

Rapport

Aanvulling op Onderzoek naar mogelijke Nautische radar- en Zichthinder door het plaatsen van Windturbines langs het Twente kanaal nabij Zutphen



INA_MEC
Charloisse Hoofd 51d
3087CA Rotterdam

25 februari 2022

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Probleemstelling..... | 3 |
| 1.1. | Omvang van de werkzaamheden | 3 |
| 1.2. | De volgende aspecten zullen worden beoordeeld | 3 |
| 1.3. | Uitgangsdokumentatie | 3 |
| 1.4. | Bijzonderheden m.b.t. de beoordeling | 4 |
| 2. | Opzet van het onderzoek..... | 5 |
| 2.1. | Positie van de windturbines | 5 |
| 2.2. | Gegevens van de geplande windturbines | 5 |
| 2.3. | Radar karakteristieken..... | 6 |
| 2.3.1. | Sluisradar | 6 |
| 2.3.2. | Scheepsradar | 6 |
| 3. | Beoordeling van de windturbine opstelling | 7 |
| 3.1. | Te beoordelen effecten voor de sluisradarpresentatie | 7 |
| 3.1.1. | Plaats turbines ten opzichte van de vaarweg..... | 7 |
| 3.1.2. | Afscherming van de windturbinemasten | 7 |
| 3.1.3. | Afscherming door rotors | 7 |
| 3.1.4. | Weergave van de windgeneratormasten op het scheepsradarscherm..... | 8 |
| 3.1.5. | Reflecties | 11 |
| 3.1.6. | Samenvatting afbeelding op radarscherm | 11 |
| 3.1.7. | Scheepsradar voorschriften RWS..... | 12 |
| 3.2. | Visuele hinder van plaatsing van de windturbines | 12 |
| 3.3. | Hinder elektromagnetische energie op marifonie en radar..... | 13 |
| 4. | Conclusie..... | 14 |
| 5. | Aanbeveling..... | 15 |
| 6. | Bijlagen..... | 16 |
| 6.1. | Posities wind generator masten..... | 16 |
| 7. | Literatuur/Gegevens | 17 |
| 8. | Verklarende woordenlijst afkortingen | 18 |
| | Tabel 1 Overzicht te onderzoeken locaties windturbines..... | 2 |
| | Tabel 2 Afstand hart WG masten van de oever van de vaarweg..... | 2 |
| | Tabel 3 Indicatieve maximum afmetingen geplande windturbines..... | 5 |
| | Tabel 4 Afstand masten van af zwaairom , Polbrug..... | 8 |
| | Tabel 5 Breedte afbeelding WGM's in meters..... | 8 |
| | Tabel 6 Afstand Windturbines van de vaarweg rand..... | 8 |
| | Tabel 7 Detectie afstand van rotors van de WGM's..... | 9 |
| | Tabel 8 Berekende afstand in meters vanaf de vaarwegoever vs beschikbare en vereiste..... | 12 |
| | Figuur 1 Locaties windgeneratoren Twente kanaal | 5 |
| | Figuur 2 Projectie afstand tot vaarweg radarecho voor WT3..... | 9 |
| | Figuur 3 Detectie van WGM onderdeel als functie van afstand tot de WGMs langs het Twente kanaal..... | 10 |
| | Figuur 4 Windgenerator IJsselwind 1..... | 16 |
| | Figuur 5 Windgenerator IJsselwind 2..... | 16 |
| | Figuur 6 Windgenerator locatie Waterschap..... | 17 |

Probleemstelling

1.1. Omvang van de werkzaamheden

Op 19 april 2018 werd een rapportage opgeleverd welke potentiële windturbine locaties beoordeelde, op nautisch en radar hinder aspecten voor scheepvaart op het Twente kanaal nabij Zutphen/Eefde. Inmiddels zijn de locaties van de windgeneratoren vastgesteld en ook de orde van grootte van de generatoren bepaald. Op 27 januari 2022 werd daarom aan INA-MEC verzocht deze opnieuw te onderzoeken teneinde te kunnen beoordelen of deze keuzes acceptabel zijn conform de voorschriften.

1.2. De volgende aspecten zullen worden beoordeeld

Voor het opstellen van nieuwe windturbines langs en nabij het Twente kanaal, moeten de navolgende aspecten worden bekeken:

1. Plaats ten opzichte van de vaarweg
2. Radar technisch wal radar en scheepsradar

Te toetsen opstellingen

De hieronder in de tabel gegeven opstellingen die moeten worden onderzocht.

| Locatie | Positie RD | | Hoogte voet boven MV In meters boven NAP |
|------------------------|------------|--------|---|
| | X | Y | |
| IJsselwind locatie WT1 | 210791 | 464371 | 7 |
| IJsselwind locatie WT2 | 211.012 | 464057 | 5 |
| Waterschap locatie WT3 | 210374 | 464162 | 12 |

Tabel 1 Overzicht te onderzoeken locaties windturbines

De posities van de windgenerator masten ten opzichte van de oever van de vaarweg zijn als volgt:

| Positie | Afstand Twente kanaal oever ¹ |
|---------------|---|
| IJsselwind 1. | 312 meter |
| IJsselwind 2 | 84 meter |
| Waterschap | 81 meter |

Tabel 2 Afstand hart WG masten van de oever van de vaarweg

1.3. Uitgangsdokumentatie

Door de opdrachtgever is informatie aangeleverd met betrekking tot de exacte opstelposities van de diverse varianten evenals fysieke afmetingen van de windgeneratoren.

- Tabel afmetingen referentiewindturbines;

Overige gebruikte informatie betreft:

- Rivierkaart Twente kanaal.

Voor andere documenten welke zijn geraadpleegd wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

¹ De feitelijke oever van het kanaal is gelijk aan de nautisch beschikbare vaarweg. De afstand hier is de afstand van het hart van de constructie tot de rand vaarweg. De rand vaarweg in het gebied zal variëren met de waterstand op de IJssel welke voor dit onderzoek maximaal 7,54 meter + NAP bedraagt waarbij een maximale vaarwegbreedte van 61 meter hoort, voor een schip in balast bij deze hoge waterstand. Welke eens per 4 jaar wordt overschreden.



1.4. Bijzonderheden m.b.t. de beoordeling

- De beoordeling vindt plaats op basis van de informatie die aangeleverd is in de uitgangsdokumentatie.
- De opgegeven turbinelocaties zijn gebaseerd op de RD coördinaten welke zijn verstrekt.

Beoordeeld wordt op de navolgende aspecten:

1. Plaats ten opzichte van de vaarweg
2. Radar technisch
 - Afbeelding op Scheepsradar.

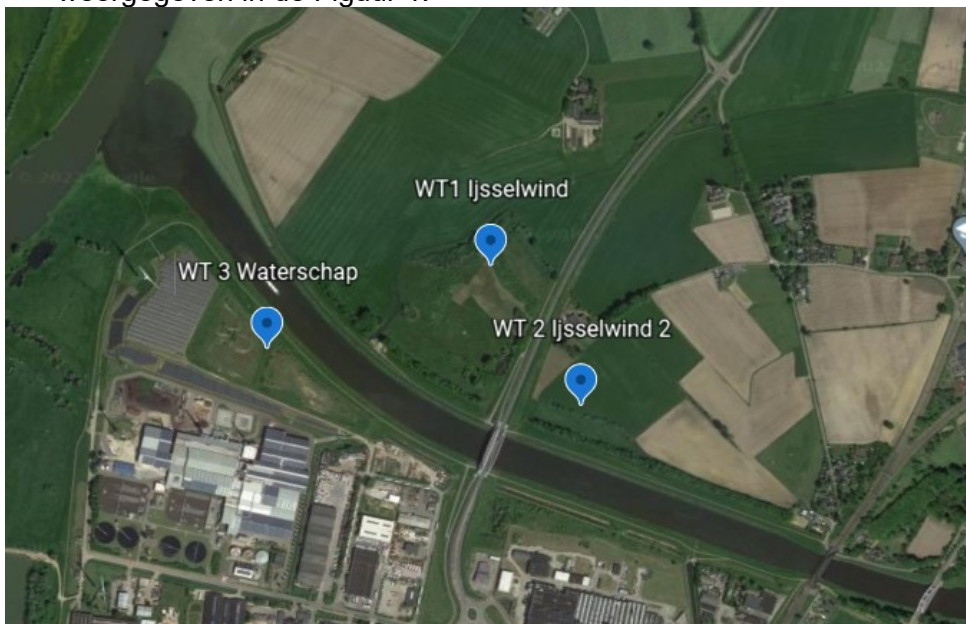
2. Opzet van het onderzoek

Algemeen

Het kanaal is geschikt voor schepen van klasse met een diepgang van 3,0 meter en wordt momenteel aangepast naar max 3,5 meter (CEMT klasse Va) .

2.1. Positie van de windturbines

De mogelijke positie van de nieuwe windturbines en de Polbrug is schematisch weergegeven in de Figuur 1.



Figuur 1 Locaties windgeneratoren Twente kanaal

2.2. Gegevens van de geplande windturbines

De windturbine bestaat uit een cilindrisch - conische mast met daarop een gondel (het machinehuis). Aan de gondel is een driebladige rotor gemonteerd.

De afmetingen van de geplande windgeneratoren bedragen, een as hoogte van 110 a 120 meter en een rotor opgebouwd uit drie bladen met een diameter van 138 meter en een vermogen van 4 Megawatt.

De afmetingen van de gondel bedragen; een lengte van max 15,00 meter met een breedte van 5,00 en een maximale hoogte van 9,00 meter.

De rotatiesnelheid van de rotor van de voorziene turbines ligt tussen de 6,2 en 17,7 RPM.

| Vermogen MW | Rotor | Ashoogte | Tiphoogte | Grootste breedte wortel zijde(m) | Tip-breedte (m) | Mastdia onder (m) | Mastdia boven (m) | Gondel afmetingen |
|-------------|--------|----------|-----------|----------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 4.000 | 138,00 | 120,00 | 187,5 | 4,0 | 1,0 | 7,00 | 6,0 | 6 x 15 m |

Tabel 3 Indicatieve maximum afmetingen geplande windturbines.

2.3. Radar karakteristieken

2.3.1. Sluisradar

Het huidige sluizen complex te Eefde is niet uitgerust met een sluisradarsysteem.

2.3.2. Scheepsradar

In het gebied varen vooral binnenvaart schepen en jachten. De radar karakteristieken van de scheepsradars aan boord van de binnenvaartschepen zijn als volgt:

- Radarantenne (6 a 9 voet²) horizontale openingshoek – 3 dB punten 0,8 a 1,2 graden.(6 voet is als maatgevend genomen)
- Radarantenne verticale openingshoek – 3 dB punten 23,0 graden.
- Puls Herhalingsfrequentie maximaal 3000 Hz bij korte puls (50 a 80 nanoseconde) en minimaal 800 Hz bij miden en lange puls..
- Antenne omwenteling snelheid 24 a 28 RPM (high speed 45 RPM).
- Vermogen van de radarzender / ontvanger maximaal 5 kW minimaal 3 kW bij een ontvangstgevoeligheid van 4 a 5 dB.
- Opstel hoogte gemiddeld 10 meter plus water niveau.

² De klasse V en VI binnenvaartschepen hebben in het algemeen een 9 voets radar antenne, de kleinere 6 voets antennes worden toegepast op de kleinere schepen. Het resultaat hiervan is dat de windgenerator masten op de radars van de kleinere schepen minder nauwkeurig en “vetter” worden weergegeven.

3. Beoordeling van de windturbine opstelling

3.1. Te beoordelen effecten voor de sluisradarpresentatie

Factoren welke van belang zijn voor de presentatie van de sluisradar in het kader van de voorgenomen plaatsing zijn:

- a. Plaats ten opzichte van de vaarweg.
- b. Hiernaast kan nog spelen de hinder welke de turbines kunnen veroorzaken op het beeld van de scheepsradar van langs varende schepen.

De effecten van bovengenoemde punten worden beoordeeld.

3.1.1. Plaats turbines ten opzichte van de vaarweg

Van de voorgestelde windturbines is nagegaan wat de positie van de turbine masten ten opzichte van de gemarkeerde/ betonde vaarweg is.

Alle posities bevinden zich ook als de mast diameter in beschouwing wordt genomen binnen de 50 meter c.q. de halve diameter (69 meter) van de rotorbladen vanaf de vaarweg c.q. van de oever. Alle windturbines zijn in principe zo te plaatsen dat deze buiten de 50 meter cq halve rotordiameter van 69 meter vanaf de vaarwegrand van Twente kanaal staan.

3.1.2. Afscherming van de windturbinemasten

De afscherming door de mastconstructies van de te plaatsen masten is vooral gelet op de relatief slanke constructie beperkt. Binnen het vaargebied is dan ook geen afscherming te verwachten van de nieuw te plaatsen windturbine masten.

3.1.3. Afscherming door rotors

Scheepsradar hits radarsgnaal en rotoren

Uit de radar gegevens van de scheepsradar (RPM 24; 0,8 graden horizontale openingshoek en PRF 2000 Hz) valt te berekenen dat bij de windgeneratoren (RPM 9,6 tot 16,8 omwentelingen per minuut), voor de puls radar het maximale aantal hits 8,75 per seconde bedraagt per rotorblad per target. Totaal dus voor de rotorbladen is het maximaal aantal hits $3 \times 8,75 = 26,25$ per windturbine.

Omdat de radar niet in fase draait met de rotorbladen, zal echter niet elke radar antenne omwenteling een aantal hits van de rotorbladen worden ontvangen. Gemiddeld eens per drie omwentelingen kunnen hits worden verwacht. De rotors zullen dus soms even als radarecho op het radarbeeldscherm zichtbaar zijn. De echo van de rotor zal er niet uitzien als een vaste radarecho maar als een flasing lopende echo die eens per vele seconden zichtbaar zijn en danoch alleen als de stand van het rotor vlak loodrecht op de radarbundel is.

Scheepsradars

Gezien de overheersende windrichtingen zullen gedurende een deel van de tijd (30%) de rotor bladen zodanig dwars op de vaarweg staan. Echter omdat de rotor bladstand onder 45 graden met de windrichting staat zullen de meeste reflectie van de bladen niet naar de radar terug keren en dus niet zichtbaar zijn op het radarbeeld en deze dus geen reflectie geven op de vaarweg.

De te verwachten radar hits liggen omdat de rotor omwenteling snelheid niet in fase is met die van de radar antenne omwentelingssnelheid, niet steeds op dezelfde plaats en komen slechts incidenteel voor (de radarreflectie "wandelt als het ware over het rotorblad, zogenaamd "Blade flashing") .

3.1.4. Weergave van de windgeneratormasten op het scheepsradarscherm

Afbeelding varende op het Twente kanaal

Binnenvaart stelt in het algemeen zijn radarbeeld zodanig in dat een beeld hoogte beschikbaar is van 1600 meter waarvan 1200 meter voorruit gekeken wordt en 400 meter achterwaarts. (kwart bereik naar beneden off centered).

De momenteel van kracht zijnde voorschriften van RWS zijn hierop gebaseerd en ook de nieuw te verwachten voorschriften, zullen naar verwachting hierop zijn gebaseerd..

Deze 1200 meter afstand is meer dan de beschikbare afstanden in verband met de Verkeersbrug N348 en andere bruggen en het feit dat het Twente kanaal ter plekke een bocht heeft. De maximale beschikbare waarneemafstanden worden dan zoals in Table 4 weergegeven.:

| Locatie | max Afstand schip / WMG | | |
|-----------------|-------------------------|---------|----------------------------|
| | Uitvaart | Invaart | |
| | afstand | afstand | |
| WT 1 Ijsselwind | nvt | nvt | ligt ver buiten de vaarweg |
| WT 2 Ijsselwind | 592 m | 195 m | |
| WT 3 Waterschap | 484 m | 540 m | |

Tabel 4 Afstand masten van af zwaairom, Polbrug (Verkeersbrug N348) en spoorbrug.

Gaan we uit van minst ongunstige scheepsradar installatie die is toegestaan voor schepen van Cat 5 en 6 d.w.z. een 6 voets antenne met een prf van 1800 Hz dan wordt de afbeelding grootte van de WGM's op deze afstanden als in Tabel 5 weergegeven

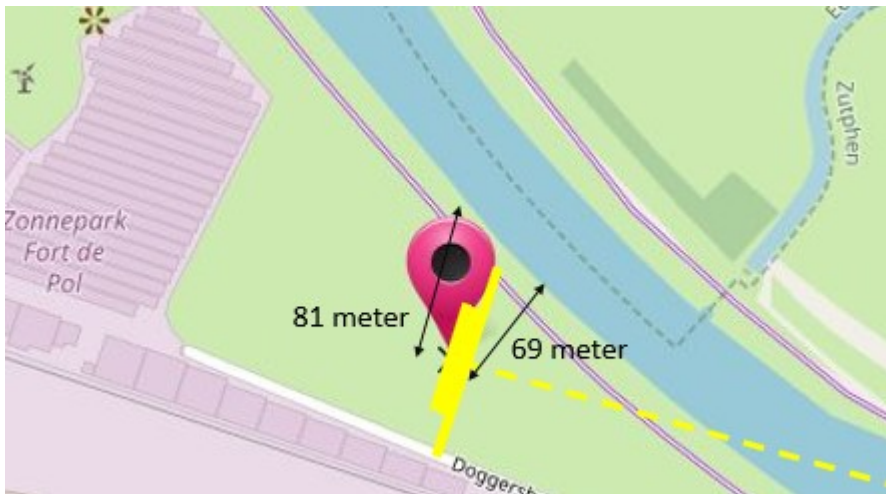
| Locatie | Maximum Grootte radar echo in meters statisch en dynamisch | | Maximum Grootte radar echo in meters statisch | | |
|-----------------|--|---------|---|---------|----------------------------|
| | Uitvaart | Invaart | Uitvaart | Invaart | |
| | afstand | afstand | afstand | afstand | |
| WT 1 Ijsselwind | nvt | nvt | nvt | nvt | ligt ver buiten de vaarweg |
| WT 2 Ijsselwind | 83 | 75 | 20 a 29 | 12 a 21 | |
| WT 3 Waterschap | 81 | 82 | 18 a 27 | 19 a 28 | |

Tabel 5 Breedte afbeelding WGM's in meters

| Locatie | Afstand vaarweg rand |
|-----------------|----------------------|
| WT 1 Ijsselwind | 312 m |
| WT 2 Ijsselwind | 84 m |
| WT 3 Waterschap | 81 m |

Tabel 6 Afstand Windturbines van de vaarweg rand

Voor de dichtst bij de vaarweg rand gelegen locatie WT3 Waterschap bedraagt dit dan loodrecht op de vaarweg rand (in verband met correctie voor weergave richting ten opzichte van de vaarweg richting) 0,855 x 81,0 meter is 69,3 meter. Zelfs als hiervoor de te verwachtte nieuwe voorschriften worden gehanteerd waarbij dus wordt uit gegaan van een afbeelding richting vaarweg van 69 plus 30 = 99 meter dan bedraagt de projectie daarvan loodrecht op de vaarweg 85 meter en zou dus nog voldoen. (zie figuur 2. onderstaand)



Figuur 2 Projectie afstand tot vaarweg radarecho voor WT3

De beschouwde locaties voldoen dus allemaal aan de eisen³ en beelden geen rotoren echos af binnen de vaarweg begrenzing.

Radarafbeelding

De radarafbeelding bestaat uit afbeelding van de windgenerator voet, de mast, de gondel en de rotors. Omdat de masten in het algemeen conisch zijn zullen de radarsignalen wegkaatsen in een niet naar het schip gerichte richting en daarom niet al te “vet” worden weergegeven.

De rotoren worden alleen weergegeven als het draaivlak loodrecht op het radarsignaal staan. Dit is slechts 30% van de tijd, bij bepaalde windrichtingen (OZO en WNW), het geval. De afbeelding ervan vindt dan plaats afhankelijk van afstand tot de masten achter de werkelijke positie, in verband met het feit dat de radar de slant range meet en deze als geografische afstand afbeeldt op het radarscherm.

Afbeelding uitvarend uit de sluis vanaf de nieuwe verkeersbrug

Zoals boven beschreven zijn voor de beoordeling van de grootte van de afbeelding van de windgenerator masten op het radarscherm c.q. de afstand van observatie van het object, van belang daarbij is de afstand van 1200 c.q. 1600 meter maatgevend.

Voor de afbeelding van de windgenerator masten op het radar beeld van schepen welke uit het kanaal varen, echter het volgende:

| Hoogte voet boven MV in meters boven NAP | Mastlengte In meters | Rotor diameter In meters | Tip hoogte in meters boven NAP | Detectie afstand vanaf schip in meters |
|--|----------------------|--------------------------|--------------------------------|--|
| WT1 IJsselwind | 120 | 138 | 195 | 352 |
| WT2 IJsselwind | 120 | 138 | 193 | 349 |
| WT3 Waterschap | 120 | 138 | 200 | 361 |

Tabel 7 Detectie afstand van rotors vanaf de WMG's

³ Zelfs als wordt uitgegaan dat de tussen liggende bruggen het radarsignaal niet zouden verstoren en dus een schip op 1200 meter van de rotoren daarvan zou kunnen zien bedraagt de afbeelding grootte daarvan loodrecht op de vaarweg rand richting vaarweg 75,8 meter dus ruim binnen de beschikbare ruimte.

In verband met de verticale openinghoek van de hoofdbundel van de scheepsradar zullen de WMGs rotors kunnen worden gedecteerd vanaf een afstand van de WMG van meer dan 588 meter.

Dichter bij de WMG's zal alleen het onderste deel van de mast worden weergegeven en incidenteel een reflectie van een naar de radartoegekeerd vlak van een passerende rotor mits deze in fase is met de radar en rotor omwentelings snelheid.

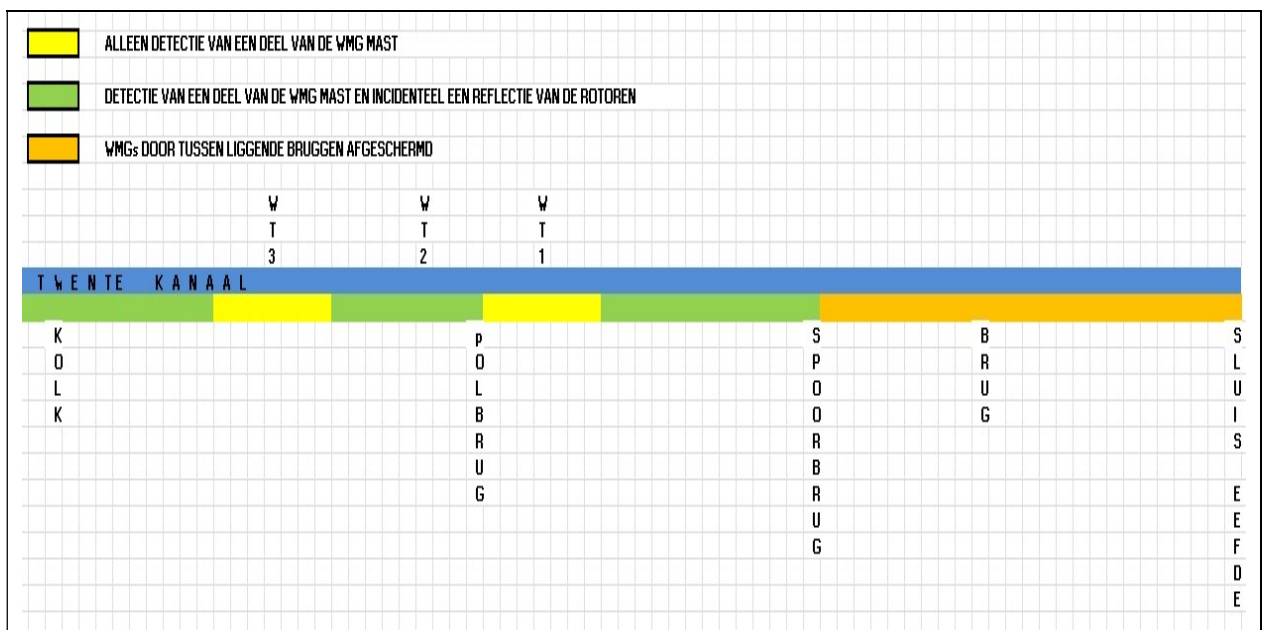
Het betreft hier de detectie van de rotor tip die slechts incidenteel een radar echo zal geven.

- Rotor en gondel WT 1 zichtbaar op het radarscherm 352 meter vanaf de locatie
- Rotor en gondel WT 2 zichtbaar op het radarscherm 349 meter vanaf de locatie
- Rotor en gondel WT 3 zichtbaar op het radarscherm 361 meter vanaf de locatie

De verstoring op het radarbeeld door deze WG masten zal danook veel kleiner zijn dan voor schepen varende op het Twente kanaal.

Afbeeldingen op de scheepsradars is in het algemeen wat vetter dan de theoretische berekening laat zien, als gevolg van veroudering, slecht onderhoud en slechte instelling van de radars de in de praktijk gemeten waarden zullen dus iets groter zijn.

Het resultaat van bovenstaande is dat in het gebied van het Twente kanaal waar de geplande Wind generatormasten geplaatst gaan worden, deze door aanwezigheid van bruggen en bochten in het kanaal slechts tendele kunnen worden gedetecteerd en afgebeeld.
(zie figuur 3)



Figuur 3 Detectie van WMG onderdeel als functie van afstand tot de WMGs langs het Twente kanaal⁴

⁴ De detectie van de gehele mast plus rotoren kan worden gerealiseerd in het gebied tussen de sluis bij Eefde en de eerste brug. Echter het zicht op de WMGs is hier beperkt door de aanwezigheid van de Polbrug en spoorbrug welke het radarzicht grotendeels afschermen.

3.1.5. Reflecties

Hinderlijke reflecties van de masten zijn niet te verwachten omdat door de conische vorm het gereflecteerde signaal niet terug komt bij de radar. De reflecties komen daarom voornamelijk van de rotorbladen en de gondels. Reflecties van de rotoren van windturbines zijn moeilijk te voorspellen enerzijds omdat de radar hits van de rotorbladen niet steeds op dezelfde plaats plaatsvinden en anderzijds omdat de stand van de rotorbladen afhankelijk is van windsnelheid en met name de windrichting. De gondels zijn in het algemeen met ronde vormen uitgevoerd zodat ze minder reflecteren. Ze zullen zichtbaar zijn als een radarecho achter de mast van de windgenerator als de mast is geplaatst buiten de vaarweg zal ook deze echo buiten de vaarweg vallen.

Gezien het feit dat de rotoren zijn vervaardigd van slecht reflecterend composiet en daarom alleen enige reflecties kunnen voorkomen als de rotor bladen nat zijn, zijn reflecties hiervan niet te verwachten omdat natte bladen alleen voorkomen indien de rotorbladen stilstaan een conditie die niet veel optreedt.

In stilstaande positie, vooral als de rotoren bij stilstand in een vlak worden geplaatst in de "zichtlijn (en loodrecht op) naar de radar, is de kans op reflecties minimaal.

Omdat de te verwachten reflecties van de rotors hiernaast ook vooral als deze niet in fase zijn met de radarantenne omwentelingssnelheid (de kans hierop is verwaarloosbaar) min of meer random zullen zijn, worden deze door de radarprocessing grotendeels uit te filteren.

Ook ervaringen van walradar/sluisradarsystemen met bestaande windturbines op en langs andere kanalen laten zien dat de reflecties niet hinderlijk aanwezig zijn c.q. worden weggefilterd van het radar beeld.

3.1.6. Samenvatting afbeelding op radarscherm

De afbeelding van de windgenerator masten op het radarscherm van op het kanaal varende schepen is samen gevat als volgt:

- De mast wordt afgebeeld op de juiste plaats met een maximale breedte van 30 meter bij een maximale voet diameter van de mast van 6 meter. Afbeelding vindt plaats buiten de vaarweg.
- De gondel van de windgenerator wordt afgebeeld met een maximale breedte van 30 meter voor gondels met een maximale afmeting van 8 meter. De afbeelding vind plaats achter de mast afbeelding op een afstand van 3 tot maximaal 18 meter achter de mast afhankelijk van de waarneemafstand en de mast hoogte. Afbeelding vindt plaats buiten de vaarweg.
- De rotoren worden evenals de gondels afgebeeld achter de mast afbeelding. De afbeelding is random en fluctuerend qua grootte en zal niet steeds aanwezig zijn. Afbeelding vindt deels plaats buiten de vaarweg en deels aan de oever van de vaarweg. Omdat de afbeelding fluctuerend en random is zal deze in het algemeen niet hinderlijk zijn. Vermelding van de windgeneratormasten op de rivierkaart zal de schipper helpen vast te stellen dat het hier om Windgeneratormasten gaat.
- De berekende afstand vanaf de vaarweg oever versus de beschikbare afstanden zijn als onderstaand weergegeven in Tabel 8. Hierbij is de berekende breedte van de radarecho van de Windgeneratoren gecorrigeerd voor de hoek ten opzichte van de vaarweg.

| | WT 1 IJsselwind | WT 1 IJsselwind | WT 3 Waterschap |
|--|-----------------|-----------------|-------------------|
| afstand vaarwegrand | 312 m | 84 m | 81 m |
| max afbeelding grootte | nvt | 83 m | 82 m |
| max afbeelding richting vaarweg | nvt | 82 m | 70 m ⁵ |
| Vigerende eis RWS | > 69 m | > 69 m | >69 m |
| | OK | OK | OK |

Tabel 8 Berekende afstand in meters vanaf de vaarwegoever vs beschikbare.

3.1.7. Scheepsradar voorschriften RWS

In de voorschriften van RWS wordt gehanteerd, dat indien de windturbines meer dan 50 meter of de halve diameter van de rotor, landinwaarts staan ten opzichte van de scheepsradar c.q. buiten de vaarwegbegrenzing deze daarvan geen hinder ondervindt voor waarnemingen in het vaargebied.

De oever van het kanaal is gelijk aan de nautisch beschikbare vaarweg, De afstand hier is de afstand van het hart van de constructie tot de rand vaarweg.

De rand vaarweg in het gebied zal variëren met de waterstand op de IJssel welke voor dit onderzoek maximaal 7,54 meter + NAP bedraagt waarbij een maximale vaarwegbreedte van 61 meter hoort. Welke eens per 4 jaar wordt overschreden.

Het Twente kanaal heeft een vaarwegbreedte van op de waterlijn van meer dan 50 meter bij een gemiddelde waterstand van 4,35 meter + NAP.

De windturbine masten WT1, WT2 en WT3 zijn zodanig geplaatst dat deze meer dan 50 c.q. 69 meter buiten de vaarweg begrenzing staan.

3.2. Visuele hinder van plaatsing van de windturbines

De visuele hinder voor de scheepvaart van plaatsing van de windturbines langs het kanaal is niet aanwezig. De plaatsing is zodanig dat er geen afscherming plaats vindt door de windgeneratoren van voor de scheepvaart relevante gebieden. Dit geldt zowel voor scheepvaart vanaf de Polbrug in de N348 uitvarend, als scheepvaart invarend in het kanaal vanaf de draaikom in de IJssel.

Het zicht op andere vaarweggebruikers verandert niet ten opzichte van de huidige situatie ten gevolge van afscherming door bestaande bebouwing en bossing.

⁵ Afstand van de geprojecteerde radar afbeelding loodrecht op de vaarweg rand.

3.3. Hinder *elektromagnetische energie* op marifonie en radar

Door het haspelen van elektromagnetische energie door de rotorbladen binnen een zekere afstand van de sensor kan verstoring optreden van het verzonden en ontvangen signaal. Dit geldt voor radar en marifonie. Dit is onder meer gebleken n.a.v. een onderzoek op Zeebrugge in opdracht van het BET SRK. Door de vorm en materiaal keuze en de afstand van de radarsensor en marifoonsensoren worden hiervan geen hinderlijke c.q. niet uit te filteren effecten verwacht.

Eventueel kunnen veldsterkte metingen voor de marifooninstallatie worden uitgevoerd indien hiervan problemen worden verwacht.

Omdat de communicatie lijn van de zend ontvang mast op het kanaal niet doorsneden wordt door windgenerator mast valt hiervan op het kanaal geen probleem te verwachten. Mogelijk treed dit effect op voor communicatie met schepen welke op de IJssel varen.

4. Conclusie

Uit het onderhavige onderzoek komen de navolgende conclusies naar voren:

- Voor de drie geplande windturbines geldt dat deze voor het gehele traject van kolk tot aan de sluis bij Eefde, hiervan slechts de mast reflecties en op grote afstand ook de gondels, worden weergegeven en incidenteel een reflectie van een roto. Dit ten gevolge van de beperkte afstanden tussen scheepsradars en de WT's door de afscherming van waarneming door de vier aanwezige bruggen in het traject.
- Van de geplande windturbine posities is bekeken of deze meer dan 50 meter cq meer dan de halve rotor diameter van de WMGs (69 meter) , uit de vaarweg staan. Dit is voor al de positie, voor de permanent aanwezige statischeradar echo's langs het kanaal het geval en ze voldoen dus aan de vigerende RWS eisen. Voor de totale radarecho dus statisch en dynamisch valt de radarecho voor met name WT 2 net binnen de vaarwegrand.
- De berekende radarafbeelding van de WMGs op het radarscherm zijn zodanig dat afbeelding van mast, gondel en rotors onder alle omstandigheden welke mogelijk zijn net binnen de vaarweg oever vallen en dus het radarbeeld van het kanaal niet beïnvloeden.
- Voor positie WT 2 valt de radarafbeelding breedte gecorrigeerd naar de richting ten opzichte van de vaarweg net buiten de vaarwegoever, deze voldoet aan de vigerende RWS eisen en naar verwachting dus ook aan de toekomstige RWS eisen.
- Er is van alle opstellingen bekeken of deze onacceptabele visuele afscherming van de vaarweg zal veroorzaken. Dit is niet het geval.
- De plaatsing van de windgeneratoren is zodanig dat hiervan geen communicatie hinder valt te verwachten vanaf de sluis met schepen in het kanaal.
- De berekende grootte van de radarafbeeldingen is gebaseerd op statische berekeningen en nemen dus geen dynamische effecten in beschouwing. De totale afbeelding van draaiende rotoren is danook veel kleiner dan de berekende omdat meer dan de helft van deze berekende grootte van de radarecho slechts incidenteel aanwezig is.

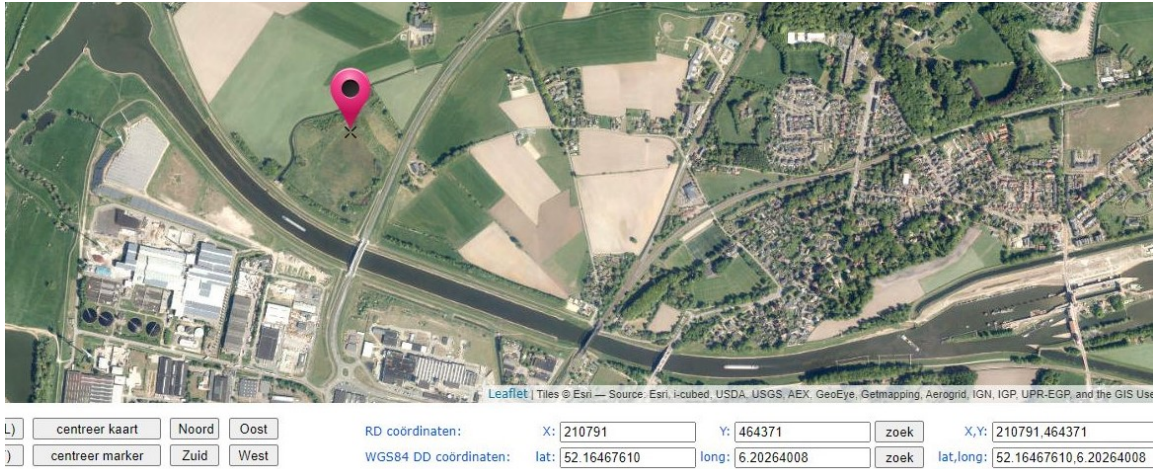
5. Aanbeveling

Op grond van het onderzochte wordt aanbevolen:

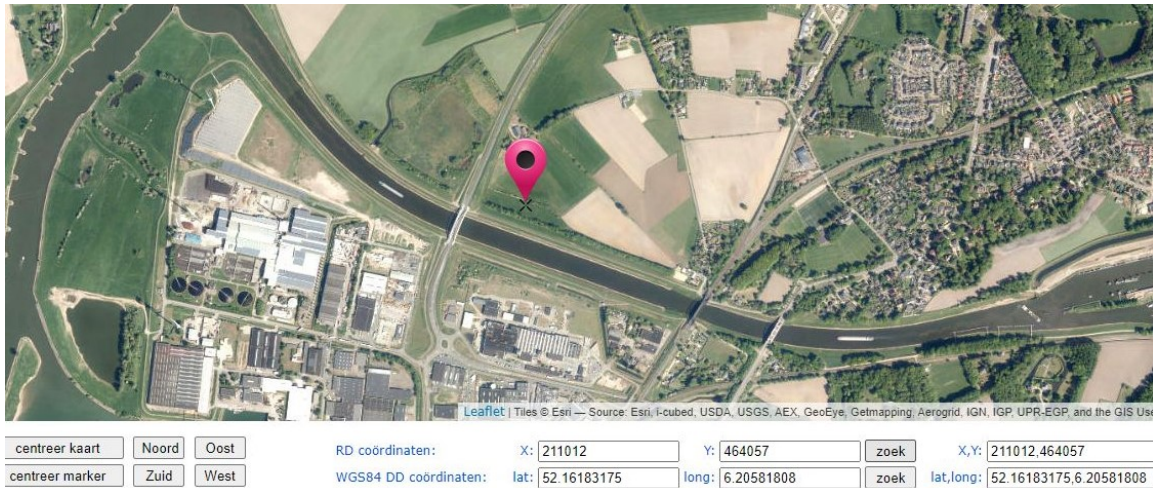
- De windturbines op alle locaties te plaatsen conform de RWS eisen dat wil zeggen 50 meter uit de rand van de vaarweg van het Twente kanaal c.q. voor de toegepaste rotor diameters van 138 meter, op de halve rotor diameter afstand vanuit de vaarweg dat wil zeggen voor de geplande rotoren 69 meter uit de rand van de vaarweg.
- Eveneens is aan te bevelen de locaties van de windgeneratormasten te vermelden op de nautische kaart van het kanaal.
- Masten en rotoren bijvoorkeur uit te voeren in licht grijs zodat deze minimaal visueel zichtbaar zijn.

6. Bijlagen

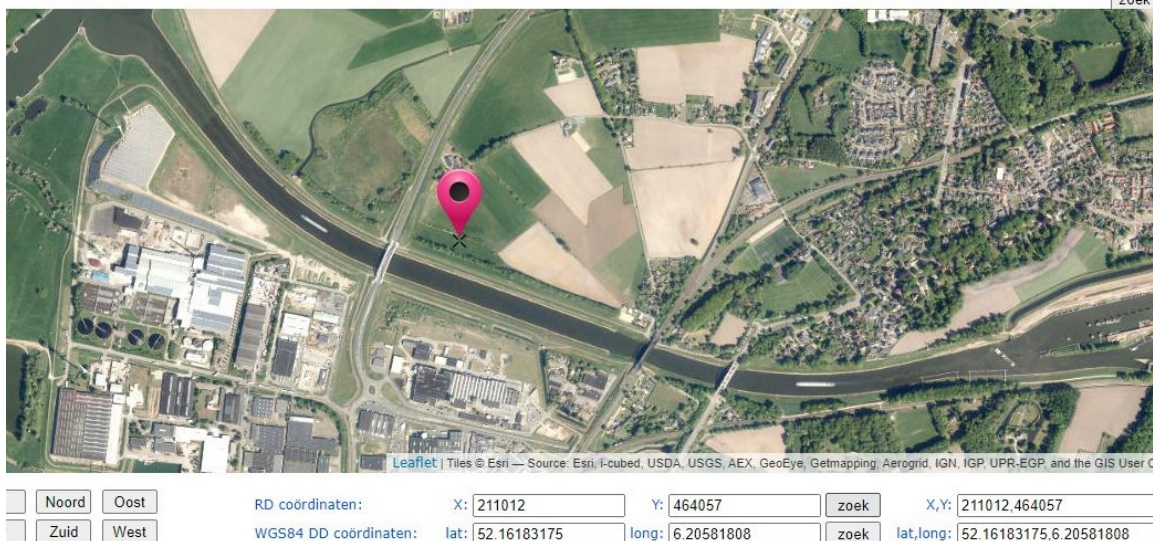
6.1. Posities wind generator masten



Figuur 4 Windgenerator IJsselwind 1



Figuur 5 Windgenerator IJsselwind 2



Figuur 6 Windgenerator locatie Waterschap

7. Literatuur/Gegevens

- 7.1. Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatswerken
- 7.2. Wet beheer Rijkswaterstaat werken
- 7.3. Rivierkaart Twente kanaal
- 7.4. Wind Turbines and radar: Operational experience and mitigation measures Report to a consortium of wind energy companies December 2001
- 7.5. Radar obstruction and Wind turbines TNO-FEL /Senter Novem juli 2004
- 7.6. Radarhinder van windmolens, G. ter Horst en W. Meijers, Christiaan Huygens lab, 1988
- 7.7. De langs de vaarweg benodigde ruimte, RWS AGI 2004
- 7.8. Richtlijnen vaarwegen RWS AGI, december 2011
- 7.9. TNO onderzoek naar radarafbeelding windturbines op scheepsradars in opdracht van RWS

8. Verklarende woordenlijst afkortingen

| No. | Afkorting | Verklaring |
|-----|-----------|--------------------------------------|
| 1. | AGI | Advies Dienst Geo informatie van RWS |
| 2. | dB | Decibel |
| 3. | GBKN | Grote Basis Kaart van Nederland |
| 4. | Hz | Hertz |
| 5. | kW | Kilo watt |
| 6. | MV | Maaiveld |
| 7. | NAP | Normaal Amsterdams Peil |
| 8. | PRF | Pulse Repetition Frequency |
| 9. | RCS | Radar Corresponding Surface |
| 10. | RDM | Rijksdriehoek meting. |
| 11. | RPM | Rotation Per Minute |
| 12. | RWS | Rijkswaterstaat |
| 13. | WTG | Wind Turbine Generator |
| | | |