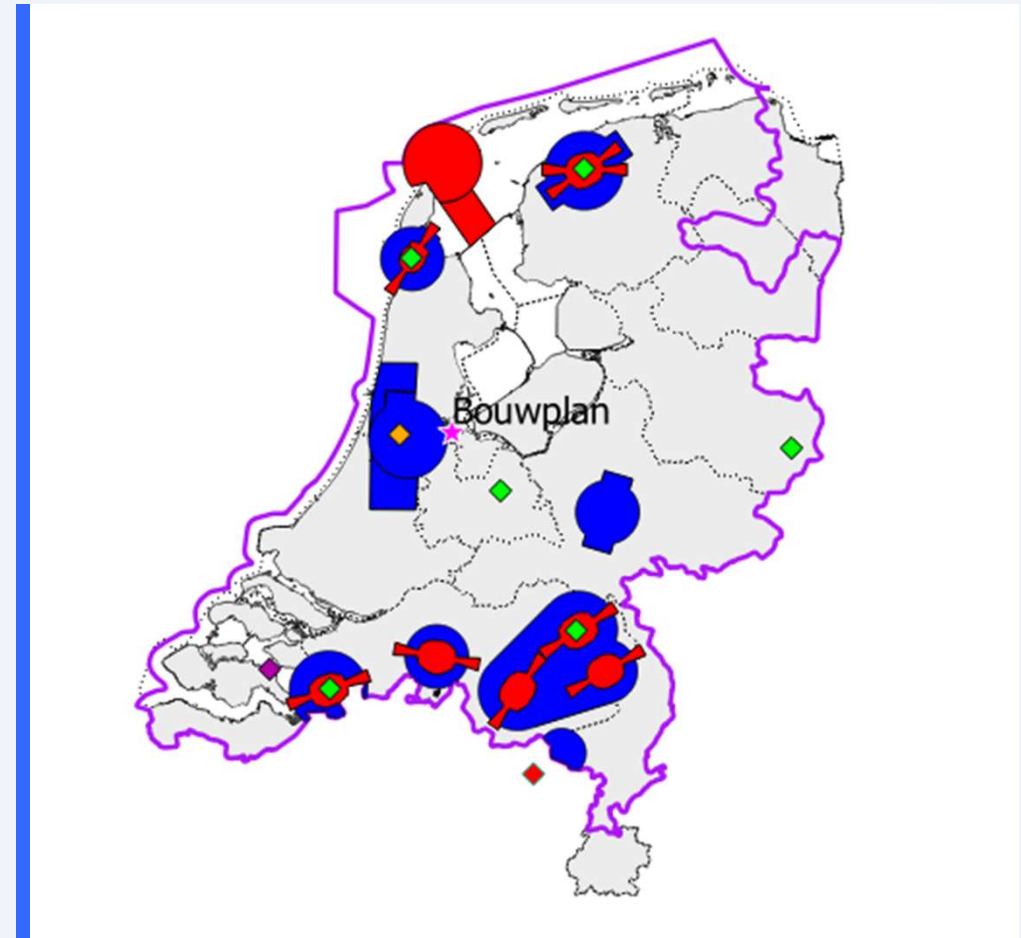
Primair verkeersradar-netwerk en bouwplan

- Het bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkels van de MASS radars bij Soesterberg en De Kooy en de TAR West bij Schiphol.



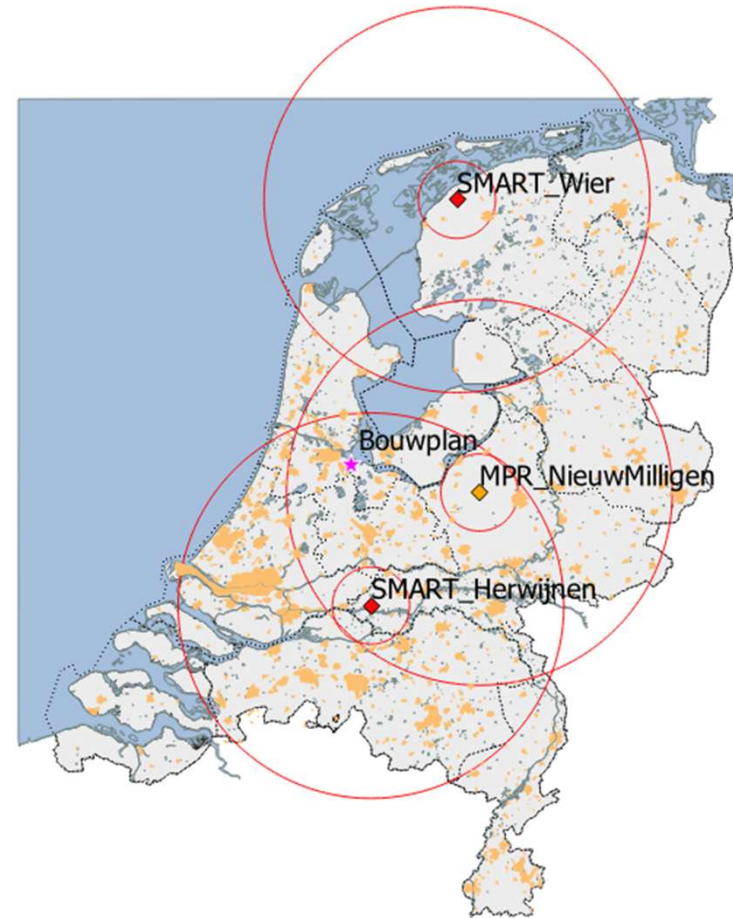
Locaties windturbines en normhoogtegebieden

- De toetsingshoogtes zijn:
 - 300 voet (rood) in Inner Horizontal Conical Sector (IHCS) in- en uitvliegfunnels
 - 500 voet (blauw) in Controlled Traffic Region (CTR)
 - 1000 voet (paars) in rest van Nederland
- Het bouwplan bevindt zich in het 1000 voet normgebied.



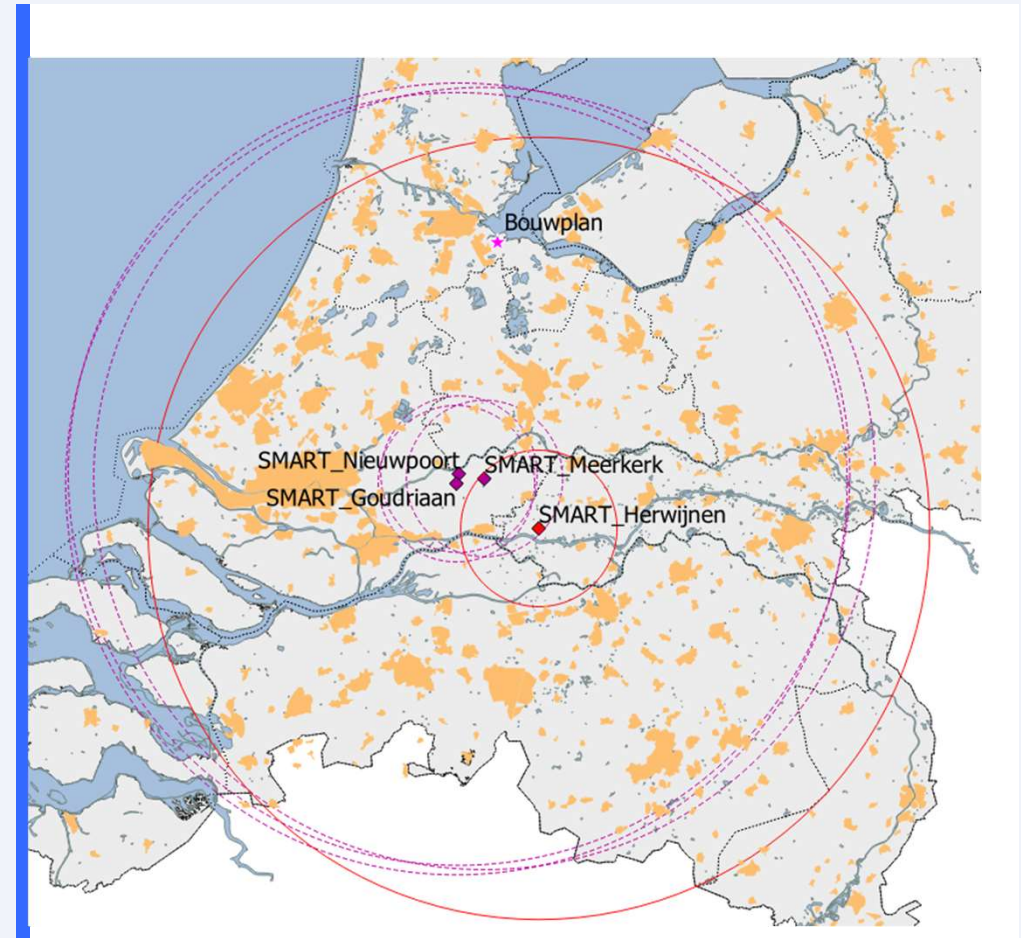
Locaties gevechtsleidingsradars en bouwplan

- Bouwplan bevindt zich binnen de 75 km cirkel van de gevechtsleidingsradars bij Nieuw Milligen en Herwijnen.



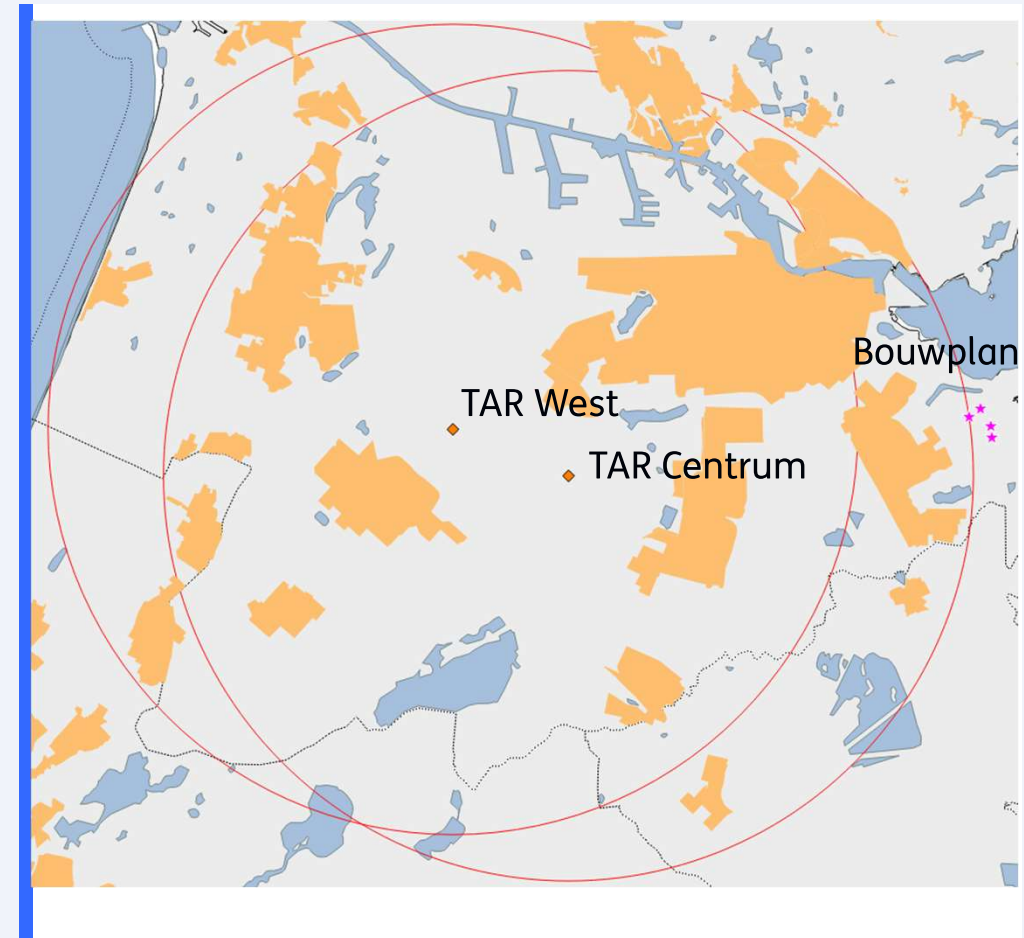
Locaties alternatieve gevechtsleidingsradars en bouwplan

- Het bouwplan bevindt zich binnen alle 75 km cirkels van de alternatieve locaties Meerkerk, Goudriaan en Nieuwpoort voor de gevechtsleidingsradar te Herwijnen.



Locaties secundaire verkeersleidingsradars op Schiphol en bouwplan

- Alleen WT1 van het bouwplan bevindt zich binnen de 15 km cirkel van alleen de TAR-1 of TAR-Centrum secundaire radar van Schiphol.
- Het gehele bouwplan is daardoor toetsingsplichtig.



Theme name

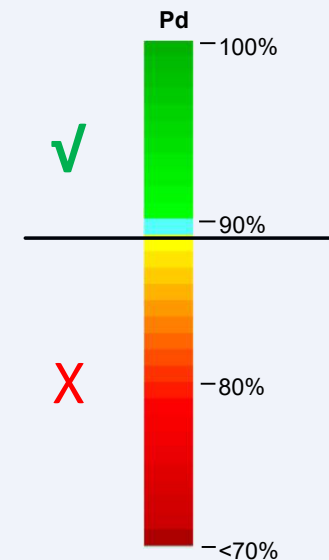
Detectiekans primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Detectiekans verkeersleidingsradarnetwerk

08 March 2024 | Radarhinderonderzoek Verkeersplein Diemen

Toegepaste kleurencodering en vaste gegevens

- Door Defensie gehanteerde minimale radardetectiekans is 90%
- Groen van 100% t/m 90%
- Lichtblauw 89%
- Van geel tot diep rood: 88% t/m 70%
- Diep rood: <70%
- Uitgangspunten detectiekansberekening primair verkeersleidingsradarnetwerk:
 - Radardoorsnede doel: 2 m²
 - Doelssterkte variatie: Swerling case 1
 - False alarm rate: 10⁻⁶
- Voor informatie over de toegepast rekenmethode: <http://www.TNO.nl/perseus>



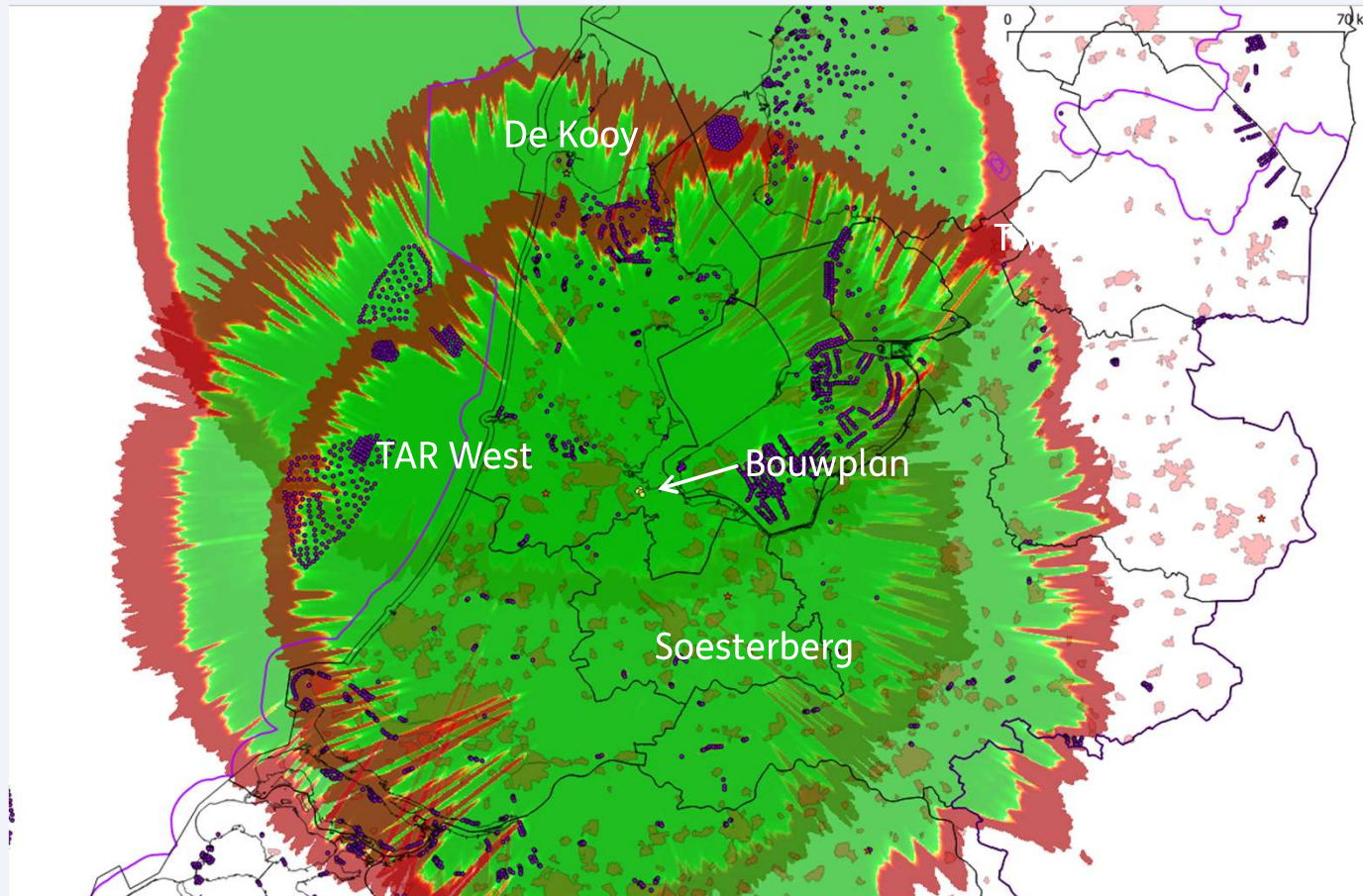
Onderlinge vergelijking

- Huidige situatie: Primaire verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit de MASS radars van Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel, Woensdrecht en De Kooy, aangevuld met de TAR West radar te Schiphol en de infill radar bij Wemeldinge met alle reeds bestaande windturbines (baseline januari 2024) in Nederland, berekend voor een doel op 300, 500 en 1000 voet ten opzichte van het maaiveld, inclusief detectiekansmiddeling met een 500 m straal voor alleen 1000 voet.
- Nieuwe situatie: Als boven, maar met het nieuwe bouwplan.
- Er wordt naar twee aspecten gekeken:
 - Verlies aan detectiekans rond en boven het bouwplan.
 - Verlies aan radarbereik door schaduwwerking van bouwplan.
- Het baselinebestand met de bestaande windturbines voor 2024 is afkomstig van Windstats.nl

Situatie radardekking op 1000 voet

- Boven het voorgenomen windpark biedt op 1000 voet de MASS radars bij Soesterberg en De Kooy en de TAR West bij Schiphol radardekking.

Situatie radardekking op 1000 voet



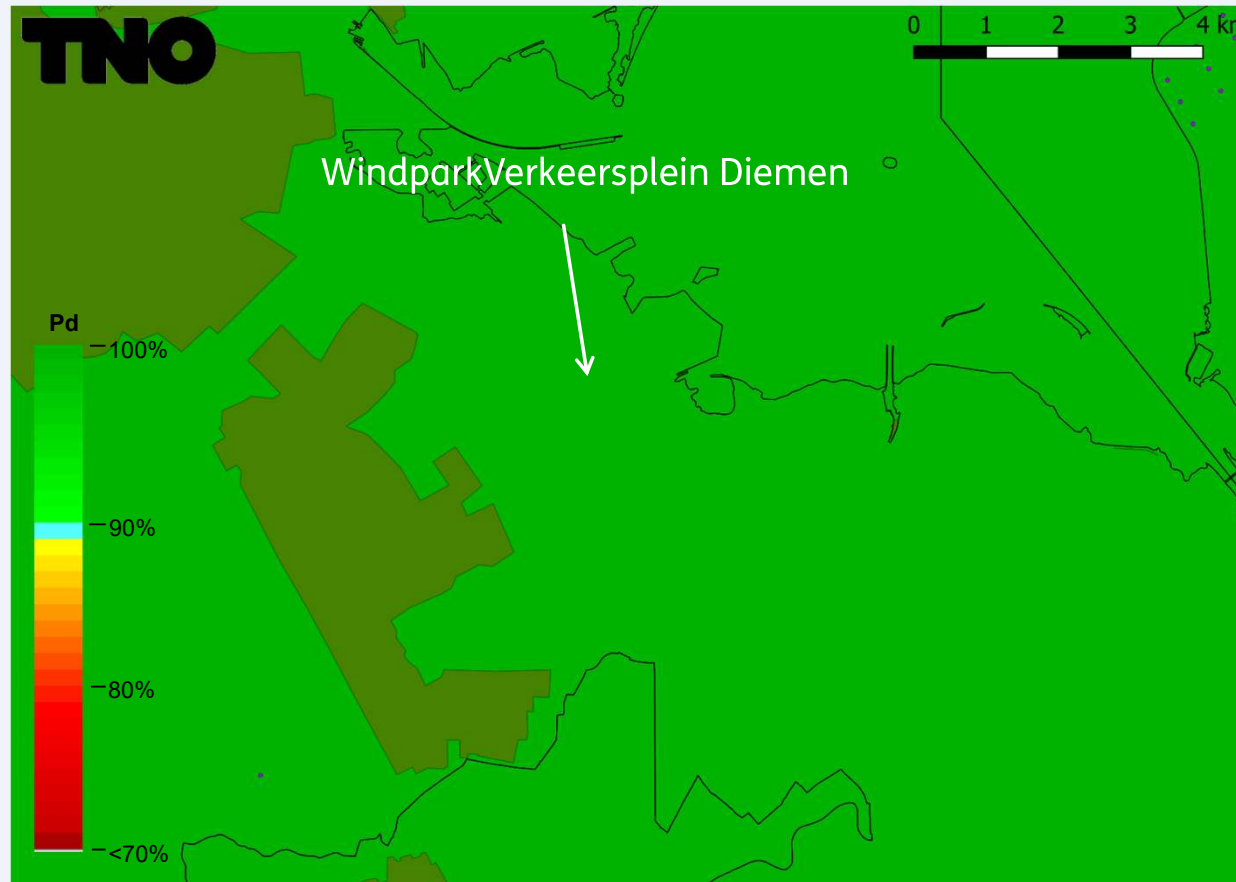
Detectiekans primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Verlies detectiekans rond bouwplan

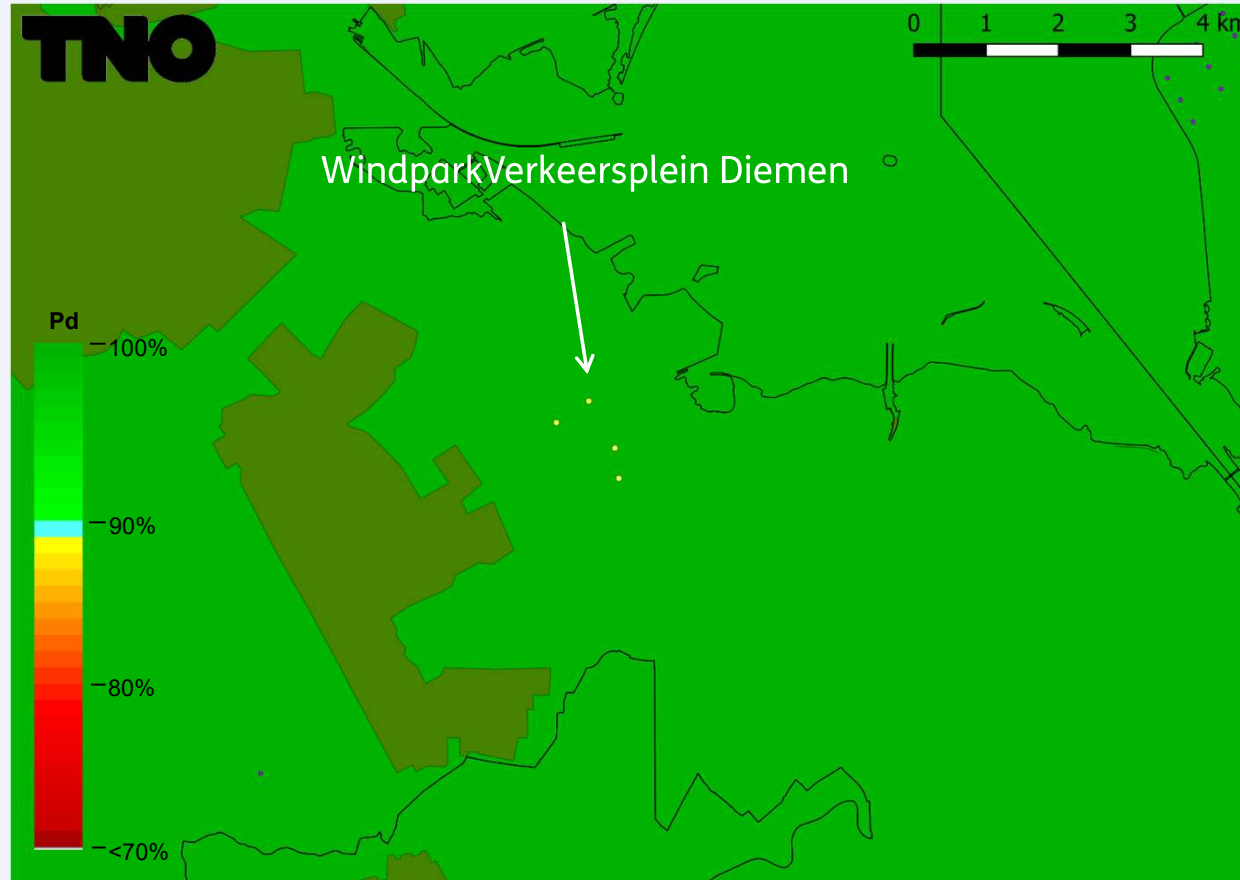
- Vergelijking verlies aan radardekking boven en in de nabijheid van het bouwplan op 1000 voet zonder en met het bouwplan.



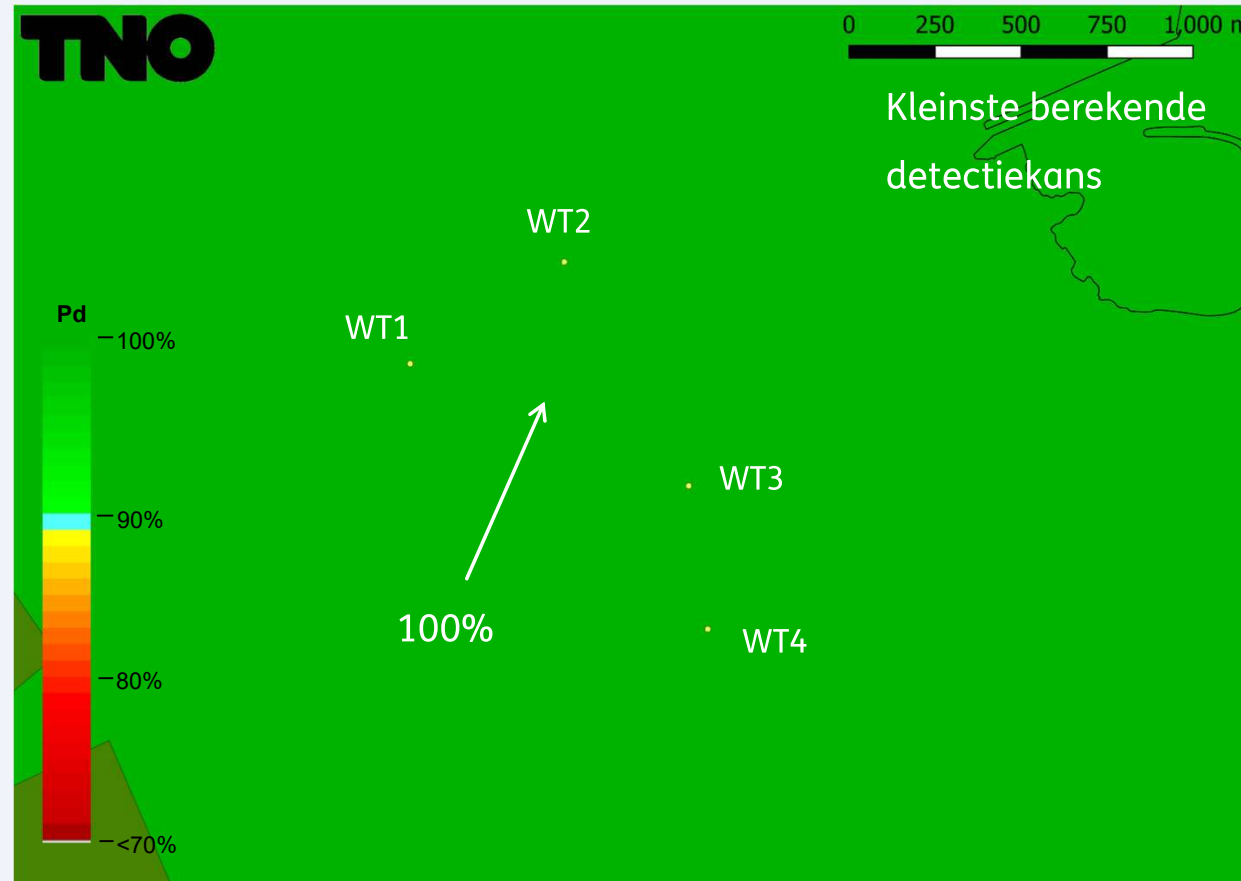
Rond bouwplan op 1000 voet baseline 2024



Rond bouwplan op 1000 voet na realisatie iteratie 1



Rond bouwplan op 1000 voet na realisatie iteratie 1, detail



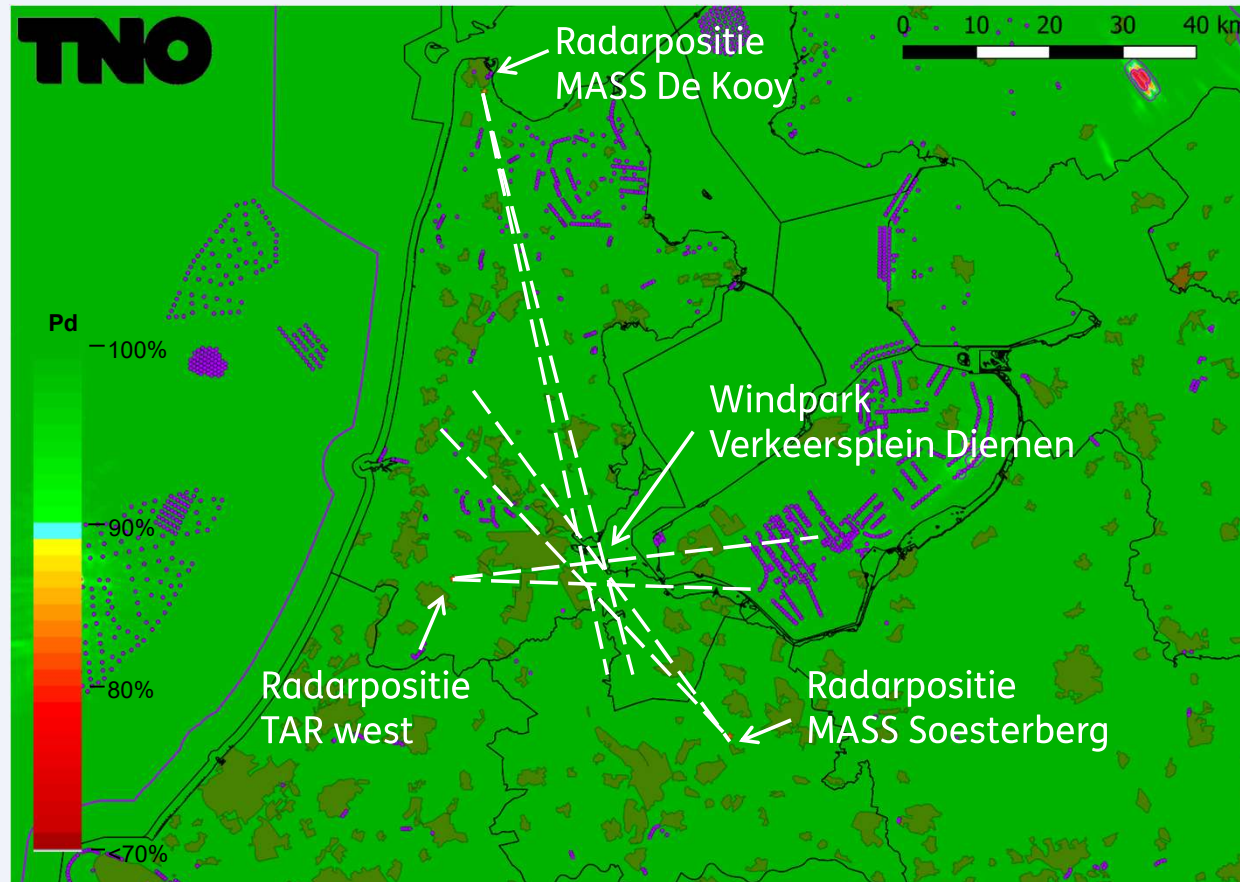
Detectiekansv primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Verlies radarbereik door schaduw bouwplan

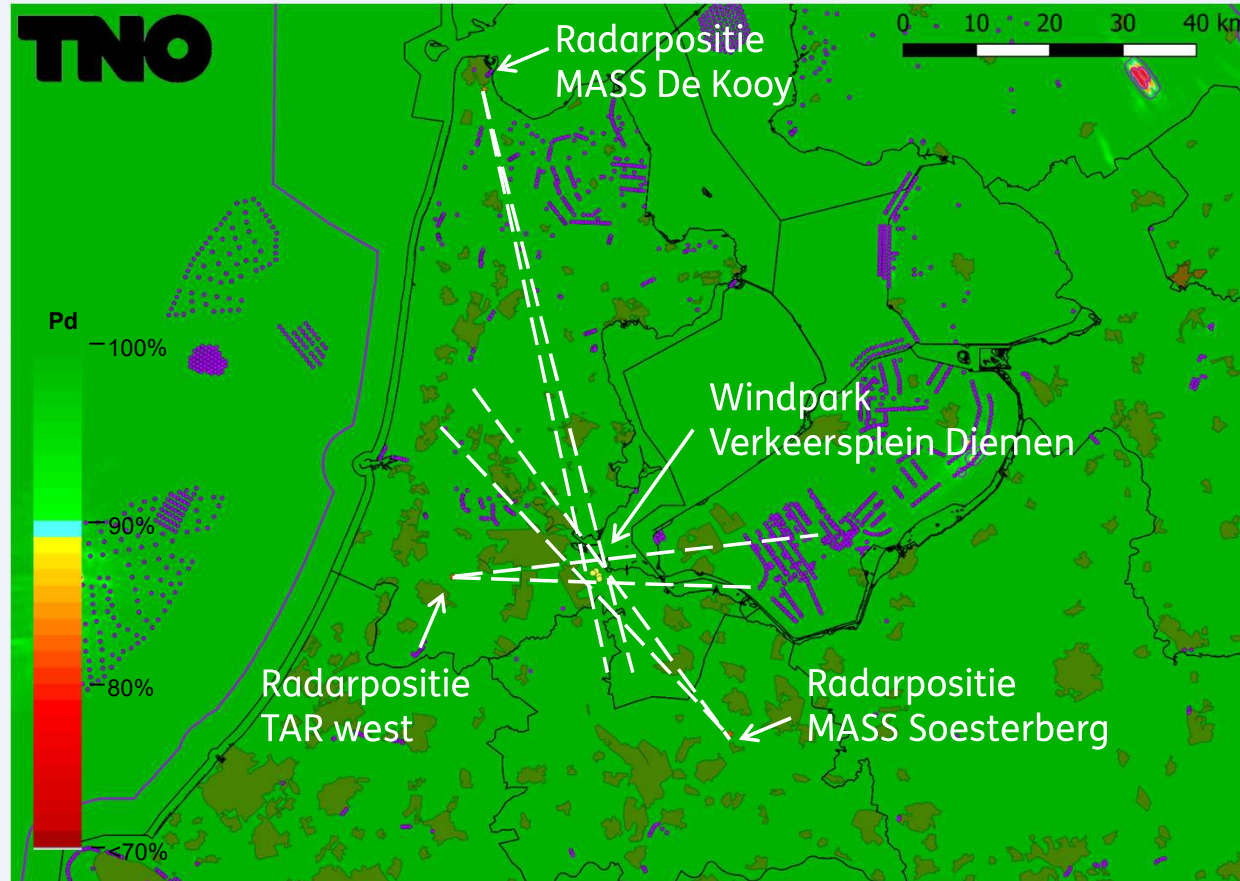
- Vergelijking verlies aan radarbereik door schaduwwerking op 1000 voet hoogte zonder en met het bouwplan.



Schaduw bouwplan op 1000 voet baseline 2024



Schaduw bouwplan op 1000 voet na realisatie iteratie 1



Detectiekans primaire verkeersleidingsradarnetwerk

Constateringen en conclusies

08 March 2024 | Radarhinderonderzoek Verkeersplein Diemen



Constateringen en conclusies

- Detectiekans voor alleen het verkeersleidingsradarnetwerk ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan:
 - Na realisatie van het bouwplan is er op de toetsingshoogte van 1000 voet geen verlies aan detectiekans boven het bouwplan zichtbaar.
 - Daarmee voldoet het bouwplan wel aan de thans gehanteerde norm van 2024.
- Verlies aan maximum bereik door de schaduwwerking op 1000 voet van het bouwplan:
 - De MASS radar bij Soesterberg en De Kooy en de TAR West bij Schiphol ondersteunen elkaar, waardoor door de schaduwwerking van de windturbines, geen verlies aan maximum bereik kan plaatsvinden.
 - Het bouwplan voldoet daarmee dus wel aan de thans gehanteerde norm van 2024.

Detectiekans primaire verkeersleidingsradarnetwerk

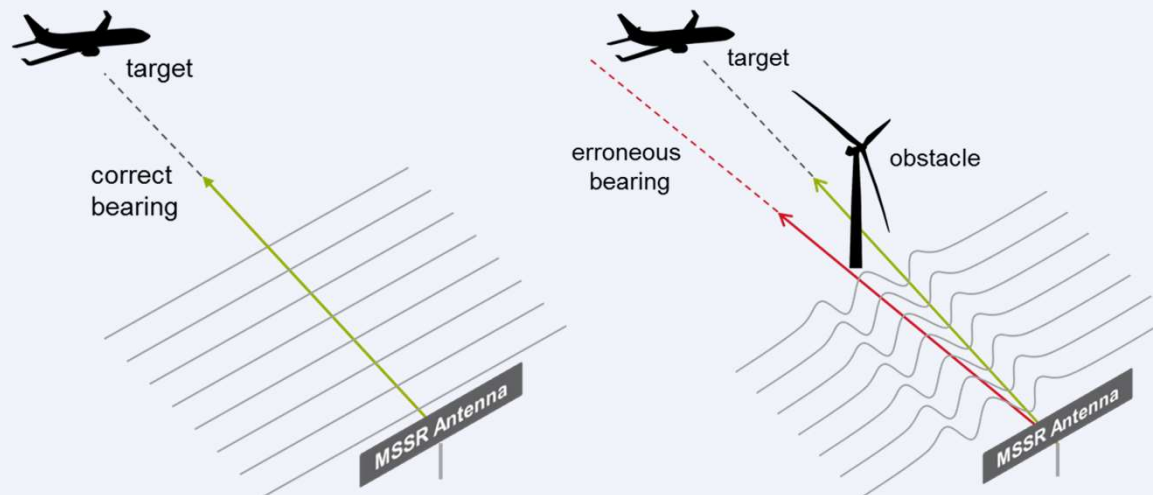
Mitigerende maatregelen

- Niet van toepassing.

Peilingsfouten secundaire radars veroorzaakt door het bouwplan

Achtergrondinformatie

- De interrogator van de secundaire radar zendt een ondervraging uit naar het vliegtuig. De transponder in het vliegtuig beantwoordt deze ondervraging met een bericht waarin onder andere het vluchtnummer wordt aangegeven en de vlieghoogte.
- Aan de hand van deze respons wordt de hoek van het vliegtuig bepaald.
- Windturbines in de zichtlijn tussen het doel en de radar zorgen voor hoekfouten: dit worden OBE (Off Boresight Errors) genoemd.



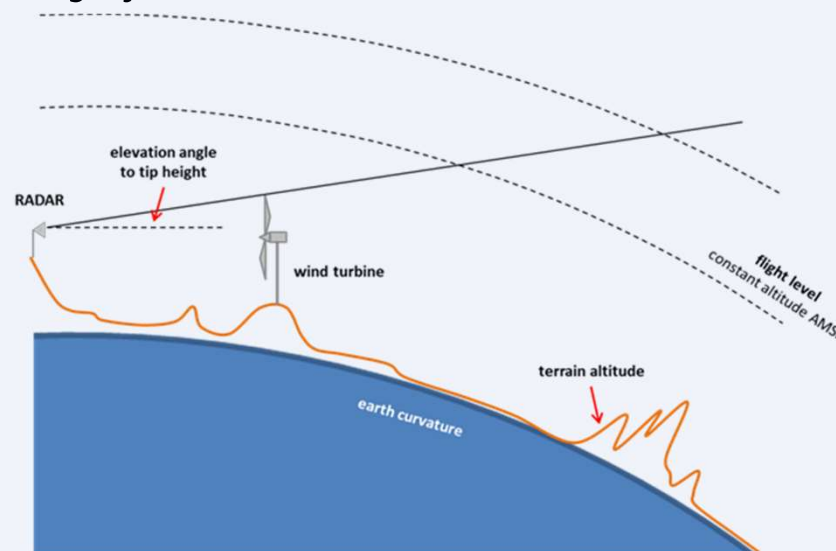
Line-of-Sight analyse

- Voor elke turbine is een line-of-sight analyse uitgevoerd.
- Zichtlijnen zijn berekend voor de volgende situaties:
 - Een zichtlijn die langs de tiphoogte van de turbine loopt
 - Een zichtlijn die langs de ashoogte van de turbine loopt.
- Uit deze figuren kan worden afgeleid op welke hoogtes en afstanden de turbines mogelijke verstoringen veroorzaken.
- Om een Line-of-Sight analyse te kunnen uitvoeren is een DEM (digital elevation model) nodig. In deze analyse is gebruik gemaakt van de zeer nauwkeurige AHN2-data (actueel hoogtebestand Nederland).
- Deze hoogtegegevens worden ook gebruikt in de berekeningen binnen het PERSEUS simulatie programma voor de bepaling van de effecten van windturbines op de primaire radars binnen Nederland.



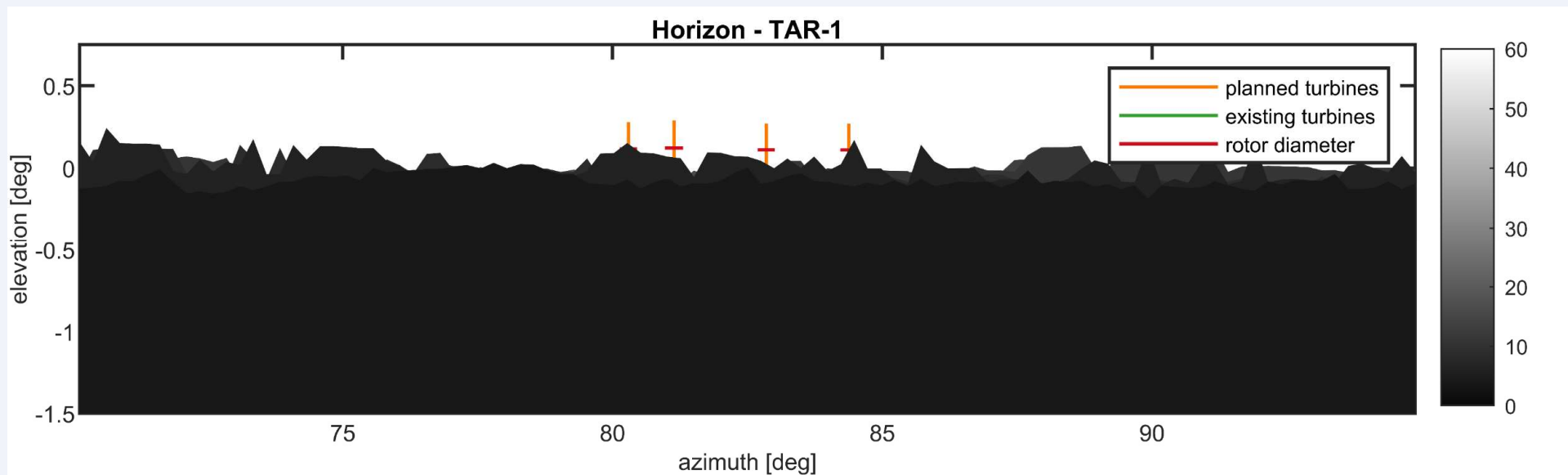
Line-of-Sight analyse

- Voor aanzicht gezien vanuit TAR-Centrum
- Alle windturbines zijn zichtbaar vanuit TAR-Centrum en beïnvloeden dus potentieel het functioneren van de secundaire radar.
- Een overzicht van de algemene line-of-sight geometrie met een vaste azimut. De elevatiehoek naar het hoogste punt van de turbine wordt aangegeven met een grijze lijn. Monopulse Secondary Surveillance Radar (MSSR) transponders signalen boven deze lijn worden niet beïnvloed door de windturbine. MSSR transponders van vliegtuigen onder deze lijn worden mogelijk beïnvloed door de turbine.

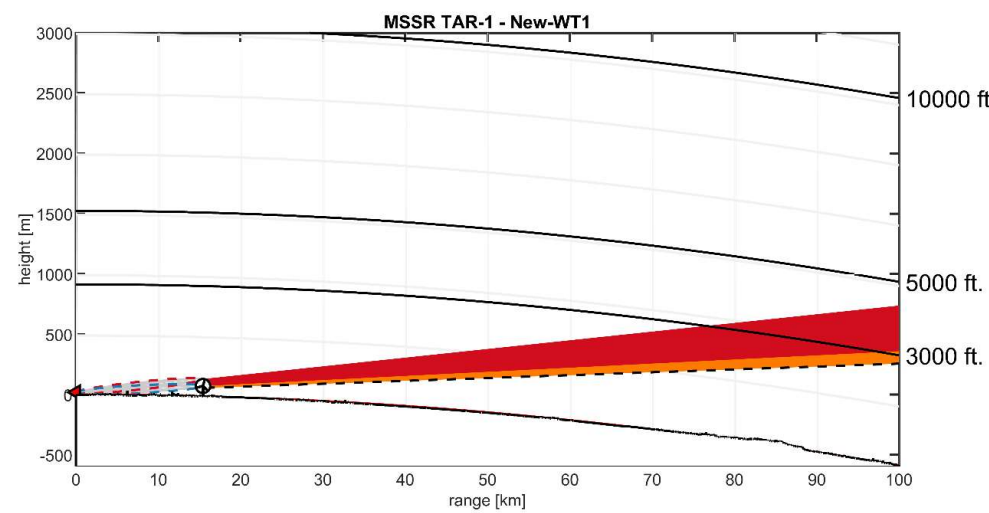
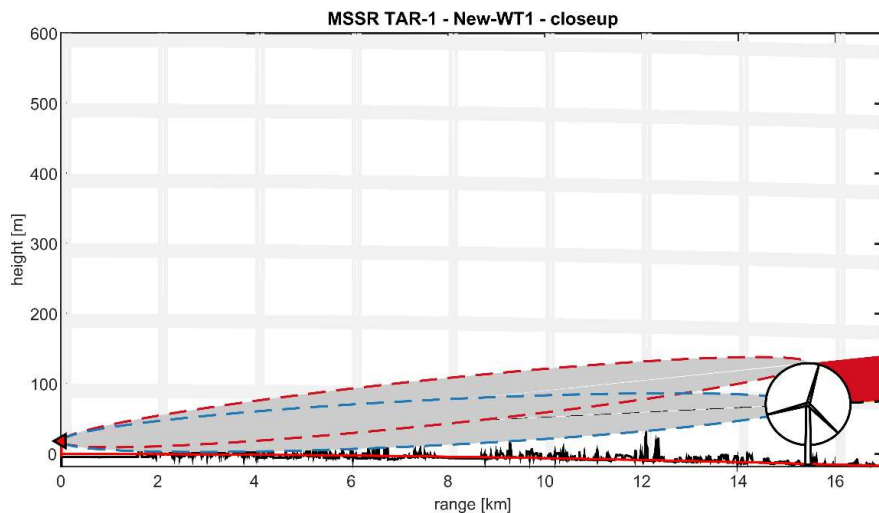


Vooraanzicht gezien vanuit TAR Centrum

- Overzicht van de radar horizon in de richting van het bouwplan, gezien vanuit de TAR-Centrum MSSR
- Met de vier windturbines WT1 t/m WT4 bij het verkeersplein Diemen.
- Er zijn geen bestaande windturbines in dezelfde sector aanwezig.

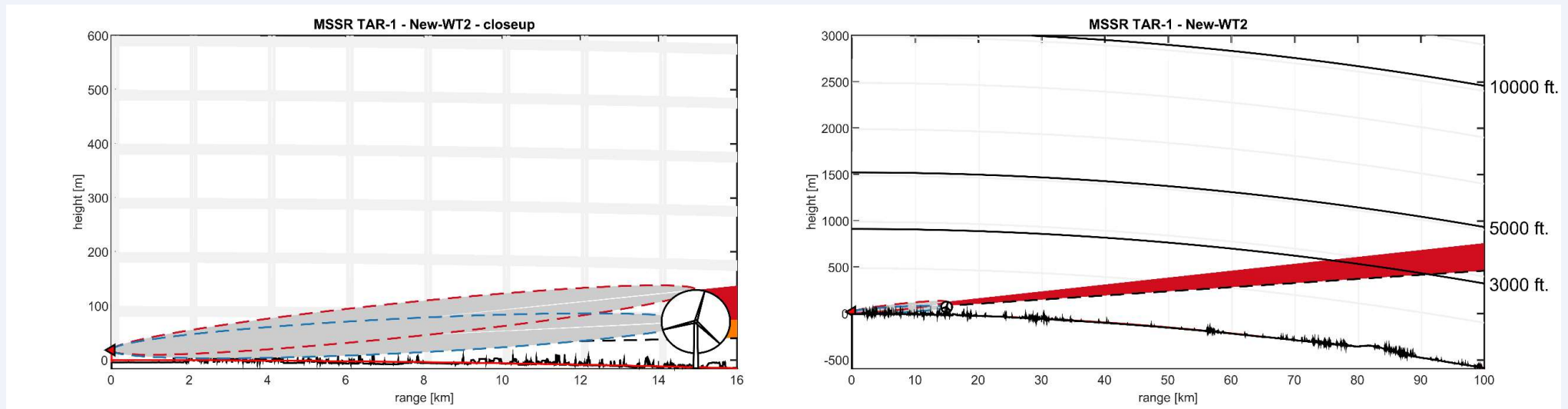


Line of sight WT1



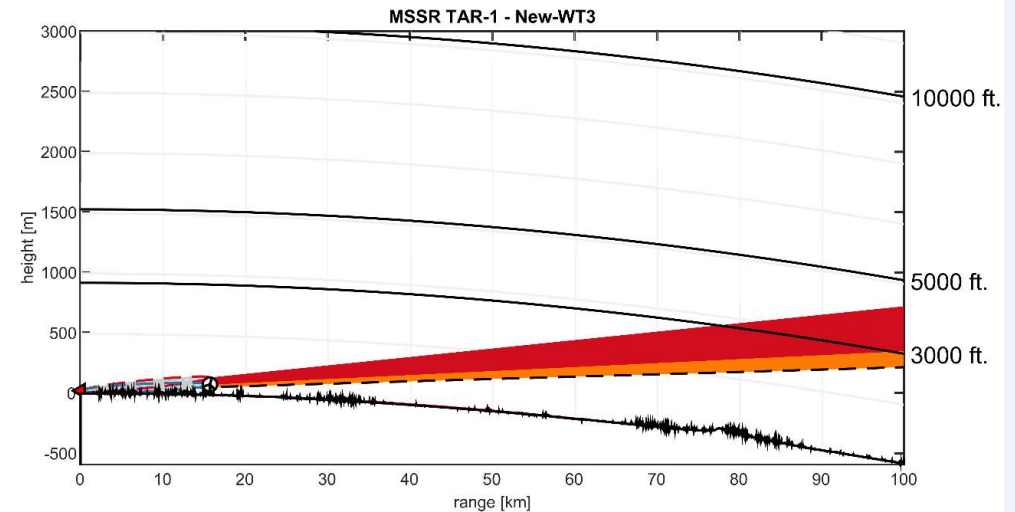
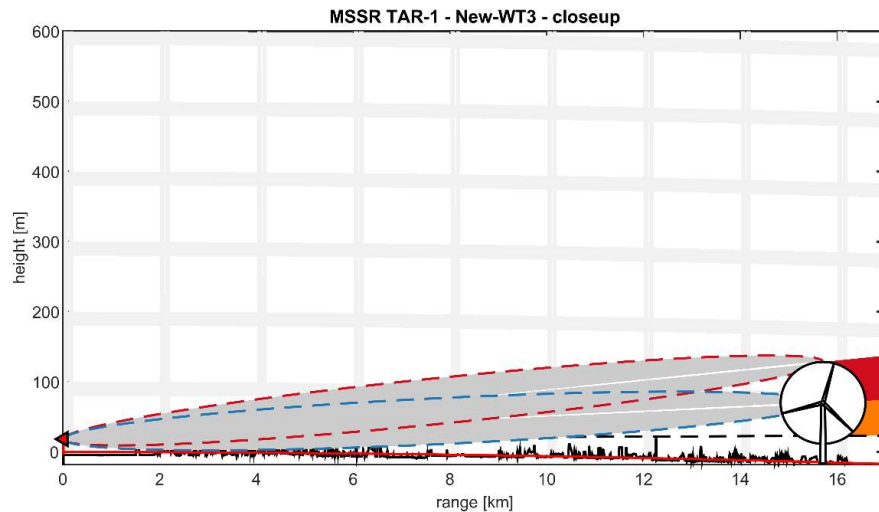
- Links: Het zicht van de radar op de windturbine wordt tot de ashoogte beperkt door het terrein of bebouwing, maar niet voor de tiphoogte
- Rechts: De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1300 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit ten gevolge van het terrein een hoogte zijn van circa 850 m

Line of sight WT2



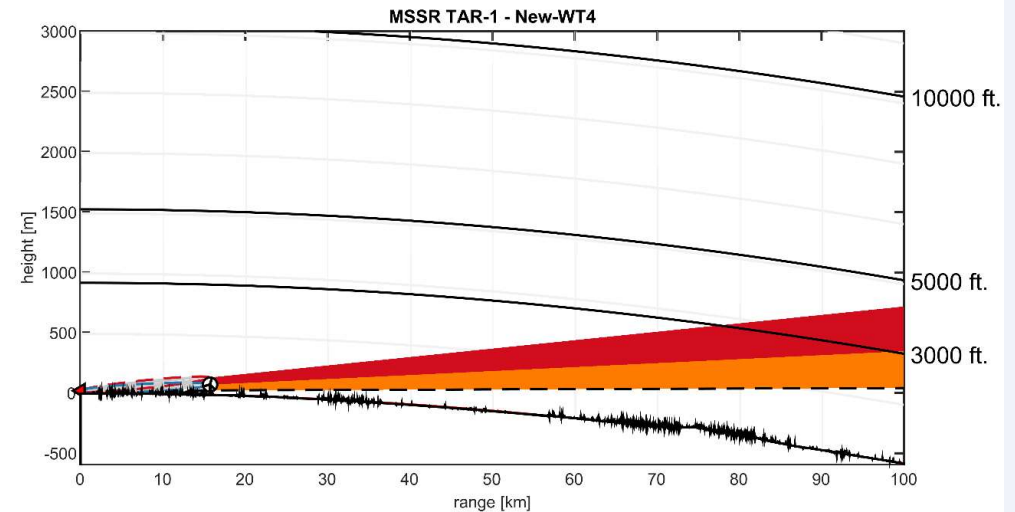
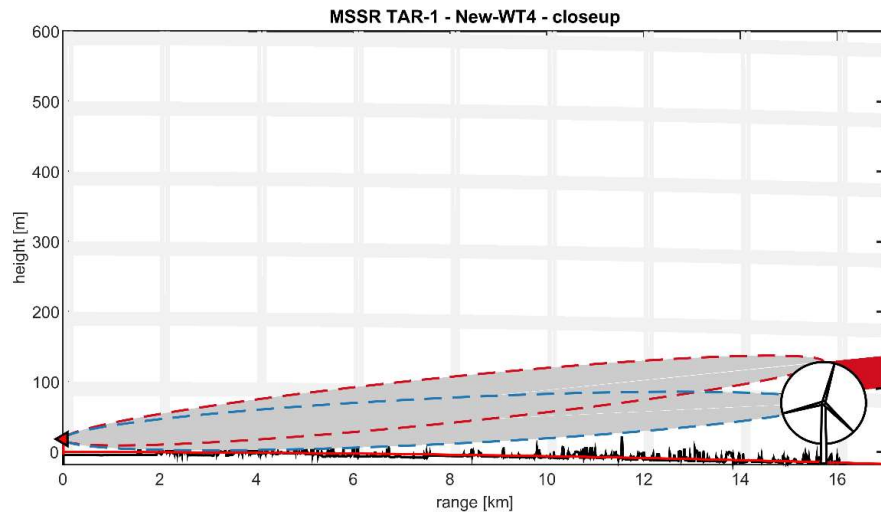
- Links: Het zicht van de radar op de windturbine wordt niet beperkt door het terrein of bebouwing
- Rechts: De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1350 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit ten gevolge van het terrein een hoogte zijn van circa 1050 m

Line of sight WT3



- Links: Het zicht van de radar op de windturbine wordt niet beperkt door het terrein of bebouwing
- Rechts: De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1300 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit ten gevolge van het terrein een hoogte zijn van circa 800 m

Line of sight WT4



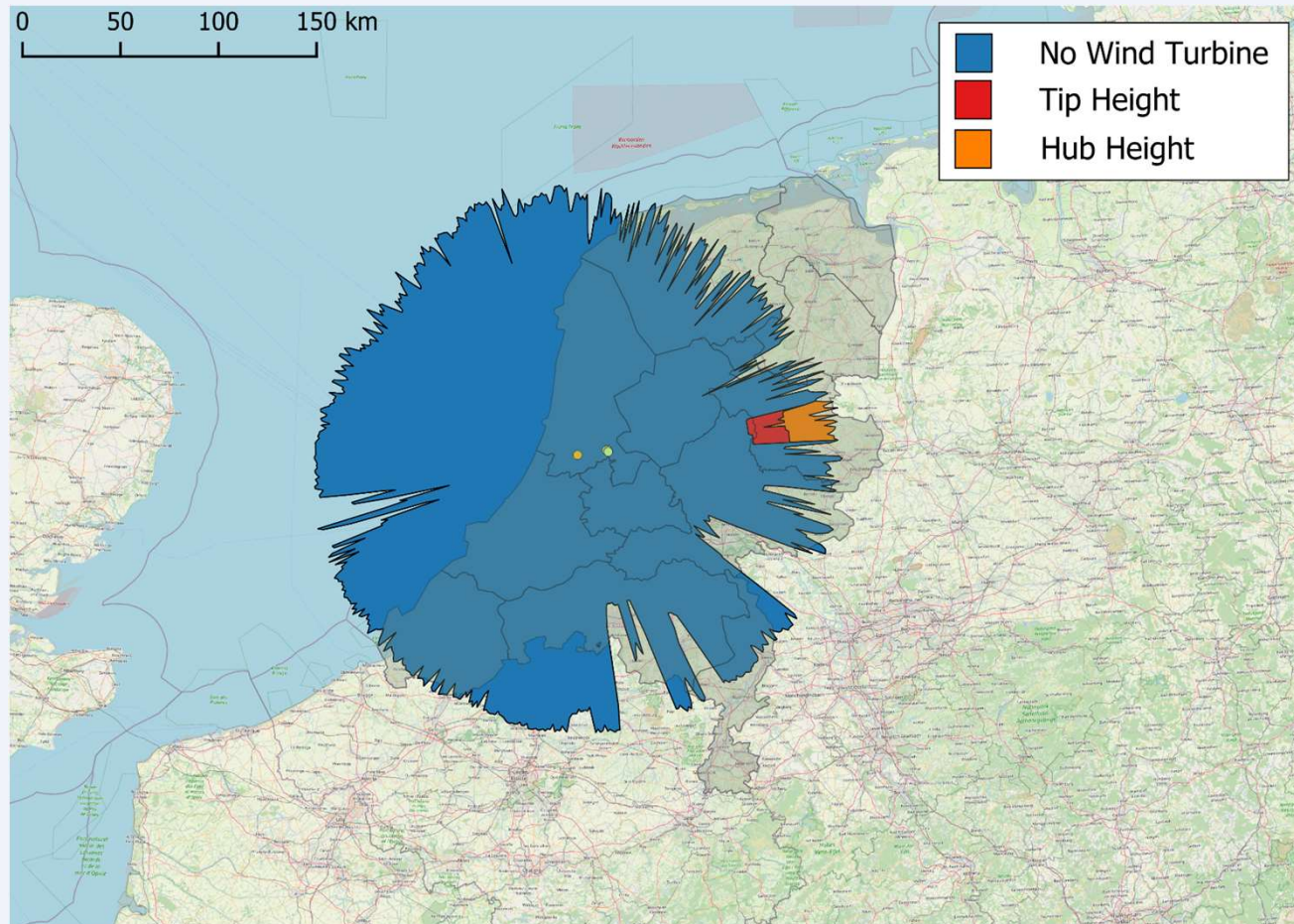
- Links: Het zicht van de radar op de windturbine wordt niet beperkt door het terrein of bebouwing
- Rechts: De rode lijn geeft een indicatie op welke vlieghoogte de verstoring van het windpark nog van invloed is. Op 100 km van de radar zal de peiling van vliegtuigen tot een hoogte van circa 1300 m beïnvloed worden. Zonder de turbine zou dit ten gevolge van het terrein een hoogte zijn van circa 600 m

Dekkingsdiagrammen

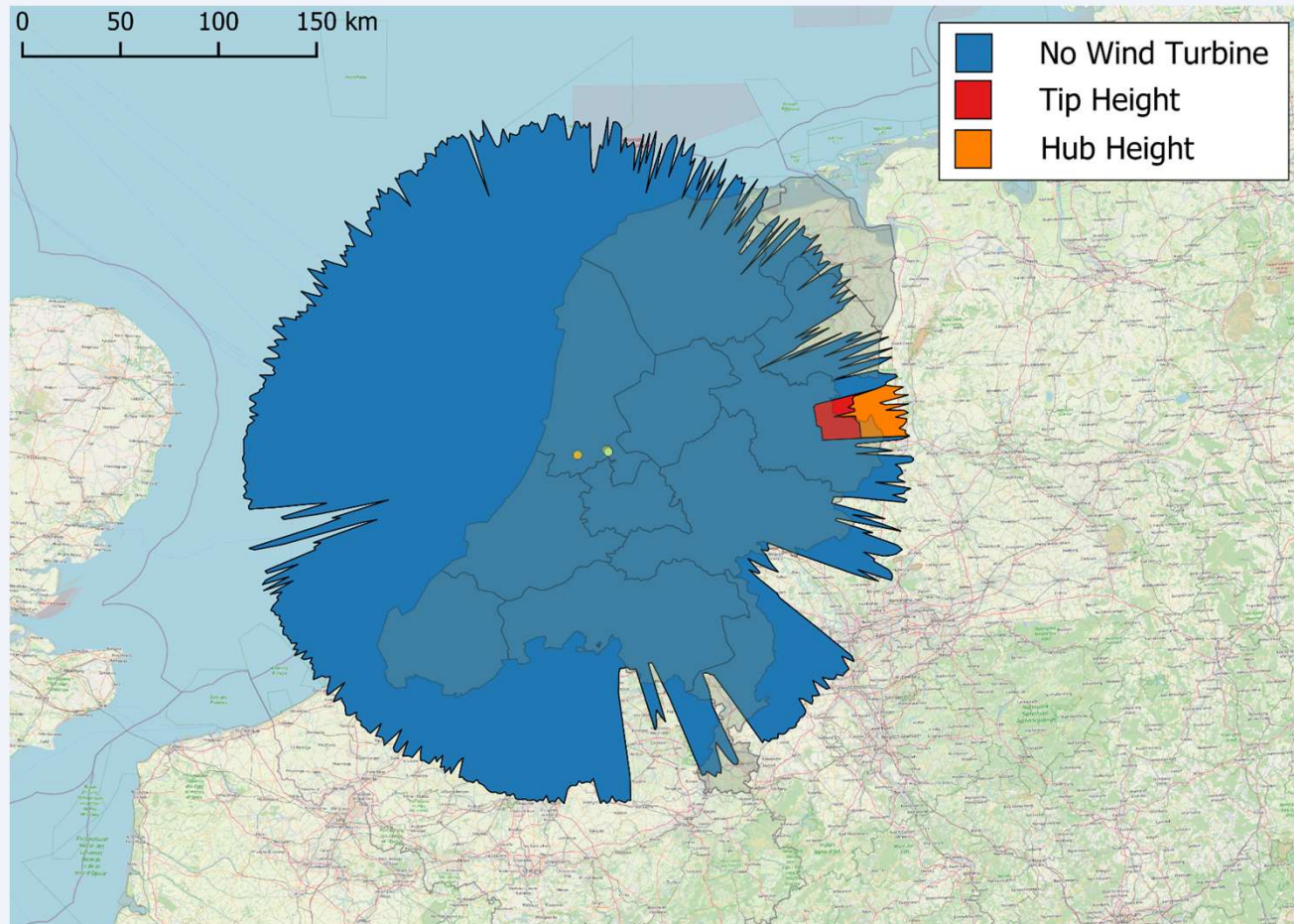
- In de volgende figuren worden op drie verschillende hoogtes de sectoren in azimut aangegeven waarin de turbines potentieel invloed hebben op het functioneren van de secundaire radar.
- Een dekkingdiagram geeft aan of de radar een potentieel doel kan 'zien' op een bepaalde hoogte.
- Er is onderscheid gemaakt tussen gebieden waarbij de mast (ashoogte) (oranje) een obstakel vormt en gebieden waarbij het rechtopstaande blad (tiphoogte) (rood) een obstakel vormt.
- De berekeningen zijn uitgevoerd op een hoogte van 3000, 5000 en 10000 voet en voor relevante sectoren in azimut.



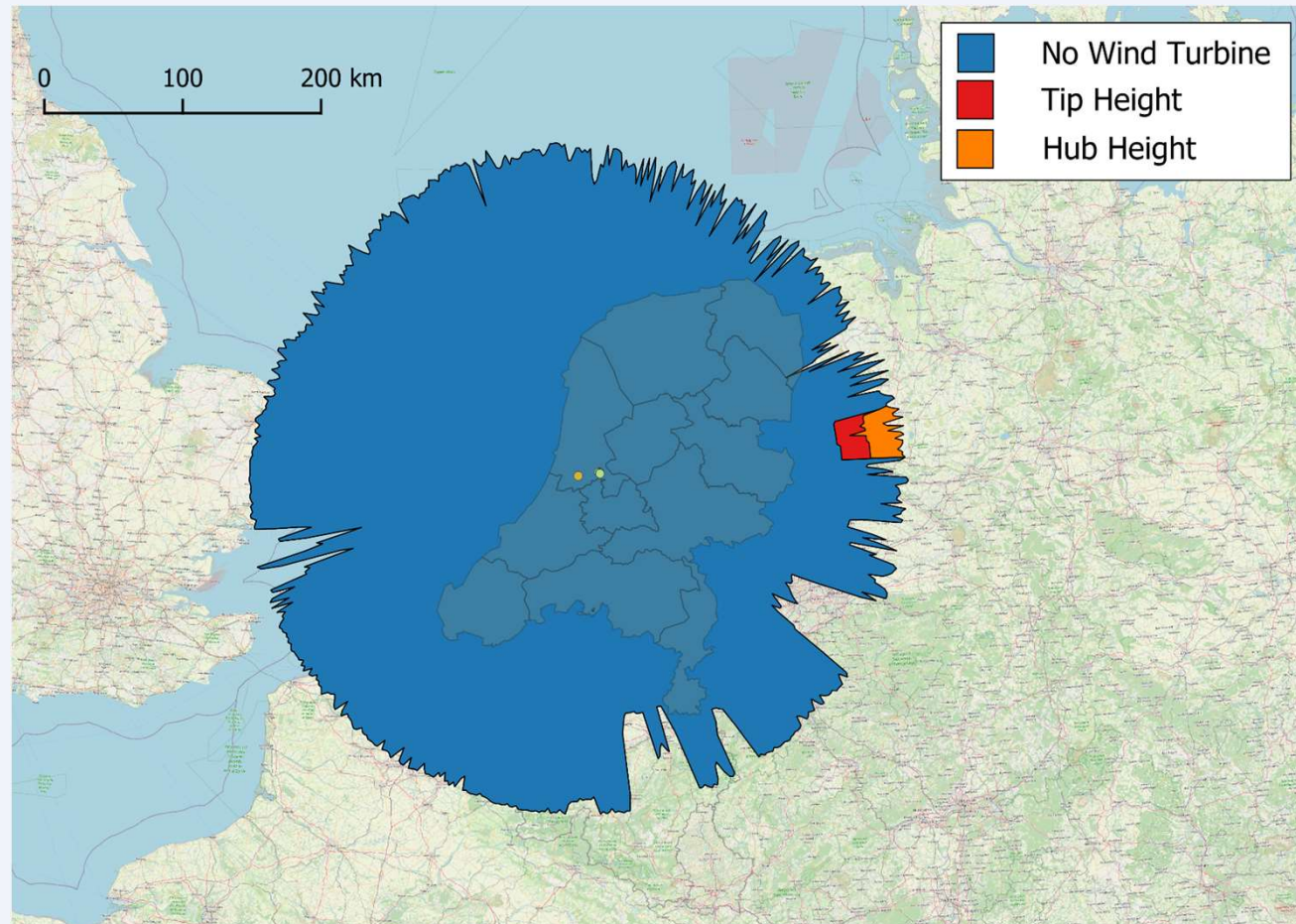
Dekkingsdiagrammen op 3000 voet



Dekkingsdiagrammen op 5000 voet



Dekkingsdiagrammen op 10000 voet

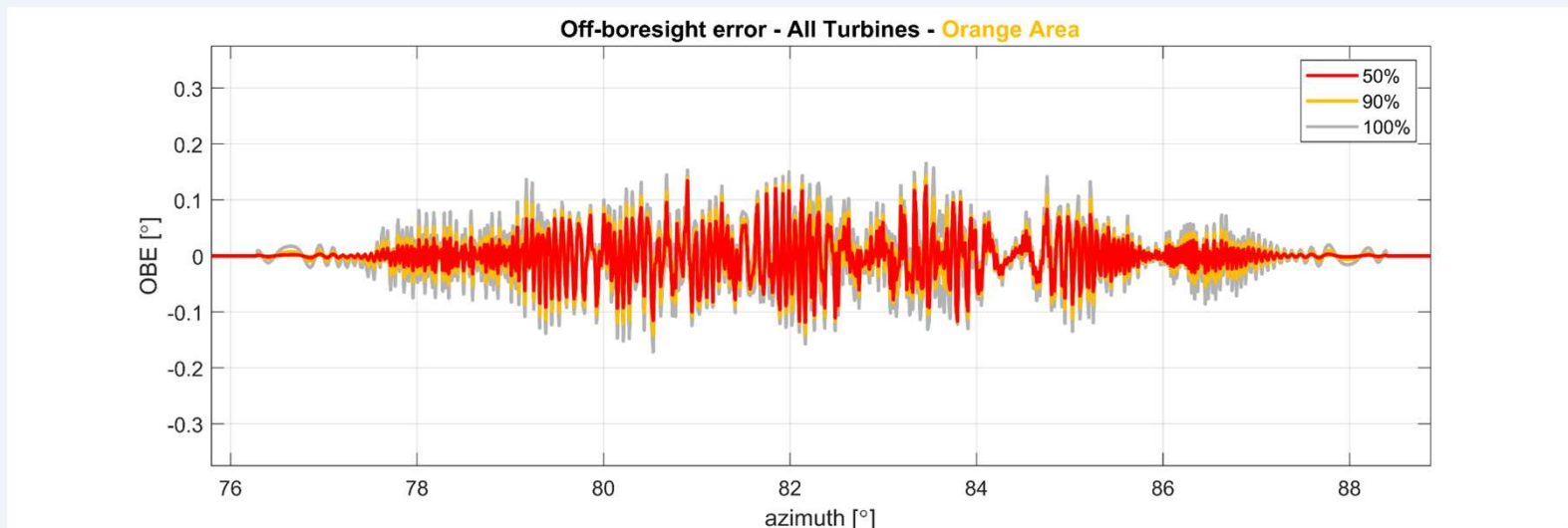


Off Boresight errors

- De voorgaande resultaten kunnen worden gebruikt om een inschatting te maken van de afstanden en hoogtes waarop verstoringen plaats kunnen vinden. Dit zegt nog niets over de mate van verstoring.
- Deze mate van verstoring wordt uitgerekend met een door TNO ontwikkelde model waarbij de windturbine wordt gesimuleerd als een oneindige cilinder. Het effect van de verstoring van een elektromagnetische golf door de cilinder op de gemeten hoek wordt vervolgens uitgerekend.
- De volgende waardes worden genomen voor de doorsnede van de cilinder:
 - Wanneer de mast en/of nacelle zichtbaar is, dus het oranje gekleurde zone: *het gemiddelde van de lengte en breedte van de nacelle.*
 - Wanneer alleen een wiek zichtbaar is, dus het rood gekleurde zone: *de breedte van de wiek.*
- Deze berekening wordt voor elke richting van de radar herhaald voor verschillende posities van het doel, waardoor een statistische verdeling van de hoekfout kan worden bepaald.

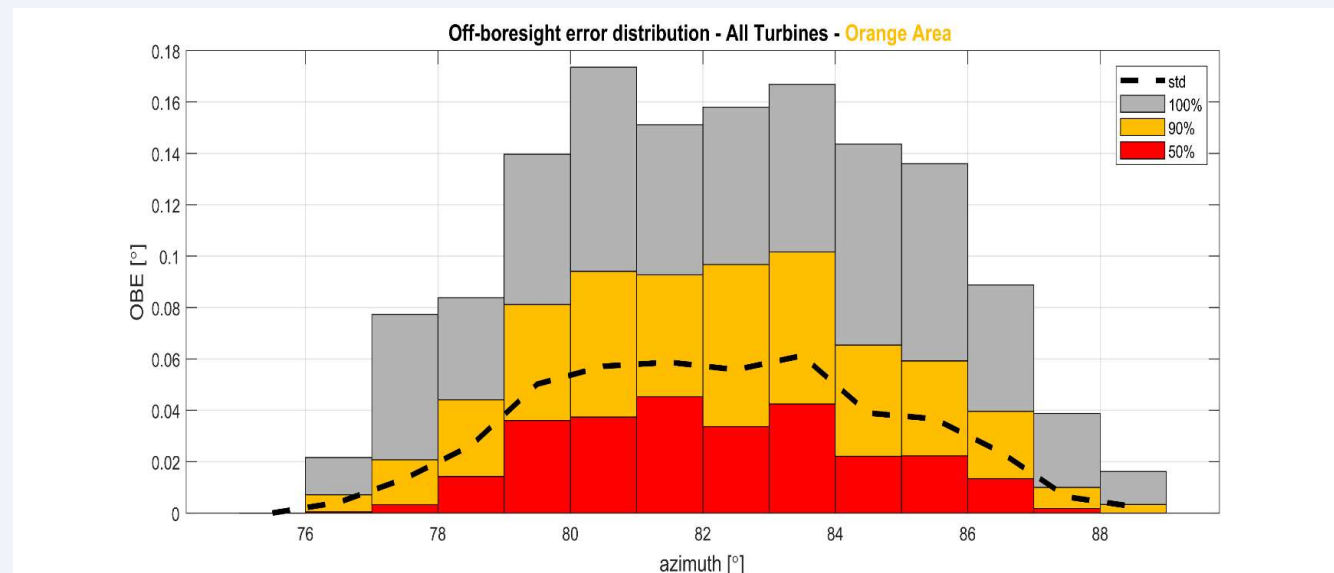


Peilingsfouten TAR-Centrum MSSR – *Oranje Zone*



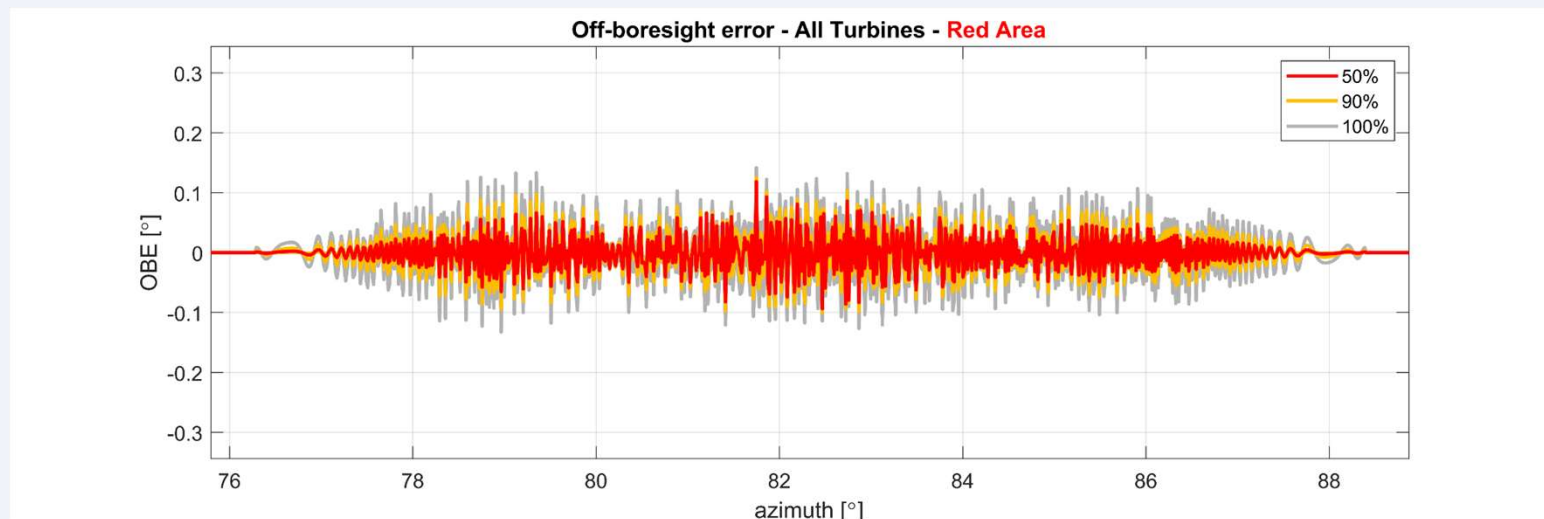
- De peilingshoek fout als functie van azimuth voor het bouwplan voor de TAR Centrum MSSR, in de oranje zone. Dus het gebied waar de fout wordt veroorzaakt door de mast en de gondel. De maximale absolute fout voor de oranje zones is 0.17°.

Cumulatieve verdeling van de absolute peilingsfout – *Oranje Zone*



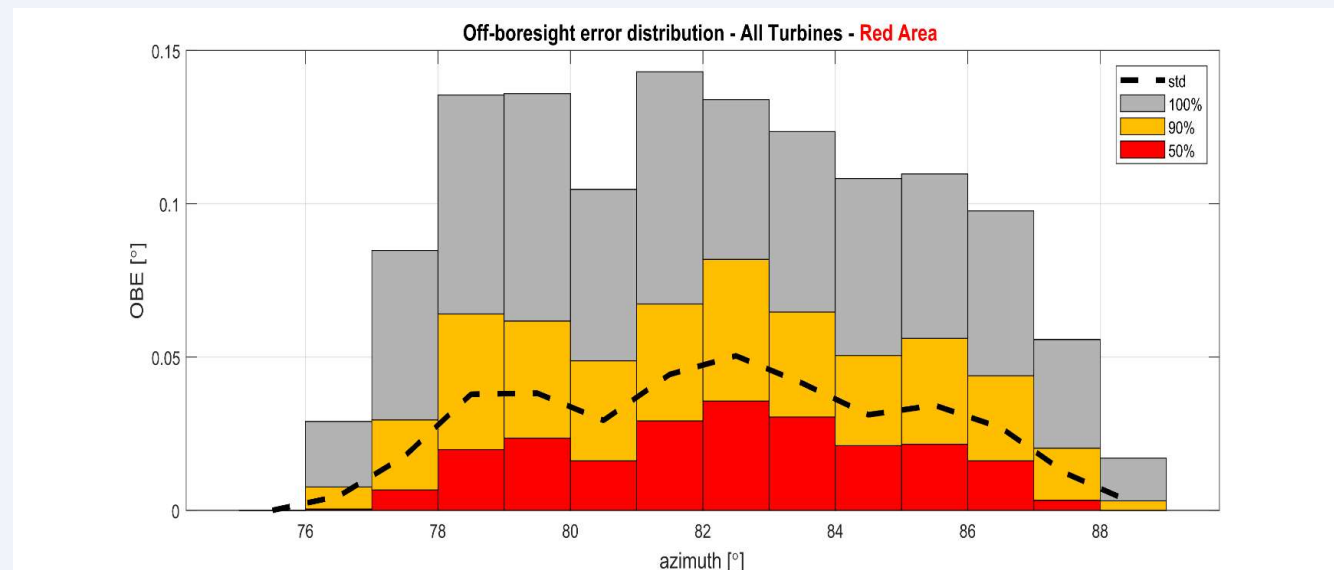
- De cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alle turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1 σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is.

Peilingsfouten TAR-Centrum MSSR – *Rode Zone*



- De peilingshoek fout als functie van azimuth voor het bouwplan voor de TAR Centrum MSSR, in de oranje zone. Dus het gebied waar de fout wordt veroorzaakt door de mast en de gondel. De maximale absolute fout voor de rode zones is 0.14°.

Cumulatieve verdeling van de absolute peilingsfout – *Rode Zone*



- De cumulatieve verdeling van de absolute peiling fout per azimuth sector van 1.0° wanneer alle turbines worden beschouwd. Voor elke azimuth sector worden de waarden van het 50^{ste}, 90^{ste} en 100^{ste} percentiel weergegeven, net als de standaard deviatie (1 σ) van 68%, aangenomen dat de fout normaal verdeeld is.

Samenvatting– Oranje zone

Percentiel [%]	Sector [°]	Hoekfout [°]	Afstandsfout Op 50 NM	in meters Op 100 NM	Op 150 NM
50	80 - 81	0.04	60.4	120.9	181.3
90	80 - 81	0.09	151.9	303.8	455.8
100	80 - 81	0.17	281.2	562.4	843.6
σ	80 - 81	0.06	92.4	184.7	277.1

Samenvatting– Rode zone

Perctiel [%]	Sector [°]	Hoekfout [°]	Afstandfout Op 50 NM	in meters Op 100 NM	Op 150 NM
50	81 - 82	0.03	47.1	94.3	141.4
90	81 - 82	0.07	108.8	217.6	326.4
100	81 - 82	0.14	231.2	462.3	693.5
σ	81 - 82	0.04	71.6	143.3	214.9

Theme name Detectiekans gevechtsleidingsradarnetwerk

Radardetectieverlies boven en in de schaduw van het bouwplan

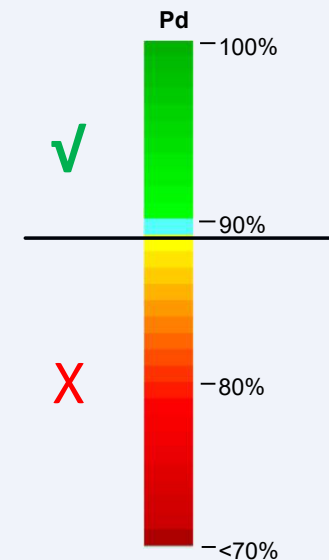
08 March 2024 | Radarhinderonderzoek Verkeersplein Diemen

Onderlinge vergelijking

- Huidige situatie: Primaire gevechtsleidingsradars bij Wier, Nieuw Milligen, Herwijnen en de drie alternatieve locaties met alle reeds bestaande windturbines (baseline januari 2024) in Nederland, berekend voor een doel op 1000 voet ten opzichte van het maaiveld, inclusief detectiekansmiddeling met een 500 m straal voor alleen 1000 voet.
- Nieuwe situatie: Als boven, maar met het nieuwe bouwplan.
- Er wordt naar twee aspecten gekeken:
 - Verlies aan detectiekans rond en boven het bouwplan.
 - Verlies aan radarbereik door schaduwwerking van bouwplan.
- Het baselinebestand met de bestaande windturbines voor 2024 is afkomstig van Windstats.nl

Toegepaste kleurencodering en vaste gegevens

- Door Defensie gehanteerde minimale radardetectiekans is 90%
- Groen van 100% t/m 90%
- Lichtblauw 89%
- Van geel tot diep rood: 88% t/m 70%
- Diep rood: <70%
- Uitgangspunten detectiekansberekening primair verkeersleidingsradarnetwerk:
 - Radardoorsnede doel: * m²
 - Doelssterkte variatie: Swerling case *
 - False alarm rate: 10⁻⁶
- Voor informatie over de toegepast rekenmethode: <http://www.TNO.nl/perseus>



* Gerubriceerde informatie

Resultaten iteratie 1

- De resultaten voor de radarlocatie Nieuw Milligen, Herwijnen als ook voor de huidige drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort zijn gerubriceerd en kunnen dus niet gedeeld worden. Wel kan worden aangegeven of het bouwplan voldoet aan de normen.
- Detectiekans ter hoogte of in de directe nabijheid van het bouwplan:
 - Voor de gevechtsleidingsradarlocaties Nieuw Milligen, Herwijnen als ook voor de huidige drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort voldoet het bouwplan **wel** aan de thans gehanteerde normen van 2024.
- Verlies aan maximum bereik door de schaduwwerking op 1000 voet van het bouwplan:
 - Voor de gevechtsleidingsradarlocaties Nieuw Milligen, Herwijnen als ook voor de huidige drie alternatieve locaties Goudriaan, Meerkerk en Nieuwpoort voldoet het bouwplan **wel** aan de thans gehanteerde normen van 2024.

Detectiekans verkeersleidingsradarnetwerk

Mitigerende maatregelen

- Niet van toepassing.

Handige links

- Voor informatie over de toegepast rekenmethode:
 - <http://www.TNO.nl/perseus>
- RVO sites wind op land en Viewer Hoogtebeperkingen Luchtvaart met o.a. de ligging van laagvlieggebieden en -routes Defensie:
 - <http://www.windenergie.nl/62/onderwerpen/milieu-en-omgeving/radar>.
 - <https://ez.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8eaadf232049849ad9841d35cd7451>
- Radarhinder artikelen in de nieuwe Omgevingswet:
 - De verantwoordelijkheden van het Ministerie van Defensie zijn terug te vinden in artikel 4.28. (advies en instemming door Minister van Defensie): <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0041278&hoofdstuk=4&afdeling=4.2&artikel=4.28&z=2024-01-01&g=2024-01-01>.
 - De 15 en 75 km radarverstoringengebieden voor de primaire militaire en civiele primaire verkeersleidingsradars staan vermeld in artikel 5.150, vijfde lid. (aanwijzing militaire terreinen en terreinen met een militair object): <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0041313&hoofdstuk=5&afdeling=5.1¶graaf=5.1.7&sub-paragraaf=5.1.7.2&artikel=5.150&z=2024-01-01&g=2024-01-01>;
 - en artikel 5.155, eerste lid (geen belemmeringen voor militair radarbeeld): <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0041313&hoofdstuk=5&afdeling=5.1¶graaf=5.1.7&sub-paragraaf=5.1.7.2&artikel=5.155&z=2024-01-01&g=2024-01-01>;
 - De daarbij behorende bijlage met een opsomming van de radarlocaties en de hoogtes van de normprofielen zijn opgenomen in Bijlage XIV onder E: (<https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0041313&bijlage=XIV&z=2024-01-01&g=2024-01-01>).
- Contactadres Defensie (Rijksvastgoedbedrijf): Postbus.RVB.Omgevingsmanagement@rijksoverheid.nl Contactadres Defensie: contact.vergunningen@mindef.nl
- Contactadres voor toetsing IL&T: obstakels@ilent.nl Contactadres voor toetsing LVNL: cnstoetsing@lvnl.nl

Theme name Place text here

Bedank voor uw aandacht