

Retouradres: Postbus 96864, 2509 JG Den Haag

E-Connection Project BV
T.a.v. de heer T. Hirdes
Postbus 101
3980 CC BUNNIK



Onderwerp

Onderzoek mogelijke effecten van windturbines op binnenvaartscheepsradars

Geachte heer Hirdes,

Hier stuur ik u in bijlage de resultaten van ons onderzoek naar potentiële negatieve effecten van een te plaatsen windturbine BH2 op de zuidelijke strekdam van de Roompootsluis op de radarsystemen van naderende binnenvaartschepen.

Hoogachtend,

Ing. O.J. van Gent
Senior Research Medewerker

Defensie en Veiligheid

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

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00

Datum

26 maart 2018

Onze referentie

DHW-2018-0100313354

E-mail

onno.vangent@tno.nl

Doorkiesnummer

+31888664025

Projectnummer

060.31534

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

Handelsregisternummer 27376655.

Datum

26 maart 2018

Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

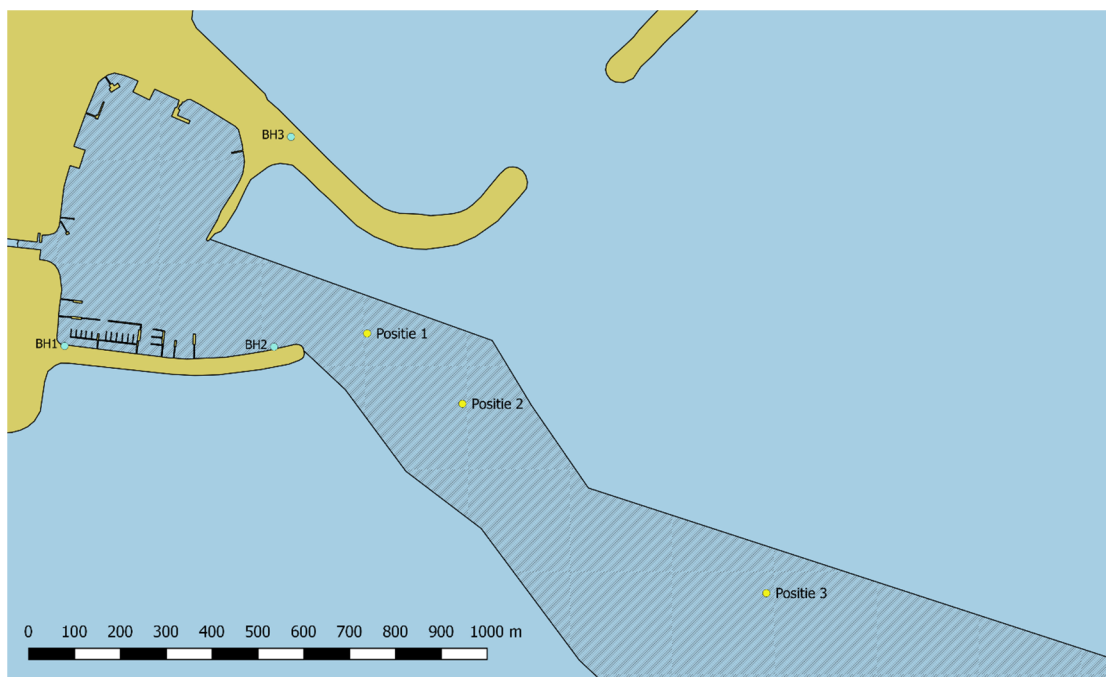
2/14

1 Inleiding

In het document “Effecten van windturbines op binnenvaartscheepsradars. Een voorstel tot een nieuwe nationale regelgeving”, Referentie [1], heeft TNO aanbevelingen gedaan om de bestaande regelgeving voor wat betreft windturbines in de buurt van de vaarweg aan te passen. Deze aanpassingen luiden:

- Langs kanalen, rivieren en havens wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste de halve rotor diameter plus 30 meter uit de rand van de vaarweg.
- Plaatsing tot op 30 meter van de rand van de vaarweg is toelaatbaar indien bij optredende hinder de windturbine uit de wind gedraaid en stilgezet wordt.
- Plaatsing op minder dan de halve rotor diameter plus 30 meter uit de rand van de vaarweg is toegestaan als aanvullend onderzoek aantoonst dat er geen echo's van de windturbine zichtbaar zijn op de vaarweg.

Op verzoek van E-Connection heeft TNO een onderzoek uitgevoerd naar potentiële negatieve effecten van een te plaatsen windturbine op de radarsystemen van naderende schepen. De windturbine “BH2” bevindt zich op een van de strekdammen nabij de Roompotsluis in de Oosterschelde (zie figuur 1). Zoals te zien in het figuur ligt de vaarweg¹ direct tegen de strekdam aan waar windturbine BH2 zich bevindt. De windturbine bevindt zich dan ook binnen de afstand van een halve rotordiameter plus 30 m van de vaarweg. In dit onderzoek bekijken we in hoeverre de radarreflectie van windturbine BH2 te zien is in de vaarweg.



Figuur 1 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis. De locatie van de windturbine is aangegeven met “BH2” op de zuidelijke strekdam. De vaarweg is aangegeven als het grijs gearceerde gebied.

¹ De vaarweg, zoals aangegeven in figuur 1, conform de legger RWS.

Datum

26 maart 2018

Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

3/14

2 Methode en uitgangspunten

We gaan uit van de volgende gegevens voor wat betreft de afmetingen van de windturbine en de eigenschappen van de scheepsradar van een binnenvaartschip:

Uitgangspunten windturbine BH2	
Rotordiameter	120 m
Hubhoogte	120 m
Gondellengte	15 m
Locatie ⁽¹⁾ (Rijkdriehoekscoördinaten)	[37664, 404452]

Uitgangspunten scheepsradar	
Horizontale bundelbreedte ⁽²⁾	1.2° (3 dB)
	3.0° (20 dB)
Verticale bundelbreedte	25° (3 dB)
	30° (20 dB)
Antennehoogte	5 m
Resolutie in range-richting	10 m

(1) Gegevens aangeleverd door E-connection

(2) De horizontale bundelbreedte is conform de eisen die aan binnenvaartscheepsradars worden gesteld.

Zie [1] paragraaf 2.4

Om te onderzoeken in hoeverre de radarreflectie van de windturbine in de vaarweg te zien is, plaatsen we een fictieve scheepsradar op 3 posities in de vaarweg. Zie onderstaande tabel. De posities zijn ook aangegeven in figuur 1.

Scheepspositie	Rijkdriehoeks-coördinaten		Afstand tot windturbine BH2 [m]	Bijzonderheden
	X [m]	Y [m]		
1	37867	404481	205	de radar ziet alleen de mast
2	38075	404328	429	de radar ziet de volledige windturbine
3	38738	403916	1200	1200 m is de norm voor waarnemingsafstand (zie [1], hoofdstuk 4)

Gegeven de aannames voor de afmetingen van de windturbine en de eigenschappen van de radar, zal vanaf scheepspositie 1 de radar de wieken van de windturbine niet kunnen zien. Zie figuur 2.

Op scheepspositie 2 (vanaf circa 430 m van de windturbine) zal de radar de volledige breedte van de windturbine kunnen zien. Zie figuur 3.

Datum

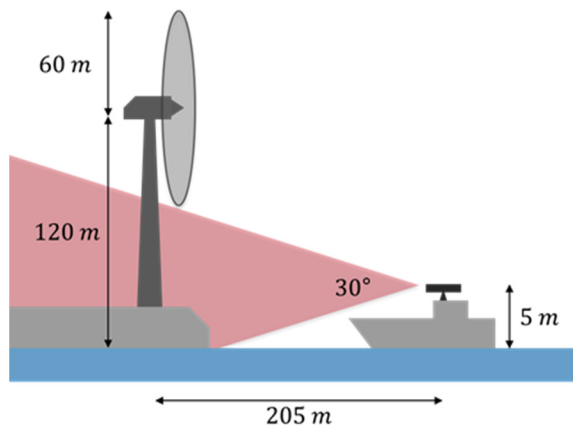
26 maart 2018

Onze referentie

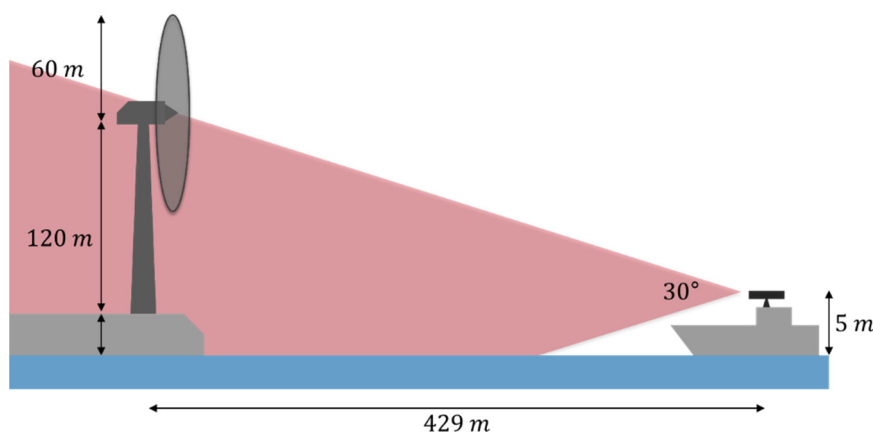
DHW-2018-0100313354

Blad

4/14



Figuur 2 Schematische weergave van scheepspositie 1. Op een afstand van circa 200 m (en dichterbij) zal de scheepsradar alleen de mast van de windturbine zien. In dat geval zullen er geen radarreflecties in de vaarweg zichtbaar zijn.



Figuur 3 Schematische weergave van scheepspositie 2. Op een afstand van circa 430 m (en verder weg) zal de scheepsradar de volledige breedte van de windturbine zien.

Voor scheepspositie 1, 2 en 3 maken we een inschatting van het beeld dat op de radar te zien zal zijn. Hierbij houden we rekening met de beperkte resolutie in de azimuth- en range-richting van de radar. We gaan hierbij uit van een resolutie in de azimuth richting van 3° (de 20 dB horizontale bundelbreedte). Dit is conform de standaard waaraan scheepsradars van binnenvaartschepen moeten voldoen.

Zoals in figuur 2 is uitgelegd, treden er geen reflecties in de vaarweg op vanaf scheepspositie 1, omdat de radar de wieken van windturbine niet kan zien. Vanaf positie 2 en 3 is dit mogelijk wel het geval. Voor positie 2 en 3 bekijken we daarom steeds de volgende twee situaties:

1. De windturbine draait loodrecht op de kijkrichting van de radar.
2. De windturbine draait parallel aan de kijkrichting van de radar.

Situatie 1 is een “worst-case” situatie. In dit geval is de oriëntatie van de windturbine gezien vanuit de radarpositie, dusdanig dat de reflectie maximale grootte heeft in de azimuth richting (“op z’n breedst”). Situatie 2 is een “best case” situatie. In dit geval heeft de reflectie in de azimuth richting minimale grootte.

Datum

26 maart 2018

Onze referentie

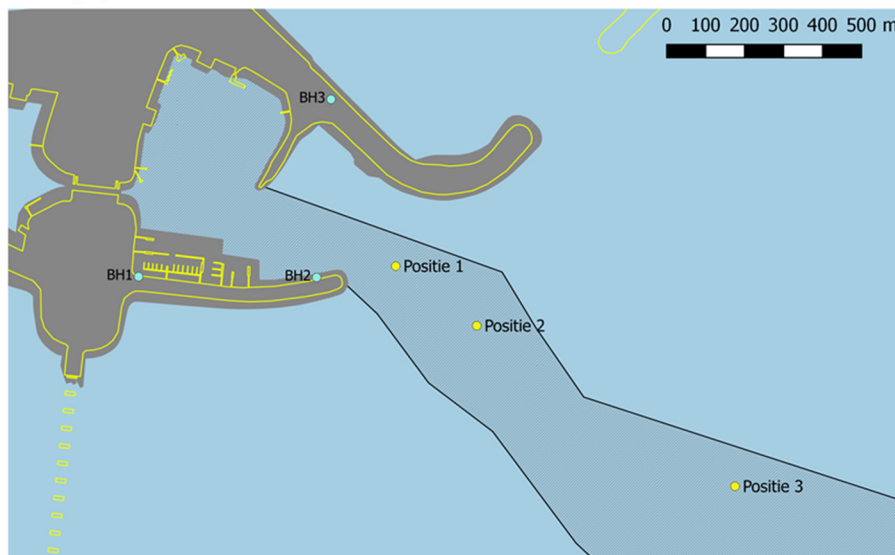
DHW-2018-0100313354

Blad

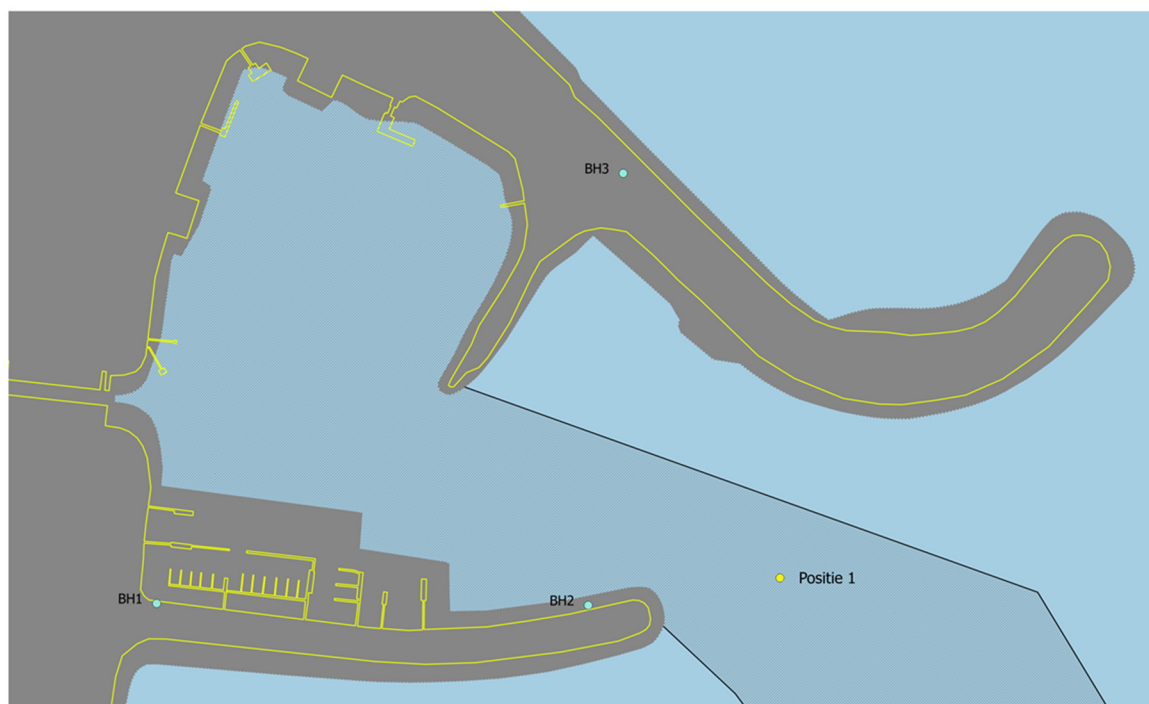
5/14

3 Resultaten

Scheepspositie 1



Figuur 4 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 1**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 1. Vanaf positie 1 kan de radar alleen de mast van de windturbine zien. Er treden dan dus geen reflecties in de vaarweg op.



Figuur 5 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 4 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 1**.

Datum

26 maart 2018

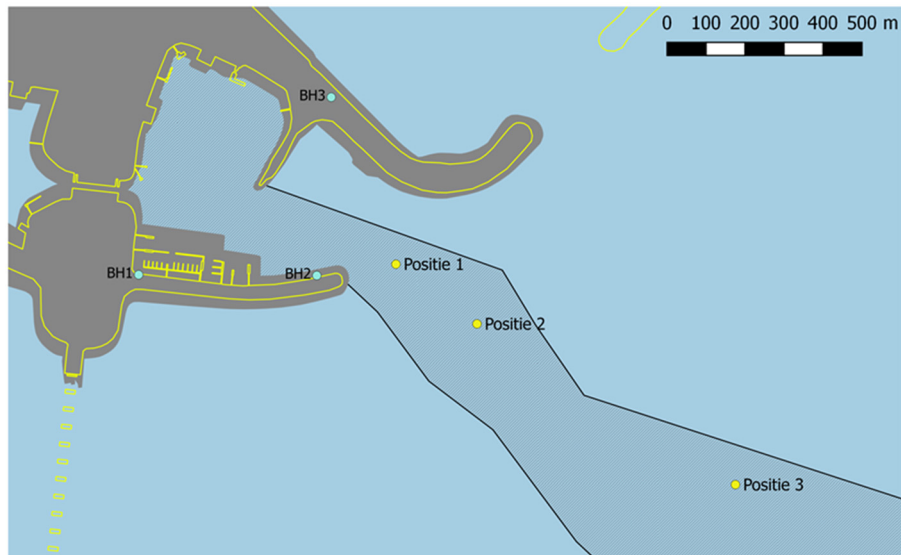
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

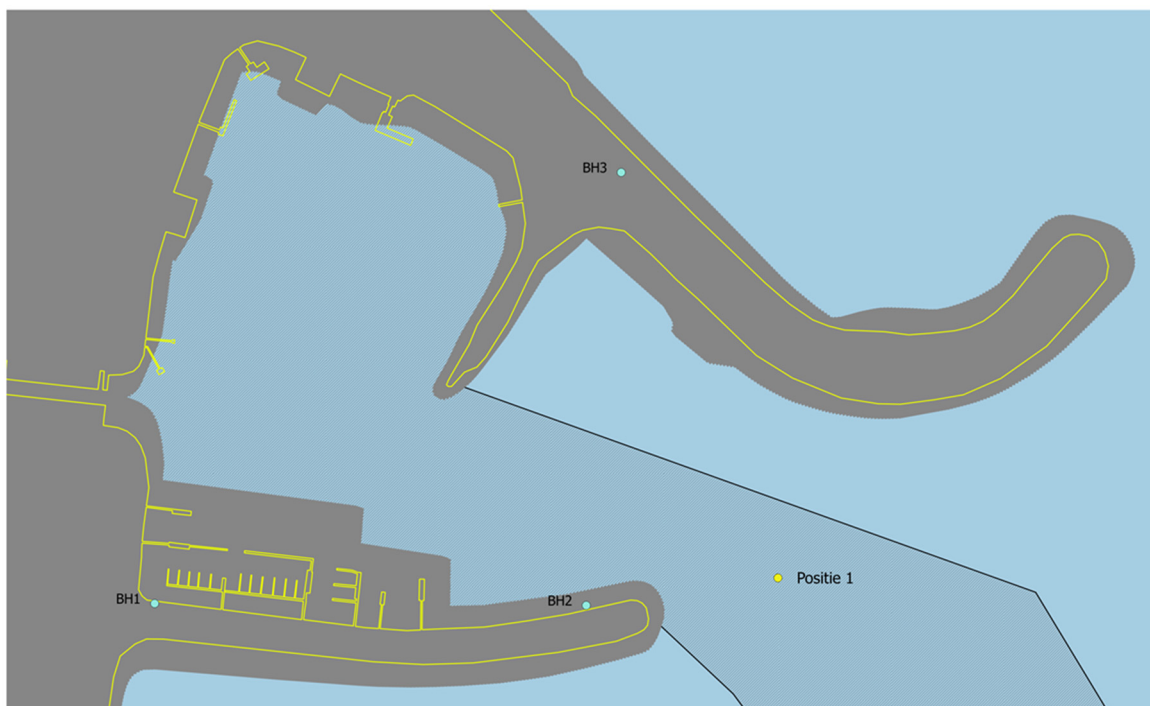
Blad

6/14

Scheepspositie 2 - geen windturbine



*Figuur 6 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 2 zonder windturbine**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 2.*



*Figuur 7 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 6 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 2 zonder windturbine**.*

Datum

26 maart 2018

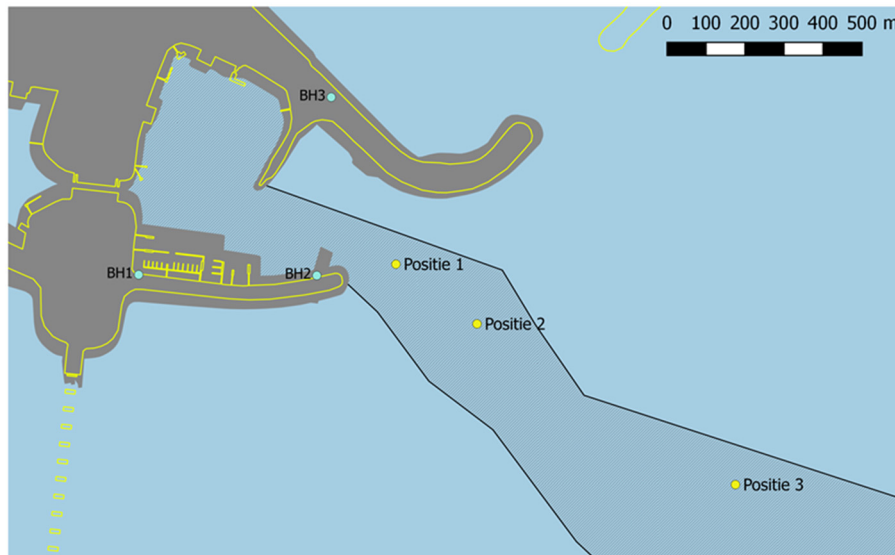
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

7/14

Scheepspositie 2 - windturbine roteert loodrecht op de kijkrichting van de radar



Figuur 8 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 2, waarbij de windturbine loodrecht roteert op de kijkrichting van de radar**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 2.



Figuur 9 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 8 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 2, waarbij de windturbine loodrecht roteert op de kijkrichting van de radar**.

Datum

26 maart 2018

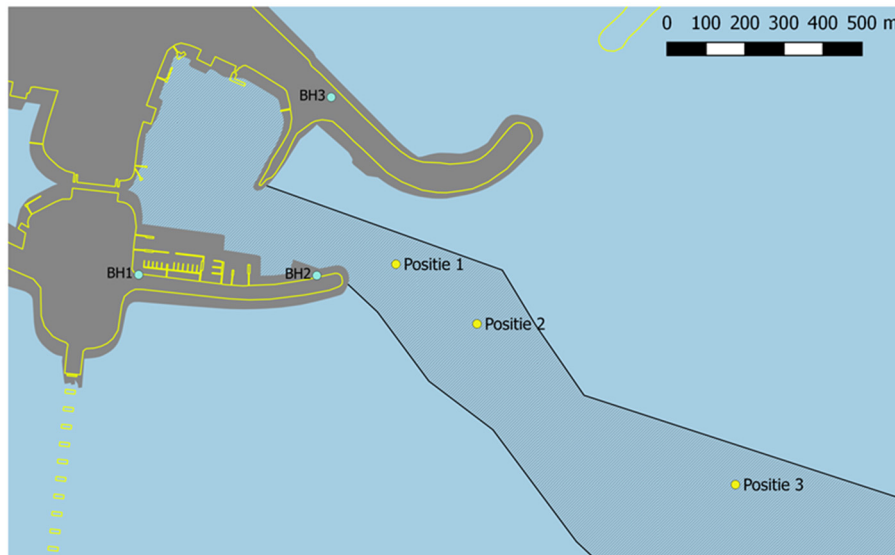
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

8/14

Scheepspositie 2 – windturbine roteert parallel aan de kijkrichting van de radar



Figuur 10 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 2**, waarbij de windturbine parallel roteert aan de **kijkrichting van de radar**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 2.



Figuur 11 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 10 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 2**, waarbij de windturbine parallel roteert aan de **kijkrichting van de radar**.

Datum

26 maart 2018

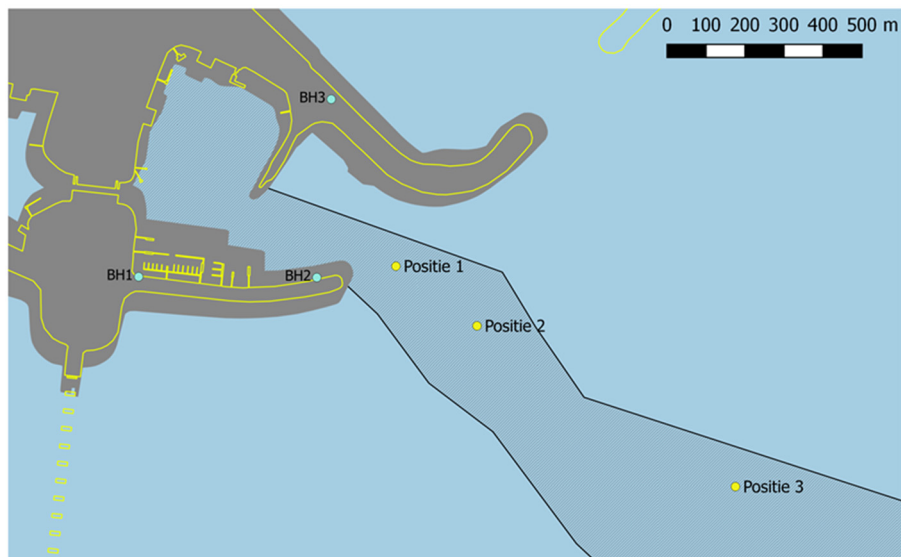
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

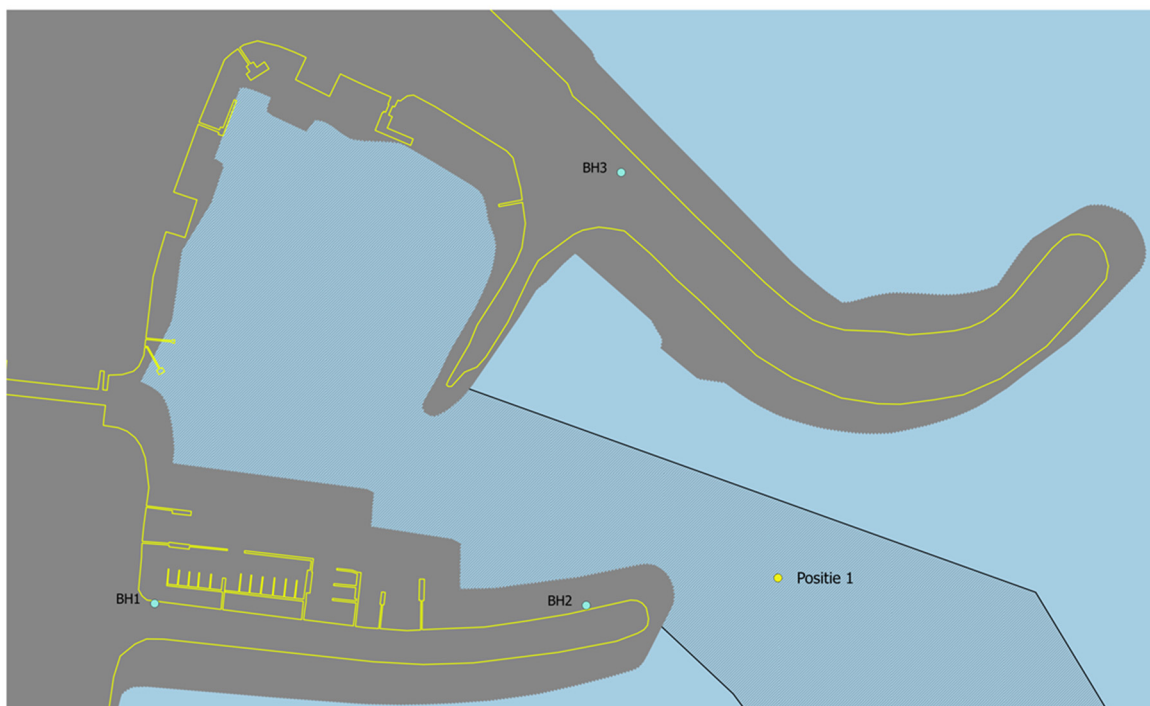
Blad

9/14

Scheepspositie 3 – geen windturbine



Figuur 12 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 3 zonder windturbine**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 3**.



Figuur 13 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 12 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 3 zonder windturbine**.

Datum

26 maart 2018

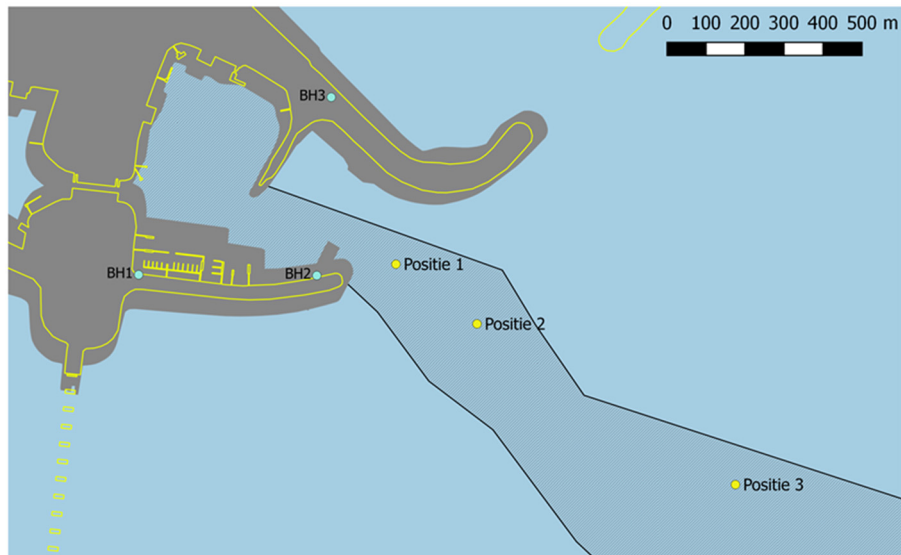
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

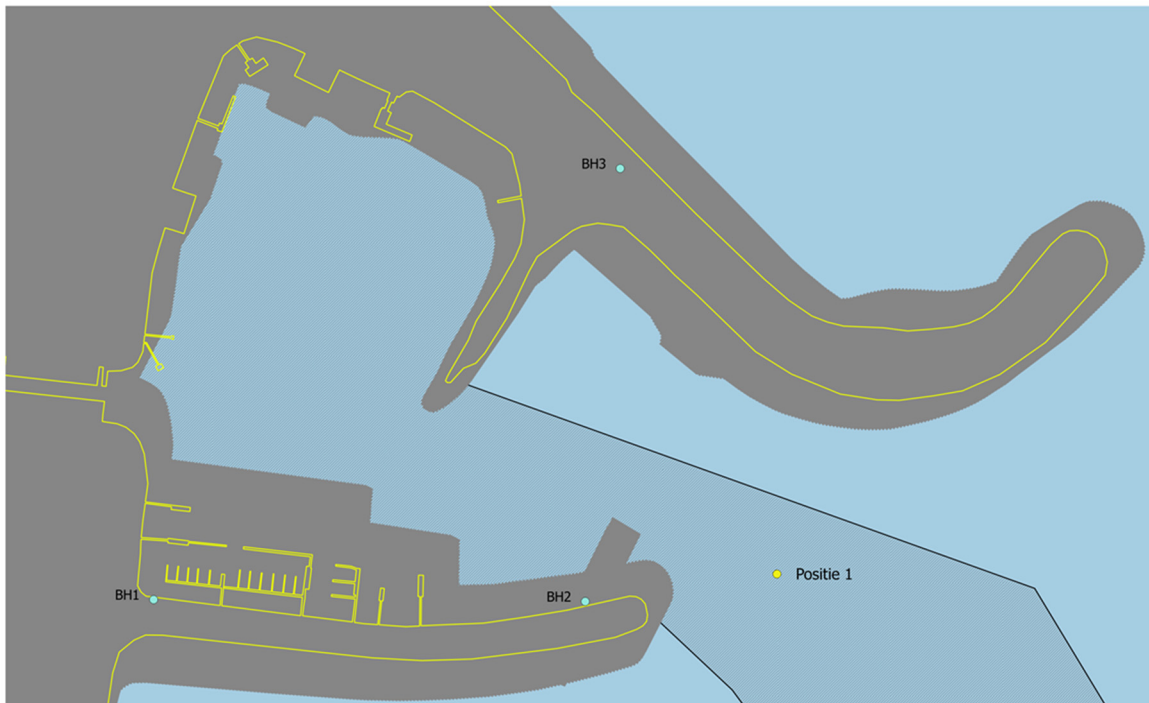
Blad

10/14

Scheepspositie 3 – windturbine roteert dwars op de kijkrichting van de radar



Figuur 14 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 3, waarbij de windturbine loodrecht roteert op de kijkrichting van de radar**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 3.



Figuur 15 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 14 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 3, waarbij de windturbine loodrecht roteert op de kijkrichting van de radar**.

Datum

26 maart 2018

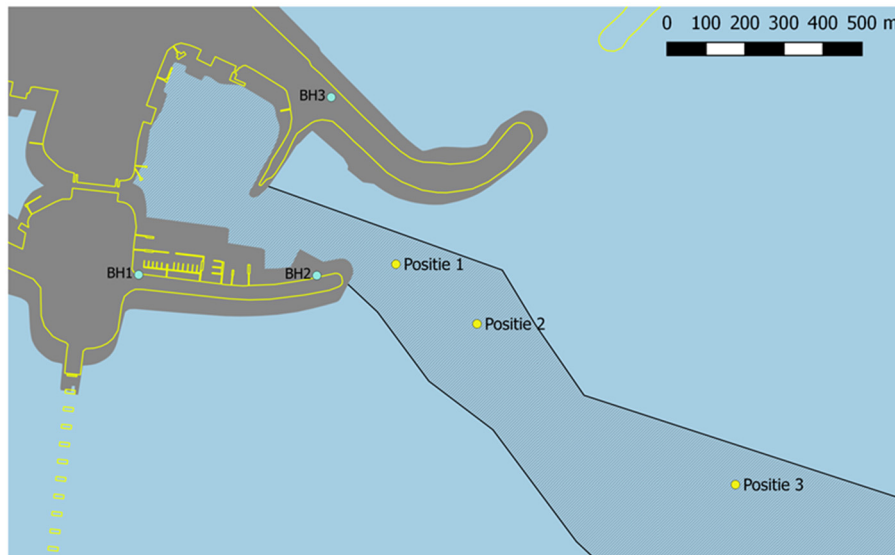
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

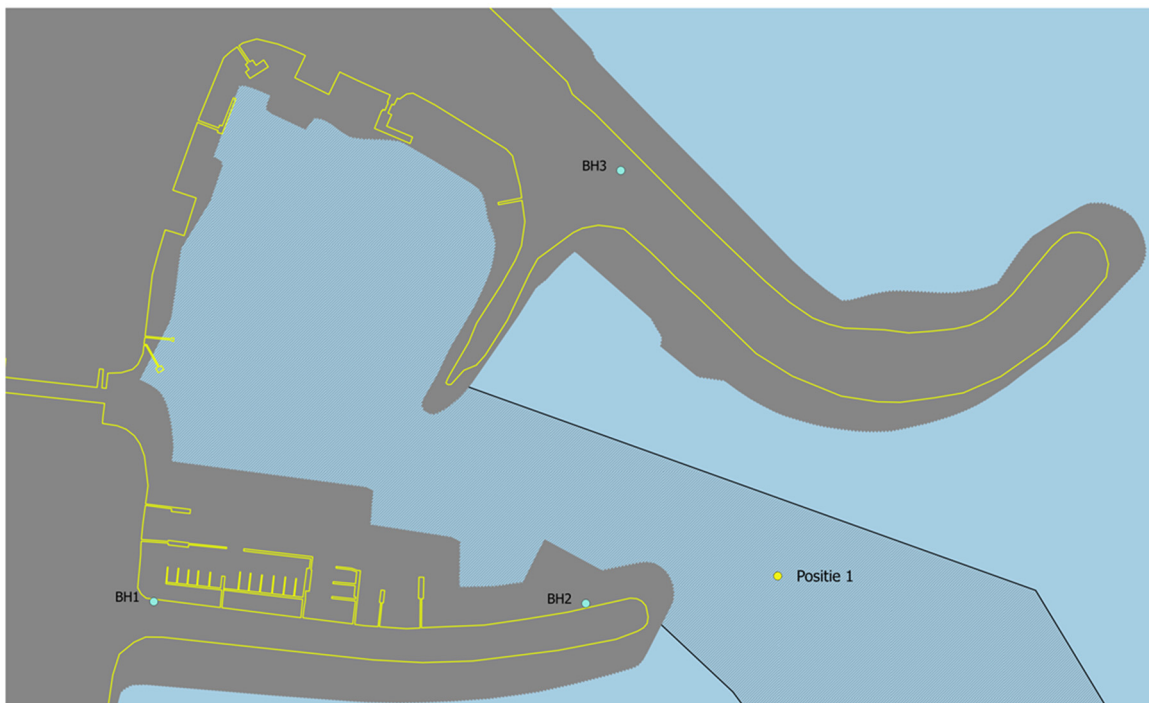
Blad

11/14

Scheepspositie 3 – windturbine roteert parallel aan de kijkrichting van de radar



Figuur 16 Overzicht van het gebied rond de Roompotsluis gezien met een scheepsradar vanaf **scheepspositie 3, waarbij de windturbine parallel roteert aan de kijkrichting van de radar**. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf positie 3.



Figuur 17 Het gebied rond de Roompotsluis uit figuur 16 vergroot weergegeven. De gele lijn geeft de werkelijke vorm van het gebied weer. Het grijze gebied geeft aan hoe het gebied er ongeveer uit zal zien op de radar vanaf **positie 3, waarbij de windturbine parallel roteert aan de kijkrichting van de radar**.

Datum

26 maart 2018

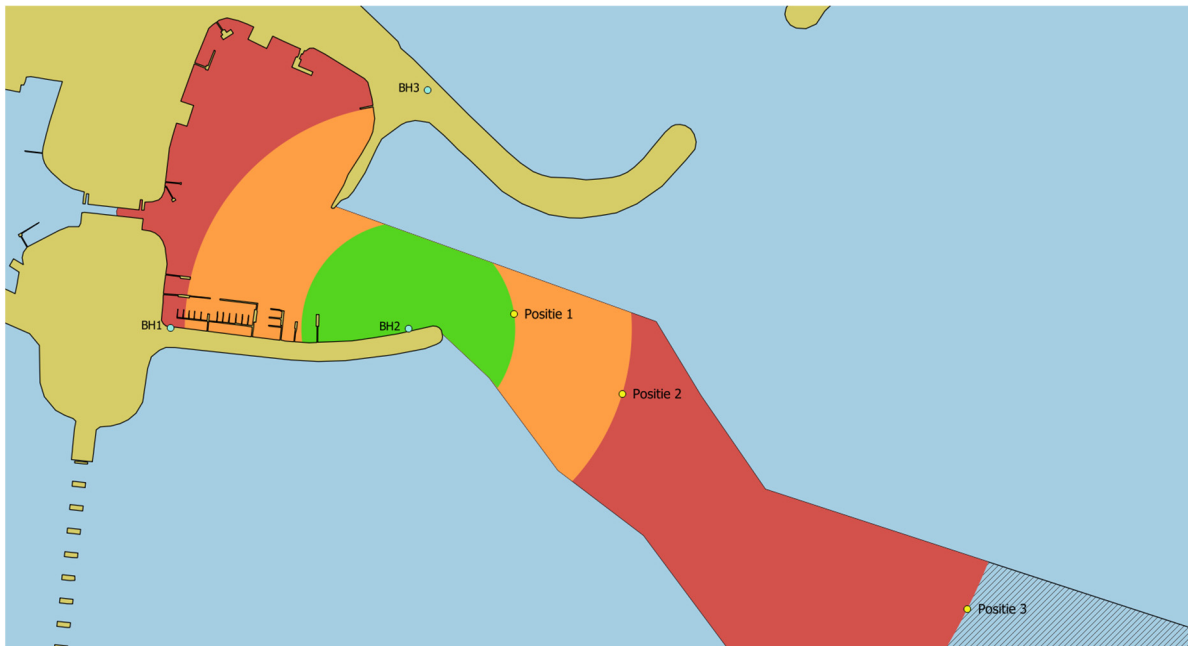
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

12/14

Tot slot geven we in onderstaand figuur de gebieden weer waar de windturbine niet (groen), gedeeltelijk (oranje) of volledig (rood) in het zicht staat van de scheepsradar.



Figuur 18 De gebieden waar de wieken van de windturbine niet (groen), gedeeltelijk (oranje) of volledig (rood) in het zicht staat van de scheepsradar.

4 Discussie en conclusie

Allereerst, een opmerking over de interpretatie van de grijze gebieden in de figuren: de grijze gebieden in figuren 4 tot en met 17 geven een indicatie van de resolutie van de radar als functie van afstand tot de haven. Naarmate de radar verder weg is, zullen objecten in de haven breder lijken op het radarscherm. In deze figuren is echter *geen* rekening gehouden met schaduwwerking. Met andere woorden, de figuren geven geen informatie of de radar al dan niet zicht heeft op een object. Of een radarsysteem op positie 3 zicht heeft op de binnenhaven zal afhangen van de hoogte van de radarantenne, het getij en de hoogte van de strekdammen. Hier geven figuur 4 tot en met 17 geen informatie over.

Als een schip de Roompotsluis nadert, heeft de scheepsradar in eerste instantie volledig zicht op de windturbine (het rode gebied in figuur 18). Als de windturbine loodrecht draait op de kijkrichting van de radar ("worst case", zoals in figuur 15), dan kunnen er radarreflecties optreden tot circa 50 m in de vaarweg. Op dat moment bevindt het schip zich op een afstand van de windturbine van circa 430 tot 1200 m van de windturbine. Als het schip dichterbij komt (voorbij positie 2), zal steeds minder van de windturbine zichtbaar zijn (in het oranje gebied in figuur 18) en uiteindelijk zal de windturbine volledig verdwijnen op het radarbeeld (in het groene gebied) op ruim 200 m afstand van de windturbine.

Datum

26 maart 2018

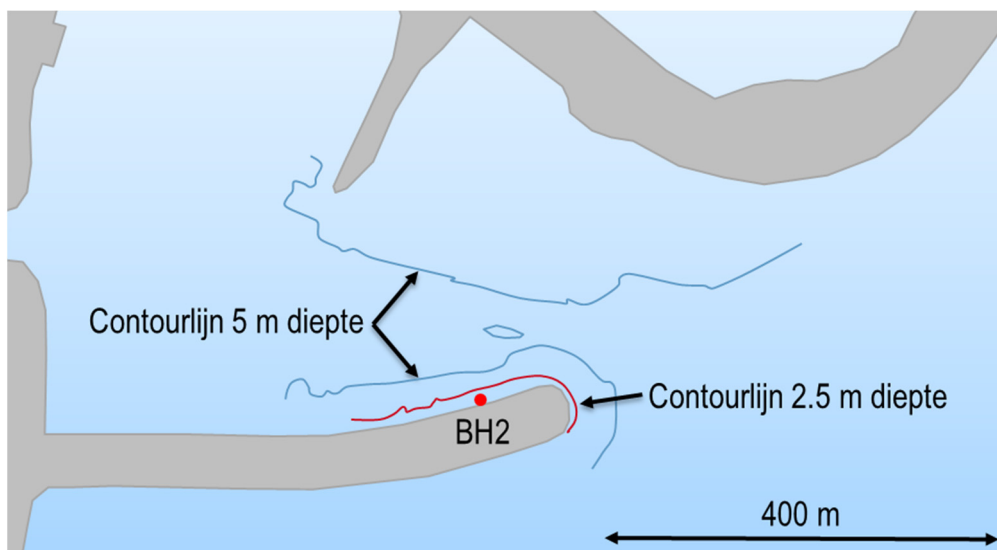
Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

13/14

In de huidige situatie is de vaarweg conform de legger onderzocht, dat wil zeggen, de vaarweg loopt direct tot aan de strekdam. Echter, de vaarweg, zoals beschreven in [2], heeft een minimale diepte van 5 meter. In figuur 19 hieronder zijn de contourlijnen aangegeven van de diepte van de haven in de buurt van windturbine BH2 (bron [3]). Zoals te zien in de figuur is de “feitelijke vaarweg” (diepte groter dan 5 m) enkele tientallen meters van de windturbine verwijderd.



Figuur 19 Diepte van de vaarweg bij de ingang van de haven. De blauwe en rode lijnen geven de contourenlijnen aan van respectievelijk 5 m en 2.5 m diepte.

Het exacte windturbinetype was in dit onderzoek nog niet bekend. In dit onderzoek zijn we uitgegaan van een windturbine met een hubhoogte van 120 m en een wieklengte van 60 m. Het groene gebied in figuur 18 zal in omvang toenemen als de hubhoogte toeneemt (bij gelijkblijvende wieklengte). Voor iedere toename van 10 m in hubhoogte, neemt de straal van het groene gebied toe met 40 m.

In hoeverre de radarreflectie tot circa 50 m in de vaarweg op een afstand van 430-1200 m een potentieel gevaar of belemmering oplevert aan de scheepvaart is aan Rijkswaterstaat om te beslissen. Om tot een weloverwogen beslissing te kunnen komen, plaatsen we de volgende kanttekeningen:

- De oorspronkelijke richtlijn van “wieklengte plus 30 m” zoals beschreven in [1], is geschreven in het licht van windturbines langs doorgaande vaarroutes, waar binnenvaartschepen relatief hard varen. Bij het naderen van de Roompotsluis zal een binnenvaartschip echter langzaam varen. Daarnaast zal een schip dat de sluis nadert hoogstwaarschijnlijk aan de stuurboordzijde van de vaarweg varen en dus de windturbine aan de bakboordzijde ruim passeren.
- De reflectie van de windturbine zal in de praktijk vergelijkbaar zijn met de reflectie afkomstig van bijvoorbeeld een groot schip aangemeerd in de nabijgelegen jachthaven. Daarnaast is de strekdam zelf op afstanden van 430-1200 m een stuk breder op het radarscherf dan in de werkelijkheid. Dit is duidelijk te zien in bijvoorbeeld figuur 13.

Datum

26 maart 2018

Onze referentie

DHW-2018-0100313354

Blad

14/14

5 Referenties

- [1] “Effecten van windturbines op binnenvaartscheepsradars. Een voorstel tot een nieuwe nationale regelgeving”, R. van Heijster et al., TNO 2016 R10617 versie 2.0, 16 september 2016
- [2] Vaarwegen in Nederland, Oktober 2017. www.vaarweginformatie.nl
- [3] Dieptecijfers en lijnen Roompot Oost, opnamedatum 21 augustus 2017