

Onderzoek naar radarverstoring door Prinses Amaliawindpark en Offshore Windpark Egmond aan Zee

Resultaten van de veldexperimenten in 2010 bij kalme zee

Frank Dielemans
Radio Holland

In opdracht van Prinses Amaliawindpark en Noordzeewind
14 december 2012



NoordzeeWind



Radio Holland heeft een wereldwijde reputatie als specialist in maritieme elektronica en is een toonaangevend systeemhuis, gespecialiseerd in innovatieve, efficiënte en doelmatige oplossingen op het gebied van satelliet en radiocommunicatie, automatisering, observatie en navigatiesystemen.

Radio Holland levert, integreert, installeert en adviseert over de totale elektronische infrastructuur aan boord van de schepen voor de grote handelsvaart, de offshore industrie, visserij, kust- en binnenvaart, en ook voor baggerschepen, survey- en onderzoekvaartuigen en megajachten. De waarnemers en tevens radaroperators zijn ervaren Radio Holland technici met een varend verleden bij de Koninklijke Marine en de visserij.

© 2012 Radio Holland

Foto's en figuren: Frank Dielemans, Radio Holland

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1. Introductie	2
2. Achtergrondinformatie over windturbines en radarsystemen	3
2.1 De invloed van windturbines op radarsignalen.....	3
2.2 Korte omschrijving van walradarsystemen.....	4
2.3 Effecten van radarverstoring.....	5
3. Gebruikte onderzoeksmethoden	7
3.1 Algemene onderzoeksopzet.....	7
3.2 Beschrijving meetschip en doelschip	7
3.3 Beschrijving walradar.....	10
3.4 Verloop testdag en weersomstandigheden	11
3.5 Opzet veldexperimenten	12
4. Resultaten	13
4.1 Resultaten veldexperiment 1- Operationeel gebruik scheepsradar	13
4.2 Resultaten veldexperiment 2- Schaduweffecten en blinde sectoren scheepsradar	14
4.3 Resultaten Veldexperiment 3- Afstandsdiscriminatie	18
4.4 Resultaten Veldexperiment 4- Valse radarecho's	19
4.5 Resultaten veldexperiment 5- Schaduwsectoren van de walrdar.....	20
5.1 Conclusie	30
5.2 Discussie.....	31
6. Referenties/ gebruikte literatuur.....	32
7. Lijst met afkortingen en begrippen	32
BIJLAGE I Technische inspectie radarsystemen meetschip.....	33
Annexes Beeldmateriaal bij de veldexperimenten (los document)	
Annex 1 - Veldexperiment 1 - Operationeel gebruik scheepsradar	1
Annex 1A - Veldexperiment 1 - onderdeel A OWEZ, 0,5 – 1 NM, handmatige gebruikersmode	3
Annex 1B - Veldexperiment 1 - onderdeel B OWEZ, 1 NM, automatische gebruikersmode.....	10
Annex 1C - Veldexperiment 1 - onderdeel C OWEZ, 3 NM, handmatige gebruikersmode	23
Annex 1D - Veldexperiment 1 - onderdeel D OWEZ, 3 NM, automatische gebruikersmode	37
Annex 1E - Veldexperiment 1 - onderdeel E PAWP, 0,5 - 1 NM, handmatige gebruikersmode	50
Annex 1F - Veldexperiment 1 - onderdeel F PAWP, 0,5 - 1 NM, automatische gebruikersmode ..	51
Annex 1G - Veldexperiment 1 - onderdeel G PAWP, 3 NM, handmatige gebruikersmode	52
Annex 1H - Veldexperiment 1 - onderdeel H PAWP, 3 NM, automatische gebruikersmode	63
Annex 2 - Veldexperiment 2 - Schaduweffecten en blinde sectoren scheepsradar.....	75
Annex 2A - Veldexperiment 2- OWEZ.....	76
Annex 2B - Veldexperiment 2- PAWP.....	83
Annex 3 - Veldexperiment 3 - Afstandsdiscriminatie OWEZ	91
Annex 3A - Veldexperiment 3 - Afstandsdiscriminatie PAWP	109
Annex 4 - Veldexperiment 4 - Valse radarecho's	111
Annex 5 - Procedure veldexperiment 5	113
Annex 5A - Veldexperiment 5 - De Walradar	114

Annex 5B - Veldexperiment 5 - De locaties van de radarposten.....	115
Annex 5C - Veldexperiment 5 - Radar - HOC1.....	117
Annex 5D - Veldexperiment 5 - Beoordeling Radar - HOC1	118
Annex 5E - Veldexperiment 5 - Radar - HOC2.....	121
Annex 5F - Veldexperiment 5 - Beoordeling Radar HOC2	123
Annex 5G - Veldexperiment 5 - Schaduweffect HOC2 PAMP	124
Annex 5H - Veldexperiment 5 - Het verdwijnen van de Marion van de HOC2 Radar.....	129
Annex 5I - Veldexperiment 5 - Performance Radarpost HOC2 mbt het Offshore Windpark Egmond aan Zee.....	132
Annex 5J - Veldexperiment 5 - HOC2 Radar - OWEZ - Detectie van schepen op grote afstand achter het Windpark.....	138
Annex 5K - Veldexperiment 5 - HOC2 Radar en valse echo's	139
Annex 5L - Veldexperiment 5 - HOC2 Radar - OWEZ - Detectie van kleine schepen in het windpark	143
Annex 5M - Veldexperiment 5 - Radarpost Kust – Zandvoort.....	145
Annex 5N - Veldexperiment 5 - Detectie Marion gedurende de testrun rondom OWEZ	146
Annex 5O - Veldexperiment 5 - Detectie Marion gedurende de testrun rondom PAWP	154
Annex 5P - Veldexperiment 5 - Radarpost W10 OWEZ.....	160
Annex 5Q - Veldexperiment 5 - Radarpost W21 OWEZ	165
Annex 5R - Veldexperiment 5 - SLC - Radars sluizencomplex.....	171

Samenvatting

Dit rapport beschrijft het onderzoek naar verstoring van scheepsradars en walradars door Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) en Prinses Amaliawindpark (PAWP). De nadruk lag op het al dan niet optreden van schaduw- of echo- effecten, diffracties of andere hinderlijke fenomenen die een gevaar kunnen vormen voor de scheepvaart. Hiertoe zijn vijf veldexperimenten uitgevoerd die elk één van de volgende deeldoelstellingen dekken:

1. Evaluatie van het operationele gebruik van scheepsradar voor detectie van schepen in en nabij een windpark;
2. Bepalen van de schaduweffecten en blinde sectoren achter het windpark waarin andere schepen niet kunnen worden gedetecteerd;
3. Inzichtelijk maken van eventuele problemen met betrekking tot afstandsdiscriminatie;
4. Het visueel maken van valse radarecho's die kunnen optreden als er een groot schip in de buurt van het windpark ligt of vaart;
5. Bepalen van de schaduwsectoren van de walradar te IJmuiden.

Er werd gebruik gemaakt van een meetschip en een doelschip. Het meetschip beschikte over een X-Band en een S-Band scheepsradar voor het uitvoeren van de veldexperimenten 1 tot en met 4. Het doelschip voer langs vooraf bepaalde patronen door en langs de windparken. Veldexperiment 5 omvatte het functioneren van de diverse walradarstations met betrekking tot de windparken en het eventuele optreden van ongewenste verschijnselen. Met de scheeps- en/of walradar werden metingen gedaan.

De verwachting was dat de weersomstandigheden, met name de golfhoogte, de resultaten van de experimenten zouden beïnvloeden. Om het effect hiervan te kunnen bepalen, zijn in het Plan van Aanpak twee veldexperimenten opgenomen, één bij relatief kalme zee¹ en één bij relatief ruwe zee².

Het onderzoek van het eerste veldexperiment is op 10 maart 2010 uitgevoerd onder technische begeleiding van Radio Holland en met ondersteuning van Haven Amsterdam en de verkeersdienst van IJmuiden. Op de testdag was de zee relatief kalm.

Bij veldexperimenten 1, 3, 4 en 5 traden in zeer geringe mate effecten op. Het omgaan met deze effecten zal in de praktijk geen problemen opleveren voor gekwalificeerd brugpersoneel omdat dit tot hun basiscompetenties behoort. Bij veldexperiment 2 traden geen hinderlijke effecten op. Op basis hiervan kan gesteld worden dat de aanwezigheid van de windparken PAWP en OWEZ niet of nauwelijks leidt tot nadelige effecten op de detectie van schepen in de buurt van die windparken.

Het tweede veldexperiment bij relatief ruwe zee is nog niet uitgevoerd. Op basis van de testresultaten bij kalme zee, stelt Radio Holland dat het vrijwel uitgesloten is dat radarbeelden bij relatief ruwe zee significant meer verstoord zullen worden door de aanwezigheid van de windparken.

¹ significante golfhoogte van minder dan 0,5 meter

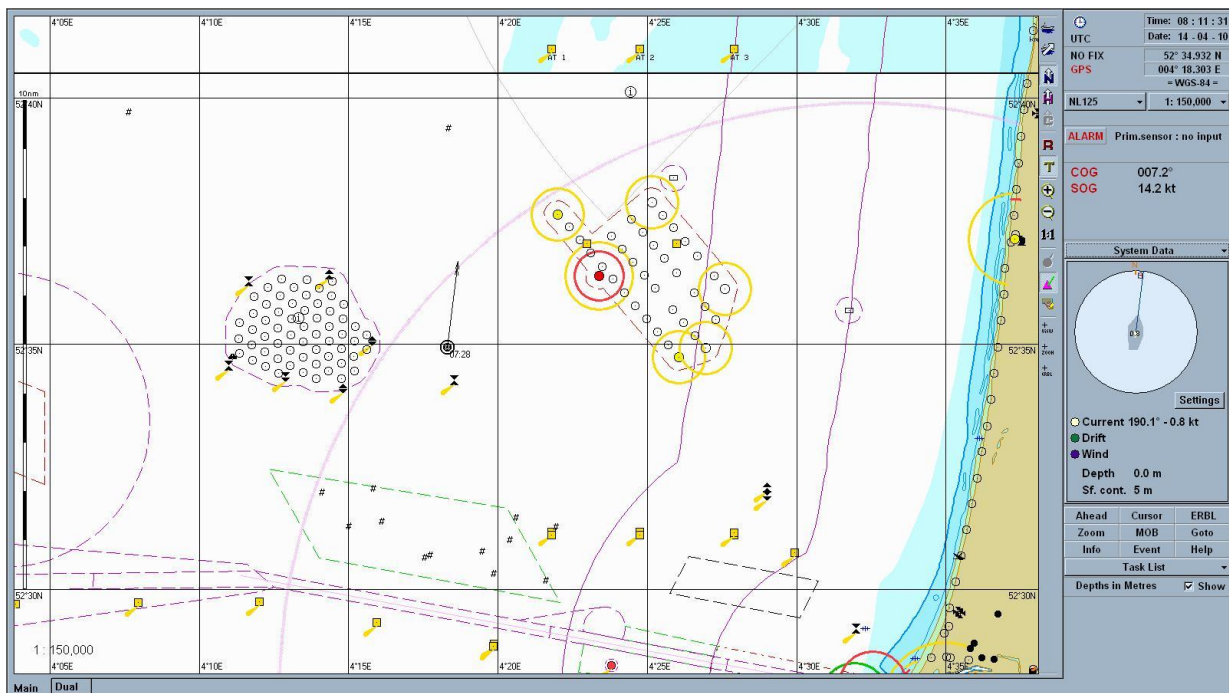
² significante golfhoogte tussen 1,5 en 2,5 meter

1. Introductie

Windturbines op zee geven door hun grootte en hoogte een groot verticaal reflectieoppervlak op een radar. Dit kan van invloed zijn op scheeps- en walradarsystemen. Binnen het kader van de Monitoring- en Evaluatieprogramma's (MEP) van Offshore Windfarm Egmond aan Zee (OWEZ) en het Prinses Amaliawindpark (PAWP) zijn deze windparken verplicht veldexperimenten uit te voeren naar mogelijke verstoring van scheepsradar en het optreden van valse echo's.

Het Prinses Amaliawindpark (PAWP) ligt ongeveer 23 km ten westen van Egmond aan Zee. Het windpark bestaat uit 60 windturbines en een transformer platform. De gebruikte windturbines zijn van het type Vestas V80 - 2 MW, met een ashoogte van 59 meter boven zeeniveau (amsl) en een rotordiameter van 80 m. De afstand tussen de windturbines is ca. 550 m.

Het "Offshore Windpark Egmond aan Zee" (OWEZ) ligt dichterbij de kust en in wat ondiepere wateren dan het PAWP. Dit windpark heeft 36 windturbines van het type Vestas V90 – 3MW met een ashoogte van 70 meter boven zeeniveau (amsl) en een rotordiameter van 90 meter. In vergelijking tot het PAWP, zijn deze windturbines groter en staan verder uit elkaar, namelijk op 640m afstand. De bouw van het PAWP begon kort nadat het OWEZ operationeel werd, in oktober 2006. Het PAWP was volledig operationeel in juli 2008.



Figuur 1 - Overzichtskartaal links het PAWP en rechts het OWEZ voor de kust van Noord-Holland

Dit rapport beschrijft allereerst de effecten van windturbines op radarsystemen in het algemeen. Daarna komen de gebruikte onderzoeksmethodiek en de resultaten van de uitgevoerde veldexperimenten aan bod. Tot slot worden de resultaten naast de doelstellingen gelegd in een discussie en worden enkele conclusies getrokken. De radarbeelden van de experimenten zijn opgenomen in de bijlagen.

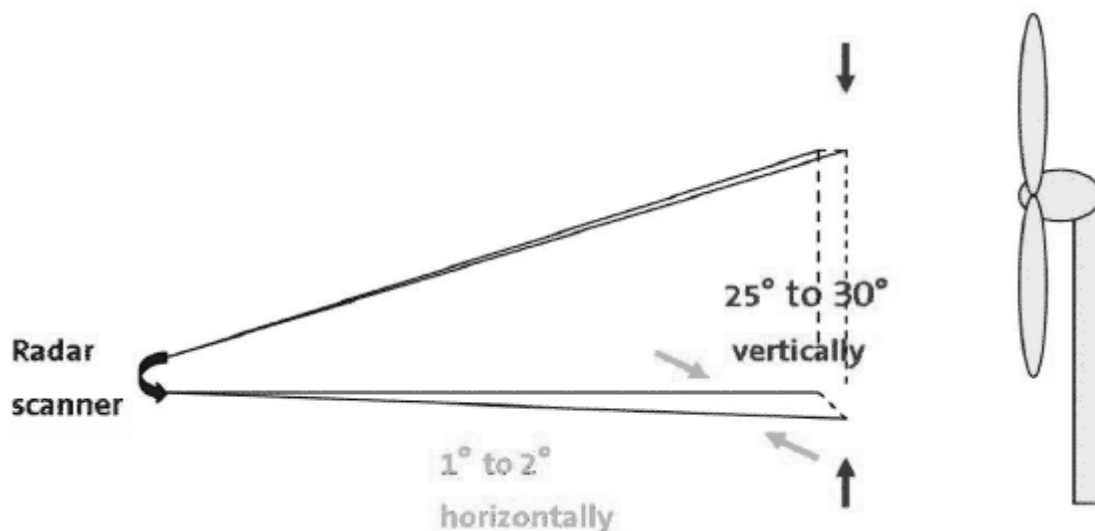
2. Achtergrondinformatie over windturbines en radarsystemen

Dit hoofdstuk geeft achtergrondinformatie over de (eventuele) invloed van windturbines op radarsystemen in paragraaf 2.1. Paragraaf 2.2 beschrijft de werking van een walradarsysteem en in 2.3 komen de verschillende soorten effecten van verstoringen van de radarsignalen aan bod.

2.1 De invloed van windturbines op radarsignalen

De masten van de windturbines zijn cilindrisch. De circa vijf meter grote diameter van de mast en de hoogte boven water van circa 60 tot 80 m (ashoogte) maken dat de masten relatief grote reflecterende oppervlaktes hebben. Dit gecombineerd met de reflecterende oppervlaktes van de gondel en van de rotor, maakt dat de windturbines in het verticale vlak een radarreflectieoppervlak hebben van wel 300 m².

Het grote verticale radarreflectieoppervlak is een belangrijke factor wanneer een scheepsradar in de buurt van offshore windturbines komt. In scheepsradars is de verticale bundelbreedte meestal tussen 25 en 30 graden, terwijl de horizontale bundelbreedte gewoonlijk tussen de 1 en 2 graden ligt. Dichtbij een windturbine is het gereflecteerde radarsignaal van een enkele uitgezonden puls daarom beduidend sterker dan wanneer het afkomstig zou zijn van een groot schip op vergelijkbare afstand, omdat een schip zelden die hoogte heeft.



Figuur 2 - Illustratie van groter radarreflectieoppervlak nabij een windturbine dan van een schip vanwege de grotere hoogte van een windturbine

Dit heeft voordelen, bijvoorbeeld dat windturbines uitstekend met radar waargenomen worden. Het nadeel is echter dat de sterke reflecties verstrendend kunnen werken op de radarbeelden en daardoor andere objecten aan het (radar)zicht zouden kunnen onttrekken. Met toenemende afstand tussen de radar en het windpark, neemt dit effect snel af.

De invloed van verschillende draaisnelheden van de wieken op radarsignalen

Afhankelijk van de stand ten opzichte van een radar, moduleren de wieken van een windturbine het reflecterende signaal. Afhankelijk van de omwentelingsnelheid van het reflecterende oppervlak ten opzichte van de desbetreffende radarantenne, zal het ontvangen signaal een frequentie van de uitgezonden frequentie plus en minus de dopplerfrequentie hebben. Dit is een complex signaal, omdat de uiteinden (*tips*) van de rotorbladen immers een andere snelheid hebben dan delen van de bladen die dichterbij de as liggen.

Uitgaande van een rotatiesnelheid van 16 omwentelingen per minuut (rotations per minute, rpm), is de berekende snelheid van een rotortip 65,36 meter/seconde. Wanneer de dopplercomponent uitgerekend wordt, bij een snelheid van 80 m/s van de rotortips, komt de X-Band radar op 2509 Hz. De zendfrequentie plus of min de dopplercomponent valt zeer ruim binnen de ontvangerbandbreedte van een navigatieradar, namelijk ongeveer 30 MHz. Voor de S-Band radar betreft het een dopplercomponent met de frequentie van 813 Hz. Ook dit valt ruim binnen de ontvangerbandbreedte. De dopplerverstoring veroorzaakt door een windturbine is niet van invloed op de performance van de radars.

2.2 Korte omschrijving van walradarsystemen

Een verkeersbegeleidingssysteem voor wereldhandelshavens is onontbeerlijk in de huidige tijd. Schepen varen steeds meer met een strak tijdschema en de intensiteit van de scheepsbewegingen is de laatste jaren enorm toegenomen. Een radarbegeleidingssysteem voor de totale regio bevordert de snelle doorstroming en verhoogt de veiligheid onder alle weersomstandigheden. Het gebied van verkeersbegeleiding is opgedeeld in vijf blokgebieden. Elk blokgebied heeft een apart marifoonkanaal. De verkeersleiders maken gebruik van synthetische radarinformatie en gedigitaliseerde kaarten. De radars zijn aan elkaar gekoppeld en vormen zo een keten door het gehele gebied.

Een type verkeersbegeleidingssysteem is de vessel traffic service (VTS). Een station dat deze benaming voert, is gehouden aan de richtlijnen die door de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) zijn uitgevaardigd. Dit betekent dat een VTS station zorg draagt voor een veilige en vlotte afwikkeling van het scheepvaartverkeer in het betreffende blokgebied op de daartoe aangewezen kanalen. De informatie die een VTS station geeft betreft voornamelijk nautische informatie, veiligheidsberichten en navigatieberichten, weerberichten van de regio (of, op verzoek, van andere regio's) en actuele informatie over de scheepsbewegingen in het blokgebied.

Op de schermen worden de tracks van de schepen gepresenteerd. Een track bestaat uit de afmetingen van de echo (indicatie van de lengte en breedte van een schip), de oriëntatie daarvan (voorliggende koers), de positie, de vaart, de koers over de grond en mogelijke afstanden tot vaste punten, lichtenlijnen en waypoints. Is een schip eenmaal geïdentificeerd, dan wordt het door het gehele gebied gevolgd.

Vanaf de eerste identificatie wordt het schip van alle benodigde informatie voorzien. Te denken valt aan de overige scheepsbewegingen in het gebied, de positie van het schip ten opzichte van referentielijnen, tijd en plaats van mogelijke beloodsing. Wanneer het schip binnen de vijf mijl range komt, is het al opgenomen in de sluisplanning zodat een vlotte sluispassage wordt gewaarborgd. Naast het radarsysteem wordt gewerkt met een zeer uitgebreid scheepvaartinformatiesysteem. Dit is een databank van alle bezochte schepen met bijzonderheden over schip en lading. Verder wordt in dit systeem de hele reis van zee tot ligplaats en vice versa geregistreerd. Ook de actuele webpagina's van verwachte, aangekomen schepen worden automatisch gevoed door dit systeem.

2.3 Effecten van radarverstoring

In deze paragraaf volgt een korte opsomming van de verschillende effecten die kunnen optreden bij verstoring van radarsignalen, te weten: refractie, schaduwsector (of blinde sector), verschillende typen ongewenste echo's en radarinterferentie.

Refractie

Een veel voorkomende misvatting is dat de radargolven zich rechtlijnig voortplanten. Verschillen in dichtheid van de atmosfeer zorgen ervoor dat radargolven ombuigen. De luchtvochtigheid is hierop van grote invloed. Het is dus mogelijk om achter de 'radarhorizon' te kijken, afhankelijk van de atmosferische omstandigheden. De radarhorizon is gerelateerd aan de antennehoogte.

Schaduwsector of blinde sector

Wanneer een radargolf een obstructie tegenkomt, zal de energie voor een deel terugkaatsen. Achter deze obstructie ontstaat dan een schaduwsector of schaduwgebied. Contacten in dit gebied zullen ook zwakkere echo's produceren, omdat ze met minder energie aangestraald worden. Het kan gebeuren dat de echo van een contact zo zwak ontvangen wordt, dat hij de detectiedrempel van een radar niet overstijgt. Het contact zal in dit geval niet gedetecteerd worden, terwijl hij op dezelfde afstand buiten het schaduwgebied waarschijnlijk wel gedetecteerd zou worden. Door middel van het verhogen van de radar-gain kan dit effect verminderd worden. Wanneer de sector achter deze obstructie breed genoeg is, kan er zelfs een blinde sector ontstaan.

Ongewenste echo's

De volgende echo-effecten zijn te onderscheiden:

1. Valse echo's
2. Sidelobe effecten
3. Multiple echo's
4. Second of multiple tracé echo's

Hieronder worden deze effecten beschreven.

Indirecte of valse echo's (mirror echo's)

Indirecte of valse echo's kunnen veroorzaakt worden door reflectie van de radar-hoofdbundel tegen obstructies zoals masten, schoorstenen, kranen en dekhuisen. Wanneer deze reflectie zich voordoet zal de (gereflecteerde) radarenergie van een legitiem contact via dezelfde indirecte weg terugkeren naar de radar. De echo zal vertoond worden op min of meer dezelfde afstand als het legitieme contact, echter in de richting van het reflecterende oppervlak.

Samengevat: Indirecte echo's zullen vooral voorkomen in schaduw c.q. blinde sectors van het schip. Ze zullen ontvangen worden in een redelijk constante richting. Ze verschijnen op dezelfde afstanden als de corresponderende directe echo's. Wanneer ze geplot worden (arpa), zullen de bewegingen over het algemeen abnormaal zijn. De vorm van de echo geeft vaak een indicatie dat het hier een om een valse echo gaat.

Sidelobe effecten

Sidelobe effecten zijn direct herkenbaar omdat er aan beide zijden van een contact meerdere echo's verschijnen, op dezelfde afstand als het contact. Er kunnen delen van cirkels of zelfs volledige cirkels ontstaan. De in navigatieradar toegepaste slotted waveguide antennes hebben door hun ontwerp sterk onderdrukte zijlobben, waardoor het probleem zich normaal gesproken alleen voordoet bij zeer sterke contacten, op relatief korte afstand. Dit effect kan gereduceerd worden door het verlagen van de gain en verstellen van de anti-clutter regeling.

Multiple echo's

Multiple echo's kunnen zich voordoen wanneer een echo van een sterk contact op korte afstand wordt ontvangen. Eén of meerdere echo's verschijnen dan op een veelvoud van de actuele afstand tot het contact.

Second of Multiple trace echo's

Second of Multiple trace echo's zijn echo's van doelen die zich op een afstand bevinden, groter dan de ingestelde afstand van de radardisplay. Ze kunnen zich voordoen wanneer door de atmosferische omstandigheden sprake is van veel refractie, of zelfs superrefractie. Over het algemeen zijn deze echo's niet constant, springerig. De richting van de echo correspondeert met de richting van het echte contact, maar de afstand niet. De afstand heeft een relatie met de PRR van de radar, veranderen van de displayrange geeft in dit geval ook een verandering in de gepresenteerde afstand.

Radarinterferentie

Radarinterferentie kan zich voordoen op het moment dat er andere radars, die op dezelfde frequentie werken, zich in de buurt bevinden. Dit effect is herkenbaar aan een grote hoeveelheid punten of lijnen die willekeurig, dan wel spiraalsgewijs op de radardisplay gepresenteerd worden. Op elke gangbare navigatieradar kan dit effect tot praktisch nul gereduceerd worden zonder de performance al te veel nadelig te beïnvloeden.

3. Gebruikte onderzoeksmethoden

Dit hoofdstuk beschrijft welke middelen zijn ingezet om het onderzoek uit te voeren. Allereerst wordt een algemene beschrijving gegeven, vervolgens worden de ingezette schepen en radars beschreven en tot slot het verloop van de testdag en de opzet van de veldexperimenten.

3.1 Algemene onderzoeksopzet

Er werden vijf veldexperimenten uitgevoerd op één testdag, conform het operationeel plan. De doelstellingen van de veldexperimenten betreffen het in kaart brengen van de beeldverstoringen op de scheepsradar en de walradar, veroorzaakt door het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) en het Prinses Amaliawindpark (PAWP).

De verwachting was dat de omstandigheden waaronder de verschillende veldexperimenten werden uitgevoerd, van invloed zouden zijn op de resultaten. Vooral de hoogte van de golven kan het gereflecteerde radarsignaal beïnvloeden. Om het effect hiervan te kunnen bepalen, was het de bedoeling het programma van de veldexperimenten tweemaal uit te voeren onder verschillende omstandigheden, te weten:

- bij relatief kalme zee: significante golfhoogte van minder dan 0,5 meter;
- bij relatief ruwe zee: significante golfhoogte tussen 1,5 en 2,5 meter.

Voor het uitvoeren van de veldexperimenten werden twee schepen ingezet: een meetschip en een doelschip. Het meetschip had de beschikking over een X-Band en een S-Band scheepsradar voor het uitvoeren van de veldexperimenten 1 tot en met 4. De functie van het doelschip was te varen langs vooraf bepaalde patronen door en langs de windparken. Gedurende de veldexperimenten werden de effecten op de scheeps- of walradars beoordeeld.

Veldexperiment 5 omvatte het in kaart brengen van het functioneren van de diverse walradarstations met betrekking tot de windparken en het vastleggen van eventuele ongewenste verschijnselen die daarbij optreden. Met de scheeps- of walradar werden metingen gedaan.

Voorafgaand aan de veldexperimenten is een technische inspectie van de scheepsradars uitgevoerd door technici van Radio Holland, conform het operationeel plan. Deze inspectie is uitgevoerd voor zowel de X-Band als de S-Band radar op het meetschip. In bijlage I is de beschrijving van de technische inspectie opgenomen. Bij beide schepen is bovendien een veiligheidsinspectie uitgevoerd conform het operationeel plan.

3.2 Beschrijving meetschip en doelschip

Meetschip en doelschip

Als meetschip is de Vigilant van Chase Seismic Survey ingezet. Dit schip heeft de beschikking over een Furuno FAR 2117 X band (3 cm) en een Furuno FAR 2137 S band (10 cm) radar. Deze radars zijn sinds 2004 op de markt en zijn nog steeds de meest recente modellen van Furuno. Ze gelden als representatief voor de scheepvaart en zijn het meest gebruikte type wereldwijd. De radars voldoen aan de laatste IMO en IEC standaards³.



Figuur 3 - Meetschip M.s. Vigilant

³ Te weten: IEC 60945, IEC 62388, IEC 61162, IEC 61993, IMO MSC.191 (79), IMO MSC.192(79), IMO A.694(17), IMO A.813(19), IMO SN/Circ.243.

M.S. Marion van de rederij Bakker uit IJmuiden fungeerde als doelschip. De waarnemingen op de radars aan boord van dit schip waren geen onderdeel van dit onderzoek en zijn daarom niet meegenomen in de onderzoeksopzet.



Figuur 4 - Doelschip M.S. Marion

Onderstaande tabel geeft de eigenschappen van de schepen weer.

Tabel 1 - Eigenschappen meetschip en doelschip

	Vigilant (meetschip)	Marion (doelschip)
Bouwjaar	1982	
IMO	8027406	
Lengte	71,40 m	31,30 m
Breedte	11,60 m	6,74
Diepgang	4,20 m	2,80 m
Bruto tonnage	1365	147
Netto tonnage	409	
Voortstuwing		1 x scania dsi 12 / 400 PK 1 x schroefas Speed: 11 kn
Radar-reflectieoppervlak		<100 m ²

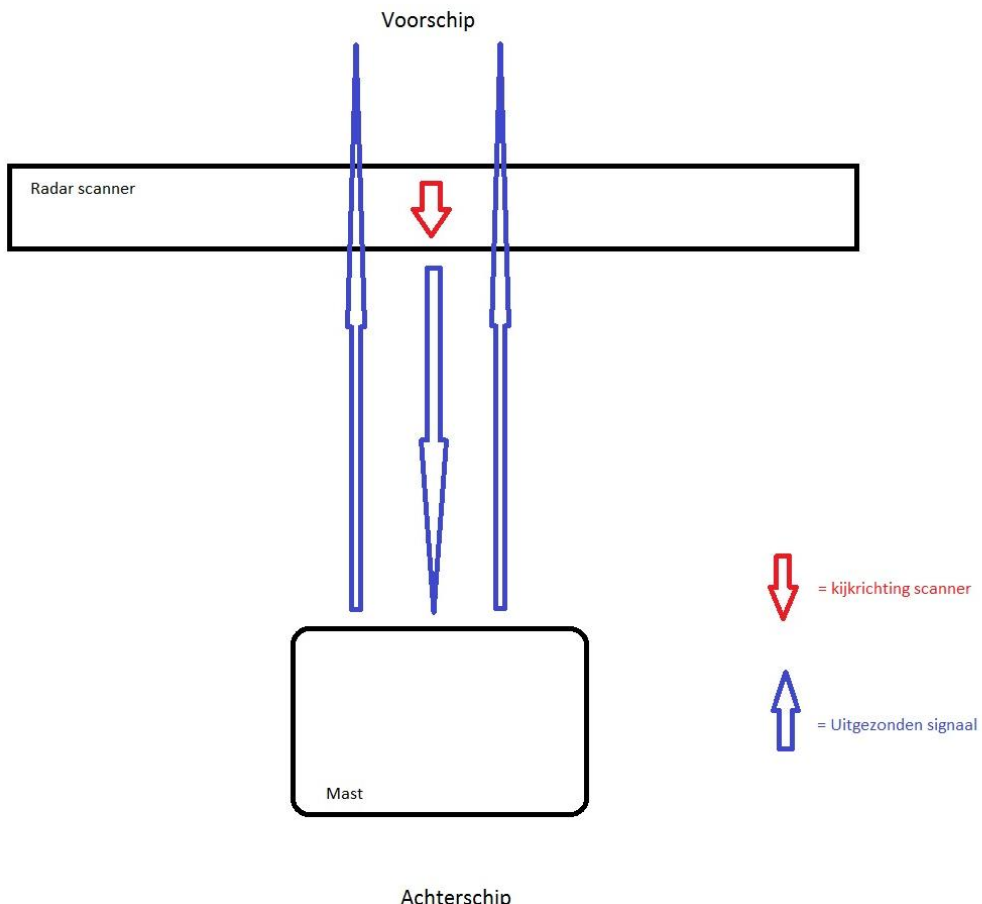
Indirecte of valse echo's op het meetschip

Wanneer de theorie over indirecte of valse echo's (zie paragraaf 2.3) toegepast wordt op het meetschip, blijkt het volgende. De mast van de Vigilant vormt een behoorlijk obstakel voor beide radarscanners (zie figuur 5).

Dit resulteert in een blinde sector of schaduwsector in achterliggende richting. Daarnaast blijkt dat de voorzijde van de mast afgeplat is en mede daardoor een relatief sterk reflecterend oppervlak vormt. Reflectie tegen de mast kan dan optreden, het zogenaamde spiegeffect of mirror echo's. Dit heeft tot gevolg dat sterk reflecterende objecten voor het schip als valse echo's gepresenteerd worden in de achterliggende richting. Dit gaat op voor zowel windturbines, alsook ankerliggers, platforms etc. (zie figuur 6).

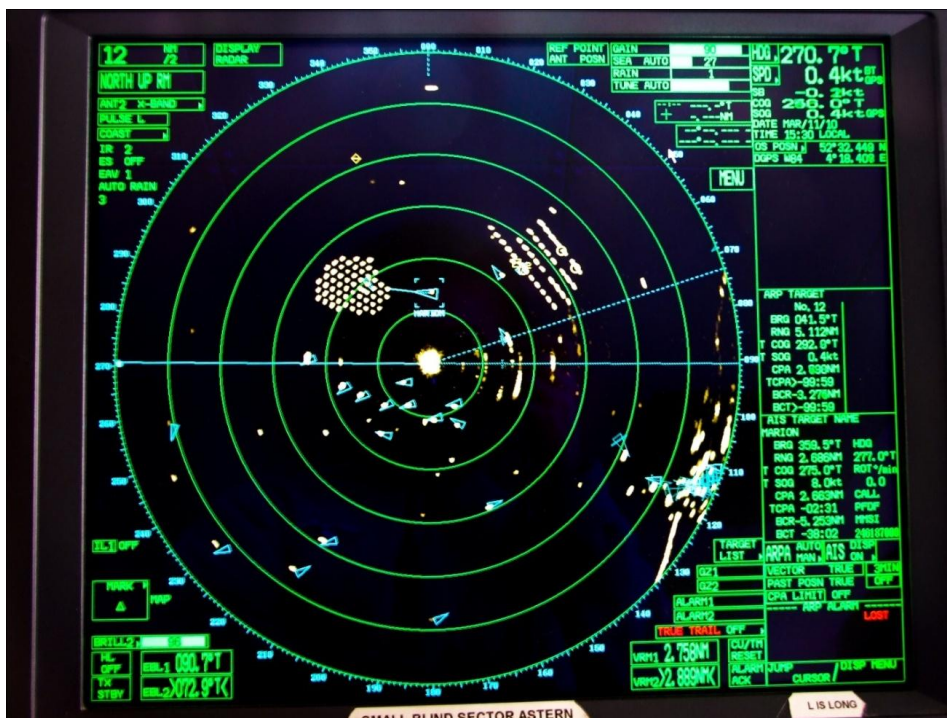


Figuur 5 - Aan dek van de Vigilant is de brede mast te zien



Figuur 6 - Reflectie van radarsignalen tegen de scheepsmast

In de veldexperimenten is rekening gehouden met deze mirror echo's voor de X-Band Radar en de S-Band Radar. Zie ook de aanduiding onderaan het radarscherm in figuur 7 'small blind sector astern'. Als zodanig zullen de valse echo's in deze sector niet telkenmale worden geduid.



Figuur 7 - Radarbeeld van X-Band Radar

3.3 Beschrijving walradar

De walradars bevinden zich in het Haven Operatie Centrum (HOC). Het HOC is gevestigd aan de rand van de Haven van IJmuiden. Vanuit deze verkeersstoren worden 2 VTS - blokgebieden gecontroleerd. Het eerste gebied betreft het aanloopegebied van IJmuiden. Het Walradar - Vessel Traffic Services (VTS) systeem werkt met diverse radarinstallaties en andere sensoren. Het oude systeem bestaat uit negen radars in Schellingwoude en IJmuiden en twee bij zijkanaal c en Nauerna. Daarnaast bevinden zich twee radarinstallaties in OWEZ en een installatie bij racecircuit Zandvoort.

De verkeersleider ziet toe op een veilige en vlotte vaart in een gebied buiten de vijfmijszone van IJmuiden. Hier vindt ook het eerste contact met de inkomende schepen plaats (aanroep verkeersdienst IJmuiden). Met behulp van radar en de modernste communicatiemiddelen wordt een schip onder alle weersomstandigheden verder naar binnen gedirigeerd. Vanaf de vijfmijszone wordt het schip overgenomen op een ander blokkanaal, (aanroep haven IJmuiden). In dit blokgebied wordt het schip voorzien van alle relevante informatie betreffende ligplaats, sluizen en beloodsing. De VTS controller beschikt over informatie die hij krijgt van het radarnetwerk, AIS informatie en informatie uit een systeem dat scheepsposities berekent met behulp van ontvangen VHF signalen, oftewel marifoonsignalen afkomstig van schepen. Het genoemde radarnetwerk dekt het gebied vanaf de Oranjesluizen tot en met de genoemde blokgebieden. Dit radarnetwerk is in 2011 uitgebreid, met name voor wat betreft het Noordzeekanaalgebied. Het systeem, operationeel sinds 12 september 2012, bestaat nu uit 26 radars, 150 CCTV-camera's, een Radio Direction Finders (er zijn nog twee RDF'en te plaatsen), diverse AIS-systemen, vele steunpunten voor VHF-communicatie en Meteo-info. Het gedekte gebied strekt zich uit van de Oranjesluizen, via het volledige Noordzeekanaal tot vele mijlen uit de kust.

Radarposten

De voor de veldexperimenten relevante radarposten die het zeegebied dekken zijn:

- Radarpost HOC;
- Radarpost Sluizen;
- Radarpost Kust Zandvoort;
- De twee radars in windmolenpark OWEZ.



Figuur 8 - Radarpost Kust Zandvoort met een hoogte van 50m

3.4 Verloop testdag en weersomstandigheden

Verloop testdag

Op 11 maart 2010 om 11:54u passeerde de Vigilant de pieren van IJmuiden om zich vervolgens naar de eerste testlocatie te begeven, het OWEZ. Het was nagenoeg windstil, zodat de windturbines in eerste instantie stilstonden. Om 12:25u waren de Vigilant en de Marion ter plaatse. Even later trok de wind aan uit zuidoostelijke richting en begonnen de windturbines te draaien.

De volgende windturbines draaiden niet op de testdag: Nummers 5, 8, 14, 24 (stil van 14.42u - 15.43u), 33 (stil van 11.30u - 16.00u) en 34 (stil van 11.50u - 12.50u).

Weersomstandigheden

Gedurende de gehele meetdag was er sprake van een kalme zee, zie Tabel 2.

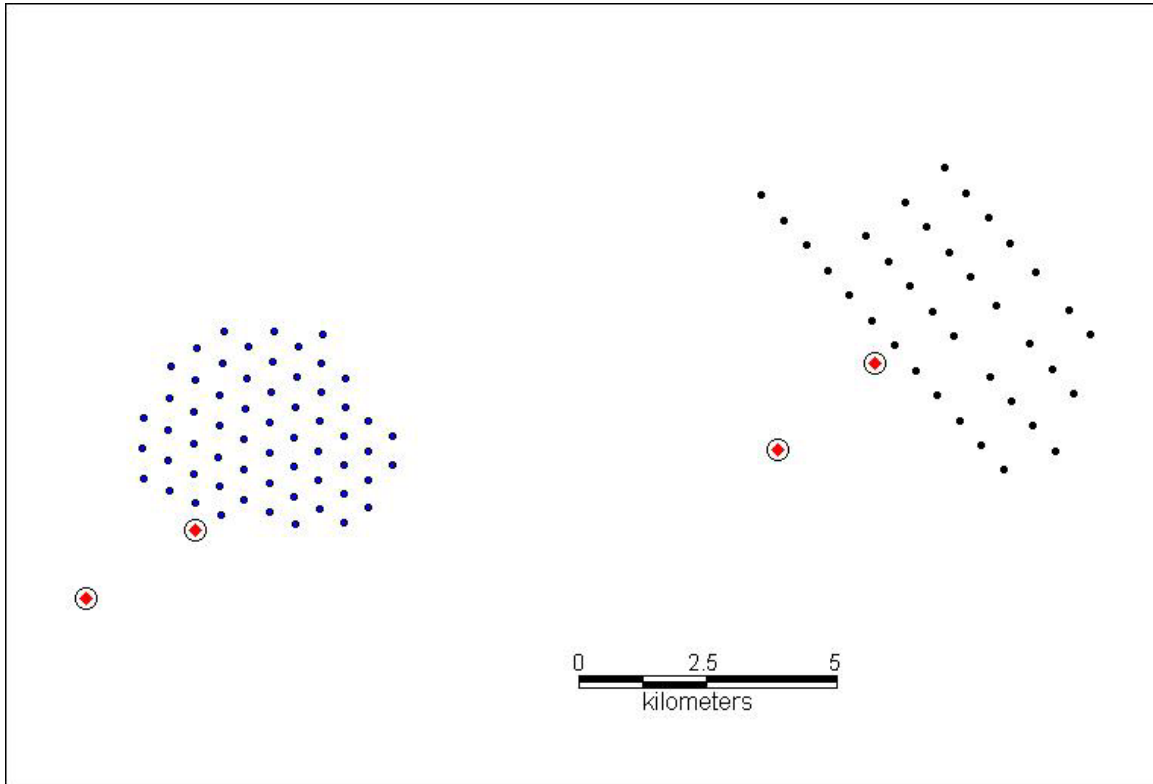
Tabel 2 - Golfhoogte per veldexperiment

Veldexperiment	Doel	Golfhoogte
1	Operationeel gebruik van de scheepsradar	< 0.5 meter
2	Bepalen van de schaduweffecten en blinde sectoren achter het windpark waarin andere schepen niet kunnen worden gedetecteerd	< 0.5 meter
3	Inzichtelijk maken van eventuele problemen met betrekking tot afstandsdiscriminatie	< 0.5 meter
4	Het visueel maken van valse radarecho's die kunnen optreden als er een groot schip in de buurt van het windpark ligt of vaart	< 0.5 meter
5	Bepalen van de schaduwsectoren van de walradar te IJmuiden	< 0.5 meter

3.5 Opzet veldexperimenten

Op elk van de in onderstaande figuur aangegeven vier locaties (rode stippen) werden de volgende waarnemingen uitgevoerd:

- A. Radarbeeld bij handmatige gebruikersmode;
- B. Radarbeeld bij automatische mode voor clutter reductie (auto clutter mode);
- C. Radarbeeld bij handmatige gain-standen in stappen van 10% .



Figuur 9 - Testlocaties tijdens de veldexperimenten

De waarnemingen werden uitgevoerd voor zowel de X-Band als de S-Band radar. De beelden werden geanalyseerd op de volgende effecten (zie paragraaf 2.3):

1. mirror, sidelobe en multiple echo's en overige clutter effecten; en
2. Schaduweffecten.

De radar werd op twee verschillende modes ingesteld met onderstaande specificaties.

Tabel 3 - Testspecificaties van de radar

Gebruikersmodus	Handmatig	Automatisch
Preset	Coast	Coast
Autorain	Off	1 t/m 4
Sea	Man	Auto
IR	Off of 1	Off of 1
ES	Off	Off
Eav	1	1

De range werd periodiek ingesteld op circa drie maal de afstand tot het windmolenpark. Dit is gedaan in verband met het waarneembaar maken van second trace echo's.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de vijf veldexperimenten weer. Per veldexperiment is de gehanteerde procedure, de resultaten en een korte conclusie geformuleerd.

4.1 Resultaten veldexperiment 1- Operationeel gebruik scheepsradar

Procedure

De operationele test werd uitgevoerd op twee verschillende afstanden, te weten op 1 NM en op 3 NM tot de rand van beide windparken. Het meetschip nam positie in aan de lizijde van het windpark. Het effect hiervan is dat de stand van de rotorbladen dan maximaal reflectieoppervlak geeft.

Het meetschip lag op de voorgeschreven afstanden, te weten 1 NM en 3 NM aan lizijde van het park, met beide radars ingesteld in de automatische modus. Het doelschip voer een track op 0,06 NM achterlangs het betreffende windpark. Vervolgens voer het doelschip parallel aan de eerste track weer terug, maar nu op 0,3 NM.

Tijdens het experiment werd op de volgende aandachtspunten gelet:

1. Het onderscheidende vermogen van de radars;
2. Het eventueel samenvloeien van de echo van het doelschip met de echo van de windturbine die gepasseerd wordt;
3. Het eventueel variëren van de intensiteit van de echo van het doelschip, of zelfs het wegvallen van deze echo.

Resultaten veldexperiment 1, locatie OWEZ

Onderstaande tabel vat de resultaten samen van de verschillende waarnemingen op de locatie van het OWEZ, gedaan met de X-Band radar. De bijbehorende radarbeelden zijn te vinden in de Annexes 1A tot en met 1D.

Tabel 4 - X-Band radarwaarnemingen bij OWEZ

Afstand tot windpark	Radar gebruiksmodus	Waargenomen effecten
0,5 – 1 NM	Handmatig	Zuidoostelijk van OWEZ waren valse echo's van windturbines die zich voor het schip bevonden, veroorzaakt door reflectie tegen de scheepsmast. De sector waar deze valse echo's opraden, aan de achterzijde van het schip, is aangeduid als de blinde sector. Kijkend in de richting van het PAWP, was waar te nemen dat een aantal windturbines iets minder sterk zichtbaar waren. Oftewel het schaduw effect trad in geringe mate op. Het schaduw effect is zeer afhankelijk van de radargain. Het verhogen van deze gain liet het schaduw effect nagenoeg verdwijnen, zie Annex 1A.
1 NM	Automatisch	Valse echo's in de achterliggende sector, zie Annex 1B.
3 NM	Handmatig	Het schaduw effect deed zich voor bij het PAWP, zie Annex 1C. Gedurende dit veldexperiment werd het meetschip gepasseerd door een sleper met een platform als sleep. Gedurende deze passage was er een valse meebewegende echo zichtbaar (het eerste contact westelijk van het meetschip). Deze gebeurtenis is vastgelegd op film, waarvan drie screenschothyves zijn opgenomen (zie pagina 36 van Annex 1C).
3 NM	Automatisch	Zuidoostelijk van OWEZ waren er valse echo's veroorzaakt door ankerliggers, die zich voor het schip bevonden. Kijkend in de richting van het PAWP, was waar te nemen dat een aantal windturbines minder sterk zichtbaar was, oftewel het schaduw effect trad op, zie Annex 1D.

Voor het beoordelen van de radars is gelet op ruwe video afkomstig uit de diverse radars, niet op bewerkte video's. Van AIS-info is geen gebruik gemaakt bij het detecteren van de targets. De ARPA-functie (Automatic Radar Plotting Aid) werkte met doelschip Marion als target. Dit is op diverse foto's ook waar te nemen. Mogelijk te verwachten problemen, zoals het overspringen van het ARPA-symbool, werden alleen op zeer korte afstand van circa 50 meter tot de windturbine waargenomen. In de praktijk levert dit geen enkel probleem op.

Resultaten veldexperiment 1, locatie PAWP

De veldexperimenten bij de locatie PAWP geven soortgelijke resultaten als bij locatie OWEZ genoemd. Zie Annexes 1E tot en met 1H voor de bijbehorende radarbeelden. Veldexperiment 1 toont het effect van de gain, in automatische en manuele mode, op het radarbeeld. Bij het vanaf "0" opvoeren van de gain worden de echo's op een gegeven moment zichtbaar. Het schaduweffect wat onder meer in het Prinses Amaliawindpark optreedt bij een lage gain, vermindert duidelijk wanneer de gain opgevoerd wordt. De valse echo's veroorzaakt door de mast nemen in intensiteit toe naarmate de gain hoger gezet wordt. De S-Band radar is met name in de manuele mode sneller in verzadiging te sturen; echo's smeren dan uit, valse echo's worden sterk weergegeven. De automatische mode gaat het verzadigen van het beeld grotendeels tegen bij een hoge gainstand. Het Prinses Amaliawindpark is door de geringere afstand tussen de windturbines gevoeliger voor het schaduweffect. Dit komt tot uiting door het met minder intensiteit of zelfs niet weergeven van turbines in het centrum van het park. De detectie van schepen achter het park, of vlak voor het park ondervindt hier echter geen hinder van.

Conclusie veldexperiment 1

Bij zeer lage gains (die in de praktijk eigenlijk niet gebruikt zullen worden in de scheepvaart) zijn schaduweffecten waargenomen. De gain waarbij schaduweffecten optraden, was bij PAWP lager dan bij OWEZ. Dit is verklaarbaar vanwege het verschil in onderlinge afstand van de windturbines in beide windparken. Het omgaan met dit soort effecten behoort tot de basiscompetenties van gekwalificeerd brugpersoneel.

4.2 Resultaten veldexperiment 2- Schaduweffecten en blinde sectoren scheepsradar Procedure

Het veldexperiment werd voor elk windpark afzonderlijk uitgevoerd op 1 NM tot de rand van het windpark. Het meetschip had beide radars ingesteld in de automatische modus en nam positie in aan de lijzijde van het windpark. Het effect van deze ligging is dat de stand van de rotorbladen dan maximaal reflectieoppervlak geeft. Het doelschip voer een track op 0,06 NM achterlangs het betreffende windpark. Vervolgens voer het doelschip parallel aan de eerste track weer terug, maar nu op 0,3 NM.

Tijdens het experiment werd op de volgende aandachtspunten gelet:

1. Het onderscheidende vermogen van de radars;
2. het eventueel samenvloeien van de echo van het doelschip met de echo van de windturbine die gepasseerd wordt;
3. Het eventueel variëren van de intensiteit van de echo van het doelschip, of zelfs het wegvallen van deze echo.

Resultaten veldexperiment 2, Locatie OWEZ

Gedurende dit veldexperiment voer de Marion op zeer korte afstand achter het windpark langs. De radaropnames behorend bij dit experiment staan in Annex 2A.

Het passeren van de windturbine had geen nadelig effect op de echo van het doelschip. De intensiteit van de doelecho bleef constant en er vond geen samenvloeiing van de echo's plaats.

Een enkele keer is het samenvloeien van de echo's van het doelschip en een windturbine te zien, zie figuur 10.



Figuur 10 - Opname van S-Band radar waarop doelschip samenvloeit met windturbine



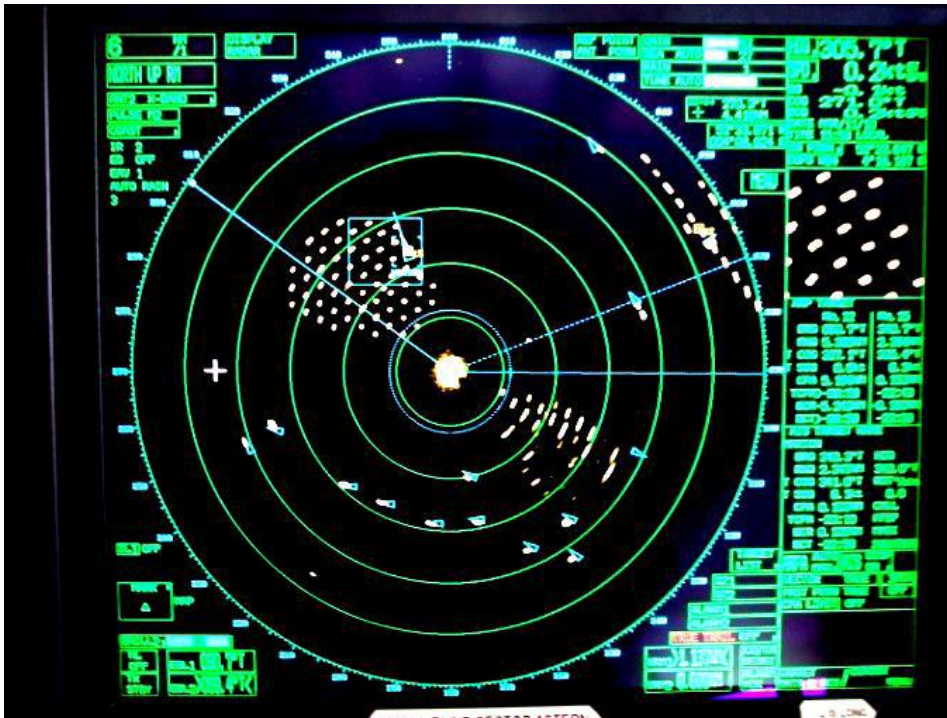
Figuur 11 - Opname van de S-Band radar waar het schaduw effect te zien is

Figuur 11 toont een moment dat de radar voor wat betreft de doelecho last had van het schaduw effect. Deze situatie deed zich weinig voor. De intensiteit van de echo van de Marion was verminderd, maar nog duidelijk te zien. Op dit moment was de afstand tussen doelschip en windturbine kleiner of gelijk aan 0,1 NM. Hieruit blijkt dat de S-Band radar gevoeliger is voor dit effect in vergelijking tot de X-Band radar.

Resultaten veldexperiment 2, Locatie PAWP

Gedurende dit veldexperiment voer de Marion op zeer korte afstand achter het windpark langs. De opnames van de X-Band radar behorend bij dit experiment staan in Annex 2B.

Tijdens dit veldexperiment heeft zich een situatie voorgedaan, waarbij de Marion een windturbine zo dicht passeerde dat de echo van de Marion samenvloede met de echo van de windturbine die gepasseerd werd. De echo's waren nog wel steeds van elkaar te onderscheiden. Op het moment dat de Marion een scheepslengte van de windturbine verwijderd was, werden de twee echo's weer separaat weergegeven.



Figuur 12 - Opname van X-Band radar waarop valse echo's in de sector achter te zien zijn

De echo's op bovenstaande figuur werden veroorzaakt door reflectie tegen de scheepsmast. Deze sector is aan boord bekend als de "blinde sector". Alle grote objecten recht vóór het schip geven een soortgelijke verstoring in deze sector. Het rechthoekige blauwe kader op het scherm is het selectiekader voor het zoomscherm, wat zich rechts op het scherm bevindt.



Figuur 13 - Opname van de S-Band radar waarbij het doelschip op korte afstand het windpark passeert.

Op bovenstaande opname was doelschip Marion bezig met de testrun, op zeer korte afstand van het windpark. Gedurende deze testrun zijn geen ongewenste verschijnselen waargenomen.

Conclusie veldexperiment 2

Zowel de X-Band als de S-Band radar ondervonden geen hinder van de windparken bij het detecteren van de Marion.

4.3 Resultaten Veldexperiment 3- Afstandsdiscriminatie

Procedure

Het veldexperiment voor het inzichtelijk maken van eventuele problemen bij afstandsdiscriminatie is uitgevoerd op 3 NM tot de rand van het betreffende windpark. Het meetschip lag op 3 NM aan lijzijde van het windpark. Het doelschip voer aan de voorzijde van het windpark een track op 0,06 NM (ca. 100m) van de windturbines. Uit de radarbeelden is bepaald op welk moment het doelschip wel en op welk moment het doelschip niet kon worden onderscheiden van de windturbine waarvoor het zich bewoog.

Aandachtspunt tijdens het experiment was het eventuele variëren (of wegvallen) van de intensiteit van de radarecho van het doelschip, de Marion.

Resultaten veldexperiment 3

Gedurende dit veldexperiment hebben zich op beide locaties geen ongewenste effecten voorgedaan. De echo van de Marion was voor de X-Band en de S-Band radar altijd te onderscheiden van de windturbine echo's.



Figuur 14 - Opname van de X-Band radar gedurende het veldexperiment bij OWEZ

Figuur 14 toont dat het doelschip als separate echo zichtbaar bleef. Dit is vooral duidelijk op het zoomdisplay aan de rechterkant. Overige radarbeelden zijn te vinden in Annex 3 en 3A.

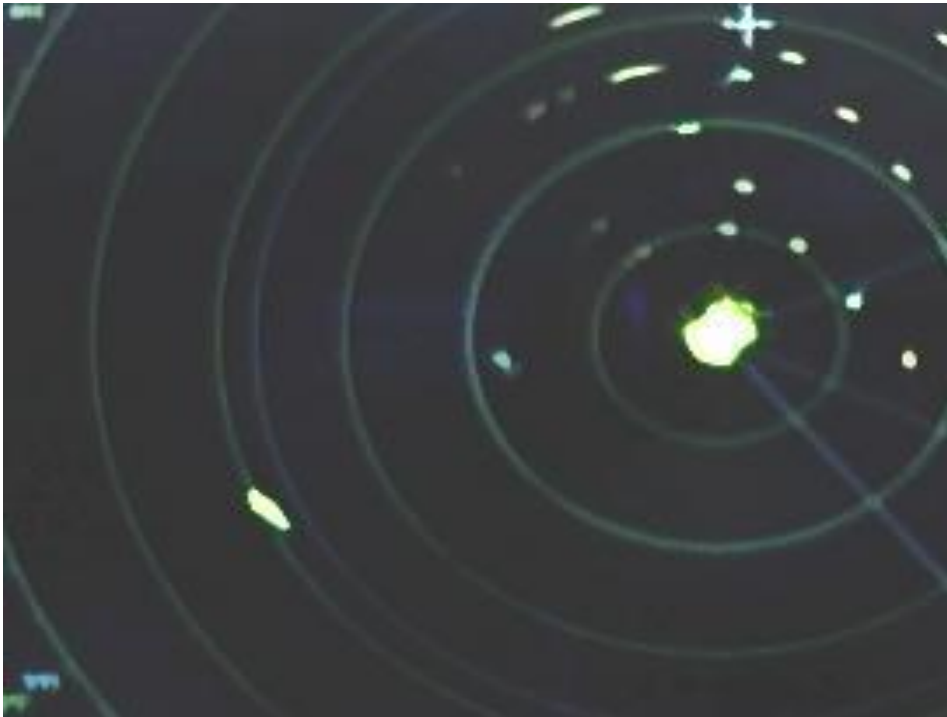
Conclusie veldexperiment 3

Tijdens het experiment werd geen vermindering van de echo-intensiteit van de Marion waargenomen. Het dynamisch bereik van hedendaagse radars is groot genoeg om gelijktijdig zeer sterke en zeer zwakke echo's weer te kunnen geven. Het omgaan met radarecho's met sterk verschillende intensiteit behoort tot de basiscompetenties van gekwalificeerd brugpersoneel en zal derhalve geen enkel probleem opleveren in de praktijk.

4.4 Resultaten Veldexperiment 4- Valse radarecho's

Valse radarecho's kunnen zich voordoen indien er een groot schip (groot radar reflecterend oppervlak) in de buurt van het windpark ligt of vaart. Het radarsignaal kan dan via meervoudige reflecties (groot schip – windturbine – nogmaals groot schip) worden opgevangen, waardoor het radarbeeld valselijk suggereert dat er een of meerdere “extra” objecten met het schip meebewegen.

Aanvankelijk was het plan om dit effect in beeld te brengen door het meetschip zodanig ten opzichte van het windpark en het ankergebied te positioneren, dat dit effect zou optreden. Echter, het tijp liep dusdanig dat de ankerliggers Noord/Zuid kwamen te liggen en er geen gebruik gemaakt kon worden van hun maximaal radar reflecterend oppervlak. Het effect werd hier ook niet waargenomen. Op een ander moment van de dag, terwijl de schepen nabij OWEZ lagen, werden deze gepasseerd door een sleper met een platform als sleep. Op dat moment trad het effect wel op, zij het in zeer geringe mate (zie figuur 15). Overige beelden van dit experiment zijn opgenomen in Annex 4.



Figuur 15 - Screenshot van een video-opname van een valse meebewegende echo

Conclusie veldexperiment 4

Het effect van valse echo's ten gevolge van een groot schip in de nabijheid is in zeer geringe mate waargenomen. Naar het oordeel van de auteur zal het omgaan met dit effect voor gekwalificeerd brugpersoneel geen enkel probleem opleveren in praktijk.

4.5 Resultaten veldexperiment 5- Schaduwsectoren van de walrdar

Zoals reeds beschreven, beschikt het HOC over een systeem dat de data afkomstig van diverse walradars (HOC1 en HOC2 en Zandvoort) verwerkt. Het systeem correleert de data van de verschillende radars en AIS-systemen. Dit is het zogenaamde *tracking* proces. Er vindt een “*dead reconed tracking-proces*” plaats. Hierbij wordt de koers en vaart van het desbetreffende doelschip meegenomen en de toekomstige positie van het doelschip uitgerekend, ook op momenten dat de radar de doelen niet zouden zien. De videogegevens worden door het walradarsysteem continu vergeleken met de voorspelde positie van de doelschepen.

Gedurende dit veldexperiment is de data van de diverse radars gelogd en is van elke radar afzonderlijk de dekking en eventuele ongewenste verschijnselen beoordeeld. Op momenten dat er een ongewenst effect optrad, is er gekeken of dat effect ook bij een andere radarpost waar te nemen was. Tevens is de prestatie met meerdere geselecteerde radars beoordeeld en zijn eventuele verschijnselen met betrekking tot het trackingproces geanalyseerd.

Voor wat betreft de instellingen van het beeld is er vooral gekeken naar het “ruwe” videobeeld van de radars. De meeste synthetica -dat wil zeggen de tekstlabels en de symbolen die de operator normaal gesproken ziet- zijn zoveel mogelijk uitgeschakeld. Het “ruwe” videobeeld is niet waar de operators normaal gesproken naar kijken.

De operators maken gebruik van de functionaliteit van het gehele systeem, te weten: correlatie tussen de diverse radars, weergave van tracklabels met onder meer koers en speeddata, AIS Data etc. Een radarsysteem in staat om synthetische info weer te geven, berekend uit de laatst gemeten koers en vaart van een doel, de *dead reconed tracking*. Er is gekozen om de ruwe video te beoordelen, omdat dit de werkelijke detectie van een target door een radar weergeeft.

De testopstelling om de gelogde gegevens te analyseren bestond uit drie computers, elk met twee schermen, waarop de opgenomen data real-time afgespeeld kon worden. Doordat het op drie verschillende computers gebeurde, was het mogelijk om verschillende gebieden tegelijk te bekijken, of hetzelfde gebied met een andere zoomratio te bekijken. Dit gebeurde om de oorzaken van de waargenomen verstoringen te achterhalen. De radarbeelden behorend bij dit experiment zijn opgenomen in Annex 5.

De voor dit veldexperiment relevante sensoren binnen het keuzemenu van de operator zijn:

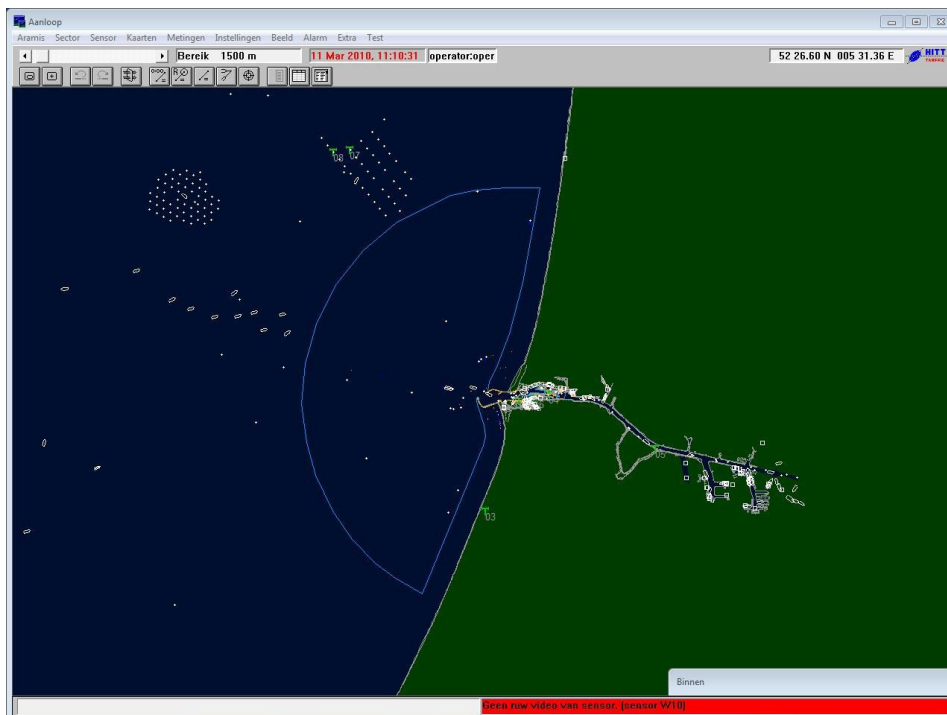
- A. HOC 1- Radar (detectie tot ca. 7,7 NM);
- B. HOC 2 – Radar (detectie tot ca. 31 NM);
- C. Kustradar bij het circuit van Zandvoort;
- D. Windmolenpark Radar W10;
- E. Windmolenpark Radar W21;
- F. SLC – sluiscomplex.

De locaties van de radarposten

De locaties van de diverse radars zijn te vinden in Annex 5B.

A. Radar - HOC 1 (detectie tot ca. 7,7 NM)

Radar HOC 1 is gelokaliseerd in het HOC, aan de rand van Haven IJmuiden. Het gebied dat deze radar afdekt, loopt tot ca. 7,7 NM vanaf het HOC. Het gebied dat afgebakend is door de blauwe lijn, is het detectiemasker. Hier zou detectie van targets moeten kunnen plaatsvinden.



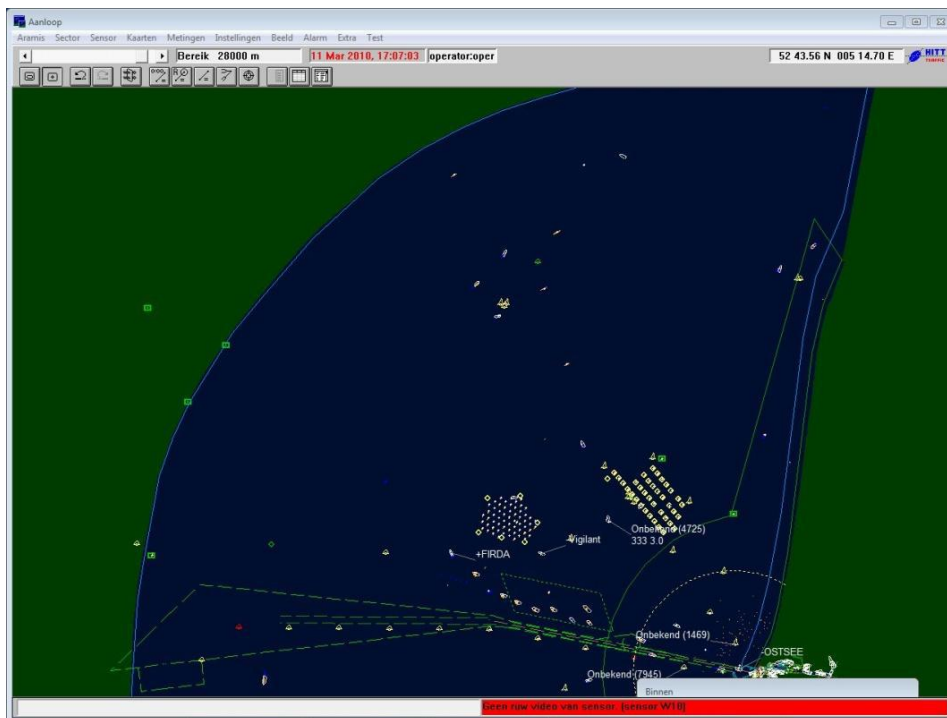
Figuur 16 - Radar HOC 1 en bijbehorend detectiegebied

Beoordeling Radar HOC 1

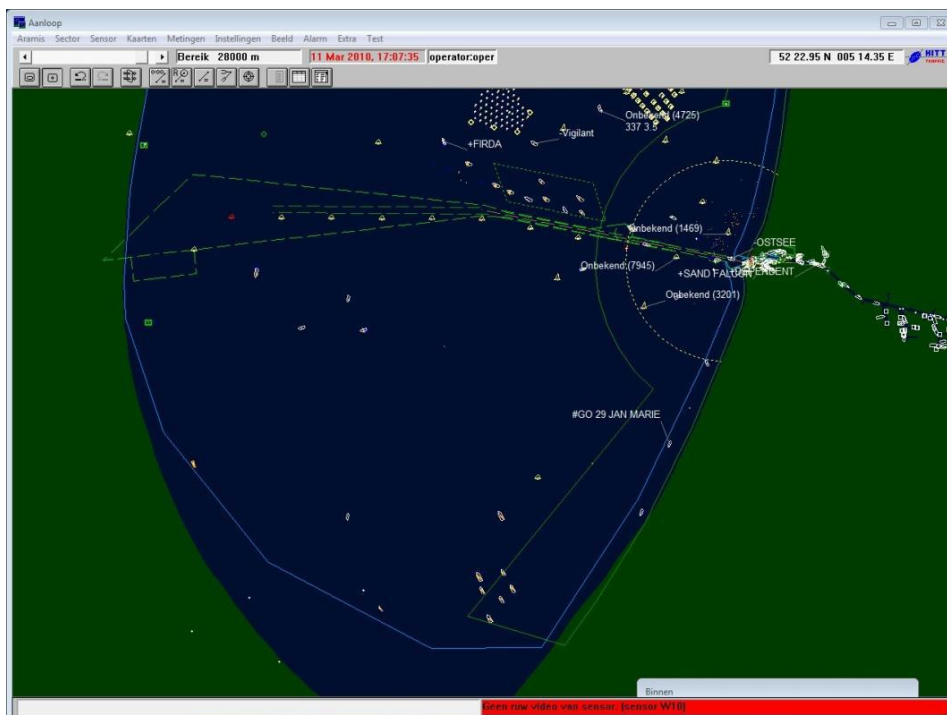
De data van de radar is gelogd van 10:59u tot 20:59u. Gedurende deze tijd hebben zich geen ongewenste effecten voorgedaan. Met alleen deze radar geselecteerd zijn geen valse echo's, verminderde gevoeligheid of andere effecten te zien. De radar ondervond geen hinder door het windpark. Bijbehorende radarbeelden zijn te vinden in Annex 5D.

B. Radar - HOC 2 (detectie tot ca. 31 NM)

Radar HOC 2 is gelokaliseerd in het HOC, aan de rand van de haven van IJmuiden. Het gebied dat deze radar afdekt, loopt tot ca. 31 NM vanaf het HOC.



Figuur 17 - HOC 2 en bijbehorend detectiegebied aan noordzijde



Figuur 18 - HOC 2 en bijbehorend detectiegebied aan zuidzijde

Beoordeling Radar HOC 2

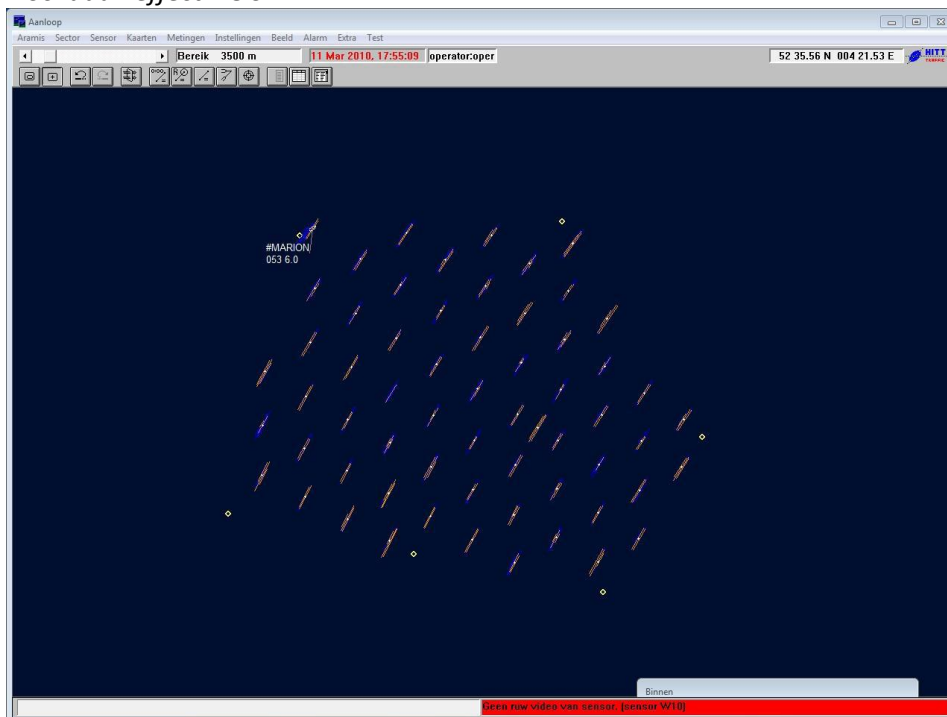
Tijdens het analyseren van de opnames, met alleen HOC 2 geselecteerd, is een aantal effecten waargenomen. Het selecteren van alleen HOC 2 is geen normale gebruikersmode in de praktijk, zie Annex 5F.

De waargenomen effecten zijn:

- I. Een verminderde intensiteit van windturbines in het centrum van het Prinses Amaliawindpark. Dit als gevolg van het schaduweffect;
- II. Het op een bepaald moment verliezen van het doelschip Marion. Het bijzetten van de Kustradar Zandvoort doet dit effect verdwijnen;
- III. Het gedurende een fractie van een seconde zien van valse echo's, contouren van de kustlijn, het windpark of andere random echo's als gevolg van de aanwezigheid van grote schepen in de directe omgeving van het HOC.

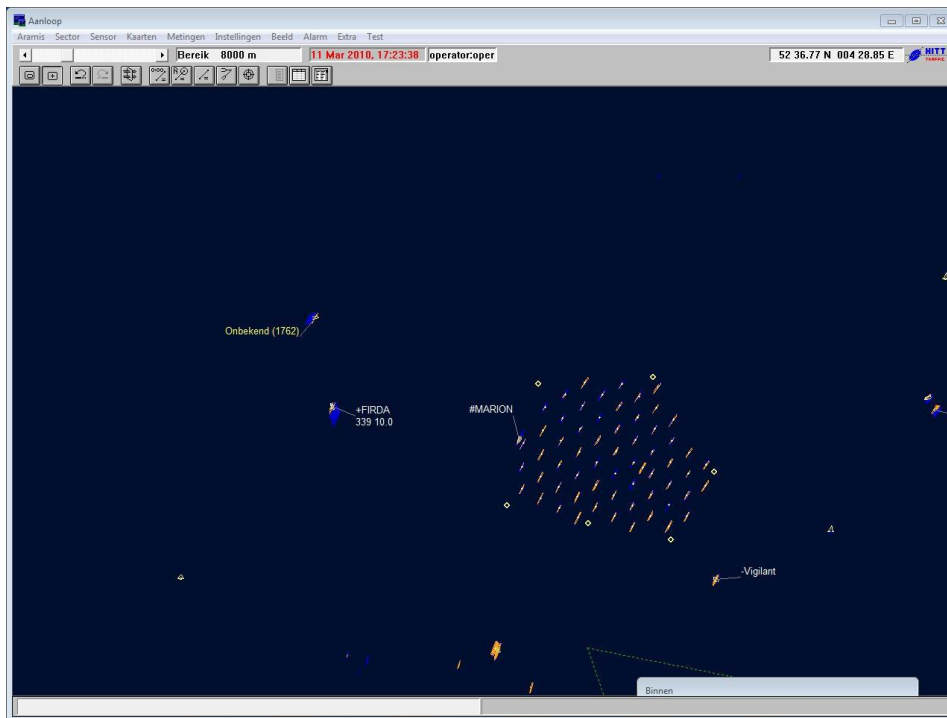
Deze effecten worden hieronder nader uitgewerkt.

I. Schaduweffect HOC 2 PAWP



Figuur 19 - Opname van HOC 2 radar met doelschip Marion nabij PAWP

Op bovenstaande figuur is te zien dat diverse echo's van windturbines in het park een verminderde intensiteit hebben. Dit is een gevolg van het schaduweffect. Dit schaduweffect bleek niet van invloed op de detectie van het doelschip.



Figuur 20 - Radarbeeld HOC 2 waarbij het doelschip het windpark op korte afstand passeert

In de bovenstaande figuur is te zien dat diverse schepen op verschillende afstanden achter het Prinses Amaliawindpark passeren. Hierbij zijn geen ongewenste verschijnselen waargenomen. De Marion voer op minder dan 100 m langs de windturbines. Ondanks deze zeer korte afstand bleef het schip detecteerbaar en te onderscheiden van de windturbine waar het op dat moment langs voer. Overige radarbeelden van dit experiment zijn te vinden in Annex 5G.

II. Het verdwijnen van de Marion van de HOC 2 Radar

Om 18:20u. verdween de Marion uit beeld. Dit effect is waargenomen gedurende ongeveer 50 seconden, op een afstand van ca. 0,434NM (804m) tot 0,563NM (1043m) van de dichtstbijzijnde windturbine. Dit effect is als volgt te verklaren. Door de heersende windrichting, hadden de windturbines op dat moment de grootste Radar-Cross-Section voor de HOC 2 radar. Het doelschip had op dat moment de kleinste Radar-Cross-Section. Het voer richting het HOC en werd dus recht op de boeg aangestraald. Daarbij komt dat het doelschip zich vlak voor een windturbine bevond, vanuit het HOC gezien. De combinatie van deze drie factoren zorgde ervoor dat de Marion niet boven de detectiedrempel van de HOC 2 radar uitkwam.

Bovengenoemde factoren golden op dat moment niet voor de kustradar nabij Zandvoort. Deze had dan ook geen problemen met de detectie. Deze situatie deed zich één keer voor en alleen op deze locatie. HOC Radar 2 heeft een periode de Marion niet kunnen detecteren, maar door de dekking van de Kustradar bij Zandvoort bleef het schip voor het gehele systeem zichtbaar. Het opnemen van de Radars W10 en W21 behoorde tot de vergunningsverplichting voor de test. Ze dragen achteraf niet significant bij aan het beeld van de operators, maar voorzien wel in een redundantie in het gebied ter grootte van de detectiemaskers van W10 en W21. Radarbeelden van deze situatie zijn te vinden in Annex 5H.

Prestatie Radarpost HOC 2 OWEZ

Het doelschip Marion voer op zeer korte afstand tracks rondom het windpark. Tijdens deze testruns is alle data opgenomen. In Annex 5I staan radarbeelden en –video-opnames afkomstig van HOC 2, die de resultaten van de testruns weergeven. Tijdens dit experiment zijn geen ongewenste effecten waargenomen.

III. Random echo's

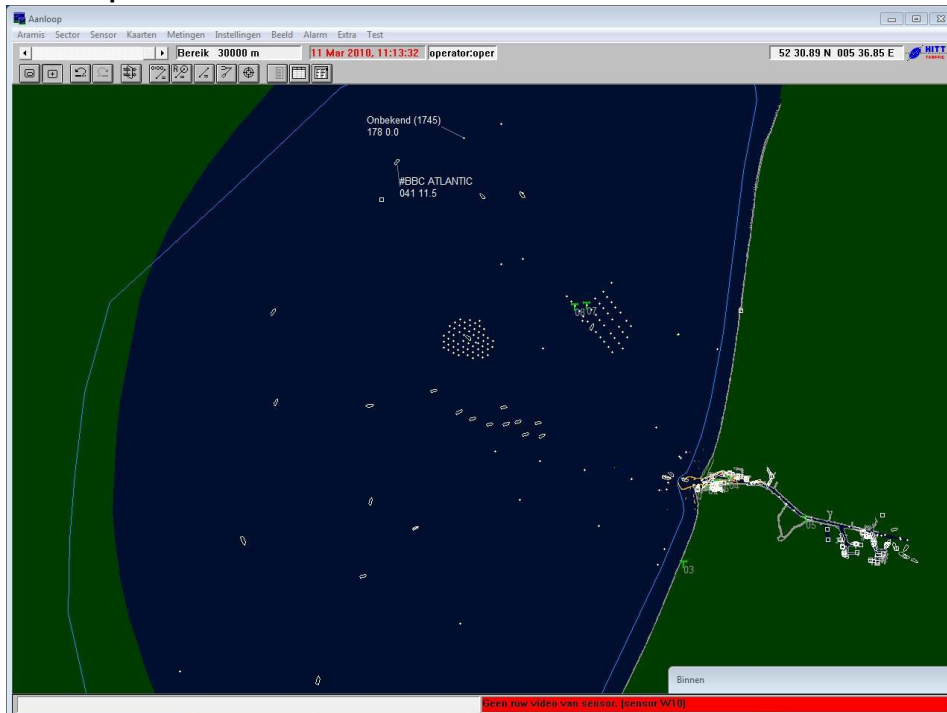
Beelden van de HOC 2 radar behorend bij de detectie van schepen op grote afstand achter het OWEZ zijn te vinden in Annex 5J.

HOC 2 Radar en valse echo's

Bij het analyseren van de radaropnames viel het op dat er af en toe valse echo's te zien waren. Het betrof dan een stuk kustlijn, de contouren van een windpark of een random echo. Het bestuderen van dit fenomeen was lastig, omdat het zich steeds gedurende een fractie van een seconde en ook onwillekeurig qua positie voordeed. Uiteindelijk bleek het verschijnsel veroorzaakt te worden door het spiegeleffect. Het bleek dat op het moment dat er valse echo's te zien waren, er elke keer een groot schip in de buurt van het HOC bezig was. Op de testdag betrof dit het baggerschip "Ostsee" van 100 meter lang en 18 meter breed. Dit schip was tussen de pieren aan het baggeren, om vervolgens de specie herhaaldelijk elders op zee te dumpen. De radarbeelden behorend bij deze valse echo's zijn te vinden in Annex 5K.

Beelden van de HOC 2 radar behorend bij de detectie van kleine schepen in het OWEZ zijn te vinden in Annex 5L. Tijdens een van de testruns in dit experiment voer een Windcat door het windpark.

C. Radarpost Kust Zandvoort



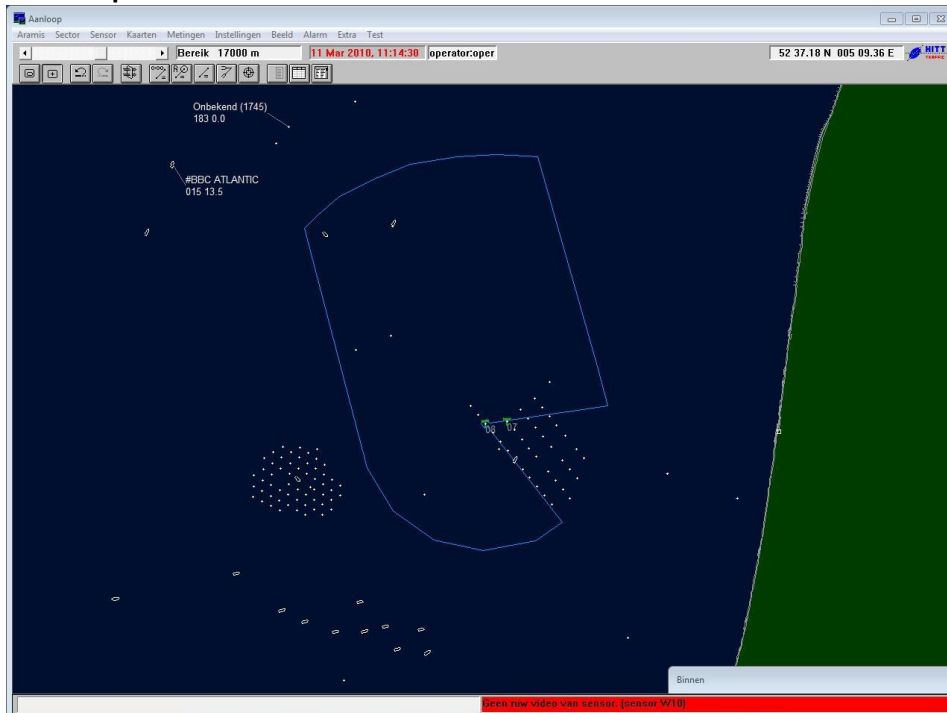
Figuur 21 - Radarpost Kust Zandvoort met detectiemasker

Deze radarpost is gelegen nabij het racecircuit Zandvoort. Het detectiemasker overlapt voor een groot deel het masker van HOC 2 (zie figuur 21). Dit zorgt voor een hoge mate van redundantie en heeft daarnaast nog meer voordelen. Naast het correlatieproces zoals eerder beschreven, worden door de geografische ligging de targets vanuit een andere hoek aangestraald, dan door HOC 2. Het effect daarvan is hierboven beschreven (*II. het verdwijnen van de Marion op HOC 2*). Gedurende de testdag zijn geen ongewenste effecten waargenomen. Deze radarpost ondervond geen hinder door de windparken.

Detectie Marion gedurende de testrun rondom OWEZ en PAWP

Gedurende deze testruns hebben zich geen noemenswaardige detectieproblemen voorgedaan. Er is waargenomen dat de intensiteit van de echo van de Marion soms fluctueert wanneer een windturbine op zeer korte afstand (kleiner of gelijk aan 100 m) gepasseerd wordt. De bijbehorende radarbeelden zijn te vinden in Annex 5N (OWEZ) en Annex 5O (PAWP).

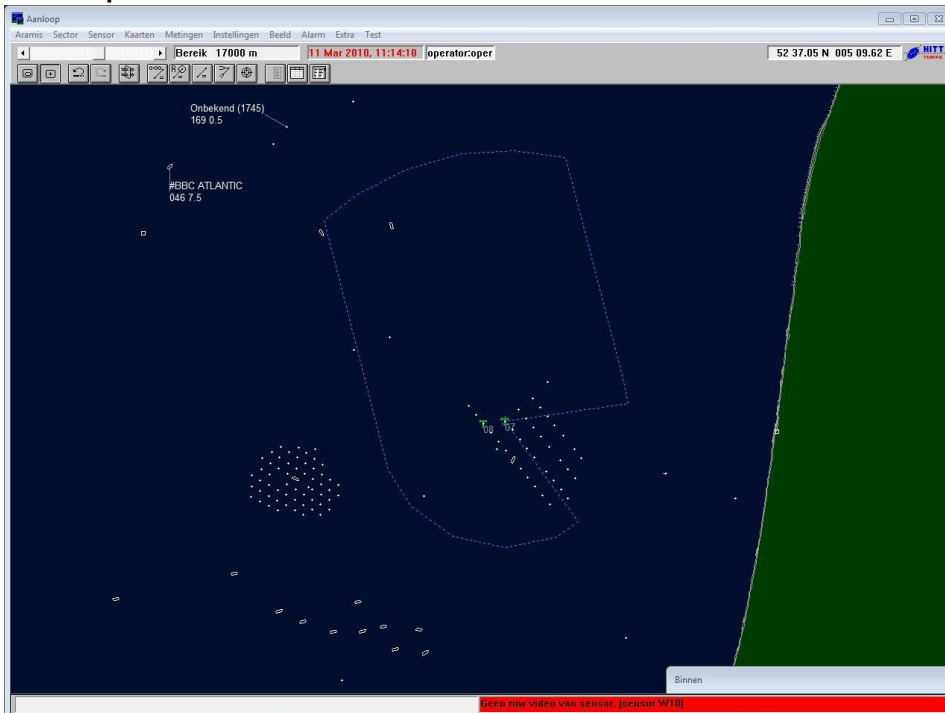
D. Radarpost W10 OWEZ



Figuur 22 - Radarpost W10 met detectiemasker

Radarpost W10 bevindt zich in het windmolenpark OWEZ. Figuur 22 toont het detectiemasker van deze radar. Detectie van doelen binnen het detectiemasker verliep probleemloos. Aan de Noordwest kant van OWEZ was te zien dat de intensiteit van de echo van de Marion nogal fluctueerde, op momenten dat het schip zich tussen een windturbine en de radarpost bevond. De afstand tot de grenzen van park was dan kleiner dan 100 meter. De Marion bleef echter constant gedetecteerd. De radarbeelden behorend bij deze waarnemingen zijn opgenomen in Annex 5P.

E. Radarpost W21 OWEZ



Figuur 23 - Radarpost W21 met detectiemasker

Radarpost W21 bevindt zich in het windmolenpark OWEZ. Figuur 23 toont het detectiemasker van deze radar. Detectie van doelen binnen het detectiemasker ging goed. De radarpost ondervond weinig problemen met de windparken. Evenals bij Radarpost W10, is het enige waargenomen effect het fluctueren van de echo intensiteit van de Marion, op het moment dat de Marion zich tussen de radar en een windturbine bevond en richting radar voer. Een effect wat vergelijkbaar is met het verdwijnen van de Marion van HOC 2. De radarbeelden behorend bij deze waarnemingen zijn opgenomen in Annex 5Q.

F. SLC – Radars sluizencomplex

De radars op het sluizencomplex hebben een detectiegebied wat reikt tot aan de kop van de pier. Er zijn geen verstoringen waargenomen. De Radarposten SLC op het sluizencomplex ondervinden geen hinder van de windparken. Zoals reeds eerder beschreven is het radarsysteem van het HOC, een systeem waarvan de werking berust op redundantie, diverse radarsystemen vormen samen een radarbeeld, welke het complete gebied afdekken. Als zodanig is te concluderen dat het systeem geen nadelen ondervindt van de aanwezigheid van de windmolenparken.

Een effect dat een enkele keer is waargenomen, is dat de synthetica van het doelschip soms aan een windturbine blijven 'kleven'. Dit gebeurde op momenten dat de Marion met zeer geringe snelheid de windturbines passeerde, op een dusdanig korte afstand, dat de Marion zich feitelijk onder de rotorbladen van de desbetreffende windturbine bevond. Het schip bleef ook in deze momenten te onderscheiden voor wat betreft de ruwe radarvideo. Uiteraard moest er dan wel ingezoomd worden. Radarbeelden behorend bij deze waarnemingen zijn te vinden in Annex 5R.

Conclusie veldexperiment 5

Tijdens het experiment werden geen schaduweffecten van de windparken gezien. De radarbeelden (zie Annex 5H) toonden dat er een kort moment geweest dat de Marion onder de detectiedrempel van één van de drie walradars kwam op het moment dat de Marion nabij een windturbine op één lijn voer met die windturbine en HOC2. Normaliter zal een schip zich nooit zo dicht bij het windpark mogen begeven. Vanwege de redundantie van het systeem is dit voor het walradarsysteem geen enkel probleem. Wel zijn zeer kortdurende sterke echo's (verstoringen) van grote objecten nabij het HOC waargenomen, zoals landmassa's, kustlijn en ook de windparken. Naar het oordeel van de auteur zal het omgaan met dit effect voor gekwalificeerd brugpersoneel geen enkel probleem opleveren in praktijk.

5. Conclusie en Discussie

In dit hoofdstuk worden de conclusies uit het vorige hoofdstuk bijeengebracht. Op basis daarvan wordt een samenvattende conclusie getrokken. Daarna volgt een discussie waarin ingegaan wordt op de verwachtingen bij metingen met hoge golven.

5.1 Conclusie

In deze paragraaf staan per veldexperiment de conclusies die getrokken kunnen worden met tot slot een conclusie over het geheel.

Conclusie veldexperiment 1 Operationeel gebruik van de scheepsradar

Bij zeer lage gains zijn schaduweffecten waargenomen. Deze zullen in de praktijk eigenlijk niet gebruikt worden in de scheepvaart. De gain waarbij schaduweffecten optraden, was bij PAWP lager dan bij OWEZ. Dit is verklaarbaar vanwege het verschil in onderlinge afstand van de windturbines in beide windparken.

Conclusie veldexperiment 2 Schaduweffecten en blinde sectoren van de scheepsradar

Zowel de X-Band als de S-Band radar ondervonden geen hinder van de windparken bij het detecteren van het doelschip.

Conclusie veldexperiment 3 Afstandsdiscriminatie

Tijdens het experiment werd geen vermindering van de echo-intensiteit van het doelschip waargenomen. Het dynamisch bereik van hedendaagse radars is groot genoeg om gelijktijdig zeer sterke en zeer zwakke echo's weer te kunnen geven.

Conclusie veldexperiment 4 Valse radarecho's

Het effect van valse echo's ten gevolge van een nabijgelegen groot schip is in zeer geringe mate waargenomen.

Conclusie veldexperiment 5 Schaduwsectoren van de walradar

Tijdens het experiment werden geen schaduweffecten van de windparken gezien. De videobeelden toonden dat er een kort moment was dat het doelschip onder de detectiedrempel van één van de drie walradars kwam. Dit was op het moment dat het doelschip nabij een windturbine op één lijn voer met die windturbine en HOC2. Normaliter zal een schip zich nooit zo dicht bij het windpark mogen begeven. Vanwege de redundantie van het systeem is dit voor het walradarsysteem geen enkel probleem. Wel zijn zeer kortdurende sterke echo's van grote objecten nabij het HOC waargenomen, zoals landmassa's, kustlijn en ook de windparken.

Algemene conclusie

Bij veldexperimenten 1, 3, 4 en 5 traden in zeer geringe mate effecten op. Het omgaan met deze effecten zal in de praktijk geen problemen opleveren voor gekwalificeerd brugpersoneel omdat dit tot hun basiscompetenties behoort. Bij veldexperiment 2 traden geen hinderlijke effecten op. Op basis van deze uitkomsten kan gesteld worden dat de aanwezigheid van de windmolenparken PAWP en OWEZ niet of nauwelijks leidt tot nadelige effecten op de detectie van schepen in de buurt van die windparken.

5.2 Discussie

De in dit rapport beschreven vijf deelexperimenten van veldexperiment 1 zijn uitgevoerd bij relatief kalme zee (significante golfhoogte minder dan 0,5m). Verwacht mocht worden dat het effect van hoge golven op de radarbeelden (zeeclutter) geen enkele rol zou spelen. Bij dit veldexperiment is geen enkel zeecluttereffect waargenomen, zoals verwacht.

Om de invloed van de hoogte van de golven op het gereflecteerde radarsignaal te bepalen, is een tweede veldexperiment gedefinieerd bij relatief ruw zee (significante golfhoogte tussen 0,5 en 2,5 meter). Dit tweede veldexperiment is nog niet uitgevoerd. Op basis van het nu uitgevoerde veldexperiment bij kalme zee, stelt Radio Holland dat het vrijwel uitgesloten is dat radarbeelden bij relatief ruwe zee significant meer verstoord zullen worden door de aanwezigheid van de windparken.

Om deze stelling te onderbouwen voert Radio Holland de volgende argumenten aan:

- Op zeer korte afstand zijn de doelecho's van de scheepsradar dusdanig sterk, naar het oordeel van de specialisten van Radio Holland, dat ze ook in een clutterrijke omgeving gedetecteerd zullen worden. Ter informatie: zeeclutteronderdrukking met scheepsradar is effectief tot een afstand van circa 1,5 NM. Op grotere afstand valt zeeclutter achter de radarhorizon. Walradars hebben überhaupt geen last van clutter.
- Op grotere afstand dan circa 1,5 NM is regenclutteronderdrukking het aangewezen middel om eventuele clutter tegen te gaan. Regenclutter heeft niet of nauwelijks tot gevolg dat de echo's van schepen kleiner worden weergegeven. De radarecho's zullen daarom vrijwel hetzelfde zijn als bij het nu uitgevoerde experiment bij relatief kalme zee.
- De diverse walradarposten zijn dusdanig gepositioneerd, dat de schepen altijd vanuit verschillende hoeken aangestraald worden en er dus altijd minimaal één radar een gunstige 'aspect ratio' heeft (gunstige radar cross section). Daardoor blijven nadelige effecten uit. De plaatsing van het kustradarstation ten noorden van het Noordzeekanaal zal een nog betere radardekking van het kustgebied tot gevolg hebben.

6. Referenties/ gebruikte literatuur

Veldexperiment verstoring sloop- en walradar. Operationeel plan voor het veldexperiment naar verstoring sloop- en walradar in het kader van de monitoring en evaluatie van het Offshore Windpark Egmond aan Zee en het Prinses Amaliawindpark. Versie 4.0 voor Rijkswaterstaat, 7 mei 2009.

7. Lijst met afkortingen en begrippen

Afktoring/begrip	Betekenis
AIS	Automatic Identification System. Een systeem waarmee het schip zijn identificatie, positie, koers, snelheid en overige sloopseigenschappen uitzendt.
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
Clutter	Ongewenste radarecho's, bijvoorbeeld ten gevolge van regen, atmosferische turbulentie, golven, etc.
HOC	Haven Operatie Centrum
IMO	International Maritieme Organisatie
NM	Nautical Mile, zeemijl. 1 NM = 1852 meter.
OWEZ	Offshore Windfarm Egmond aan Zee
PAWP	Prinses Amaliawindpark
Radar-Cross-Section (RCS)	Maat voor detecteerbaarheid van een object. Een hogere RCS betekent een beter detectie van het object.
Synthetica	Door de computer gegenereerde labels met informatie over het doelobject; de tekstlabels en de symbolen die de operator van een radar normaal gesproken ziet.
VTS	Vessel Traffic Services
Windcat	Kleine werkboot voor het vervoer van personeel en goederen in de offshore windindustrie.

BIJLAGE I Technische inspectie radarsystemen meetschip

Het meetschip Vigilant beschikt over twee radarsystemen met onderstaande kenmerken:

	<i>Furuno FR-2117 X-Band Radar</i>	<i>Furuno FR-2137 S-Band Radar</i>
Output power	12 KW	30 KW
Frequentie	9410 MHz + 30 MHz	3050 MHz + 30 MHz
Bundelbreedte	1,23° x 20°	1,8° x 25°

Bovenstaande radars zijn gebruikt voor de veldexperimenten. Voor het detecteren van doelen, maken zij geen gebruik van de dopplerinformatie van een doel.

Voorafgaand aan de veldexperimenten is een technische inspectie van de scheepsradars uitgevoerd door technici van Radio Holland. Deze inspectie is uitgevoerd voor zowel de X-Band als de S-Band radar op het meetschip, de Vigilant. Radio Holland heeft apparatuur, waaronder AIS en GPS, aan boord van de Vigilant geplaatst met het doel alle gebeurtenissen en scheepsbewegingen te loggen.

Onderdeel van de technische inspectie is:

- het vastleggen van de positionering van de betreffende radar, inclusief eventuele scheepseigen obstakels die van invloed kunnen zijn op de radarperformance;
- het vastleggen van eventuele radareigen verstoringen van het radarbeeld, bijvoorbeeld sidelobe echo's;
- het controleren of de radars voldoen aan de eisen die eraan gesteld mogen worden.

Hierbij is gekeken naar de staat van onderhoud, leeftijd magnetron en eventuele afwijkingen in de diverse signalen die gemonitord worden in de built-in test. Tevens zijn er voorbereidingen getroffen voor het loggen van de data en het onderhouden van de verbindingen tussen de diverse partijen, te weten:

- inbouw van video-interfaces in beide radarsystemen;
- plaatsing van een tsunamis elektronisch kaartstelsel aan boord van de Vigilant;
- plaatsing van een AIS systeem en GPS aan boord van de Vigilant;
- plaatsing marifoonsysteem met private channel op het HOC;
- programmeren van de private channels in marifoons van de Vigilant;
- plaatsen van registratieapparatuur aan boord van de Vigilant;
- het programmeren van de private channels VHF aan boord van de Marion.

Bij de technische inspectie zijn geen bijzonderheden waargenomen wat betreft de technische staat van de radars. Een aandachtspunt was de plaatsing van de radarscanners in de mast. De verwachting was dat dit valse echo's en een blinde sector in de sector achteruit tot gevolg zou hebben. Op beide radardisplays is dit trouwens ook aangegeven.