

Mededeling

Van
Onno van Gent

Onderwerp
Toelichting bij de nieuwe radarhinder toetsingsmethode

Introductie

Radarsystemen ondervinden mogelijk hinder van windturbines of windmolenparken. Het Ministerie van Defensie heeft daarom normen opgesteld waartegen de prestatie van de radarsystemen getoetst moet worden. Deze normen gelden alleen voor de militaire radarsystemen en niet voor de civiele radars bij luchthaven Schiphol, Eelde en De Kooy bij Den Helder. Voor de gebieden rond deze radars geldt andere regelgeving. Deze vallen onder de verantwoording van de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL). Zie ook <http://www.windenergie.nl/62/onderwerpen/milieu-en-omgeving/radar>.

TNO is een in 1932 bij wet opgerichte publiekrechtelijke rechtspersoon. In de TNO-wet is de bijzondere maatschappelijke positie van TNO vastgelegd, alsmede de belangen waarvoor zij staat. Het feit dat de wet van TNO verlangt dat deze belangen goed worden beschermd, heeft gevolgen voor de wijze waarop afspraken met opdrachtgevers en partners kunnen worden gemaakt en vastgelegd in overeenkomsten. Als onafhankelijke not-for-profit onderzoeksorganisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek levert TNO op basis van haar expertise en onderzoek een belangrijke bijdrage aan de concurrentiekracht van bedrijven en organisaties, aan de economie en aan de kwaliteit van de samenleving als geheel. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt, is TNO geen overheidsinstelling of bedrijf en is dat ook nooit geweest.

TNO heeft ruime ervaring met het berekenen van door windturbines en hoogbouw veroorzaakte radarverstoring. De door TNO gehanteerde methodiek voor de berekening van de afname van de radarprestaties is met het Ministerie van Defensie overeengekomen.

Naast de taak van het formeel beoordelen van een bouwplan op mogelijke radarhinder heeft het Ministerie van Defensie TNO toestemming gegeven om in een adviserende rol samen met een potentiële ontwikkelaar te komen tot een optimale inpassing van een bouwplan, rekening houdend met radarhinderaspecten. Een bouwplan hoeft niet alleen te bestaan uit de realisatie van een nieuw bouwwerk of één of meerdere windturbines, maar kan ook gecombineerd zijn met het verwijderen van bestaande bouwwerken of windturbines.

De uitkomst van een radarhinderonderzoek wordt samengevat in een rapportage. Deze rapportage vormt de basis voor de beoordeling door Defensie van de aanvaardbaarheid van de verstoring. De beoordeling kan een vereiste zijn in de bouwvergunningsprocedure en/of kan nodig zijn voor een wijziging van het

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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61
infodesk@tno.nl

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107
E-mail
onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer
+31 88 866 40 25

Doorkiesfax
+31 88 866 65 75

E-mail

bestemmingsplan. TNO voert de beoordeling zelf niet uit en draagt ook geen zorg voor de verzending van het rapport aan Defensie.

De resultaten zijn gebaseerd op het vigerende beleid over verstoringsgebieden rond militaire radars van het Ministerie van Defensie zoals opgenomen in de regeling van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, van 31 augustus 2012, nr. IENM/BSK-2012/30229, tot wijziging van de Regeling algemene regels ruimtelijke ordening (aanwijzing radarverstoringsgebieden, reserveringsgebieden hoofdwegen en landelijke spoorwegen en militaire terreinen geen deel uitmakend van de ecologische hoofdstructuur, almede enkele andere wijzigingen) zoals deze gepubliceerd is in de Staatscourant nummer 18324 van 7 september 2012. Zie ook: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2012-18324.html>.

De aanvraag voor een beoordeling met bijvoeging van het TNO-rapport dient aan de regionale directie van de Defensie Vastgoed Dienst (DVD) te worden gericht (voor de contactgegevens van de DVD zie:

http://www.defensie.nl/cdc/vastgoed_en_beveiliging/dienst_vastgoed_defensie/contact/.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

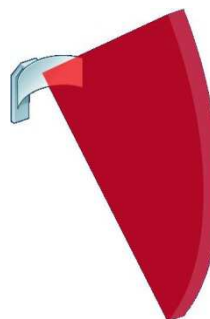
2/21

Radarhinder door windturbines

De afkorting RADAR oftewel **R**adio **D**etection **A**nd **R**anging werd door de Amerikanen rond 1942 geïntroduceerd. De uitvinding is echter van ruim voor de Tweede Wereldoorlog. Er wordt onderscheid gemaakt tussen zogenaamde primaire en secundaire radar. Primaire radarsystemen zijn non-coöperatief, en hebben geen additionele apparatuur nodig om een doel te detecteren. Secundaire radarsystemen zijn coöperatief en kunnen alleen doelen detecteren die "meewerken" door middel van een transponder. Primaire radarsystemen hebben over het algemeen een militaire toepassing, terwijl secundaire radarsystemen met name in de burgerluchtvaart worden gebruikt.

De primaire radar

Een primaire radar werkt door radiopulsen uit te zenden, die door een doel worden gereflecteerd. Deze reflectie of echo wordt door de radarantenne vervolgens weer ontvangen. Radiogolven verplaatsen zich met de snelheid van het licht, circa 300.000 km/s. Door de tijd te meten tussen de uitgezonden puls en de ontvangen reflectie kan de afstand worden bepaald. Naast de afstand is ook de richting van de echo van belang. Om die reden wordt een radiopuls uitgezonden en ontvangen in een bundel. Rondzoekradars hebben altijd een vaanvormige bundel, zoals in Figuur 1 aangegeven. Doordat de bundel smal is in het horizontale vlak kan de peilingshoek van een doel nauwkeurig bepaald worden. De grote openingshoek in elevatie zorgt er voor dat alle doelen worden gezien van laag tot hoog. Door de antenne rond te draaien om zijn verticale as wordt een radarbeeld opgebouwd over 360° rond de radar.



Figuur 1: Een vaanvormige bundel, de typische bundelvorm voor een rondzoekradar

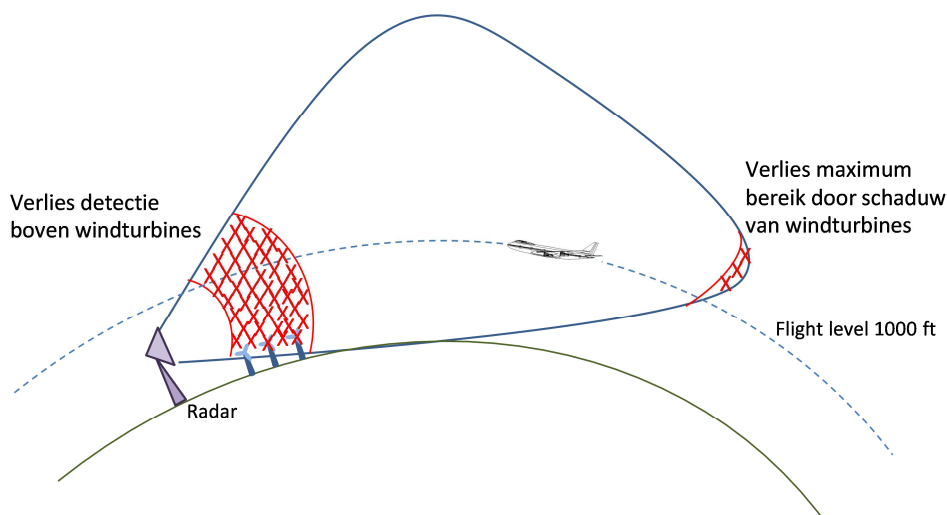
Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
3/21

Luchtverkeersradars zijn in staat kleine reflecties afkomstig van vliegtuigen te detecteren tussen vaak veel grotere reflecties van gebouwen en andere stilstaande obstakels. Dit wordt in de radar gerealiseerd door gebruik te maken van het Dopplereffect. Het geluid van een auto die naar een ontvanger toe rijdt heeft een hogere frequentie dan als dezelfde auto van de ontvanger af rijdt. Bij radaruitzendingen treedt dit effect ook op. De frequentie van het gereflecteerde signaal van een naar de radar toe vliegend vliegtuig is iets hoger dan de frequentie van het uitgezonden signaal en iets lager als deze van de radar af vliegt. Bij een stilstaand obstakel is de frequentie van het verzonden en ontvangen signaal exact gelijk. Dus door te kijken naar het verschil in frequentie tussen het uitgezonden en ontvangen signaal kan een radar onderscheid maken tussen stilstaande en bewegende objecten. Dit is één van de problemen met windturbines. De ronddraaiende wieken van de windturbines veroorzaken reflecties met Doppler die daardoor voor een radar niet te onderscheiden zijn van een vliegtuig. Hierdoor kan boven een windpark de detectie van vliegtuigen verstoord raken. Dit is uiteraard een bijzonder ongewenste situatie.

Naast reflecties, veroorzaakt een windturbine ook een schaduw achter de turbine. Het begrip schaduw bij radarsignalen is anders dan de schaduw bij licht. De radarsignalen buigen iets om de obstakels heen, waardoor er alleen vlak achter de radar bijna geen radarsignaal meer waarneembaar is. Na enkele honderden meters vindt er enig herstel plaats, waardoor er achter de windturbine nog wel detectie van doelen kan plaatsvinden. In de schaduw is er dus geen sprake van ontbreken van detectie, maar meer sprake van vermindering van de detectiekans. Wel wordt, door de afscherming van een deel van het radarsignaal door de windturbine, het maximum bereik van de radar verminderd. Zie Figuur 2.



Figuur 2: Het verlies aan detectiekans boven het windpark en het verlies aan maximum bereik in het verlengde van het park.

De secundaire radar

Naast de hierboven beschreven primaire radars zijn er ook zogenaamde secundaire radars. In tegenstelling tot een primaire radar wordt het radiosignaal uitgezonden door de secundaire radar ontvangen door een ontvanger in het

vliegtuig. De uitzending van de radar wordt beantwoord door een zender (transponder) in het vliegtuig en deze wordt op zijn beurt weer ontvangen door de secundaire radar. Het specifieke bericht wat het doel terugzendt is afhankelijk van het bericht in de 'uplink', dat wil zeggen van interrogator naar doel. Zo kan een identificatiecode worden opgevraagd, of de barometrische hoogte van het vliegtuig. Daarnaast kan een secundaire radar de richting van het ontvangen bericht zeer nauwkeurig peilen. Een eigenschap van dit systeem is dat een vliegtuig moet "meewerken". De transponder aan boord moet immers antwoord geven op een ondervraging. Dit maakt het systeem ongeschikt voor militaire toepassing. In de burgerluchtvaart is het systeem echter uitermate geschikt en is de voornaamste manier om vliegtuigen rondom een luchthaven te detecteren.

Secundaire radar is minder gevoelig voor interferentie ten gevolge van obstakels en windturbines. Bij de realisatie van een bouwplan wordt daarom alleen de radarhinder van de primaire radar te worden onderzocht. Als de hinder onder de norm blijft zal dit in het algemeen ook gelden voor de secundaire radar. Primaire en secundaire radarsystemen zijn vaak geïntegreerd in één ronddraaiend antennesysteem, zie Figuur 3.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

4/21

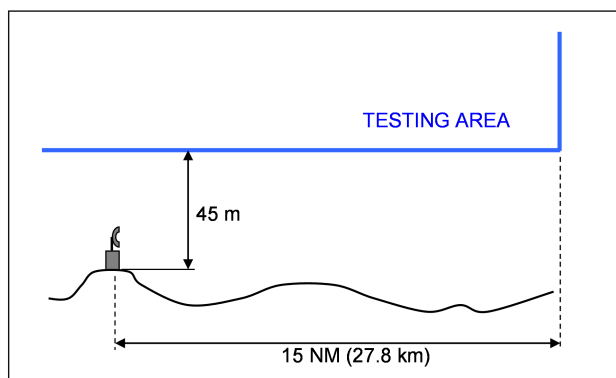


Figuur 3: Een foto van één van de MASS verkeersleidingsradars met onderaan de antenne van de primaire radar en daarbovenop het antenneraam van de secundaire radar. Het geheel draait rond.

Oude regelgeving

Volgens de oude regelgeving diende een toetsing te worden uitgevoerd als een gebouw of windturbine zich binnen een straal van 15 zeemijlen (circa 28 km) bevond rond één van de vijf MASS (Military Approach and Surveillance System) verkeersleidingsradars in Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel of Woensdrecht of de twee MPR (Medium Power Radar) gevechtsleidingsradars te Wier en Nieuw Milligen. Verder werd rekening gehouden met een primaire radar op het Marine Vliegveld De Kooy in Den Helder.

Een gebouw of windturbines waarbij het dak van de gondel onder de maaiveldhoogte bleef ter plekke van de primaire radar, vermeerderd met 45 m, hoefde niet getoetst te worden, zie Figuur 4.



Figuur 4: Het toetsingsgebied zoals toegepast door het Ministerie van Defensie in de oude regeling.

Bij de oude rekenmethode werd alleen het schaduweffect van een windturbine op de betreffende primaire radar berekend. De relatieve detectieafstanden werden berekend voor de situatie als gevolg van het schaduweffect van de te plaatsen windturbine. De schaduwwerking werd geëvalueerd op 100 km afstand van de radar en gold voor het gebied recht achter het obstakel. Profielen werden berekend vanaf het horizontaal niveau gezien vanuit de radar, wat leidt tot een profiel dat begint op 590 m hoogte (zie situatieschets in Figuur 5). Uit deze berekening kwam een percentage aan verlies detectieafstand voor een doel op 100 km afstand van de radar.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

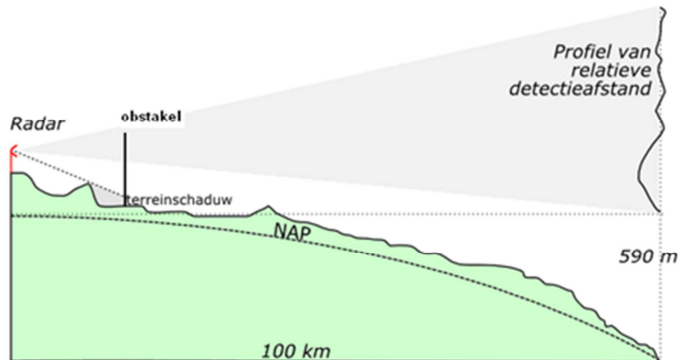
Blad

5/21

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
6/21

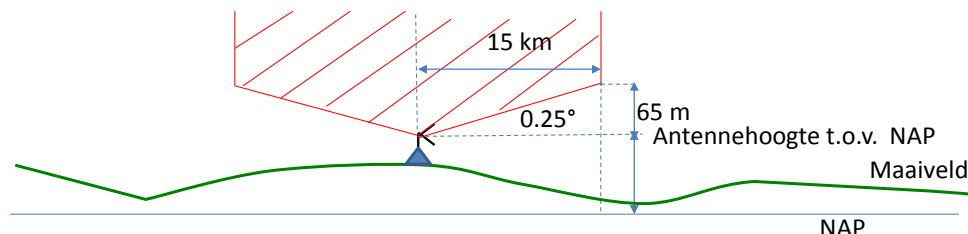


Figuur 5: Situatieschets van de berekening in de oude methode. De schaduwwerking werd berekend op 100 km van de radar en langs een profiel dat startte op het horizontaal niveau van het NAP bij de radar. De hoogte van het obstakel is ook ten opzichte van deze lijn. De terreinschaduw zorgt ervoor dat een deel van het obstakel onbelicht blijft, en dus niet bijdraagt aan de schaduwwerking.

Daarnaast werd bij een bouwplan bestaande uit meerdere windturbines alleen de windturbine getoetst die op kortste afstand van de radar stond. Defensie accepteerde in principe een verlies van detectieafstand van ten hoogste 10%.

Nieuwe regelgeving

Bij de nieuwe regelgeving wordt voor het vastleggen van de radarverstoringengebieden een normprofiel aangehouden die voor gebouwen loopt tot 15 km (zie Figuur 6) vanaf de primaire radar en voor windturbines tot 75 km (zie Figuur 7) vanaf de primaire radar. Windturbines in het zicht van de radar veroorzaken vanwege overwegend stalen en bewegende onderdelen en omvang ernstige verstoring van het radarbeeld. Daarom gelden voor windturbines ruimere radarverstoringengebieden dan voor overige bouwwerken. Er wordt rekening gehouden met de vijf MASS (Military Approach en Surveillance System) verkeersleidingsradars in Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht en de twee militaire MPR (Medium Power Radar) gevechtsleidingsradars te Wier (Noord Friesland) en Nieuw Milligen (op de Veluwe). Let wel, deze profielen geven alleen de afstanden en hoogtes aan waarbinnen een toetsing dient te worden uitgevoerd. Het geeft dus verder geen indicatie in hoeverre bij plaatsing de norm zou kunnen worden overschreden.

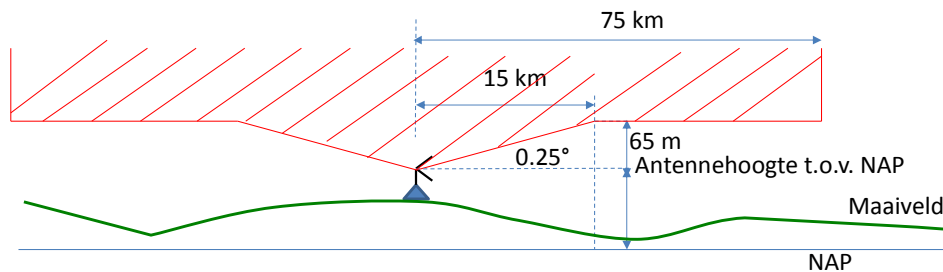


Figuur 6: Het hoogteprofiel (niet op schaal) voor gebouwen. Als een deel van het gebouw door het profiel steekt dient een toetsing plaats te vinden.

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
7/21



Figuur 7: Het hoogteprofiel (niet op schaal) voor windturbines. Als de tip van de wiek door het profiel steekt dient een toetsing plaats te vinden.

De locatiegegevens van de vijf verkeersleidingsradars en van de gevechtsvuurleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier worden weergegeven in Tabel 1. 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. De aangehouden hoogte van het toetsingsprofiel ligt in het algemeen iets hoger.

Tabel 1: Locatiegegevens van de vijf MASS verkeersleidingsradars en de twee MPR gevechtsvuurleidingsradars te Nieuw Milligen en Wier, de aangehouden antennehoogte voor het toetsingsprofiel en de toepaste feitelijke hoogte van de primaire radarantenne.

MASS primaire radar	Coördinaten Rijksdriehoekstelsel		Antennehoogte voor toetsingsprofiel ten opzichte van NAP	Feitelijke antennehoogte ten opzichte van NAP
	X [m]	Y [m]	[m]	[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
AOCS Nieuw Milligen	179258	471774	53	Gerubriceerd*
Wier	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 spatiële 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 km². 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 stedelijke 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). Als 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, dan wordt dit deel van het bouwplan niet betrokken in de berekening.

De 15 km en 75 km cirkels rond de vijf verkeersleidingsradars, twee gevechtsleidingsradars en de stedelijke gebieden volgens het AHN-1 bestand, zijn weergegeven in Figuur 8.

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
8/21



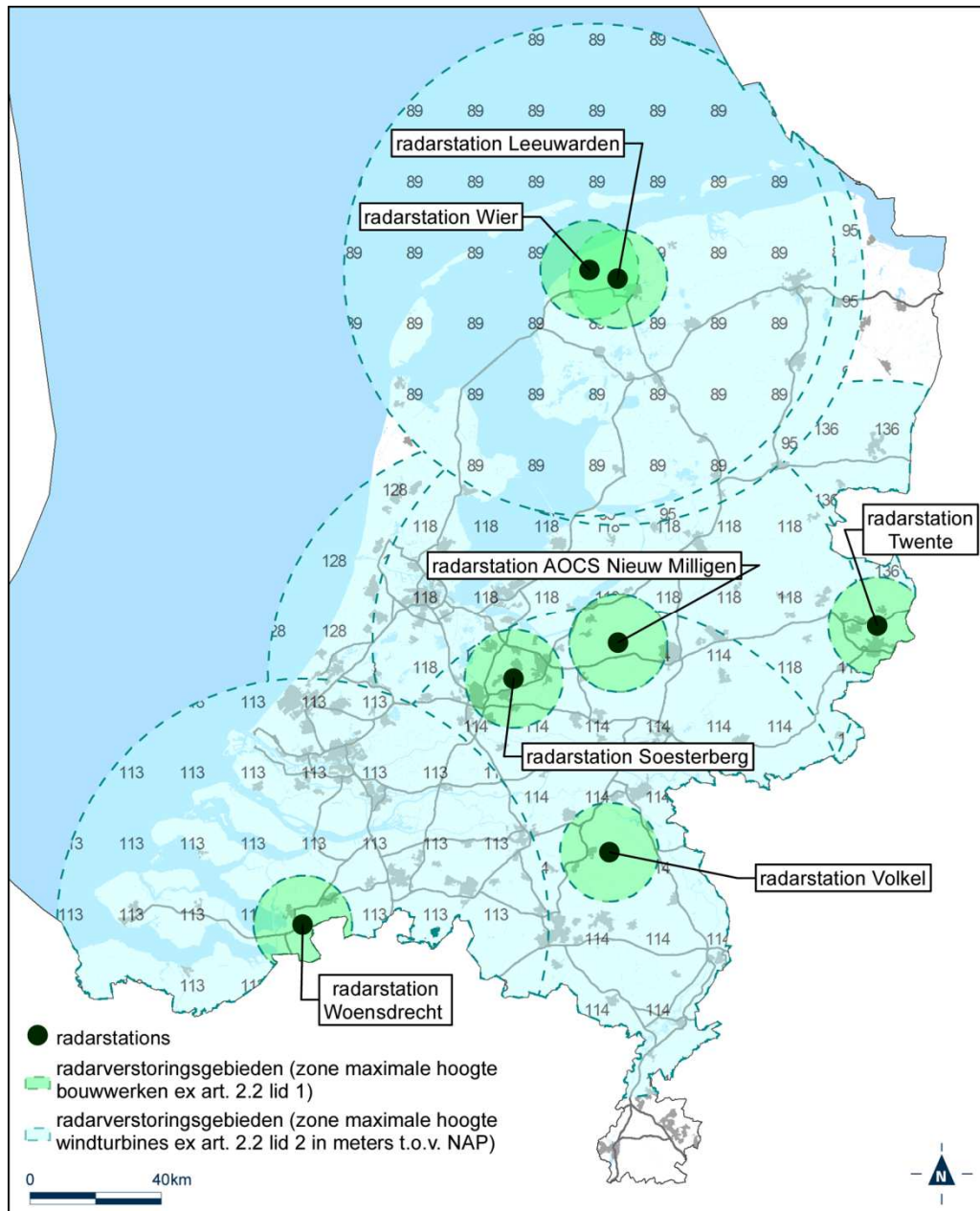
Figuur 8: De locaties van de vijf MASS verkeersleidingsradars (groene ruit) en de twee MPR gevechtsleidingsradars (rode ruit) met daaromheen de 15 en 75 km cirkels. De donkergrijze vlakken zijn de in de AHN-1 gedefinieerde stedelijke gebieden.

In de overlapgebieden van de cirkels geldt de laagste hoogte. In Figuur 9 is een kaart opgenomen afkomstig uit de regelgeving bijlage H, met daarop de radarverstoringengebieden en de maximale hoogtes voor bouwwerken of windturbines. Er dient een toetsing door TNO uitgevoerd te worden als een deel van het bouwwerk door het bebouwingsprofiel steekt of als de tip van de wiek door het windturbineprofiel steekt.

Datum
januari 2014

Onze referentie
OVG140107

Blad
9/21



Figuur 9: Kaart van Nederland met de potentiële radarverstoringsgebieden overgenomen uit de officiële regeling (Bijlage H) met daarop de maximale hoogtes van bouwwerken en windturbines.

Rekenmethode verkeersleidingsradars

Voor de rekenmethode wordt gebruik gemaakt van het rekenmodel PERSEUS (Program for the Evaluation of Radar Systems in an Extended Urban Setting). Dit model is door TNO ontwikkeld in opdracht van de ministeries van Defensie en van Infrastructuur en Milieu. PERSEUS rekent de detectiekans uit van een doel op een gegeven hoogte. Bij de bepaling van deze detectiekans wordt niet alleen rekening gehouden met de schaduw veroorzaakt door het bouwplan, zoals bij de

oude methode, maar ook met de radarreflecties veroorzaakt door de statische mast en gondel en de draaiende wieken (Doppler). De primaire radars zijn binnen PERSEUS tot in groot detail gemodelleerd, waardoor een beter beeld wordt verkregen van het verlies aan radardekking, zowel in de directe omgeving van het bouwplan als in de schaduw. Door de gedetailleerde modellering van de radar komen eventuele verbeteringen die de radarfabrikant aan kan brengen in de signaalverwerking ook tot uiting in betere prestatie van de primaire radar tegen windturbines. Daarnaast worden in PERSEUS de vijf verkeersleidingsradars opgenomen in één radarnetwerk, waardoor een mogelijk verlies aan detectie van één radar kan worden gecompenseerd door een andere radar in het netwerk. Een voorbeeld van een gecombineerd radardetectiediagram van de verkeersleidingsradars berekend voor een normhoogte van 1000 voet ten opzichte van het maaiveld is gegeven in Figuur 11. De individuele detectiekansdiagrammen van de radar te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht zijn gecombineerd tot één diagram. De rafelige buitenrand wordt veroorzaakt door de schaduw van bebouwing in stedelijke gebieden of door reeds bestaande windturbines.

Datum

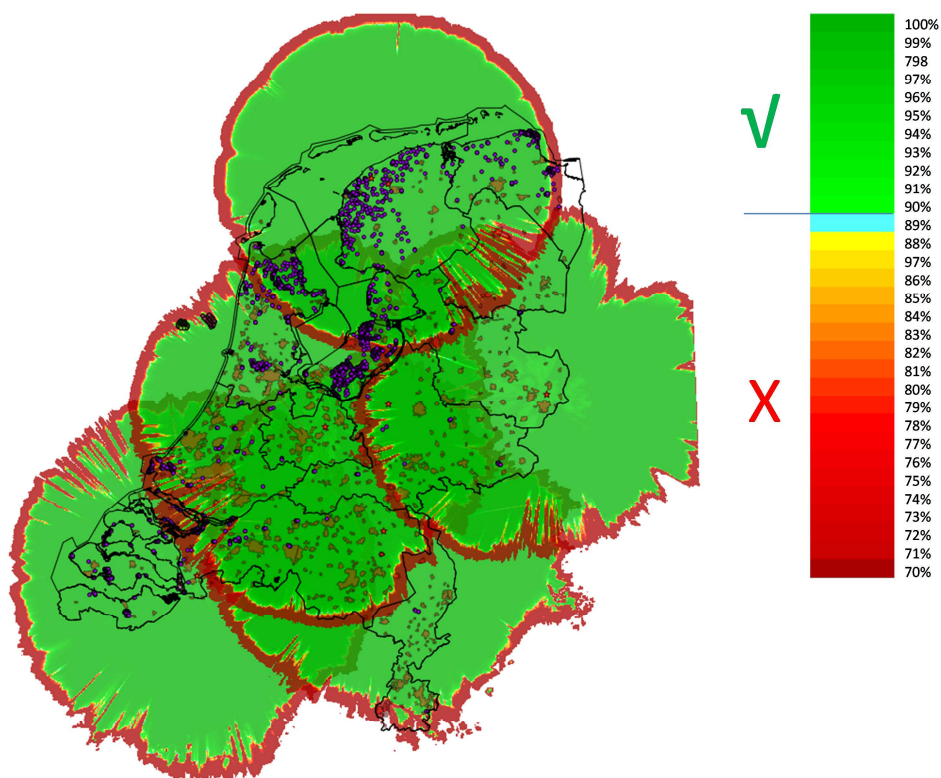
januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

10/21

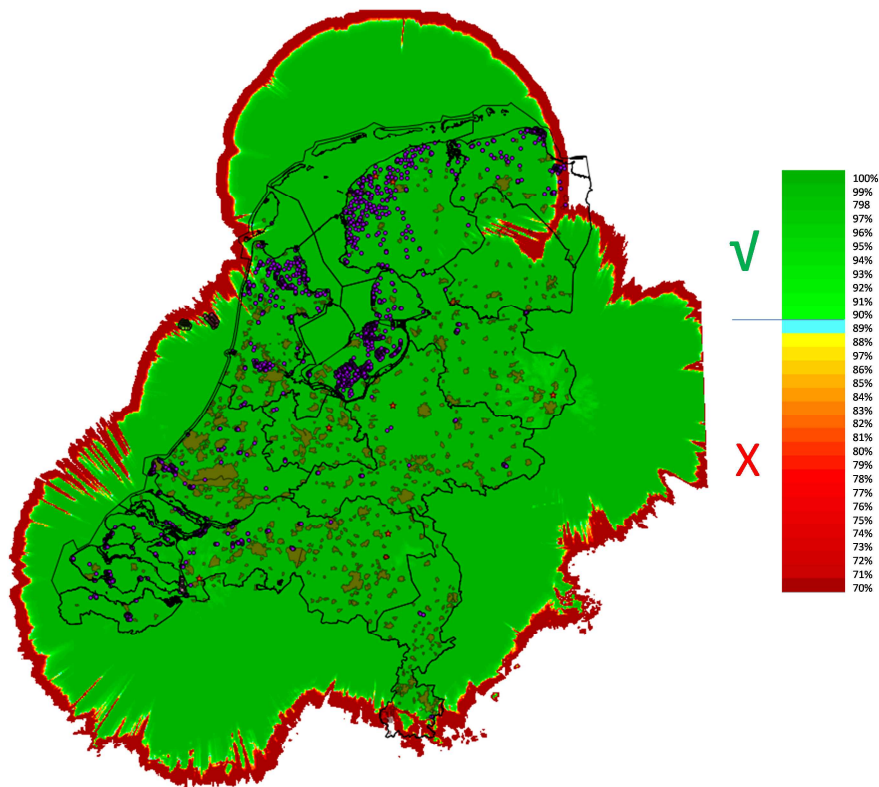


Figuur 10: Voorbeeld van de individuele radardetectiekansdiagrammen van de vijf MASS radars te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht. De posities van de radars zijn sterren aangegeven. Door de diagrammen enigszins transparant te maken worden de overlapgebieden zichtbaar waar de radar elkaar kunnen ondersteunen. De paarse stippen zijn de locaties van windturbines in Nederland.

Datum
januari 2014

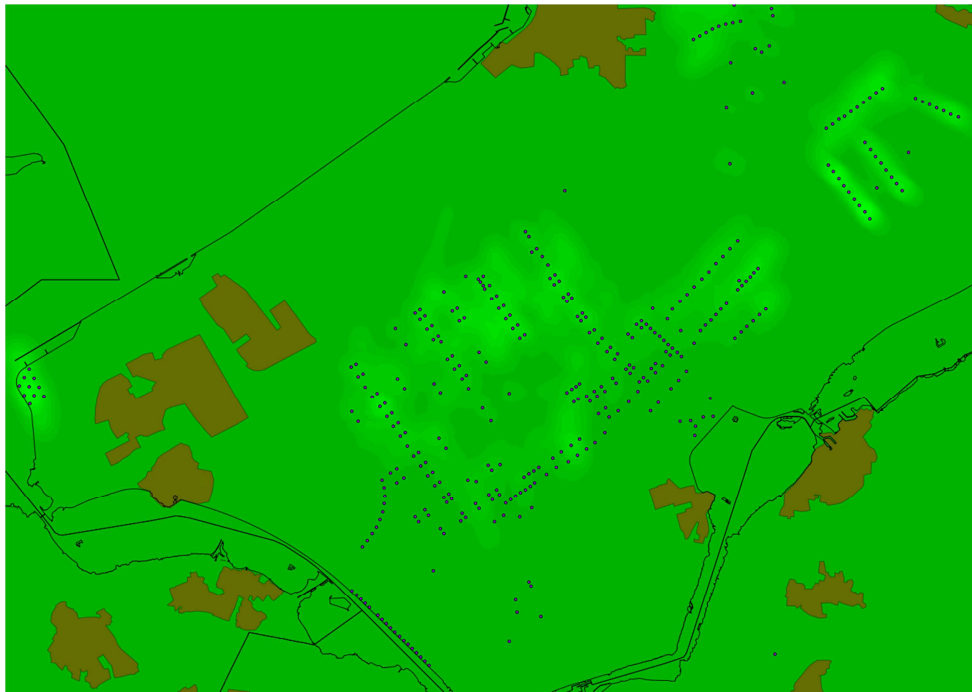
Onze referentie
OvG140107

Blad
11/21



Figuur 11: Voorbeeld van een gecombineerd radardetectiediagram berekend voor een normhoogte van 1000 voet ten opzichte van het maaiveld. De individuele detectiekansdiagrammen van de radar te Leeuwarden, Twenthe, Soesterberg, Volkel en Woensdrecht zijn gecombineerd tot één diagram. De posities van de radars zijn sterren aangegeven. Rechts is de gehanteerde kleurcode weergegeven. Een groene kleur betekent een detectiekans van 90% of meer.

In Figuur 11 is de radardetectiekans boven een bestaand windpark vergroot weergegeven. Aan de lichtere kleuren groen is te zien dat de windturbines een verlaging van de detectiekans ter hoogte van het park veroorzaken. De detectiekans blijft echter binnen de norm van 90% of hoger.



Figuur 12: De radardetectiekans boven de Flevopolder. Aan de lichtere kleuren groen is te zien dat de windturbines een verlaging van de detectiekans ter hoogte van het park veroorzaken. De detectiekans blijft in dit geval echter binnen de norm van minimaal 90%.

Zoals al eerder aangegeven worden de vijf MASS radars gecombineerd in een radarnetwerk, waardoor een mogelijk verlies aan detectie van één radar kan worden gecompenseerd door een andere radar in het netwerk. Deze compensatie kan plaatsvinden boven of in de directie nabijheid van de turbines, maar ook in de schaduw achter de windturbine.

Een voorbeeld van het eerste is gegeven in Figuur 13. De radar links op de tekening wordt beïnvloed door een aantal windturbines in de antennebundel. Beïnvloeding is niet alleen direct boven het windpark maar over de gehele vaankormige openingshoek in elevatie. Voor de radar rechts liggen de windturbines achter zijn horizon, waardoor beïnvloeding boven hetzelfde gebied niet plaatsvindt. Ook bebouwing kan afscherming geven.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

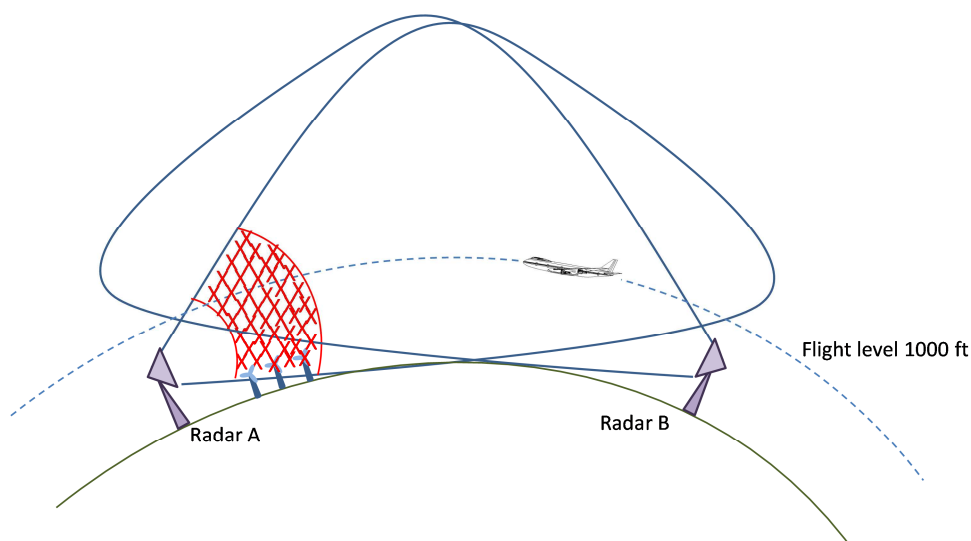
Blad

12/21

Datum
januari 2014

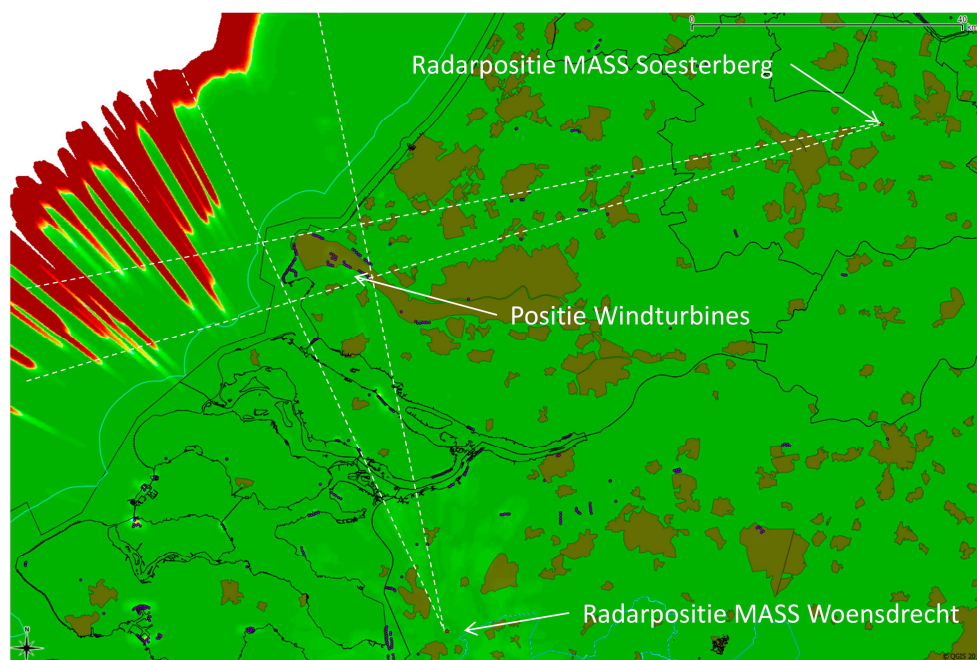
Onze referentie
OVG140107

Blad
13/21



Figuur 13: Een voorbeeld hoe radar A, links op de tekening, wordt beïnvloed door een aantal windturbines in de antennebundel. De beïnvloeding is niet alleen direct boven het windpark maar over de gehele vaantvormige openingshoek in elevatie, aangeven met een rode arcering. Voor de radar B rechts liggen de windturbines achter zijn horizon, waardoor beïnvloeding boven hetzelfde gebied niet plaatsvindt. Ook bebouwing kan afscherming geven.

Een voorbeeld waarbij een tweede radar ondersteuning biedt in de schaduw van de turbines is gegeven in Figuur 14. De schaduw die valt achter de windturbines in Europoort, gezien vanuit de MASS radar bij Woensdrecht, wordt opgevuld door de MASS radar bij Soesterberg.



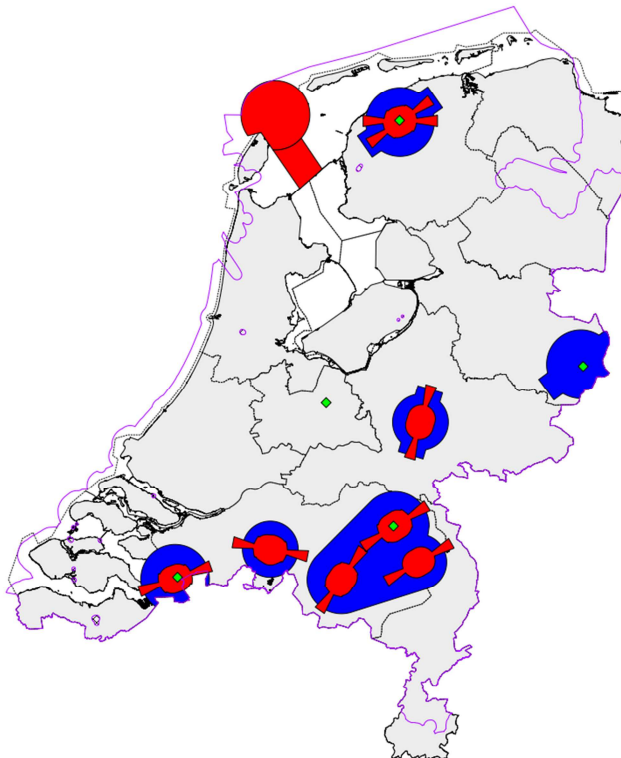
Figuur 14: Een voorbeeld van de extra ondersteuning in de schaduw. De schaduw die valt achter de turbines in Europoort, gezien vanuit de MASS radar bij Woensdrecht, wordt opgevuld door de MASS radar bij Soesterberg, vice versa.

Datum
januari 2014

Onze referentie
OVG140107

Blad
14/21

Het radarsimulatiemodel PERSEUS berekent voor elke verkeersleidingsradar de radardetectiekans van een doel met een radardoorsnede van 2 m^2 , fluctuatiestatistiek Swerling case 1, en loos alarmkans 1×10^{-6} . Dit zijn typische getallen waarmee de detectiekans van een verkeersleidingsradar wordt uitgerekend. Afhankelijk van de locatie van het bouwplan moet de detectiekans geëvalueerd worden op een normhoogte van 300 voet (91 m), 500 voet (152 m) of 1000 voet (305 m) 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. Binnen deze gebieden dient de radardetectiekans 90% of hoger te zijn. De ligging van de gebieden waar de verschillende normhoogtes gelden, is aangegeven in Figuur 15.



Figuur 15: De ligging van de normhoogtes op 300 voet (rood) en 500 voet (blauw). Op 1000 voet (paars) dient de verkeersleiding radarnetwerk, op enige uitzonderingen na, een landelijke dekking te hebben. Tevens zijn op deze kaart met een groene markering de locaties aangegeven van het verkeersleidingsradarnetwerk bestaande uit een vijftal radarsystemen.

De 300 voet normhoogtes liggen dicht rond en in het verlengde van start- en landingsbanen van de militaire vliegvelden. Een uitzondering daarop is het gebied rond het militaire oefengebied bij de Vliehors. Ook daar bevindt zich een 300 voet gebied in verband met laagvliegende militaire vliegtuigen aldaar. De 500 voet gebieden komen overeen met de Control (CTR) zones rond de verschillende militaire vliegvelden in Nederland. Dit zijn de gebieden waarbinnen de vliegtuigen manoeuvres uitvoeren na de start of vlak voor de landing. De CTR gebieden rond

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
15/21

de civiele vliegvelden, zoals Schiphol, Rotterdam-The Hague en Groningen vallen niet onder deze regeling, maar vallen onder de verantwoordelijkheid van LVNL. Op een hoogte van 1000 voet dient er, met enige uitzonderingen, landelijke dekking te zijn en volgen de vliegtuigen in het algemeen rechte routes. Om die reden wordt op deze hoogte een middeling van detectiekansen binnen een cirkel met een straal van 500 m toegepast. Dit is gebaseerd op:

- De kans dat een vliegtuig zich boven een windturbine bevindt op het moment dat het wordt aangestraald door de ronddraaiende radar;
- Het feit dat radarsystemen hun doelen blijven volgen ondanks dat er bij één scan geen detectie van het vliegtuig plaatsvindt;
- Eén omwenteling van de radarantenne 3 seconden duurt
- En de verplaatsing van een vliegtuig binnen één antenneomwenteling bij een gemiddelde snelheid van een vliegtuig.

Rekenmethode gevechtsleidingsradars

Tot nu toe is alleen de rekenmethode besproken voor de vijf verkeersleidingsradars. In Nederland staan echter ook twee gevechtsleidingsradars, zie Figuur 16.



Figuur 16: De MPR gevechtsleidingsradar bij Wier. Rechts de feitelijke radar in de radome.

In tegenstelling tot wat wordt toegepast bij de verkeersleidingsradarwerk, worden de beide gevechtsleidingsradars afzonderlijk getoetst. Er wordt dus niet uitgegaan van de mogelijkheid tot onderlinge ondersteuning. Aangezien de beide gevechtsleidingsradars kleinere doelen moet kunnen detecteren, geldt voor deze primaire radars een afwijkende radarsnede en Swerling case. Deze gegevens en de daaruit volgende radardetectiekansdiagrammen zijn gerubriceerd en mogen door TNO niet worden vrijgegeven zonder toestemming van het Ministerie van Defensie. Verder geldt er alleen een 1000 voet normhoogte ten opzichte van het maaiveld en normgebied, omdat deze radars niet worden toegepast voor de begeleiding tijdens opstijgen en landen. De gevechtsleidingsradars kunnen naast afstand en peiling ook de elevatie van een doel bepalen. Daarom worden deze radars ook wel 3D radars genoemd.

De elevatie van een doel wordt bepaald door te zenden en ontvangen met een aantal bundels onder verschillende elevatiehoeken. Door de amplitude van een

echo in de verschillende bundels te vergelijken, kan de elevatiehoek van het doel worden bepaald. Dit type radar heeft minder last van de interferentie van windturbines dan de (2D) verkeersleidingsradars. Zie Figuur 17. Met name de radardetectie in de onderste donkerblauw gekleurde bundel wordt verstoord door de windturbines. Hogere, vanaf de groen gekleurde bundel hebben in mindere mate last van interferentie van de windturbines.

Datum

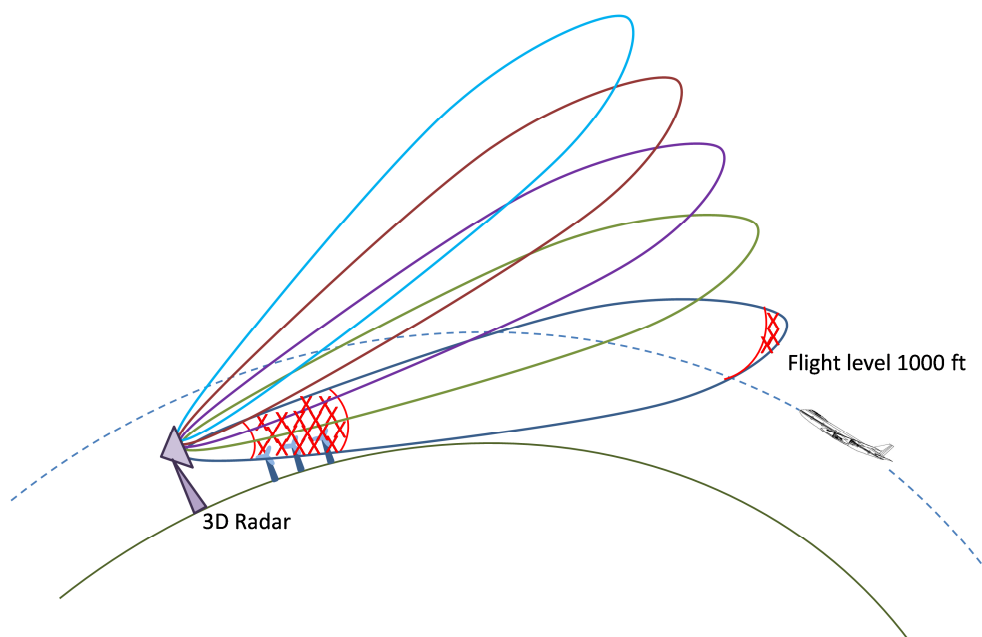
januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

16/21



Figuur 17: Antennepatroon van een 3D radar met meerdere bundels in elevatie. Alleen de radardetectie in de onderste donkerblauwe gekleurde bundel wordt verstoord door de windturbines. Hogere, vanaf de groen gekleurde bundel ontvangen geen interferentie van de windturbines, waardoor detectie niet verstoord wordt voor in dit voorbeeld een vliegtuig vliegend op 1000 voet boven het maaiveld.

Modellering windturbine

Bij het modelleren van de radarreflectie en schaduwwerking wordt gebruik gemaakt van de feitelijke afmeting van de windturbine. Van deze afmetingen worden de gegevens afgeleid ten behoeve de modellering binnen PERSEUS. Het is ook om die reden dat TNO de beschikking dient te krijgen van een 3D CAD tekening van de turbine waarbij alle buitenmaten van de turbine zichtbaar zijn. De wieken dienen op de tekening in de representatieve werkstand te staan. De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het beschikbaar stellen van dit 3D bestand aan TNO. TNO heeft ondertussen een aantal non-disclosure agreements afgesloten met de meest bekende windturbine fabrikanten en kan eventueel buiten de opdrachtgever het 3D bestand in ontvangst nemen. De opdrachtgever blijft echter verantwoordelijk voor het feit dat de informatie bij TNO beschikbaar komt.

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.

De maatvoering windturbine, noodzakelijk voor de juiste modellering, zijn weergegeven in Tabel 2.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

17/21

Tabel 2: Een overzicht van de afmetingen van de windturbine zoals deze wordt toegepast in PERSEUS

Onderdeel	Afmeting [m]
Ashoogte	—:—
Tiphoogte	—:—
Breedte gondel	—:—
Lengte gondel	—:—
Hoogte gondel	—:—
Diameter mast onder	—:—
Diameter mast boven	—:—
Lengte mast	—:—
Lengte wiek	—:—
Breedte wiek	—:—

PERSEUS houdt ook rekening met de reeds in Nederland geplaatste windturbines. Het zogenaamde baseline-bestand van meer dan tweeduizend windturbines wordt elk jaar op 1 januari vastgesteld en blijft dat komende jaar de baseline waarmee getoetst wordt. Zo blijft het bestand actueel. Voor de samenstelling van alle turbines in Nederland wordt gebruik gemaakt van het windturbinebestand van Windstats¹. De voor de simulatie noodzakelijke afmetingen van de windturbines zijn, volgens een door Defensie goedgekeurde methode, afgeleid van de in dit bestand opgenomen gegevens, zijnde fabrikant, opgewekt vermogen, ashoogte en rotordiameter. In Figuur 18 worden de locaties van alle turbines (situatie 1 januari 2014) uit dit bestand getoond.

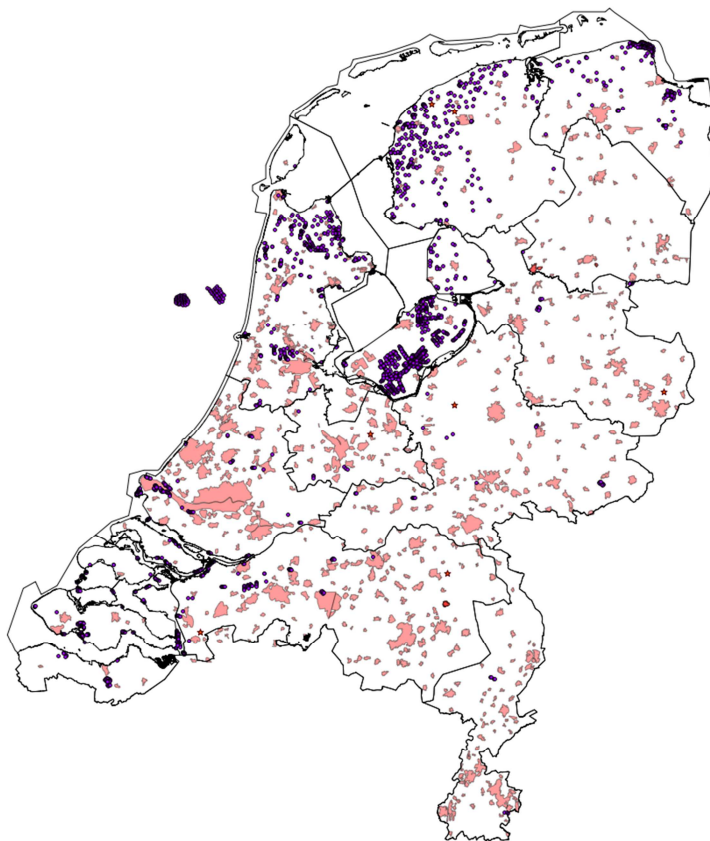
¹ Voor meer informatie, zie <http://www.windstats.nl/Bosch & Van Rijn>



Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
18/21



Figuur 18: Het Baseline windturbine bestand van 1 januari 2014 bestaand uit 2012 windturbines verspreid over Nederland (Bron: windstats.nl).

TNO *worst-case* turbine

Zoals eerder aangegeven, zijn de berekeningen gerelateerd aan een specifiek windturbine fabrikant en type. In niet alle gevallen zal het mogelijk zijn om in een vroege fase van een project een specifiek windturbine type vast te leggen. Voor die gevallen heeft TNO de beschikking over een aantal *TNO-worst-case turbines*.

TNO bepaalt, op basis van een opgewekt vermogen, de *worst-case* buitenafmetingen van de mast, gondel en wieken uit de reeks turbines die TNO op dat moment in haar bestand heeft van 3 MW. Deze afmetingen kunnen aangevuld worden met een door de opdrachtgever te bepalen maximum rotordiameter en ashoogte. Deze turbines zijn er in verschillende vermogensklassen namelijk 2.5, 3.0, 4.0, 6.0 en 7.5 MW. Met deze *worst-case* windturbine definitie kan een toetsing worden uitgevoerd. Indien er geen overschrijding plaatsvindt van de norm, is de ontwikkelaar in principe vrij in het maken van een fabrikant en type keuze, mits de vermogensklasse en de *worst-case* afmetingen niet overschreden worden. Wordt de norm wel overschreden, dan kan geen gebruik worden gemaakt van deze mogelijk, en kan voor een toetsing alleen een realistisch type worden geselecteerd.

Rapportage

De uitkomst is een rapportage in briefvorm in de vorm van radardetectiekans diagrammen, waarin de verstoring zichtbaar wordt van deze detectiekans ten gevolge van het bouwplan. In verband met de rubricering van de detectiediagrammen van de gevechtsleidingsradar zullen deze niet in de rapportage worden toegevoegd, maar zal alleen aangegeven worden of na realisatie van het bouwplan nog steeds aan de minimale eis wordt voldaan. De detectiediagrammen van de gevechtsleidingsradar zullen na toestemming van de opdrachtgever alleen rechtstreeks naar Defensie worden verstuurd.

Net als bij de oude regeling stelt TNO **alleen** een rapportage op met daarin de resultaten van de berekeningen. Deze rapportage dient ter beoordeling aangeboden worden aan Defensie. Deze hanteert in principe een minimale detectie kans van 90% binnen de normhoogtes. De resultaten van de toetsing voor beide MPR gevechtsleidingsradars zijn echter gerubriceerd.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

19/21

Noodzakelijke gegevens voor het uitvoeren van toetsingen

1. De opdrachtgever levert aan TNO de beoogde locatie(s) van de object(en) in het bouwplan. Locatiegegevens worden door de opdrachtgever naar keuze aangeleverd in de vorm van coördinaten in het rijksdriehoeksstelsel of in lengtegraad/breedtegraad coördinaten waarbij uitgegaan wordt van WGS84 (zoals die verkregen kunnen worden met bijvoorbeeld een GPS ontvanger).
2. De opdrachtgever levert aan TNO per locatie de hoogte van bovenzijde van de fundatie van de turbine in NAP.
3. De opdrachtgever levert aan TNO per locatie het type object waarvan de radarverstoring bepaald dient te worden.
4. De opdrachtgever levert aan TNO de technische 3D CAD tekening(en) van de buitenkant van de object(en) waarvan de radarverstoring bepaald dient te worden.
5. Indien TNO reeds beschikt over de 3D CAD tekening(en) van de betreffende windturbine(s), dan hoeft deze tekening niet nogmaals geleverd te worden. Ter verificatie dat de juiste turbine wordt gemodelleerd levert de opdrachtgever aan TNO een technische tekening van de buitenkant van de windturbine(s) waarvan de radarverstoring bepaald dient te worden. De tekeningen dienen maatvoeringen te bevatten met een nauwkeurigheid van 0,1 meter.
6. Indien gebruik wordt gemaakt van de TNO *worst-case* turbine, dan dient de opdrachtgever alleen de toe te passen vermogensklasse, maximale ashoogte en rotordiameter te leveren.

Kosten, doorlooptijden en voorwaarden

De maximale doorlooptijd van een standaard toetsing bedraagt drie weken. De kosten bedragen € 3000,- excl. btw, prijspeil 2014. Dit bedrag is per situatie, dus voor één combinatie van een aantal windturbine locaties, type turbine, ashoogte, en radar. Als het bouwplan zowel binnen de 75 km cirkel van één van de MASS verkeersleidingsradars en ook binnen de 75 km cirkel van één van de MPR

gevechtsleidingsradars, dan dienen er in feite twee toetsingen plaatsvinden. De kosten die in die situatie wordt berekend zijn € 5000, - excl. btw, prijspeil 2014. Het gehele bedrag dient bij aanvang van de opdracht betaald te worden. Voor een windturbinepark bestaande uit meer dan vier turbines geldt een meerprijs. De werkzaamheden worden uitgevoerd onder de 'Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO', van september 2010, zoals gedeponneerd bij de Rechtbank te Den Haag en de Kamer van Koophandel Haaglanden van toepassing. In tegenstelling tot wat staat vermeld in de voorwaarden op gebied van geheimhouding, behoudt TNO zich het recht voor overleg te voeren met het Ministerie van Defensie over het onderhavige bouwplan. Voordat dit daadwerkelijk gebeurt, zal dit worden gemeld aan de opdrachtgever. Bij weigering zal door TNO geen verdere actie ondernomen worden en zal de opdracht niet verder uitgevoerd worden.

Datum

januari 2014

Onze referentie

OvG140107

Blad

20/21

TNO in de adviserende rol

Naast de taak van het formeel beoordelen van een bouwplan op mogelijke radarhinder heeft het Ministerie van Defensie TNO toestemming gegeven om in een adviserende rol samen met een potentiële ontwikkelaar te komen tot een optimale inpassing van een bouwplan, rekening houdend met radarhinderaspecten. Op basis van overleg tussen de potentiële opdrachtgever en TNO zal een initieel uitgangspunt worden gedefinieerd, waarvoor TNO een offerte opstelt. Na een schriftelijk akkoord van de ontwikkelaar zal dit initiële uitgangspunt worden doorgerekend met PERSEUS. De resultaten zullen in verschillende diagrammen worden verzameld in een PowerPoint presentatie. In deze presentatie zullen eveneens de uitgangspunten worden vermeld.

Als de (tussen)resultaten nog niet aan de eisen voldoen, kan in overleg met of op mogelijk advies van TNO door de opdrachtgever besloten worden tot een eventuele vervolgstap. Deze vervolgstap maakt geen onderdeel een initiële offerte, maar wordt gefactureerd op basis van meerwerk. In overleg kan per geval uiteraard hierop afgeweken worden.

Afkortingen

AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
AOCS	Air Operations Control Station
CAD	Computer Aided Design
CTR	Control zone
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland
MASS	Military Approach Surveillance System
MPR	Medium Power Radar
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PERSEUS	Program for the Evaluation of Radar Systems in an Extended Urban Setting
PSR	Primary Surveillance Radar

RADAR	Radio Detection And Ranging
RDS	Rijksdriehoeksstelsel
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SSR	Secondary Surveillance Radar
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

Datum
januari 2014

Onze referentie
OvG140107

Blad
21/21