



## Risicoanalyse windturbine en primaire waterkering – Windpark Spui

22 december 2015

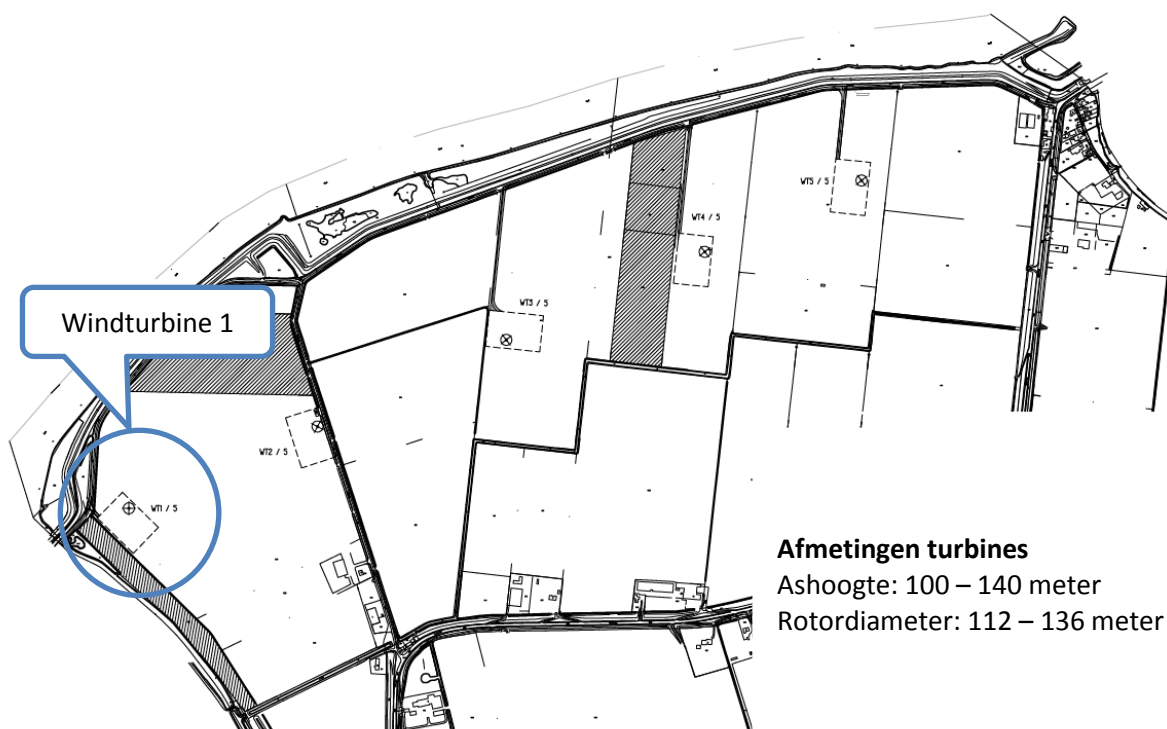
Drs. Ing. Jeroen Dooper

### 1 Inleiding

---

#### 1.1 Achtergrond

Klein-Piershil BV is voornemens windpark Spui te realiseren in de polder Klein-Piershil te gemeente Korendijk. Provincie Zuid-Holland is voornemens een provinciaal inpassingsplan vast te stellen waarin de windturbines planologisch mogelijk worden gemaakt. Klein-Piershil BV heeft een omgevingsvergunning en watervergunning aangevraagd voor de bouw van 5 windturbines:

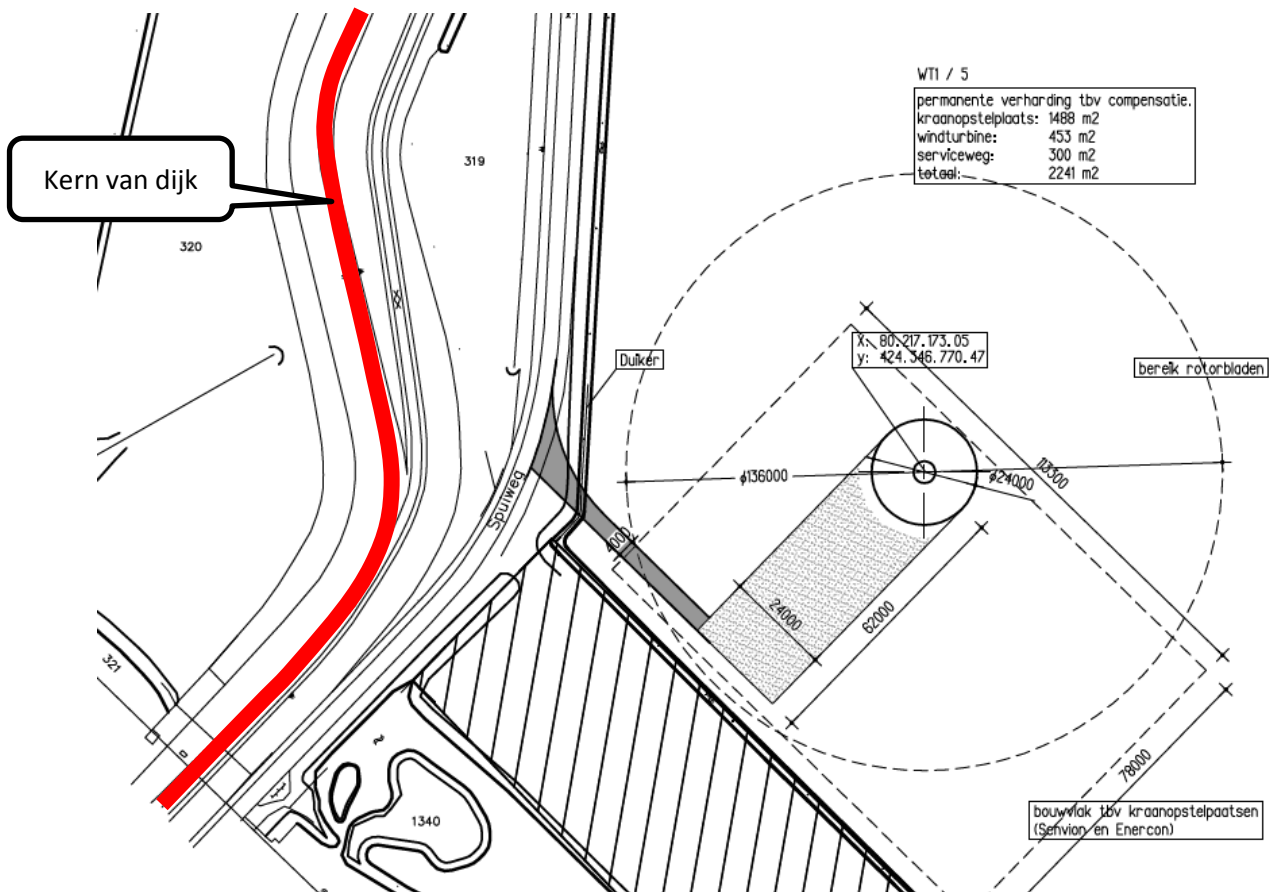


Alle windturbines zijn buiten de beschermingszone van de waterkering gepland. Windturbine 1 draait met zijn wieken over een gedeelte van de beschermingszone. Dit is alleen mogelijk wanneer hier een watervergunning voor verleend wordt. Waterschap Holladnse Delta heeft de initiaitefnemers verzocht een trefkansberekening uit te voeren voor windturbine 1 op de waterkering alvorens over te kunnen gaan tot vergunningverlening. De trefkansberekening is opgesteld in voorliggende notitie.



## 1.2 Situatie

In onderstaande tekening is de ligging van de geplande windturbine en de primaire waterkering gegeven. De afstand tussen de kern van de waterkering en het middenpunt van de windturbine is 120 meter. Rondom de waterkering bevindt zich een kernzone van 35 meter en vervolgens een beschermingszone van 30 meter. De windturbine heeft een maximale rotorstraal van 68 meter. Dit betekent dat de te plaatsen windturbine maximaal 13 meter over de beschermingszone kan draaien.



## 1.3 Toetsingskader

De nabijgelegen waterkering maakt onderdeel uit van de dijkkring 21: Hoeksche Waard<sup>1</sup>. Voor deze dijk geldt een veiligheidsnorm van 1/2000 jaar<sup>2</sup>. Conform het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1, 2014) worden de resultaten van deze risicoanalyse getoetst aan de ontwerpwaarden van de dijkkring.

Als toetsingscriterium wordt gehanteerd:

*De additionele faalfrequentie van de geplande windturbines dient kleiner te zijn dan 10% van de autonome faalfrequentie van de primaire waterkering.*

<sup>1</sup> Waterwet, Bijlage I 'Dijkkringen en primaire waterkeringen als bedoeld in artikel 1.3, eerste lid.

<sup>2</sup> Waterwet, Bijlage II



## 2 Trefkans waterkering

---

### 2.1 Risico's van windturbine

De risico's van een windturbine worden gevormd door 3 typen falen:

1. het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad,
2. het omvallen van een windturbine door mastbreuk,
3. en het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

Deze risicoanalyse is uitgevoerd op basis van de grootste mogelijke windturbine die past binnen de aangevraagde vergunning (Ashoogte: 140 meter / Rotordiameter: 136 meter).

### 2.2 Kritische strook

Als kritisch strook is een 20 meter brede strook ten opzichte van de kruin van de waterkering aangenomen (10 meter aan beide zijde t.o.v. de kruin-as). De ratio achter de 20 meter is dat hiermee ten minste het functionele deel van de kruin wordt opgevangen.

### 2.3 Restprofiel

Indien er sprake is van een restprofiel, betekent het dat het aanwezige restprofiel nog een bepaalde waterstand kan keren. Er is in dat geval sprake van een zogenaamde responstijd tot herstel, zolang er voor of tijdens dit herstel geen waterstand optreedt tot boven het niveau van het restprofiel. Er is dus sprake van een gebeurtenis (deelkans) welke gelijktijdig met het falen van een windturbine of windturbineonderdeel dient op te treden. Dit betreft de kans dat op het moment van falen van een windturbine of windturbineonderdeel er ook, voor of tijdens het herstellen, een waterstand optreedt welke hoger is dan het aanwezige restprofiel kan keren. Het is aannemelijk dat indien één van de faalscenario's optreedt er sprake is van een restprofiel, welke nog een bepaalde waterstand kan keren.

Als aanname is genomen dat het aanwezige restprofiel niet meer een waterstand kan keren, welke optreedt in het geval van een "lichte storm". De kans op optreden van een "lichte storm" is aangenomen op 5 keer per jaar. Voor de stormduur wordt uitgegaan van 35 uur. Hedendaagse windturbines worden door middel van een SCADA systeem 24 uur per dag gemonitord. Gangbaar is dat een windturbine zich in ieder geval één keer per 24 uur meldt. Een detectietijd van 24 uur is daarom aannemelijk. De hersteltijd voor de ontstane schade aan de waterkering is geschat op 5 dagen (5x24 = 120 uur).

De kans dat er een "lichte storm" optreedt tijdens de hersteltijd is:

**P(niet te keren storm tijdens herstel) = 5 lichte stormen per jaar x (35 uur / 8760 uur per jaar) + 5 lichte stormen per jaar x (24 uur / 8760 uur per jaar) + 5 lichte stormen per jaar x (120 uur / 8760 uur per jaar) = 0,1 per jaar.**

### 2.4 Trefsector

Ten behoeve van de risicoanalyse is per windturbinelocatie en faalscenario de trefsector bepaald. De trefsector betreft het gebied waar een falende windturbine of windturbineonderdeel kan neerkomen en daarbij een schade kan veroorzaken, welke een mogelijk risico vormt voor de waterkerende functie van de waterkering. Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden



vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wielengte. Hiermee resulteren de scenario's wiekbreuk en mastbreuk in een risicoverhoging op de waterkering.

## 2.5 Wiekbreuk

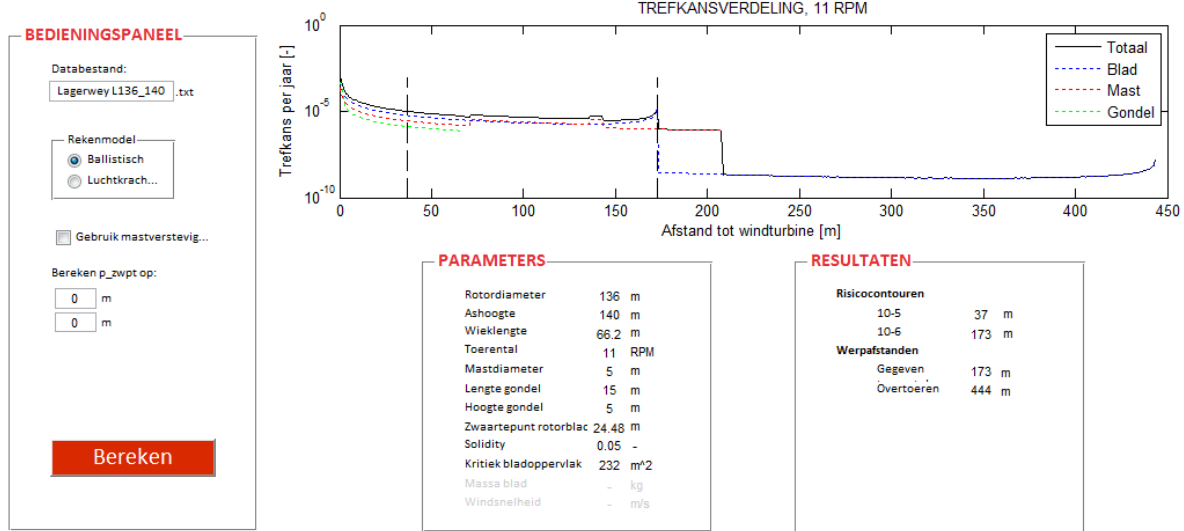
De schade die een neerkomend rotorblad veroorzaakt is onder meer sterk afhankelijk van de wijze van neerkomen. Afhankelijk van de impacthoek kan een blad versplinteren en/of afketsen. De meest significante schade wordt veroorzaakt als de flens (verbinding tussen het rotorblad en de rotor) van een rotorblad onder een bepaalde hoek inslaat (uitgaande van de worst case afworp bij een overtoeren situatie. De overige situaties zorgen voor een lagere impactschade. De worst case hoek van inslag met het verticaal is kleiner dan **45 graden**. De ratio achter deze 45 graden is dat bij een zanddijk met een kleibekleding, theoretisch bij een hoek van inwendige wrijving van 30 graden voor het zand en een hoek van inval met de verticaal van 30 graden er geen indringing zou zijn en er horizontale afschuiving plaatsvindt. Er zou dus uit kunnen worden gegaan van 30 graden. Echter zou deze aanname voor de deklaag een niet-conservatieve aanname zijn. Daarom wordt als aanname aangehouden, dat bij een hoek van inslag met het verticaal groter dan 45 graden er een geringe indringing optreedt. Het rotorblad zal met een grotere impactoppervlakte inslaan en zal dan afketsen en/of vervormen en/of deels verbrijzelen, waardoor er een grotere energie opname zal optreden en de impactschade kleiner is.

Voorgaande geeft een: **P(flens naar beneden) =  $2 \times 45^\circ / 360^\circ = 0,25$**

Het scenario wiekbreuk resulteert in een trefkans binnen de maximale werpafstand bij overtoeren. Op basis van generieke faalfrequenties (bijlage A, Handboek Risicozonering Windturbines (HRW), 2014), het kogelbaanmodel (zie bijlage 1. Bron: bijlage C, HRW 2014) en de windturbine specifieke parameters (Lagerwey L136 op 140 meter mast) is de maximale werpafstand bij nominaal toerental en overtoeren berekend.

### BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering



De maximale werpafstand bij overtoeren is 444 meter.



Om de trefkans van de kernzone te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak. De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$p_w = Fa \int_S P_{zwpt}^{(s)} ds$$

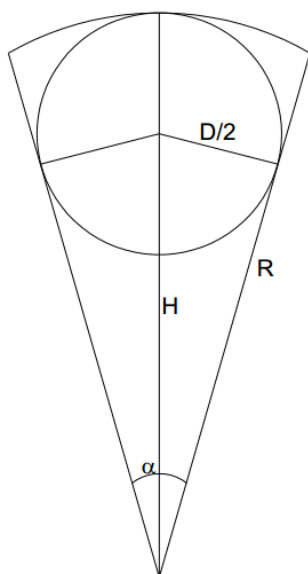
Waarin:

$P_{zwpt}$	= trefkans per jaar van het zwaartepunt van het blad	=	$9,23 \cdot 10^{-7}$
$F_a$	= $b+2/3L_b$ (effectieve breedte kernzone)	=	158 meter
$S$	= contour langs de kernzone		
$L_b$	= Bladlengte	=	66,20 meter

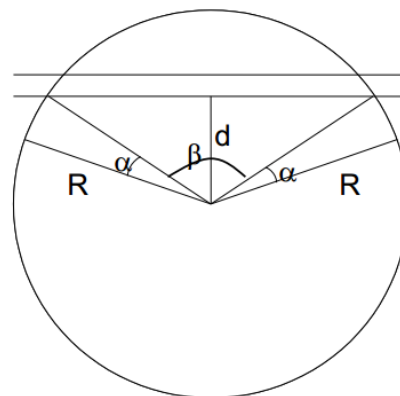
Hieruit resulteert een trefkans van  $1,46 \cdot 10^{-4}$  per jaar. Rekeninghoudend met de invalshoek van de wiek (0,25) en het restprofiel (0,1) komt de kans op falen van de dijk als gevolg van wiekbreuk op  $3,64 \cdot 10^{-6}$  per jaar.

## 2.6 Mastbreuk

De reikwijdte van mastbreuk wordt bepaald door de masthoogte en de stand van de turbinebladen op het moment dat de grond wordt geraakt. De kans dat de kernzone wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (figuur 1) in aanraking komt met de kernzone, hetgeen is geïllustreerd in figuur 2 (Handboek Risicozonering Windturbines 2014).



Figuur 1: Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment.



Figuur 2: Turbine in aanraking met leidingstrook.

De kans dat de windturbine richting de kernzone valt wanneer het scenario mastbreuk zich voordoet is 40,6% (146 graden/360 graden). De kans dat het scenario zich voordoet en de kernzone wordt geraakt is dan  $40,6\% \times 1,3 \cdot 10^{-4} = 5,27 \cdot 10^{-5}$  per jaar. Rekeninghoudend met het restprofiel (0,1) komt de kans op falen van de dijk als gevolg van mastbreuk op  $5,27 \cdot 10^{-6}$  per jaar.



### 3 Conclusie

---

De kans dat de waterkerende functie van de primaire waterkering faalt als gevolg van de falende windturbine is  $8,92 \cdot 10^{-6}$  per jaar ( $3,64 \cdot 10^{-6} + 5,27 \cdot 10^{-6}$ ). Dit resulteert in een faalkansverhoging van **1,78%** ten opzicht van de huidige toegestane faalkans ( $5,0 \cdot 10^{-4}$ ). Hiermee wordt ruim voldaan aan de richtwaarde van maximaal 10%.