

**Bosch & van Rijn**

Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht  
030 – 677 6466

**Auteurs**

Hans Kerkvliet MSc.  
Drs. Ing. Jeroen Dooper

**Opdrachtgever**

Spinderwind B.V.



# Windpark Spinder

## Kwantitatieve Risicoanalyse t.b.v. omgevingsvergunning



**Bosch & van Rijn**  
experts in renewable energy

© Bosch & van Rijn 2016

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.

# **Windpark Spinderhout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Risicoanalyse t.b.v. omgevingsvergunning

Datum  
9-1-2017

Versie  
1.0

Bosch & Van Rijn  
Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466  
Mail: [info@boschenvanrijn.nl](mailto:info@boschenvanrijn.nl)  
Web: [www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

© Bosch & Van Rijn 2017

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

## Inhoudsopgave

|                    |                                                             |           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>HOOFDSTUK 1</b> | <b>INLEIDING</b>                                            | <b>3</b>  |
| 1.1                | <i>Inleiding</i>                                            | 4         |
| 1.2                | <i>Voornemen</i>                                            | 4         |
| 1.3                | <i>Te onderzoeken windturbinetypes</i>                      | 5         |
| 1.4                | <i>Leeswijzer</i>                                           | 6         |
| <b>HOOFDSTUK 2</b> | <b>RISICO'S WINDTURBINES</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>HOOFDSTUK 3</b> | <b>BEOORDELINGSKADER</b>                                    | <b>9</b>  |
| 3.1                | <i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>                         | 10        |
| 3.2                | <i>Risicovolle installaties</i>                             | 10        |
| 3.3                | <i>Buisleidingen voor transport van gevaarlijke stoffen</i> | 11        |
| 3.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>                          | 11        |
| 3.5                | <i>Passanten</i>                                            | 12        |
| <b>HOOFDSTUK 4</b> | <b>RISICOANALYSE</b>                                        | <b>13</b> |
| 4.1                | <i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>                         | 14        |
| 4.2                | <i>Risicovolle installaties</i>                             | 14        |
| 4.3                | <i>Buisleidingen</i>                                        | 18        |
| 4.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>                          | 23        |
| 4.5                | <i>Trefkans passant</i>                                     | 24        |
| <b>HOOFDSTUK 5</b> | <b>CONCLUSIE</b>                                            | <b>28</b> |
| 5.1                | <i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>                         | 29        |
| 5.2                | <i>Risicovolle installaties</i>                             | 29        |
| 5.3                | <i>Buisleidingen</i>                                        | 29        |
| 5.4                | <i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>                          | 30        |
| 5.5                | <i>Passanten</i>                                            | 30        |
| <b>HOOFDSTUK 6</b> | <b>BIJLAGEN</b>                                             | <b>31</b> |
| BIJLAGE A          | OPSTELLING WINDTURBINES                                     | 32        |
| BIJLAGE B          | CONTOUREN EN WERPAFSTANDEN                                  | 34        |
| BIJLAGE C          | BEREKENING WERPAFSTAND                                      | 40        |
| BIJLAGE D          | WERPAFSTANDEN TURBINETYPES                                  | 43        |
| BIJLAGE E          | (BEPERKT) KWETSBAAR OBJECTEN                                | 44        |
| BIJLAGE F          | MEMO TREFKANSBEREKENING                                     | 45        |
| BIJLAGE G          | QRA DRIE PIJPLEIDINGEN                                      | 46        |

# Hoofdstuk 1 Inleiding

## 1.1 Inleiding

Voorliggend kwantitatieve risicoanalyse is opgesteld om de (externe) risico's van nieuw te plaatsen windturbines op bedrijventerrein Spinder inzichtelijk te maken ten behoeve van de vergunningverlening.

Deze studie toets de (externe) risico's vanwege de windturbines ter plaatse van nabijgelegen gebouwen, buisleidingen, hoogspanningsleidingen, risicovolle installaties en infrastructuur aan de normen en adviesafstanden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

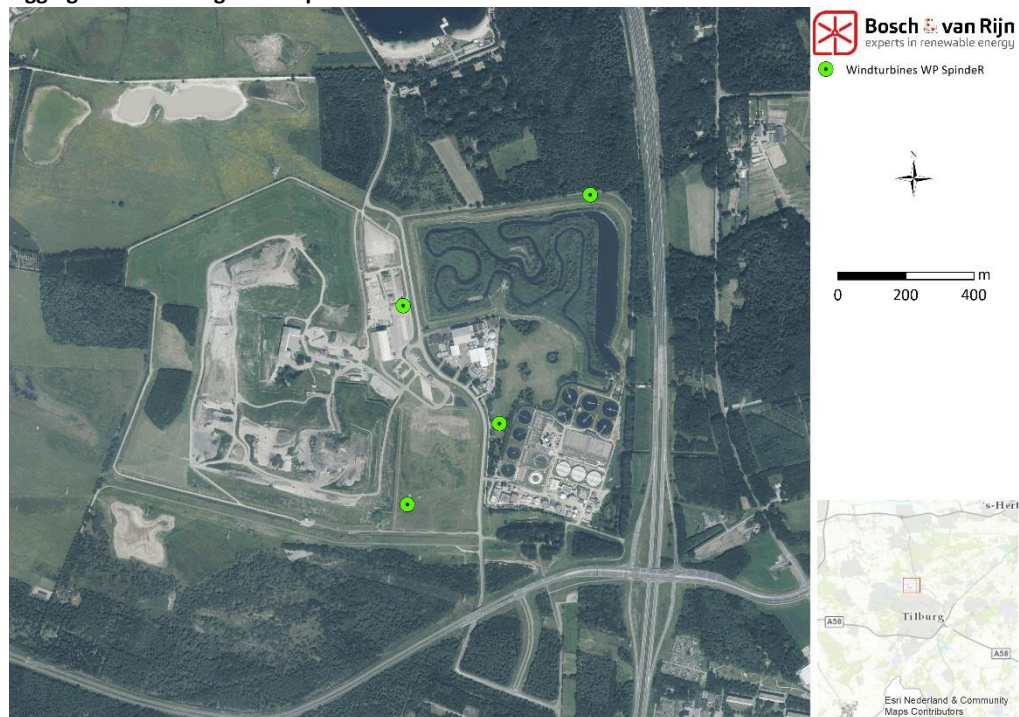
Hierbij is uit een palet van windturbines die vallen binnen de bandbreedte, een windturbintype gekozen met de grootste  $10^{-6}$  contour en werpafstanden.

In dit rapport wordt de windturbintype volledig beschreven, zodat dit rapport zelfstandig kan worden gelezen en zo een goede onderbouwing geeft voor het aspect 'Externe Veiligheid'.

## 1.2 Voornemen

Figuur 1 toont de locatie van de windturbines en nabijgelegen woningen.

**Figuur 1** Ligging van het beoogde windpark.



Het voornemen betreft 4 windturbines met de volgende coördinaten.

**Tabel 1 Coördinaten van de beoogde windturbines**

| Windturbine | X       | Y       |
|-------------|---------|---------|
| 1           | 132.395 | 401.834 |
| 2           | 132.944 | 402.160 |
| 3           | 132.678 | 401.488 |
| 4           | 132.407 | 401.250 |

### 1.3 Te onderzoeken windturbinetypes

De vergunningaanvraag betreft een bandbreedte. Voor wat betreft de afmetingen is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- ❖ Ashoogte: minimaal 90 meter, maximaal 100 meter,
- ❖ Rotordiameter: minimaal 100 meter, maximaal 120 meter,

Aangezien de  $10^{-6}$  contouren en de werpafstanden (nominaal en overtoeren) niet 1-op-1 schalen met de afmetingen is voor het milieuaspect een windturbintype bepaald die:

- ❖ Voldoet aan de bandbreedte-eisen v.w.b. afmetingen.
- ❖ Een zo groot mogelijke bandbreedte voor Externe Veiligheid opspant.

Hiervoor is eerst een bredere selectie gemaakt van geschikte windturbinetypes. De windturbines die hiervoor zijn gekozen staan in Tabel 2. Van deze types zijn de  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  contouren, werpafstand bij nominaal toerental en werpafstand bij overtoeren bepaald. De windturbine met de grootste  $10^{-6}$  contour en werpafstanden is vervolgens meegenomen in de berekening met betrekking tot externe veiligheid.

**Tabel 2 Voorselectie van windturbines ter bepaling van de bovengrens van de bandbreedte Externe Veiligheid.**

| Fabrikant | Type       | Ashoogte | Rd  | 10-5 | 10-6 | Werpafstanden in m |            |
|-----------|------------|----------|-----|------|------|--------------------|------------|
|           |            | m        | m   | m    | m    | Nominaal           | overtoeren |
| Enercon   | E115       | 92       | 115 | 57,5 | 141  | 141                | 352        |
|           | E103       | 98       | 103 | 51,5 | 153  | 153                | 389        |
| GE        | GE2.5-120  | 100      | 120 | 60   | 155  | 155                | 384        |
|           | GE3.2      | 98       | 103 | 51,5 | 164  | 164                | 421        |
| Lagerwey  | L100       | 99       | 100 | 50   | 126  | 126                | 311        |
| Nordex    | N117 - 2.4 | 91       | 117 | 58,5 | 142  | 130                | 322        |
|           | N117 - 3.0 | 91       | 117 | 58,5 | 142  | 140                | 353        |
| Senvion   | M114 - 3.6 | 100      | 114 | 57   | 139  | 134                | 327        |
| Vestas    | V112       | 94       | 112 | 56   | 143  | 143                | 357        |
|           | V117       | 91,5     | 117 | 58,5 | 149  | 149                | 375        |

De windturbine die verder in dit rapport wordt onderzocht staat gegeven in onderstaande tabel.

**Tabel 3** Eigenschappen van de onderzochte windturbinetype.

| Fabrikant | Type  | Ashoogte<br>m | Rd<br>m | $10^{-5}$<br>m | $10^{-6}$<br>m | Werpafstanden in m |            |
|-----------|-------|---------------|---------|----------------|----------------|--------------------|------------|
|           |       |               |         |                |                | Nominaal           | overtieren |
| GE        | GE3.2 | 98            | 103     | 51,5           | 164            | 164                | 421        |

## 1.4 Leeswijzer

---

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van windturbines beschreven. Hoofdstuk 3 bevat de toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van externe veiligheidsrisico's. In Hoofdstuk 4 zijn de berekeningen opgenomen die zijn uitgevoerd voor het beschreven plan. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in hoofdstuk 3 beschreven toetsingskader.

## Hoofdstuk 2 Risico's windturbines

Risico's van een windturbine voor de omgeving bestaan uit 3 typen falen:

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

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden: werpafstanden bij nominaal toerental en de werpafstand bij overtoeren. 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 wieklengte.

Op basis van generieke faalfrequenties (Bijlage A van HRW 2014), het kogelbaanmodel (Bijlage C van HRW 2014) en de parameters van de referentiewindturbine zijn de werpafstanden en risicocontouren berekend.

In Bijlage C zijn de gehanteerde formules opgenomen. Bijlage D bevat van de referentiewindturbine een overzicht van de invoerparameters en resultaten van de berekeningen. Hieruit volgen de afstanden die zijn weergegeven in Tabel 4.

**Tabel 4** Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbinetypen

| WTB   | Risicocontouren     |                      |                      | Max. werpafstand               |                       |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
|       | Ashoogte<br>(meter) | $10^{-5}$<br>(meter) | $10^{-6}$<br>(meter) | Nom. Toe-<br>rental<br>(meter) | Overtoeren<br>(meter) |
| GE3.2 | 98                  | 51,5                 | 164                  | 164                            | 422                   |

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Voor de mogelijke windlocaties zijn de volgende onderwerpen relevant:

- ❖ Gebouwen
- ❖ Risicovolle installaties
- ❖ Buisleidingen
- ❖ Passanten
- ❖ Hoogspanningsinfrastructuur

## Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

### 3.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

---

De normstelling omtrent windturbines en objecten waar personen verblijven volgt uit het Activiteitenbesluit:

1. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan  **$10^{-6}$  per jaar**.
2. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan  **$10^{-5}$  per jaar**.

Zie Bijlage E voor de definities van beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten.

Op de  $10^{-6}$  contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de  $10^{-5}$  contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar.

### 3.2 Risicovolle installaties

---

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende risicoafstanden niet significant wijzigen. Dat betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting worden gekeken. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobehoedeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines<sup>1</sup> 10% gehanteerd. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI:

- ❖ De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is  $10^{-6}$  per jaar.
- ❖ De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is  $10^{-5}$  per jaar.

---

<sup>1</sup> Handboek Risicozonering Windturbines, 2014

### 3.3 Buisleidingen voor transport van gevaarlijke stoffen

---

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Voor bovengrondse installaties hanteert de Gasunie een adviesafstand gelijk aan de maximale werpafstand bij overtoeren.

Dit betreft echter geen wettelijke grenswaarde. In overleg met Gasunie en afhankelijk van een locatie specifieke risicoanalyse zijn kleinere afstanden vergunbaar. In dat gevoel wordt getoetst aan artikel 6 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen:

- ❖ Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, mag niet hoger zijn dan  $10^{-6}$  per jaar.
- ❖ De exploitant voert de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uit dat het plaatsgebonden risico van de buisleiding op een afstand van vijf meter (belemmerende strook) gemeten vanuit het hart van de buisleiding niet hoger is dan  $10^{-6}$  per jaar.
- ❖ Bij regeling van Onze Minister kan voor een bepaalde categorie van buisleidingen een andere afstand tot de buisleiding worden vastgesteld waarbuiten het plaatsgebonden risico de norm van  $10^{-6}$  niet mag overschrijden, of tijdelijk een hoger risico wordt geaccepteerd.

### 3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

Er bestaat geen wettelijke kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handboek Risicozonering (versie 3.1, 2014) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental.

Dit betreft echter geen wettelijke grenswaarde. Wanneer er niet wordt voldaan aan de afstandseis, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT zal op basis van het concrete geval bepalen welk risico voor de betreffende asset op dat moment aanvaard kan worden.

Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additionele faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding tussen de aangrenzende verdeel- of transformatorstations. Aangezien er geen standaard faalfrequentie van een hoogspanningsverbinding bestaat, dient in alle gevallen overleg en afstemming met TenneT plaats te vinden.

### 3.5 Passanten

---

Voor Rijkswegen zijn generieke ontoelaatbare risico's berekend waarbuiten er geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document *"beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken"* staan de minimale afstanden tot rijkswegen gegeven:

*"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".*

Voor de overige openbare wegen bestaan geen genormeerde afstanden, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. In de beleidsregel *"Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's"* staan de richtlijnen gegeven:

#### **"Individuele passantenrisico (IPR)**

*Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark.*

*De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzestig kilometer per uur. Een generiek IPR van  $10^{-6}$  wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzestig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van  $10^{-7}$  op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzestig kilometer per uur bestaan.*

#### **Maatschappelijk risico**

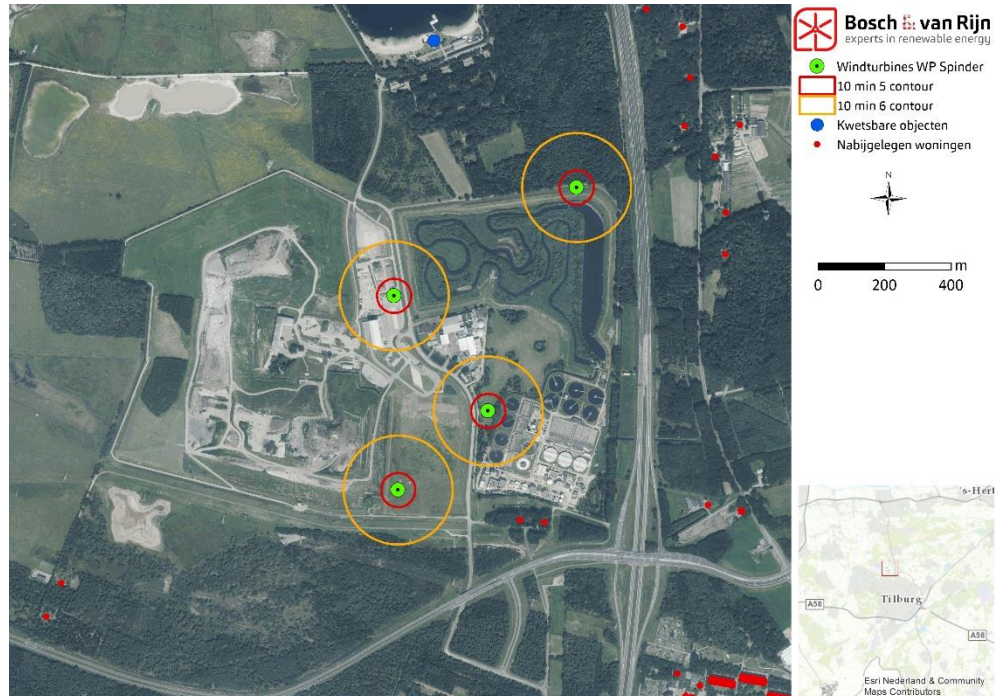
*Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. In het externe-veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor 'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan."*

## Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

## 4.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

De berekende  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  contouren zijn weergegeven op de kaart. Per locatie is nagegaan of kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Voor de gebouwen binnen de  $10^{-6}$  contour is nagegaan of het een kwetsbaar object betreft, waarbij als bron [www.risicokaart.nl](http://www.risicokaart.nl) is aangehouden. In Bijlage B zijn de risicocontouren en werpafstanden van de referentieturbine te vinden.

Figuur 2 Risicocontouren rond de windturbines

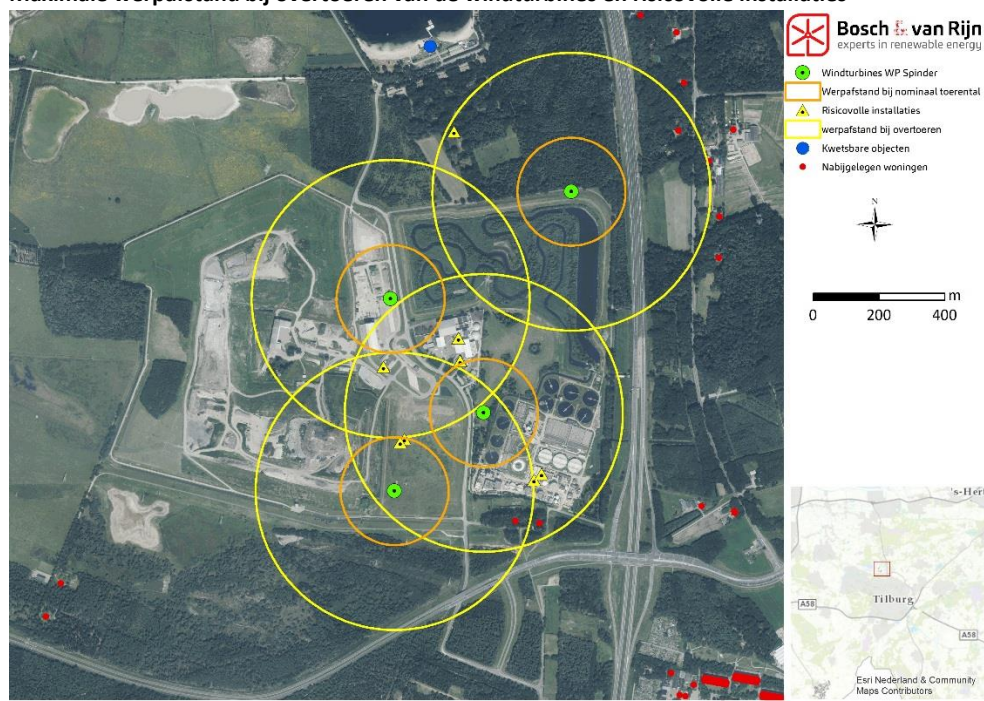


Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  contour.

## 4.2 Risicovolle installaties

De berekende maximale werpafstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn.

**Figuur 3** Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, de luchtfoto en de risicokaart ([www.risicokaart.nl](http://www.risicokaart.nl)) zijn risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden. In Tabel 5 is aangegeven welke turbine de betreffende turbine is waarvan de werpafstand bij overtoeren tot de risicovolle installaties reikt.

**Tabel 5** Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand bij overtoeren van geplande windturbines.

| Windturbine   | Installaties                | Inhoud (m <sup>3</sup> ) | Afstand tot installatie (m) |
|---------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Windturbine 1 | GFT Vergister               | 5000                     | 220                         |
| Windturbine 1 | Bulkopslag methaan          | 40                       | 285                         |
| Windturbine 1 | Propaantank                 | 150                      | 215                         |
| Windturbine 1 | Vergister mest <sup>2</sup> | 12100                    | 368                         |
| Windturbine 2 | Propaantank                 | 3                        | 398                         |
| Windturbine 3 | Ballongashouder             | 650                      | 255                         |
| Windturbine 3 | Biogashouder                | 750                      | 245                         |
| Windturbine 3 | Bulkopslag methaan          | 40                       | 175                         |
| Windturbine 3 | GFT Vergister               | 5000                     | 230                         |
| Windturbine 3 | Propaantank                 | 150                      | 320                         |
| Windturbine 3 | Vergister mest              | 12100                    | 172                         |
| Windturbine 4 | Propaantank                 | 40                       | 377                         |
| Windturbine 4 | Biogashouder                | 750                      | 420                         |
| Windturbine 4 | Vergister mest              | 12100                    | 175                         |

<sup>2</sup> Installatie is onderdeel van de toekomstige mestvergister op het terrein van Attero, waarbij de mestvergister, als onderdeel van de mestvergister, de hoogste additionele faalkans heeft als gevolg van de windturbines.

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte is alleen het scenario wiekbreuk van toepassing.

#### 4.2.1 Trefkansberekeningen

##### 4.2.1.1 Rekenmethode wiekbreuk (Handboek Risicozonering Windturbines)

Om de trefkans van een object met hoogte  $h$ , breedte  $b$ , en diepte  $d$  te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerde grondoppervlak.

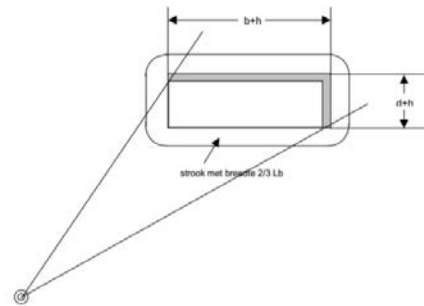
De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde recht komt is:

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pt}$$

Waarin:

$P_{zwpt}$  = trefkans van het zwaartepunt van het blad (berekend volgens HRW 2013).

$$A_{pt} = (b+h) \cdot (d+h)$$



Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van  $2/3 L_b$  (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer  $1/3^{de}$  van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de  $2/3 L_b$  strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte  $2/3 L_b$  rondom de tank terecht komt is:

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left( (2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$

Om de totale trefkans te berekenen dat een installatie wordt getroffen door een blad worden de twee bovenstaande parameters bij elkaar opgeteld:

$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

#### 4.2.2 Resultaten

Met behulp van bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties bij de geplande windturbines, waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in Tabel 6.

**Tabel 6 Trefkansen risicovolle installaties**

| Installatie                 | Trefkans              |
|-----------------------------|-----------------------|
| Ballongashouder             | $1,19 \cdot 10^{-08}$ |
| Biogashouder                | $4,13 \cdot 10^{-08}$ |
| Bulkopslag methaan          | $1,90 \cdot 10^{-08}$ |
| GFT-vergister               | $4,36 \cdot 10^{-8}$  |
| Propaantank                 | $2,28 \cdot 10^{-8}$  |
| Propaantank 3m <sup>2</sup> | $8,22 \cdot 10^{-9}$  |
| Mestvergister               | $9,98 \cdot 10^{-9}$  |

### 4.2.3 Faalkansverhoging

Om de faalkansverhoging te kunnen bepalen wordt de berekende trefkans van de risicovolle installaties vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (faalkansen van alle catastrofale scenario's bij elkaar opgeteld). De intrinsieke faalkans onderbouwen we als volgt:

**Tabel 7 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten**

| Object                                                                                                               | Faalkans scenario's (weergegeven tussen haakjes)                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opslagtanks gevaarlijke stoffen (Ballongashouder/biogashouder/opslag methaan/GFT-vergister en toekomstige vergister) | De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud ( $5 \cdot 10^{-6}$ ) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom ( $5 \cdot 10^{-6}$ ).<br>Bron: Handleiding risicoberekeningen BEVI. |
| Opslag voor gevaarlijke stoffen in een druktank (propaantank)                                                        | De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud ( $5 \cdot 10^{-7}$ ) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom ( $5 \cdot 10^{-7}$ ).<br>Bron: Handleiding risicoberekeningen BEVI. |

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties.

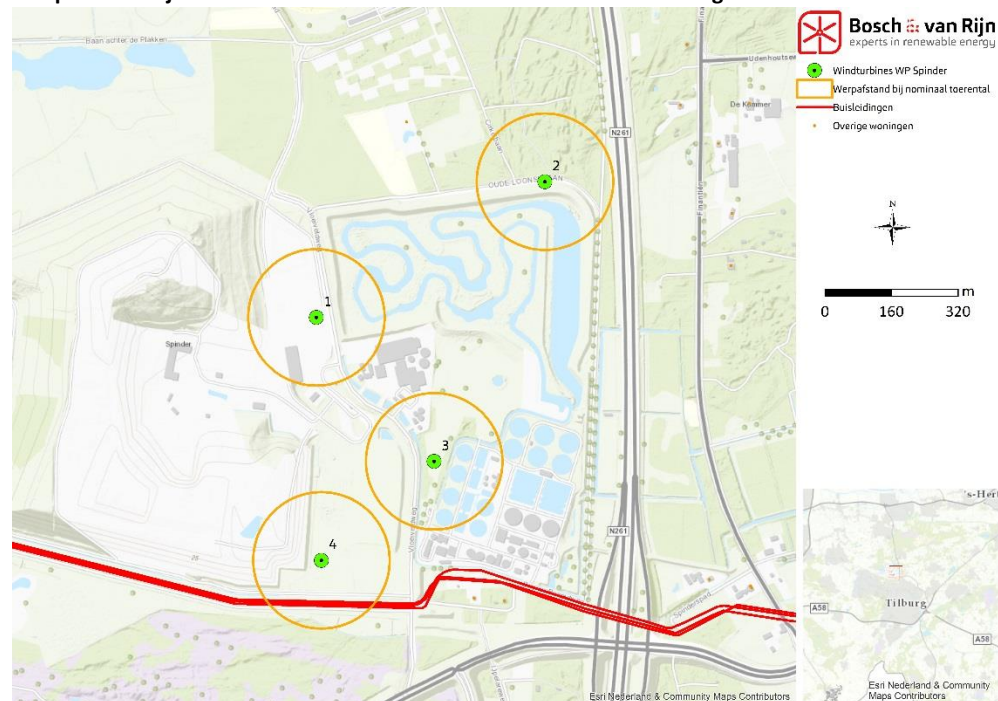
**Tabel 8 Verhoging faalkans van risicovolle installaties**

| Installatie                 | Intrinsieke faalkans | Trefkans              | Verhoging faalkans |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Ballongashouder             | $1,00 \cdot 10^{-5}$ | $1,19 \cdot 10^{-08}$ | 0,12%              |
| Biogashouder                | $1,00 \cdot 10^{-5}$ | $4,13 \cdot 10^{-08}$ | 0,41%              |
| Bulkopslag methaan          | $1,00 \cdot 10^{-5}$ | $1,90 \cdot 10^{-08}$ | 0,19%              |
| GFT-vergister               | $1,00 \cdot 10^{-5}$ | $4,36 \cdot 10^{-8}$  | 0,44%              |
| Propaantank                 | $1,00 \cdot 10^{-6}$ | $2,28 \cdot 10^{-8}$  | 2,28%              |
| Propaantank 3m <sup>3</sup> | $1,00 \cdot 10^{-6}$ | $8,22 \cdot 10^{-9}$  | 0,82%              |
| Mestvergister               | $1,00 \cdot 10^{-5}$ | $9,98 \cdot 10^{-9}$  | 1,00%              |

### 4.3 Buisleidingen

In het document 'Memo Trefkansberekening Buisleidingen nieuwe Positie WT4' zijn de trefkansen berekend volgens het Handboek Risicozonering Windturbines, Bijlage C, Hoofdstuk 9 (Bijlage F~~Fout!~~ **Verwijzingsbron niet gevonden.**)<sup>3</sup>. De risico's zijn in het document gekwantificeerd voor windturbines die zich op een afstand kleiner dan de maximale werpafstand bij nominaal toerental bevinden. Het gaat dan om de volgende windturbines en buisleidingen:

**Figuur 4** Werpafstand bij nominaal toerental van de windturbines en buisleidingen.



Turbine 4 – 36" ruwe olie leiding van Rotterdam-Rijn pijpleiding maatschappij (10412)

Turbine 4 – 24" productenleiding van Rotterdam-Rijn pijpleiding maatschappij (10400)

Turbine 4 – PRB-leiding van PPS-Pipelines (10815)

<sup>3</sup> In het memo is gebruik gemaakt van een ander referentiewindturbine. Echter, de valafstand en valhoek is voor het aspect 'Buisleidingen' bepalend voor de trefkans. Gezien het feit dat de referentiewindturbine uit de memo een grotere tiphoogte heeft, wordt er voor het aspect 'Buisleidingen' een worstcase scenario berekend.

### 4.3.1 Trefkansberekeningen

#### 4.3.1.1 Bladbreek

Er zijn twee manieren waarop ondergrondse leidingen kunnen falen door impact van een zwaar voorwerp op de grond:

1. *Het voorwerp vormt een krater en raakt de leiding daarbij rechtstreeks.*
2. *De leiding faalt doordat de grond bij een dergelijke grote impact weggeduwd wordt, waardoor leidingen worden blootgesteld aan verschuivingen en door de ontstane spanningen kunnen falen.*

De maximale afstand waarbij de leiding nog faalt (de kritische afstand) volgt uit de hoeveelheid toelaatbare stress. Deze wordt berekend met (HRW 2014):

$$R = 0,3048 * \left( \frac{4,44E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k_5 k_6}} * \left( \frac{2,03 \cdot 10^{-4} * k_4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k_5}}$$

Waarbij:

R: de kritische afstand [m]

E: elasticiteit [Pa]

$\sigma_{toelaatbaar}$ : toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]

Waarbij:  $\sigma_{toelaatbaar} = SMYS - \frac{P * D}{2 * t}$

SMYS: De gespecificeerde minimum vloeigrens [Pa]

P: De interne gasdruk in de pijpleiding [Pa]

D: De diameter van de pijpleiding [mm]

t: Wanddikte [mm]

t: wanddikte

$E_{kinetisch}$ : de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]

Waarbij

$$E_{kinetisch} = m * g * h + \frac{1}{2} * f * m * v^2 \quad \text{met } v = \frac{2 * \pi * i * w}{60} + \frac{l}{3}$$

M: massa van het object [kg]

F: Fractie van de initiële kinetische energie opgenomen door de bodem

G: Valversnelling (9.81 m/s<sup>2</sup>)

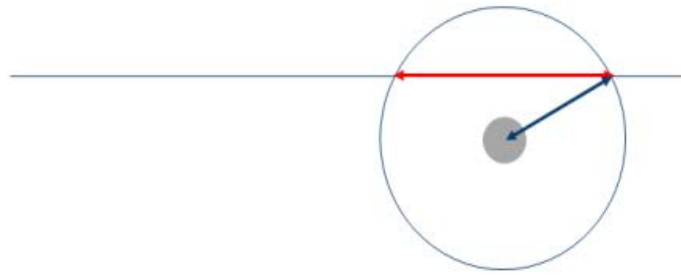
H: Initiële hoogte van vallend object [m]

W: Toerental van de windturbine [per minuut]

L: bladlengte van de windturbine [m]

k<sub>4</sub>, k<sub>5</sub> en k<sub>6</sub>: empirische coëfficiënten (Handboek Risicozonering Windturbines)

Hieruit resulteert R. Op basis van de diepte kan de maximale kritische breedte berekend worden.

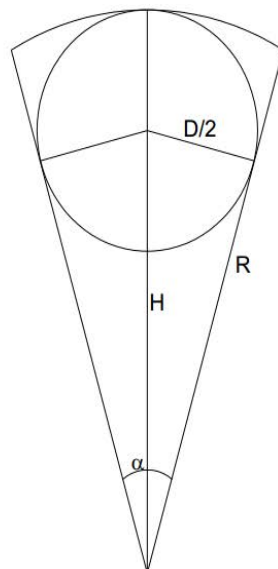


**Figuur 5: Verticale dwarsdoorsnede loodrecht op de leiding (grijs), waarmee de kritische breedte van de strook (rood) als functie van de kritische afstand (blauw) en diepteligging wordt bepaald.**

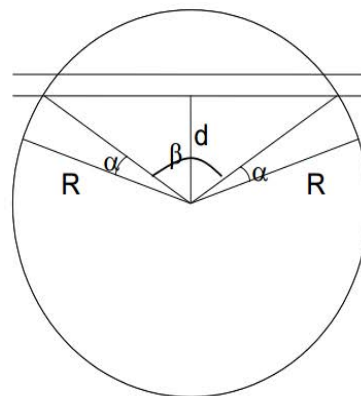
De kans dat deze strook getroffen wordt is kansdichtheidsverdeling \* kritisch oppervlak. Het kritisch oppervlak is de totale oppervlakte van de strook binnen de maximale werpafstand van de windturbine. De kansdichtheidsverdeling is de kans dat het blad de afstand tot de strook weggeslingerd wordt.

#### 4.3.1.2 Mastbreuk

Voor mastbreuk worden  $R$  en de kritische strook op dezelfde manier berekend als bij wiekbreuk. Verder de kans dat de leidingstrook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (linker figuur) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in het rechter figuur.



Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment.



Turbine in aanraking met leidingstrook.

#### 4.3.1.3 Gondelafworp

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter.

#### 4.3.2 Resultaten

##### 4.3.2.1 36" ruwe olie leiding – N.V. Rotterdam-Rijn pijpleiding Maatschappij

In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine op de buisleiding weergegeven (Zie Bijlage F **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de berekening en gegevens van de buisleiding).

| Trefkans wiekbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans mastbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans gondel-<br>afworp (per kilo-<br>meter per jaar) | Totale trefkans<br>(per kilometer<br>per jaar) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $2,43 \cdot 10^{-05}$                             | $5,75 \cdot 10^{-4}$                              | n.v.t.                                                   | $5,99 \cdot 10^{-04}$                          |

Dit leidt voor de 36" ruwe olie leiding tot de volgende faalkansverhoging (gebaseerd op een faalfrequentie van  $1,5 \cdot 10^{-4}$  per kilometer per jaar (Handleiding risicoberekening Bevb)):

**399%**

##### 4.3.2.2 24" Productleiding – N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding maatschappij

In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine op de buisleiding weergegeven (Zie Bijlage F **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de berekening en gegevens van de buisleiding).

| Trefkans wiekbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans mastbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans gondel-<br>afworp (per kilo-<br>meter per jaar) | Totale trefkans<br>(per kilometer<br>per jaar) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $2,43 \cdot 10^{-05}$                             | $7,03 \cdot 10^{-4}$                              | n.v.t.                                                   | $7,29 \cdot 10^{-04}$                          |

Gebruik makend van dezelfde faalfrequentie van de buisleiding als voorgaand leidt voor de 24" Productleiding tot de volgende faalkansverhoging:

**486%**

##### 4.3.2.3 8" Productleiding – Petrochemica Pipeline Services B.V.

In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine op de buisleiding weergegeven (Zie Bijlage F voor de berekening en gegevens van de buisleiding).

| Trefkans wiekbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans mastbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans gondel-<br>afworp (per kilo-<br>meter per jaar) | Totale trefkans<br>(per kilometer<br>per jaar) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $6,78 \cdot 10^{-5}$                              | $3,98 \cdot 10^{-4}$                              | n.v.t.                                                   | $4,66 \cdot 10^{-4}$                           |

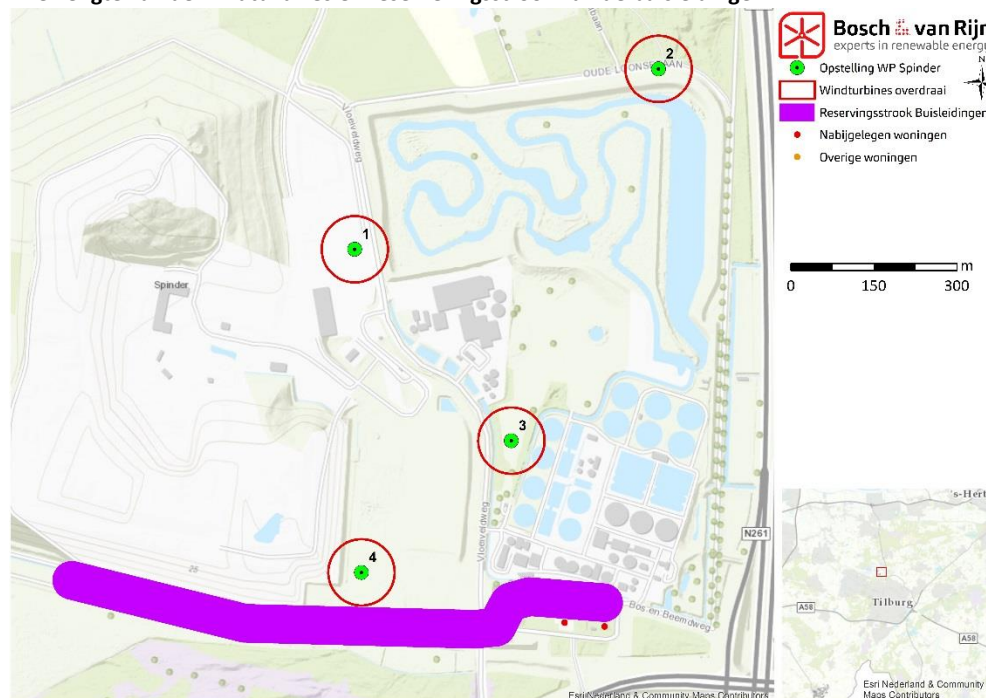
Dit leidt voor de 24" Productleiding tot de volgende faalkansverhoging:

**311%**

#### 4.3.3 Structuurvisie

Voor de reserveringstrook geldt dat deze aangewezen zijn voor de aanleg van toekomstige buisleidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Binnen deze buisleidingstrook zijn conform het Barro geen objecten zoals windturbines toegestaan. Het Barro doet verder geen uitspraak over het berekenen van risico's voor buisleidingstroken waarin meerdere leidingen aanwezig zijn. Voor het rekenen aan buisleidingen wordt derhalve de Handleiding risicoberekening Bevb voor afzonderlijke leidingen toegepast. In het geval van De Spinder geldt dat de windturbines buiten de gereserveerde leidingstrook worden geplaatst. Tevens draaien de windturbines niet over de reserveringstrook (Zie onderstaande figuur). Derhalve is de reserveringstrook niet relevant voor de windturbines.

Figuur 6 Wieklengte van de windturbines en reserveringstrook van de buisleidingen.



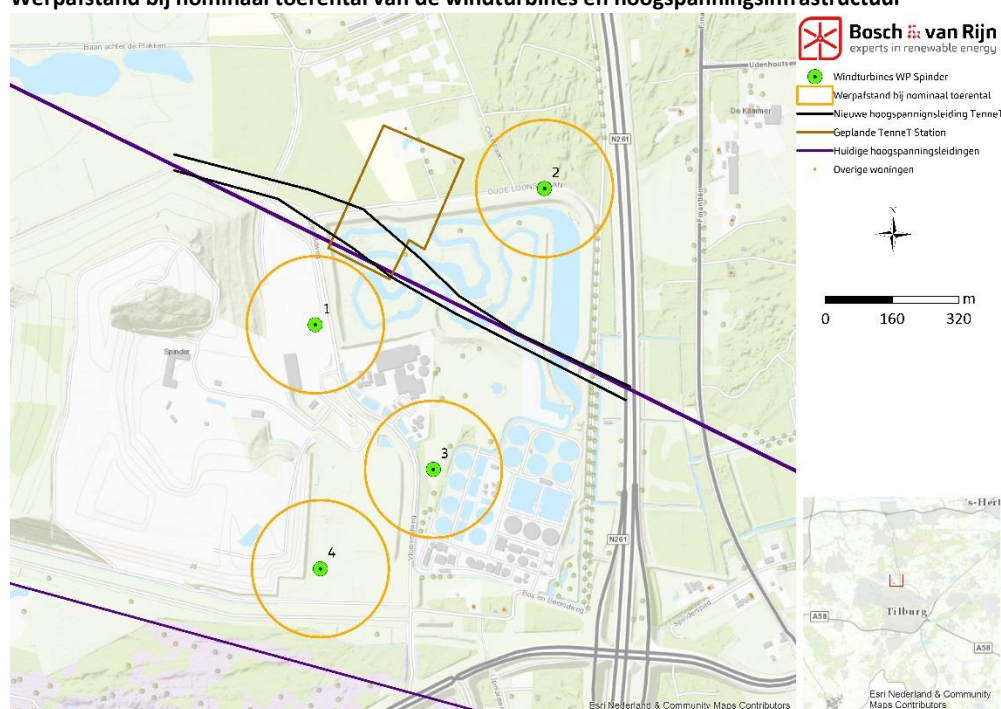
Voor toekomstige leidingen in de leidingstrook schrijft het Bevb voor dat elke afzonderlijke leiding die aangelegd wordt in de leidingstrook moet voldoen aan de normen van het Bevb. Dit houdt onder andere in dat elke leiding die nieuw

aangelegd wordt een maximale  $10^{-6}$ /jaar contour heeft die niet groter is dan 5 meter uit het hart van de leiding. De invloed van de windturbine moet daarin reeds meegenomen zijn. Dit kan er toe leiden dat de leidingexploitant of leidingeigenaar extra maatregelen moet treffen om aan deze norm te voldoen.

#### 4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

In het plangebied zijn plannen voor de ontwikkeling van een 380kV transformatorstation. Om rekening te houden met deze autonome ontwikkeling is onderzocht of de geplande locaties van de windturbines voldoen aan de afstandseis van TenneT. Indien dit niet het geval is wordt de faalkansverhoging van de turbines onderzocht. Voor het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de gegevens zoals deze op dit moment (27-12-2016) bij de auteurs bekend zijn.

**Figuur 7** Werpafstand bij nominaal toerental van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur

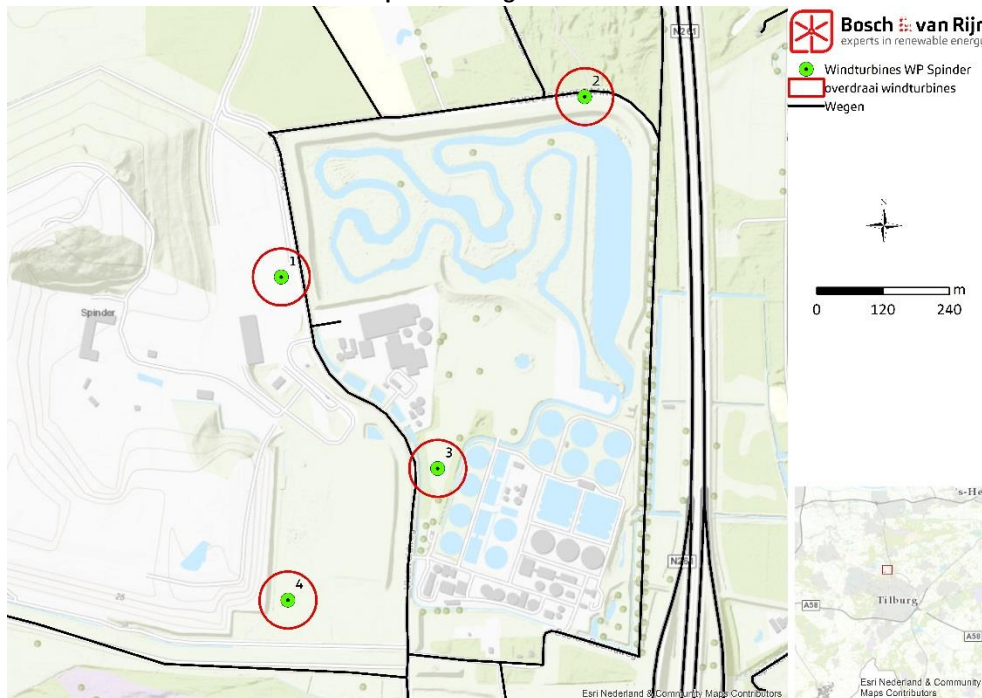


Zoals te zien in bovenstaande figuur is geen hoogspanningsinfrastructuur gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

## 4.5 Trefkans passant

Voor de opstelling is er nagegaan of een windturbine over een openbare weg draait. Wanneer dit het geval is zal de kans berekend worden dat een persoon wordt geraakt door een afgebroken wiek, mast en/of gondel.

**Figuur 8** Overdraai van de windturbines over openbare wegen

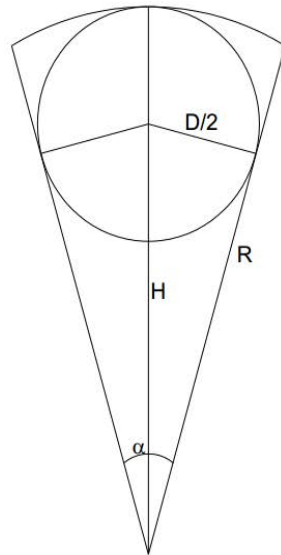


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij twee wegen overdraai plaatsvindt door een of meerdere windturbines. Windturbines 1 en 3 draaien over op de Vloeienveldweg terwijl Windturbine 2 overdraait op het Spinderspad.

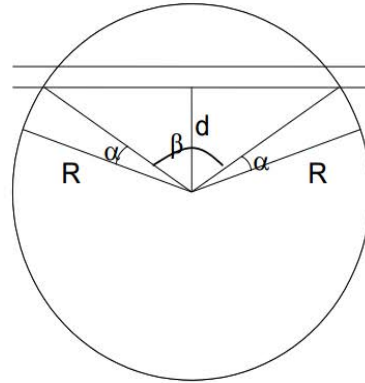
### 4.5.1 Trefkansberekening mastbreuk

De kans dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (Figuur 8) in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 5 (HRW 2014).

Figuur 9: Windturbine als cirkelsegment.



Figuur 5: Turbine in aanraking met weg.



De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

| Weg            | Afstand tot<br>weg<br>(m) | Hoek ( $\beta$ )<br>Graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>weg      |
|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Vloeienveldweg | 35                        | 193,22                     | $1,3 \cdot 10^{-4}$                   | $6,98 \cdot 10^{-5}$ |
| Spinderspad    | 7                         | 214,93                     | $1,3 \cdot 10^{-4}$                   | $7,76 \cdot 10^{-5}$ |

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$v_o$  = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van de worst case scenario, wat inhoudt dat de passant met de laagste snelheid de langste verblijftijd heeft. Een voetganger gaat gemiddeld 5 km/uur (1,4 meter per seconde)

| Afstand tot<br>weg<br>(m) | Hoek ( $\beta$ )<br>Graden | Mastbreuk<br>frequentie<br>(per jaar) | Trefkans<br>weg      | Verblijfstijd<br>passant | Trefkans per<br>passage |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 35                        | 193,22                     | $1,3 \cdot 10^{-4}$                   | $6,98 \cdot 10^{-5}$ | $6,79 \cdot 10^{-9}$     | $4,74 \cdot 10^{-13}$   |
| 7                         | 214,93                     | $1,3 \cdot 10^{-4}$                   | $7,76 \cdot 10^{-5}$ | $6,79 \cdot 10^{-9}$     | $5,27 \cdot 10^{-13}$   |

Trefkans passant is:

Vloeienveldweg:  $4,74 \cdot 10^{-13}$  per passage

Spinderspad:  $5,27 \cdot 10^{-13}$  per passage

#### 4.5.2 Rekenmethode wiekbreuk

De kans dat een persoon wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek wordt als volgt berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \cdot p_{zwpt}$$

$$A_c = \text{kritiek oppervlakte wiek} = 140,29 \text{ m}^2$$

$$p_{zwpt-vloeiveldweg} = \text{trefkans zwaartepunt wiek} = 2,03 \cdot 10^{-8}$$

$$p_{zwpt-spinderspad} = \text{trefkans zwaartepunt wiek} = 9,73 \cdot 10^{-8}$$

$$P - \text{vloeiveldweg} = 4,27 \cdot 10^{-6}$$

$$P - \text{spinderspad} = 2,05 \cdot 10^{-5}$$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{1}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$\text{Trefkans passant op vloeiveldweg is: } 9,68 \cdot 10^{-14}$$

$$\text{Trefkans passant op spinderspad is: } 4,64 \cdot 10^{-13}$$

#### 4.5.3 Rekenmethode gondelafwerp

Voor het berekenen van personen en objecten ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Daarmee is de trefkans van de weg gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet:  $4,0 \cdot 10^{-5}$  per jaar.

Hierdoor is de kans dat een passant getroffen wordt hetzelfde voor alternatief 1 en 2 en kan berekend worden op de onderstaande manier.

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$\text{Trefkans passant is: } 2,72 \cdot 10^{-13} \text{ per passage.}$$

#### 4.5.4 *Conclusie passantenrisico*

---

De totale raakkans per passage voor de dichtstbijzijnde turbine is dan:

*Vloeveldweg*

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| Mastbreuk:    | $4,74 \cdot 10^{-13}$ per passage. |
| Wiekbreuk:    | $9,68 \cdot 10^{-14}$ per passage. |
| Gondelafworp: | $2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage. |

---

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| Totaal: | $8,43 \cdot 10^{-13}$ per passage. |
|---------|------------------------------------|

Echter is hier alleen raakkans van de dichtstbijzijnde turbine berekend, maar zoals reeds vermeld draaien er twee turbines over. Om conservatief te zijn wordt voor de andere turbine dezelfde trefkans per passage aangehouden.

*Dit leidt tot een totale trefkans van:  $1,69 \cdot 10^{-12}$  per passage*

*Spinderspad*

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| Mastbreuk:    | $6,28 \cdot 10^{-13}$ per passage. |
| Wiekbreuk:    | $4,64 \cdot 10^{-13}$ per passage. |
| Gondelafworp: | $2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage. |

---

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| Totaal: | $1,36 \cdot 10^{-12}$ per passage. |
|---------|------------------------------------|

## Hoofdstuk 5 Conclusie

## 5.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

---

Er bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  contouren. Hiermee wordt er voldaan aan de veiligheidseisen uit het Activiteitenbesluit.

## 5.2 Risicovolle installaties

---

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico voor de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten en de Groepsrisico ook na plaatsing van de windturbines van kracht blijven. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting gekeken worden. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines 10%<sup>4</sup> gehanteerd.

Paragraaf 4.2 bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. De resultaten laten zien dat er geen sprake is van overschrijding van de richtwaarde van 10%

## 5.3 Buisleidingen

---

Op basis van de resultaten van paragraaf 4.3 blijkt dat één windturbine resulteert in een faalkansverhoging van alle drie de leidingen. De faalkansverhoging (van alle drie de leidingen) overschrijdt de richtwaarde van 10%. Hierom moet er een QRA worden opgesteld voor de buisleidingen waaruit moet blijken dat de risico's naar de omgeving acceptabel zijn.

Vanwege deze conclusie is een QRA (Bijlage G) uitgevoerd. De conclusie van de QRA is binnen de vergrote contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig en toegestaan volgens het bestemmingsplan. Het plaatsgebonden risico van de twee bedrijfswoningen nabij de leidingen wordt niet beïnvloed door de aanwezigheid van de turbine. Hiermee is er voldaan aan de normstelling uit het Besluit externe veiligheid (Bevb) ten aanzien van het plaatsgebonden risico.

Uit deze conclusie is op te maken dat er geen onacceptabele risico's voor de omgeving te verwachten zijn.

---

<sup>4</sup> Handboek Risicozonering Windturbines, 2013

## 5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

---

De hoogspanningsinfrastructuur van TenneT bevindt zich buiten de werpafstand bij nominaal toerental van de beoogde windturbines. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

## 5.5 Passanten

---

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

Vloeiveldweg:  $1,69 \cdot 10^{-12}$  per passage

Spinderspad:  $1,36 \cdot 10^{-12}$  per passage

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant op de vloeiveldweg niet meer dan 591.715 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met 1.621 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Tevens wordt er aan het MR ( $2 \cdot 10^{-3}$ ) voldaan zolang er niet meer dan 1.183.431.953 passanten per jaar de windturbines passeren

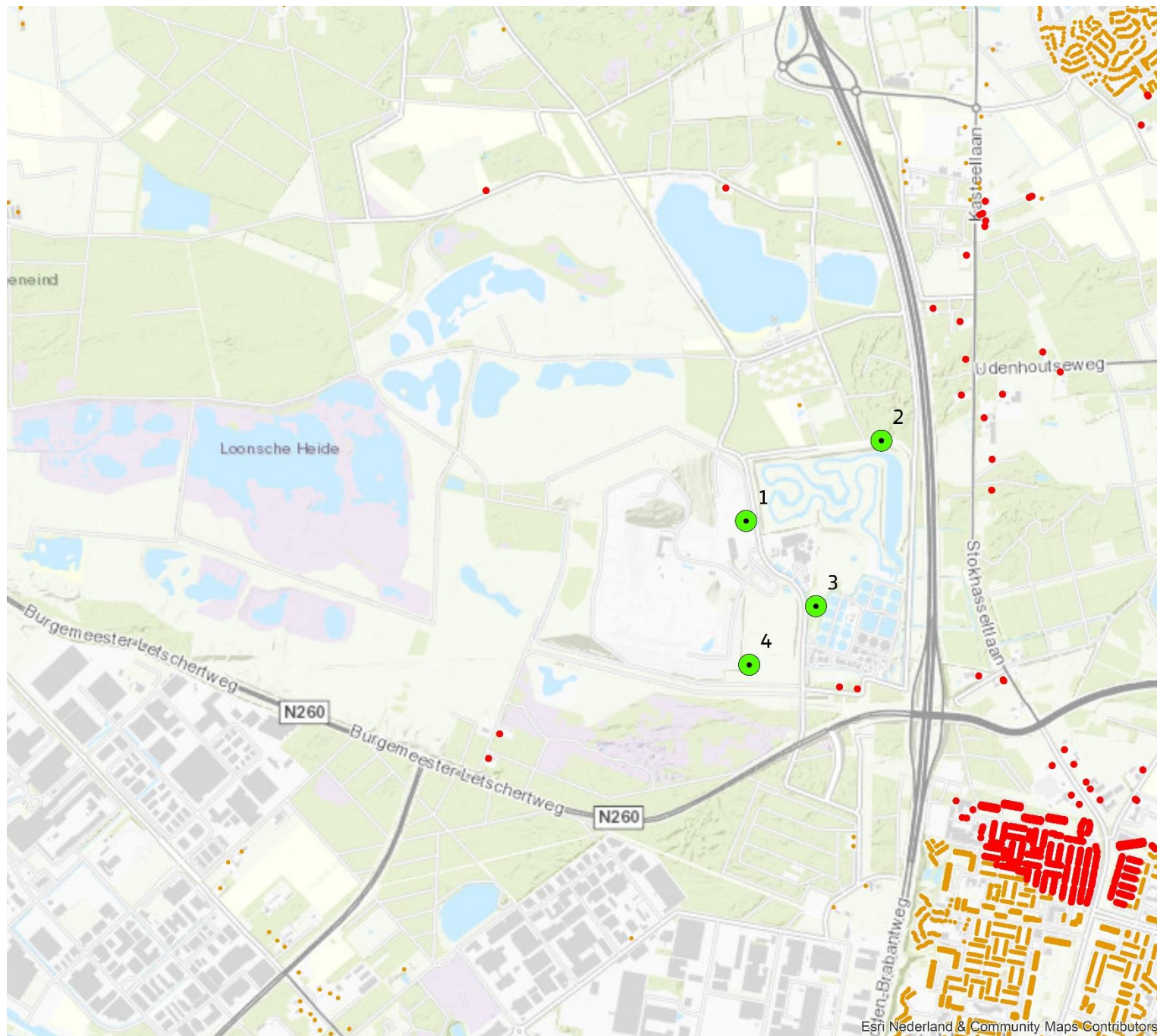
Voor het spinderspad geldt dat één passant niet meer dan 735.294 keer per jaar de turbine mag passeren. Dit komt overeen met 2.014 keer per dag gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Er wordt voldaan aan het MR zolang er niet meer dan 1.466.275.660 passanten per jaar de windturbines passeren. Gelet op de aard van beide wegen is het niet realistisch dat het MR wordt overschreden.

## Hoofdstuk 6 Bijlagen

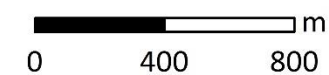
# Bijlage A Opstelling windturbines

---





- Windturbines WP Spider
- Nabijgelegen woningen
- Overige woningen

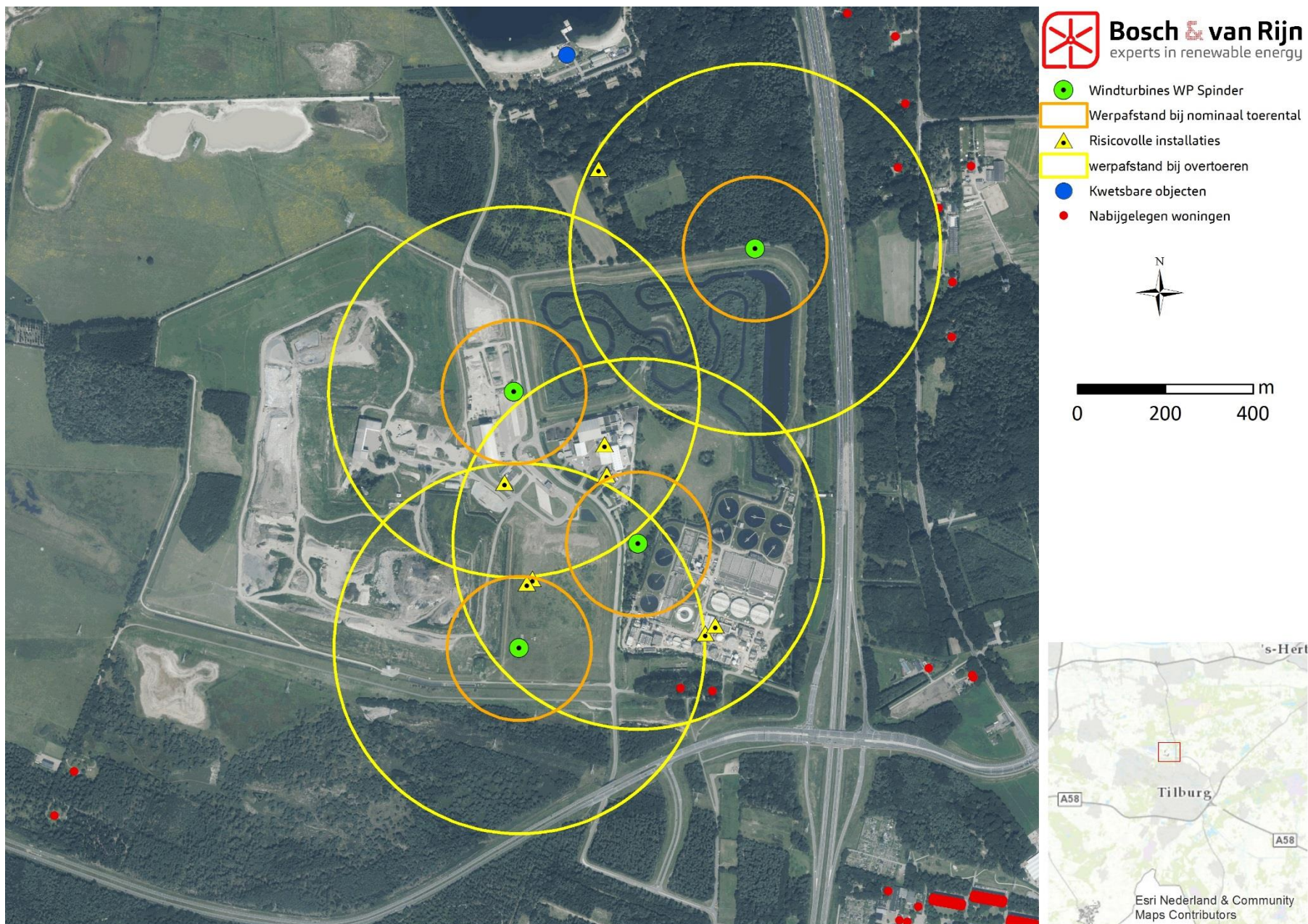


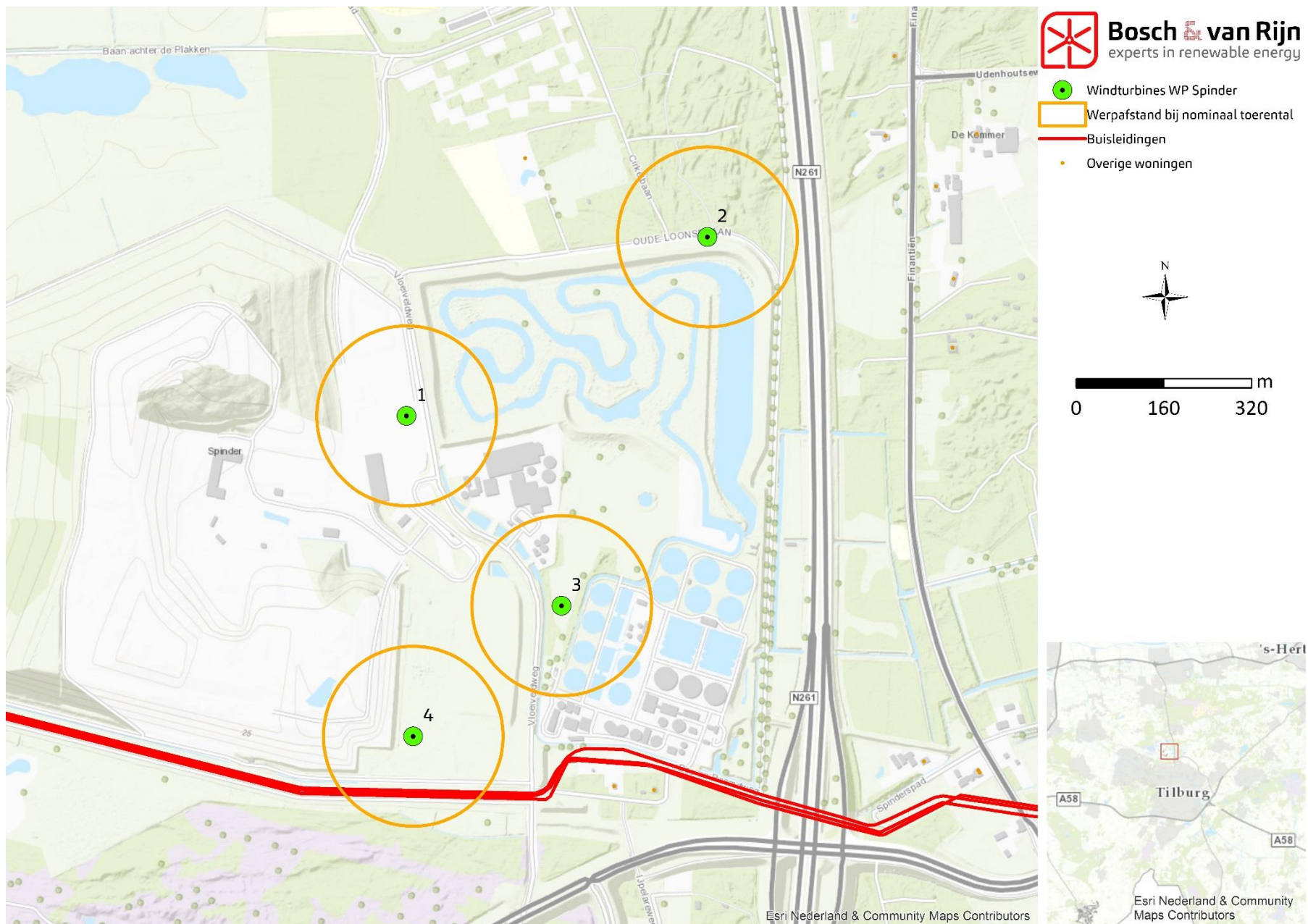
## Bijlage B    Contouren en werpafstanden

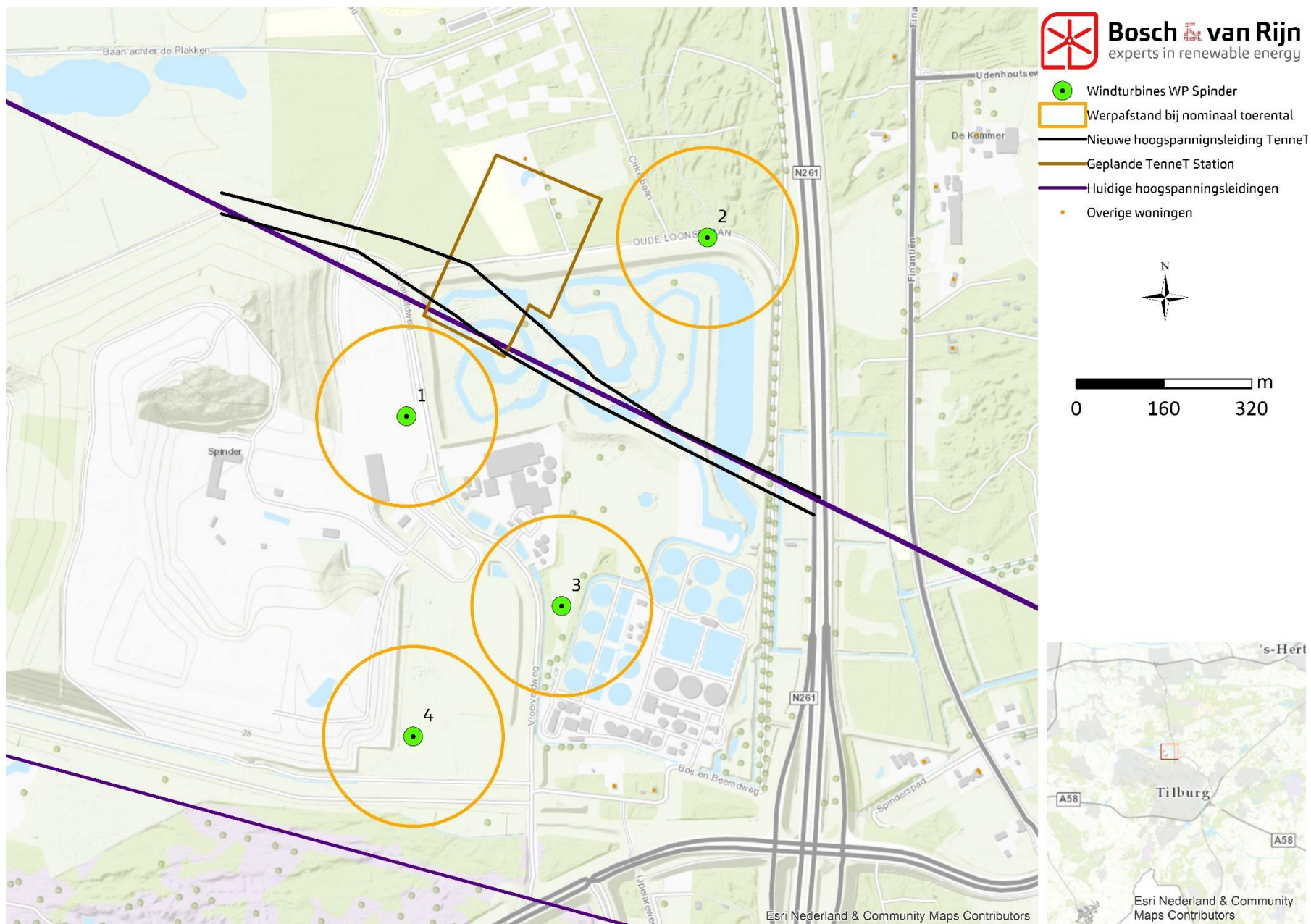
---













# Bijlage C Berekening werpafstand

## 2.2 Ballistisch model met luchtkrachten

### 2.2.1 Uitgangspunten

Het werpmodel gaat ervan uit dat op het weggegoorpen blaol twee krachten werken:

- zwaartekracht
- luchtweerstandskrachten.

Alle overige krachten als lift-, Coriolis- en centrifugaalkracht worden verwaarloosd.

#### Zwaartekracht

De zwaartekracht wordt onafhankelijk van de hoogte verondersteld.

#### Windsnelheid en windrichting

Voor de bepaling van de relatieve snelheid van het afgeworpen blaol ten opzichte van de lucht is de windsnelheid en windrichting van belang. Slechts bij windsnelheid 0 is de snelheid van het blaol ten opzichte van de lucht gelijk aan de snelheid van het blaol ten opzichte van de grond.

De windsnelheid wordt onafhankelijk van de hoogte verondersteld, met andere woorden de windsnelheid is constant tijdens de gehele vlucht van het blaol(-deel).

#### Luchtweerstand (Drag)

Een weggegoorpen object (bijv. een blaol van een windturbine) dat aangestroomd wordt door de lucht onder een bepaalde aanstroomhoek ("angle of attack") ondervindt een kracht tegengesteld gericht aan de bewegingsrichting van het object ten opzichte van de lucht.

De grootte van de luchtweerstand is afhankelijk van de aanstroomhoek, de oriëntatie van het blaol in de ruimte in relatie tot de baan en de relatieve snelheid van het blaol ten opzichte van de lucht.

De luchtweerstand ("drag",  $D$ ) neemt kwadratisch toe met de relatieve luchtsnelheid:

$$D = \frac{1}{2} \rho v_z^2 A C_D \quad (2.2.1)$$

Waarin:

$\rho$  = luchtdichtheid  $\text{kg/m}^3$

$v_z$  = snelheid zwaartepunt van blaol t.o.v. de lucht

$A$  = oppervlakte van blaol in richting van stroming

$C_D$  = luchtweerstand- of dragcoëfficiënt.

De invloed van aanstroomhoek en oriëntatie wordt verdisconteerd in een zogenaamde  $C_D$ -waarde. Deze factor geeft aan dat van twee objecten met dezelfde  $v_z^2$ ,  $\rho$  en  $A$  het object met de beste "stroomlijn" de minste luchtweerstand ondervindt.

Ten gevolge van het “tuimelen” varieert de  $C_D$ -waarde van een blad tijdens de vlucht als gevolg van de wisselende oriëntatie en aanstroomhoek van het blad in de lucht, zodat de  $C_D$ -waarde tussen een minimum en een maximum varieert. [8]. De gemiddelde  $C_D$ -waarde over de vlucht is de waarde die in dit rapport gehanteerd wordt. Deze gemiddelde waarde blijkt voor een grote klasse van bladen weinig te variëren [8]. Goed bedacht moet worden dat deze “drag” op het afgebroken blad niets te maken heeft met de “drag” die een rotor tijdens normale vermogenslevering ondervindt.

Tijdens een worp moet met twee verschillende  $C_D$  waarden worden gerekend. De  $C_D$  in de richting van de worp verschilt duidelijk van de  $C_D$  in de richting daar loodrecht op.

### 2.2.2 Bewegingsvergelijking

Het algemene beeld van een worp is dat een blad wegvliegt in het vlak van de rotor, maar dat het blad in de richting van het rotorvlak door de kwadratisch toenemende luchtweerstand minder ver komt dan zonder luchtweerstand het geval zou zijn geweest. Bovendien zorgt de wind ervoor dat het blad dwars op de richting van het rotorvlak gaat afwijken van de oorspronkelijke werp richting.

Introductie van de luchtkrachten in het ballistische model leidt er toe dat de enkelvoudige baanvergelijking (2.1.1 – 2.1.2) van het ballistische model overgaat in een stelsel niet-lineaire differentiaalvergelijkingen  $U'_{xyz}$ , dat numeriek opgelost kan worden. Hieronder is het stelsel inclusief randvoorwaarden gegeven

$$\begin{aligned}
 |u(t)| &= \sqrt{u_x^2(t) + u_y^2(t) + u_z^2(t)} \\
 \frac{du_x}{dt} &= -\mu_x u_x |u(t)| \\
 \frac{du_y}{dt} &= -\mu_y u_y |u(t)| \\
 \frac{du_z}{dt} &= -g - \mu_z u_z |u(t)| \\
 \frac{dx}{dt} &= u_x + w_x \\
 \frac{dy}{dt} &= u_y + w_y \\
 \frac{dz}{dt} &= u_z
 \end{aligned} \tag{2.2.2}$$

De volgende randvoorwaarden gelden:

$$\begin{aligned}
u_x(0) &= -w_x \\
u_y(0) &= -rot \, u_0 \sin \varphi \\
u_z(0) &= -rot \, u_0 \cos \varphi \\
x(0) &= 0 \\
y(0) &= -cg \cos \varphi \\
z(0) &= h + cg \sin \varphi
\end{aligned}$$

De definities van de verschillende parameters zijn als volgt:

$|u(t)|$  modulus van de snelheid van het bladdeel t.o.v. de lucht

$u_{x,y,z}$  snelheidscomponent in de x, y of z richting

$$\mu_x = \frac{\rho C_{D,x} A}{2m}$$

$$\mu_z = \frac{\rho C_{D,z} A}{2m}$$

waarin:

$C_{D,x}$  luchtweerstand- of dragcoëfficiënt in richting x of y

$A$  oppervlakte van weggegooid blad(deel)

$m$  massa van weggegooid (blad)deel

$\rho$  dichtheid lucht (1 atm, 20 °C)

$w_x$   $w_{10} \cos \gamma$ , x-component van de windsnelheid

$w_y$   $-w_{10} \sin \gamma$ , y-component van de windsnelheid

$w_{10}$  windsnelheid op standaardhoogte van 10m en bij standaard ruwheid (0,03)

$\gamma$  kruihoeck

$rot$  draairichting rotor, -1 tegen de klok in, 1 met de klok mee

$u_0$  lanceersnelheid van het zwaartepunt afgeworpen bladdeel

azimuthhoeck

$cg$  zwaartepunt afgeworpen wiekdeel

$h$  hoogte van de as boven het maaiveld.

Het trefpunt in het xy-vlak kan worden berekend door  $z(t) = 0$  op te lossen voor  $t$ . Stel voor  $t = t_m$  geldt  $z(t_m) = 0$ , dan wordt het trefpunt in het xy-vlak gevonden uit  $x(t_m)$  en  $y(t_m)$ . Evenzo kunnen de snelheden in x, y en z-richting vlak voor de inslag in het xy-vlak berekend worden. Deze laatste waarden kunnen gebruikt worden om bijvoorbeeld de maximaal voor vervorming van een object beschikbare energie te berekenen.

# Bijlage D    Werpafstanden turbinetypes

## BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

### BEDIENINGSPANEEL

Databestand:  
GE3.2MW\_98 .txt

Rekenmodel  
☐ Ballistisch  
☒ Luchtkrach...

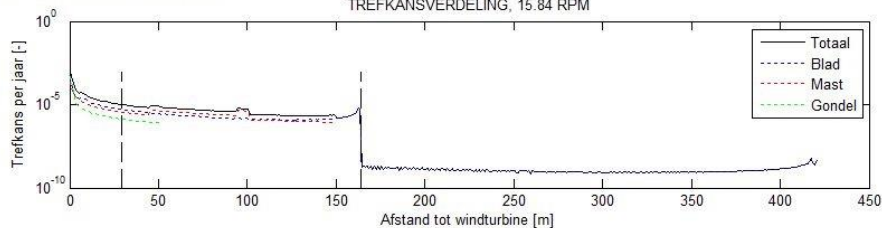
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p<sub>zwpt</sub> op:  
9 m  
35 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014

TREFFKANSVERDELING, 15.84 RPM



### PARAMETERS

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| Rotordiameter         | 103 m                 |
| Ashoogte              | 98 m                  |
| Wielengte             | 50.14 m               |
| Toerental             | 15.84 RPM             |
| Mastdiameter          | 5 m                   |
| Lengte gondel         | 15 m                  |
| Hoogte gondel         | 5 m                   |
| Zwaartepunt rotorblad | 18.54 m               |
| Solidity              | 0.05 -                |
| Kritiek bladoppervlak | 140.29 m <sup>2</sup> |
| Massa blad            | 15400 kg              |
| Windsnelheid          | 6.5 m/s               |

### RESULTATEN

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Risicocontouren   |       |
| 10-5              | 29 m  |
| 10-6              | 164 m |
| Werpafstanden     |       |
| Gegeven           | 164 m |
| Overtoleren       | 421 m |
| p <sub>zwpt</sub> |       |
| Afstand           |       |
| Waard             |       |
| Afstand           |       |
| Waard             |       |

# Bijlage E (beperkt) kwetsbare objecten

---

## Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
  - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
  - 2. scholen, of
  - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
  - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m<sup>2</sup> per object, of
  - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m<sup>2</sup> bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m<sup>2</sup> per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

## Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en  
2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrainen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- h) objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en;
- i) objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;

# Bijlage F    Memo trefkansberekening

---





**BOSCH & VAN RIJN**

Experts in duurzame energie en ruimte

# Windturbine 4 Spinder

Trefkansberekening buisleidingen

# Windturbine 4 Spinder

## Trefkansberekening buisleidingen

December 2016

### **Auteur**

Drs. Ing. Jeroen Dooper  
Hans Kerkvliet MSc.

Bosch & Van Rijn  
Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466  
Mail: [info@boschenvanrijn.nl](mailto:info@boschenvanrijn.nl)  
Web: [www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

### **© Bosch & Van Rijn 2016**

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.



# Inhoudsopgave

---

|                   |                                                                      |           |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>          | <b>Inleiding.....</b>                                                | <b>3</b>  |
| 1.1               | Achtergrond                                                          | 3         |
| 1.2               | Voorkeursalternatief                                                 | 3         |
| 1.3               | Leeswijzer                                                           | 3         |
| <b>2</b>          | <b>Risico's windturbines.....</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>3</b>          | <b>Beoordelingskader .....</b>                                       | <b>5</b>  |
| 3.1               | Buisleidingen                                                        | 5         |
| <b>4</b>          | <b>Rekenmethode Trefkansberekening.....</b>                          | <b>6</b>  |
| 4.1               | Buisleidingen                                                        | 6         |
| <b>5</b>          | <b>Trefkansberekening Buisleidingen.....</b>                         | <b>8</b>  |
| 5.1               | 36" Ruwe olie leiding – N.V. Rotterdam-Rijn pijpleiding Maatschappij | 8         |
| 5.2               | 24" Product leiding – N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij   | 9         |
| 5.3               | 8" Product leiding – Petrochemica Pipeline Services B.V.             | 10        |
| <b>Bijlage 1:</b> | <b>Positie WT4.....</b>                                              | <b>12</b> |
| <b>Bijlage 2:</b> | <b>Berekening werpafstand .....</b>                                  | <b>14</b> |
| <b>Bijlage 3:</b> | <b>Werpafstanden turbinetypes.....</b>                               | <b>16</b> |



# 1 Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

Bosch & Van Rijn heeft een trefkansberekening op een drietal buisleidingen uitgevoerd voor windlocatie De Spinder. Dit, vanwege nieuw te plaatsen windturbines op windlocatie Spinder, waarbij de locatie van windturbine 4 60 meter in noordelijke richting is verschoven ten opzichte van de onderzochte posities in de MER en de kwantitatieve risicoanalyse die fungeert als bijlage in het MER.

## 1.2 Voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief voor windlocatie Spinder bestaat uit 4 windturbines waarbij een bandbreedte is aangehouden van:

Ashoogte: 90 – 100 meter  
Rotordiameter: 100 – 120 meter

De posities van de windturbines zijn veranderd ten opzichte van de windturbines in het MER. Hierom wordt de trefkans voor de buisleidingen opnieuw berekend, waarbij de maximale maten uit de bandbreedte worden aangehouden. Doordat windturbine 4 de enige windturbine is met een (significante) invloed op de buisleidingen zal dit document alleen de invloeden van windturbine 4 behandelen.

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de risico's van windturbines beschreven. Hoofdstuk 3 bevat het beoordelingskader. In hoofdstuk 4 gaat in op de gehanteerde methode. In hoofdstuk 5 vindt de risicoanalyse plaats. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies waarin de berekende waarden uit hoofdstuk 5 worden getoetst aan het in hoofdstuk 3 beschreven toetsingsbeoordelingskader.



## 2 Risico's windturbines

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.

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hier worden twee scenario's onderscheiden; werpafstand bij nominaal toerental en de werpafstand bij overtoeren. 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 wieklengte.

Op basis van generieke faalfrequenties (bijlage A, HRW 2014), het kogelbaanmodel (zie bijlage 1. Bron: bijlage C, HRW 2014) en de parameters van de specifieke windturbintype zijn de werpafstanden en risicocontouren berekend. In bijlage 2 staat de gehanteerde formules gegeven en bijlage 3 bevat van de windturbintype een printscreen van de resultaten. Hieruit volgen de volgende afstanden:

| Wtb type  | As-hoogte (meter) | Risicocontouren          |                          | Max. werpafstand       |                    |
|-----------|-------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
|           |                   | 10 <sup>-5</sup> (meter) | 10 <sup>-6</sup> (meter) | Nom. toerental (meter) | Overtoeren (meter) |
| GE2.5-120 | 100               | 60                       | 161                      | 161                    | 442                |

Windturbine 4 heeft een risico verhogend effect op nabijgelegen buisleidingen. Voor het plangebied Spinder zijn de volgende buisleidingen relevant.

- 36" Ruwe olie leiding – N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij
- 24" Product leiding – N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij
- 8" Product leiding – Petrochemica Pipeline Services B.V.



## 3 Beoordelingskader

---

### 3.1 Buisleidingen

Bij buisleidingen wordt getoetst aan de richtwaarde van 10% uit het Handboek Risicozonering Windturbines. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het Bevb:

- *Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, mag niet hoger zijn dan  $10^{-6}$  per jaar.*
- *De exploitant voert de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uit dat het plaatsgebonden risico van de buisleiding op een afstand van vijf meter gemeten vanuit het hart van de buisleiding niet hoger is dan  $10^{-6}$  per jaar.*
- *Bij regeling van Onze Minister kan voor een bepaalde categorie van buisleidingen een andere afstand tot de buisleiding worden vastgesteld waarbuiten het plaatsgebonden risico de norm van  $10^{-6}$  niet mag overschrijden, of tijdelijk een hoger risico worden geaccepteerd.*



## 4 Rekenmethode Trefkansberekening

### 4.1 Buisleidingen

In dit hoofdstuk wordt de methode van de trefkansberekeningen (Hoofdstuk 5) toegelicht. De methode is gebaseerd op het Handboek Risicozonering Windturbines, Bijlage C, hoofdstuk 8.

#### 4.1.1 Trefkansberekening Bladbreek

Er zijn twee manieren waarop ondergrondse leidingen kunnen falen door impact van een zwaar voorwerp op de grond:

1. *Het voorwerp vormt een krater en raakt de leiding daarbij rechtstreeks.*
2. *De leiding faalt doordat de grond bij een dergelijke grote impact weggeduwd wordt, waardoor leidingen worden blootgesteld aan verschuivingen en door de ontstane spanningen kunnen falen.*

De maximale afstand waarbij de leiding nog faalt (de kritische afstand) volgt uit de hoeveelheid toelaatbare stress. Deze wordt berekend met (HRW 2014):

$$R = 0,3048 * \left( \frac{4,44E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k_5 k_6}} * \left( \frac{2,03 \cdot 10^{-4} * k_4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k_5}}$$

Waarbij:

R: de kritische afstand [m]

E: elasticiteit [Pa]

$\sigma_{toelaatbaar}$ : toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]

Waarbij:  $\sigma_{toelaatbaar} = SMYS - \frac{P * D}{2 * t}$

SMYS: De gespecificeerde minimum vloeigrens [Pa]

P: De interne gasdruk in de pijpleiding [Pa]

D: De diameter van de pijpleiding [mm]

t: Wanddikte [mm]

t: wanddikte

$E_{kinetisch}$ : de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]

Waarbij

$$E_{kinetisch} = m * g * h + \frac{1}{2} * f * m * v^2 \quad \text{met } v = \frac{2 * \pi * i * w}{60} + \frac{l}{3}$$

M: massa van het object [kg]

F: Fractie van de initiële kinetische energie opgenomen door de bodem

G: Valversnelling (9.81 m/s<sup>2</sup>)

H: Initiële hoogte van vallend object [m]

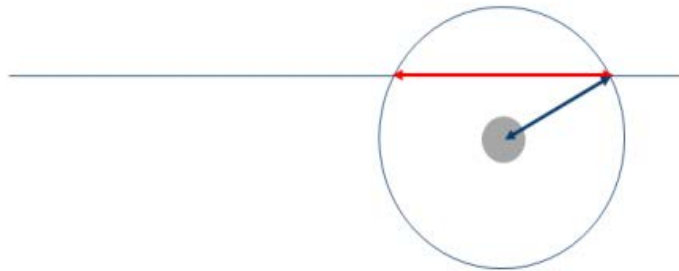
W: Toerental van de windturbine [per minuut]

L: bladlengte van de windturbine [m]

k4, k5 en k6: empirische coëfficiënten (Handboek Risicozonering Windturbines)



Hieruit resulteert  $R$ . Op basis van de diepte kan de maximale kritische breedte berekend worden.

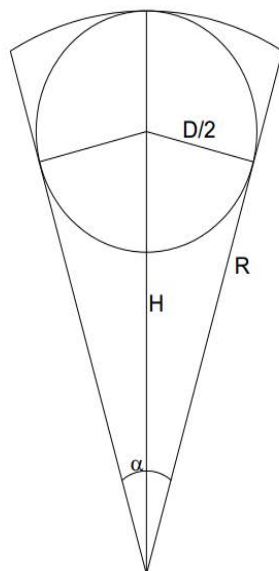


**Figuur 1: Verticale dwarsdoorsnede** loodrecht op de leiding (grijs), waarmee de kritische breedte van de strook (rood) als functie van de kritische afstand (blauw) en diepteligging wordt bepaald.

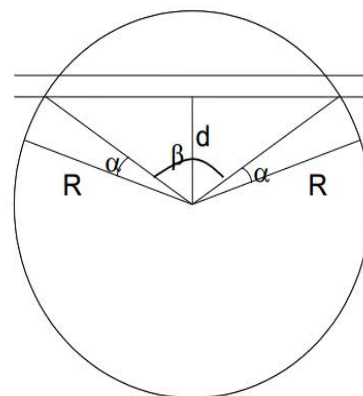
De kans dat deze strook getroffen wordt is kansdichtheidsverdeling \* kritisch oppervlak. Het kritisch oppervlak is de totale oppervlakte van de strook binnen de maximale werpafstand van de windturbine. De kansdichtheidsverdeling is de kans dat het blad de afstand tot de strook weggeslingerd wordt.

#### 4.1.2 Mastbreuk

Voor mastbreuk worden  $R$  en de kritische strook op dezelfde manier berekend als bij wiekbreuk. Verder de kans dat de leidingstrook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (linker figuur) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in het rechter figuur.



Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment.



Turbine in aanraking met leidingstrook.

#### 4.1.3 Gondelafworp

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter.



## 5 Trefkansberekening Buisleidingen

### 5.1 36" Ruwe olie leiding – N.V. Rotterdam-Rijn pijpleiding Maatschappij

#### 5.1.1 Gegevens buisleiding

In onderstaande tabel worden eerst de bekende gegevens gepresenteerd van de buisleiding. Deze gegevens worden ook gebruikt in bovenstaande gepresenteerde formules.

**Tabel 1 – Gegevens RRP 36" Pijpleiding**

| Parameter                                 | Waarde                                 | Bron                                                       |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Diameter                                  | 36"                                    | RRP                                                        |
| Leiding delen                             | Leidingnummer gelegen tussen 7874-8106 | RRP                                                        |
| Bedekking                                 | 90 cm                                  | RRP                                                        |
| Plasgrootte (diameter)                    | 90,59 m                                | RRP                                                        |
| Faalkans breuk                            | $3,36 \cdot 10^{-5}/\text{km}$         | RRP                                                        |
| Bedrijfsduurfractie                       | 0,97                                   | RRP                                                        |
| Vervoerd product                          | Ruwe olie                              | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |
| Modelstof                                 | n-octaan                               | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Faalkans lek                              | Niet relevant                          | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Druk in de leiding                        | $2,45 \cdot 10^6 \text{ Pa}$           | RRP                                                        |
| $10^{-6}$ jaar contour                    | 43,0 m                                 | RRP                                                        |
| Invloedsgebied (1%)                       | 63,9 m                                 | RRP                                                        |
| Gespecificeerde minimum vloeigrens (SMYS) | $3,55 \cdot 10^8 \text{ Pa}$           | n.v.t.                                                     |
| Wanddikte                                 | 7,9 mm                                 | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |

#### 5.1.2 Wiekbreuk 36" Ruwe olie leiding

Voor wiekbreuk wordt de eerder getoonde methode gehanteerd waarbij bovenstaande gegevens zijn ingevuld. Dit leidt tot onderstaande trefkans (Tabel 2).

**Tabel 2 – Trefkans wiekbreuk 36" Ruwe olie leiding**

| Scenario wiekbreuk | Kansdichtheids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak ( $\text{m}^2$ ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)       |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| nominaal           | $6,83 \cdot 10^{-9}$            | 900,68                              | $6,15 \cdot 10^{-06}$     | <b><math>2,43 \cdot 10^{-05}</math></b> |
| overtoren          | $8,62 \cdot 10^{-12}$           | 2242,8                              | $1,93 \cdot 10^{-08}$     | <b><math>3,07 \cdot 10^{-08}</math></b> |

#### 5.1.3 Mastbreuk 36" Ruwe olie leiding

Wanneer de voor mastbreuk uitgelegde methode wordt gehanteerd leidt dit tot de volgende trefkans:

**Tabel 3 – Trefkans mastbreuk 36" ruwe olie leiding**

| Hoek graden | Mastbreuk frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar)       |
|-------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|
| 156,95      | $1,3 \cdot 10^{-4}$             | $5,67 \cdot 10^{-5}$      | <b><math>5,75 \cdot 10^{-04}</math></b> |



#### 5.1.4 Gondelafworp 36" Ruwe olie leiding

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Dit scenario komt niet voor bij de 36" Ruwe olie leiding

#### 5.1.5 Totale trefkans 36" Ruwe olie leiding

In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine weergegeven.

| Trefkans wiekbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans mastbreuk<br>(per kilometer per<br>jaar) | Trefkans gondel-<br>afworp (per kilo-<br>meter per jaar) | Totale trefkans<br>(per kilometer<br>per jaar) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $2,43 \cdot 10^{-05}$                             | $5,75 \cdot 10^{-4}$                              | n.v.t.                                                   | $5,99 \cdot 10^{-04}$                          |

## 5.2 24" Product leiding – N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij

### 5.2.1 Beschikbare gegevens

In onderstaande tabel worden eerst de bekende gegevens gepresenteerd van de buisleiding. Deze gegevens worden ook gebruikt in de berekeningen.

Tabel 4 – Gegevens 24" productleiding

| Parameter                                 | Waarde                                                         | Bron                                                       |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Diameter                                  | 24"                                                            | RRP                                                        |
| Leiding delen                             | Leidingnummer gelegen tussen<br>7741-7986                      | RRP                                                        |
| Bedekking                                 | 90 cm                                                          | RRP                                                        |
| Plasgrootte (diameter)                    | 102,4 m K1<br>96,2 m K2                                        | RRP, afgeleid uit aangeleverde gegevens                    |
| Faalkans breuk                            | $1,68 \cdot 10^{-5}/\text{km}$                                 | RRP                                                        |
| Bedrijfsduurfractie                       | 0,97                                                           | RRP                                                        |
| Vervoerd product                          | Productleiding                                                 | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |
| Modelstof                                 | N-octaan (50% van de tijd K1)<br>N-nonaan (50% van de tijd K2) | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Faalkans lek                              | Niet relevant                                                  | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Druk in de leiding                        | $4,59 \cdot 10^6 \text{ Pa}$                                   | RRP                                                        |
| $10^{-6}$ jaar contour                    | 42,6 m                                                         | RRP                                                        |
| Invloedsgebied (1%)                       | 71,1 m                                                         | RRP                                                        |
| Gespecificeerde minimum vloeigrens (SMYS) | $3,55 \cdot 10^8 \text{ Pa}$                                   | n.v.t.                                                     |
| Wanddikte                                 | 7,9 mm                                                         | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |

### 5.2.2 Wiekbreuk 24" Productleiding

Wanneer de methode uitgelegd in Hoofdstuk 4 wordt gehanteerd leidt dit tot onderstaande trefkans.

Tabel 5 – Trefkans wiekbreuk 24" productleiding.

| Scenario wiek-<br>breuk | Kansdicht-<br>heids-verdeling<br>(/jr.) | Kritisch<br>oppervlak<br>(m <sup>2</sup> ) | Trefkans<br>(tracé per<br>jaar) | Trefkans<br>(per kilometer<br>per jaar) |
|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| nominaal                | $6,57 \cdot 10^{-9}$                    | 980                                        | $6,44 \cdot 10^{-6}$            | $2,63 \cdot 10^{-5}$                    |
| overtoren               | $8,62 \cdot 10^{-12}$                   | 2716                                       | $2,34 \cdot 10^{-8}$            | $3,45 \cdot 10^{-8}$                    |



### 5.2.3 Mastbreuk 24" Productleiding

Wanneer de voor mastbreuk uitgelegde methode wordt gehanteerd leidt dit tot de volgende trefkans.

**Tabel 6 – Trefkans mastbreuk 24" ruwe olie leiding**

| Hoek graden | Mastbreuk frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|-------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 153         | $1,3 \cdot 10^{-4}$             | $5,51 \cdot 10^{-5}$      | $7,03 \cdot 10^{-4}$              |

### 5.2.4 Gondelafworp 24" Productleiding

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Dit scenario komt niet voor bij de 24" Product leiding.

### 5.2.5 Totale trefkans 24" Productleiding

In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine weergegeven.

| Trefkans wiekbreuk (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk (per kilometer per jaar) | Trefkans gondelafworp (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $2,43 \cdot 10^{-05}$                       | $7,03 \cdot 10^{-4}$                        | n.v.t.                                         | $7,29 \cdot 10^{-04}$                    |

## 5.3 8" Product leiding – Petrochemica Pipeline Services B.V.

### 5.3.1 Beschikbare gegevens

In onderstaande tabel worden eerst de bekende gegevens gepresenteerd van de buisleiding. Deze gegevens worden ook gebruikt in de berekeningen.

**Tabel 7 – Gegevens PRB 8" leiding**

| Parameter                                 | Waarde                       | Bron                              |
|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Diameter                                  | 8"                           | PPS                               |
| Leiding delen                             | Oosterhout-Soerendonk        | PPS                               |
| Bedekking                                 | 60 cm of meer                | PPS                               |
| Plasgrootte (diameter)                    | 2x 11,35m = 22,70m           | PPS                               |
| Faalkans breuk                            | $5,77 \cdot 10^{-5}$         | PPS                               |
| Bedrijfsduurfractie                       | 1,0                          | PPS                               |
| Vervoerd product                          | Productleiding               | PPS                               |
| Modelstof                                 | N-octaan                     | Handleiding Risicoberekening Bevb |
| Faalkans lek                              | Niet relevant                | Handleiding Risicoberekening Bevb |
| Druk in de leiding                        | $6,8 \cdot 10^6$             | PPS                               |
| $10^{-6}$ jaar contour                    | 10,3 m                       | PPS                               |
| Invloedsgebied (1%)                       | 29,2 m (D5)<br>22,5 m (F1,5) | PPS                               |
| Gespecificeerde minimum vloeigrens (SMYS) | $1,85 \cdot 10^8$ Pa         | n.v.t.                            |
| Wanddikte                                 | 4,78 mm                      | www.risicokaart.nl                |

### 5.3.2 Wiekbreuk 8" product leiding

Wanneer de methode uitgelegd in Hoofdstuk 4 wordt gehanteerd leidt dit tot onderstaande trefkans.



**Tabel 8 – Trefkans wiekbreuk 8" productleiding.**

| Scenario wiek-breuk | Kansdicht-heids-verdeling (/jr.) | Kritisch oppervlak (m <sup>2</sup> ) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| nominaal            | $6,57 \cdot 10^{-9}$             | 2443,47                              | $1,61 \cdot 10^{-5}$      | $6,77 \cdot 10^{-5}$              |
| overtieren          | $8,62 \cdot 10^{-12}$            | 10145,04                             | $8,75 \cdot 10^{-8}$      | $8,89 \cdot 10^{-8}$              |

### 5.3.3 Mastbreuk 8" product leiding

Wanneer de voor mastbreuk uitgelegde methode wordt gehanteerd leidt dit tot de volgende trefkans

**Tabel 9 – Trefkans mastbreuk 24" ruwe olie leiding**

| Hoek graden | Mastbreuk frequentie (per jaar) | Trefkans (tracé per jaar) | Trefkans (per kilometer per jaar) |
|-------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 181         | $1,3 \cdot 10^{-4}$             | $6,54 \cdot 10^{-5}$      | $3,98 \cdot 10^{-4}$              |

### 5.3.4 Gondelafworp 8" Productleiding

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Dit scenario komt niet voor bij de 8" Product leiding.

### 5.3.5 Totale trefkans 8" product leiding

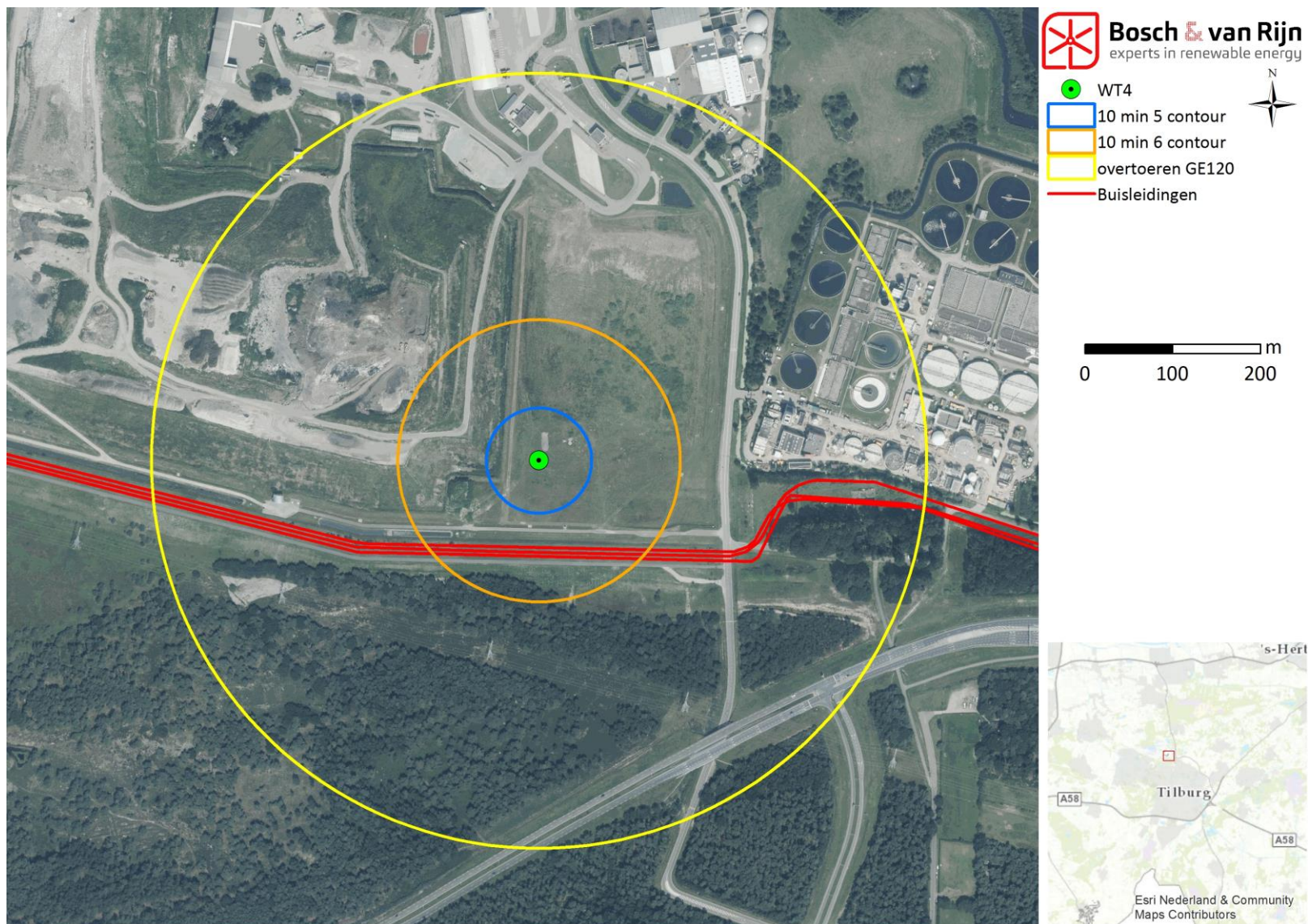
In onderstaande tabel wordt de totale trefkans van de windturbine weergegeven.

| Trefkans wiekbreuk (per kilometer per jaar) | Trefkans mastbreuk (per kilometer per jaar) | Trefkans gondel-afworp (per kilometer per jaar) | Totale trefkans (per kilometer per jaar) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $6,78 \cdot 10^{-5}$                        | $3,98 \cdot 10^{-4}$                        | n.v.t.                                          | $4,66 \cdot 10^{-4}$                     |



## Bijlage 1:      Positie WT4

---



Figuur 2 – Overzichtskaat WT4 en buisleidingen

## Bijlage 2: Berekening werpafstand

### 2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

#### 2.1.1 Bewegingsvergelijking

Dit model is in principe het klassieke kogelbaanmodel, waarbij de luchtkrachten op het blad worden verwaarloosd. De relevante parameters voor dit ballistisch model zijn:

$H$  : hoogte rotoras [m]

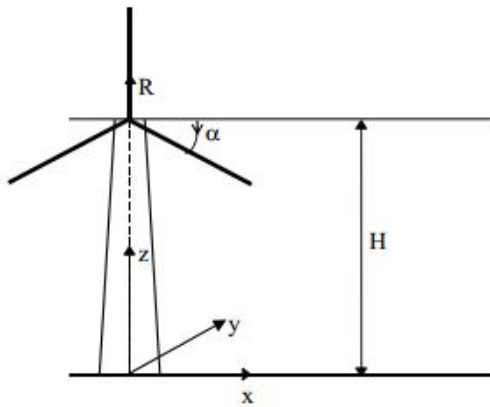
$\Omega$  : toerental van de rotor [rad/s]

$R_z$  : afstand tot het rotor centrum van het zwaartepunt van wegvliegende deel [m]

$\alpha$  : azimuthhoek [rad]

$g$  : valversnelling ( $= 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Het gehanteerde assenstelsel en de draairichting wordt aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

$$\ddot{x}(t) = 0, \quad \ddot{y}(t) = 0, \quad \ddot{z}(t) = -g \quad (2.1.1)$$

Met de beginvoorwaarden

$$\begin{aligned} x(0) &= R_z \cos \alpha, & y(0) &= 0, & z(0) &= H - R_z \sin \alpha, \\ \dot{x}(0) &= -\Omega R_z \sin \alpha, & \dot{y}(0) &= 0, & \dot{z}(0) &= -\Omega R_z \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

is de positie van een wegvliegende deel op tijdstip  $t$  is gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= R_z \cos \alpha - \Omega R_z t \sin \alpha \\ y(t) &= 0 \\ z(t) &= H - R_z \sin \alpha - \Omega R_z t \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Het tijdstip waarop het zwaartepunt de grond raakt volgt uit  $z(t_i) = 0$  en wordt gegeven door

$$t_i = -\frac{\Omega R_z \cos \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2}{g} \left( H - R_z \sin \alpha + \frac{\Omega^2 R_z^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)} \quad (2.1.4)$$

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand,  $r$ , als functie van de azimuthhoek ten tijde van bladbreuk, ofwel

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x = h(\alpha; \Omega) \quad (2.1.5)$$

### 2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie  $f_{ZWP}$  geeft de kans per  $m^2$  dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terechtkomt gegeven bladbreuk. Bij het onderhavige model worden de luchtkrachten niet meegenomen, zodat alleen het toerental en de azimuthhoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat  $f_{ZWP}$  alleen afhankelijk is van de afstand tot de windturbine. De kans dat het zwaartepunt van het blad in een cirkelschijf met breedte  $dr$  op een afstand  $r$  van de turbine terechtkomt, is gegeven door

$$\begin{aligned} f_R(r; \Omega) dr &= P\{r < R < r + dr\} \\ &= P\{h^{-1}(r; \Omega) < \alpha < h^{-1}(r + dr; \Omega)\} \\ &= F_A(h^{-1}(r + dr; \Omega)) - F_A(h^{-1}(r; \Omega)) \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

waarbij  $F_A$  de cumulatieve verdelingsfunctie is van de azimuthhoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthhoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

$$f_A(\alpha) = \frac{d}{d\alpha} F_A(\alpha) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \alpha < 2\pi \quad (2.1.7)$$

geldt nu

$$f_R(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dr} h^{-1}(r; \Omega) \quad (2.1.8)$$

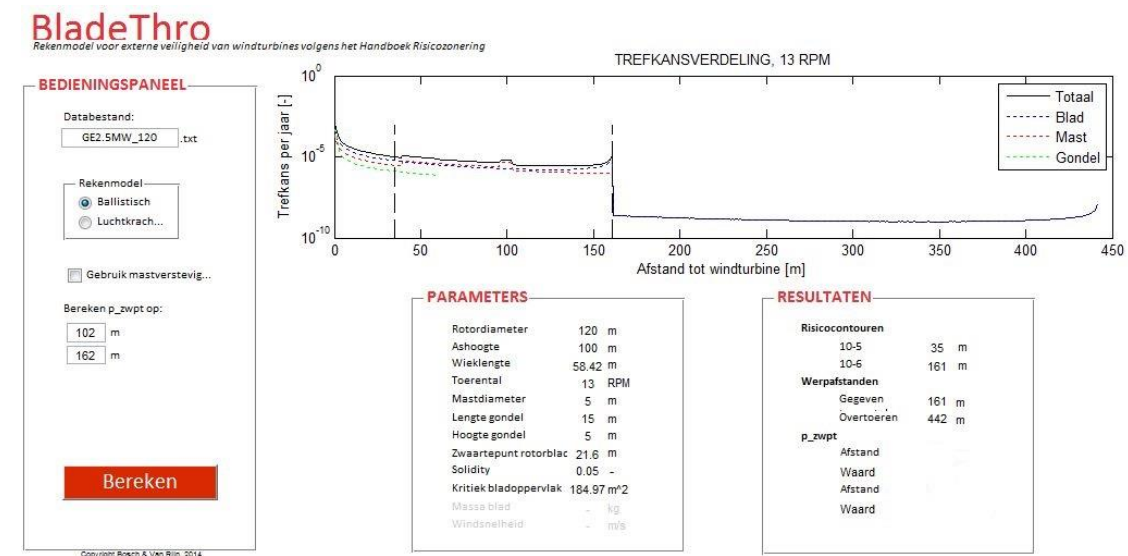
Opm: Om de gevolgde aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie  $h(\alpha; \Omega)$  inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthhoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

De kansverdelingsfunctie van de positie waar het zwaartepunt van het blad zal inslaan is nu

$$f_{ZWP}(x, y; \Omega) = f_{ZWP}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

# Bijlage 3:      Werpafstanden turbinetypes

## GE 120 – 2.5 op 120 meter ashoogte





## Bijlage G QRA drie pijpleidingen

---





# **QRA drie pijpleidingen De Spinder Tilburg**

**Invloed van een Windturbine op ligging  
plaatsgebondenrisicocontouren**

projectnummer 0412144.00  
definitief revisie 2.0  
23 december 2016

# QRA drie pijpleidingen De Spinder Tilburg

## Invloed van een Windturbine op ligging plaatsgebondenrisicocontouren

projectnummer 0412144.00  
definitief revisie 2.0  
23 december 2016

### Adviesgroep SAVE

#### Opdrachtgever

Bosch & van Rijn B.V.  
Groenmarktstraat 56  
3521 AV UTRECHT

### Colofon

#### Projectgroep bestaande uit

ir. J. (Jelte) Janzen  
ir. R.A.M. (Rudi) van Rooij

|                |                                  |                                                                                          |                                                                                           |
|----------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| datum vrijgave | beschrijving revisie 2.0         | goedkeuring                                                                              | vrijgave                                                                                  |
| 23-12-2016     | Locatie windturbine 4 verschoven | RvR  | HJS  |

# Inhoudsopgave

Blz.

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                                                   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Het Juridische Kader</b>                                        | <b>3</b>  |
| 2.1      | Juridisch kader                                                    | 3         |
| <b>3</b> | <b>Plaatsgebondenrisicocontouren niet beïnvloede leidingen</b>     | <b>5</b>  |
| 3.1      | Beschikbaar gestelde gegevens 36" RRP leiding                      | 5         |
| 3.2      | Beschikbaar gestelde gegevens 24" RRP leiding                      | 7         |
| 3.3      | Beschikbaar gestelde gegevens 8" PRB leiding                       | 8         |
| <b>4</b> | <b>Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede leidingen</b>          | <b>10</b> |
| 4.1      | Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 36" RRP leiding           | 10        |
| 4.2      | Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 24" RRP leiding           | 11        |
| 4.3      | Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 8" PPS leiding            | 12        |
| 4.4      | Toetsing plaatsgebondenrisicocontouren                             | 13        |
| 4.5      | Invloed windturbine op toekomstige leidingen in de leidingenstrook | 13        |
| <b>5</b> | <b>Conclusie</b>                                                   | <b>15</b> |

## Bijlage 1 Overzicht faalfrequenties per buisleiding

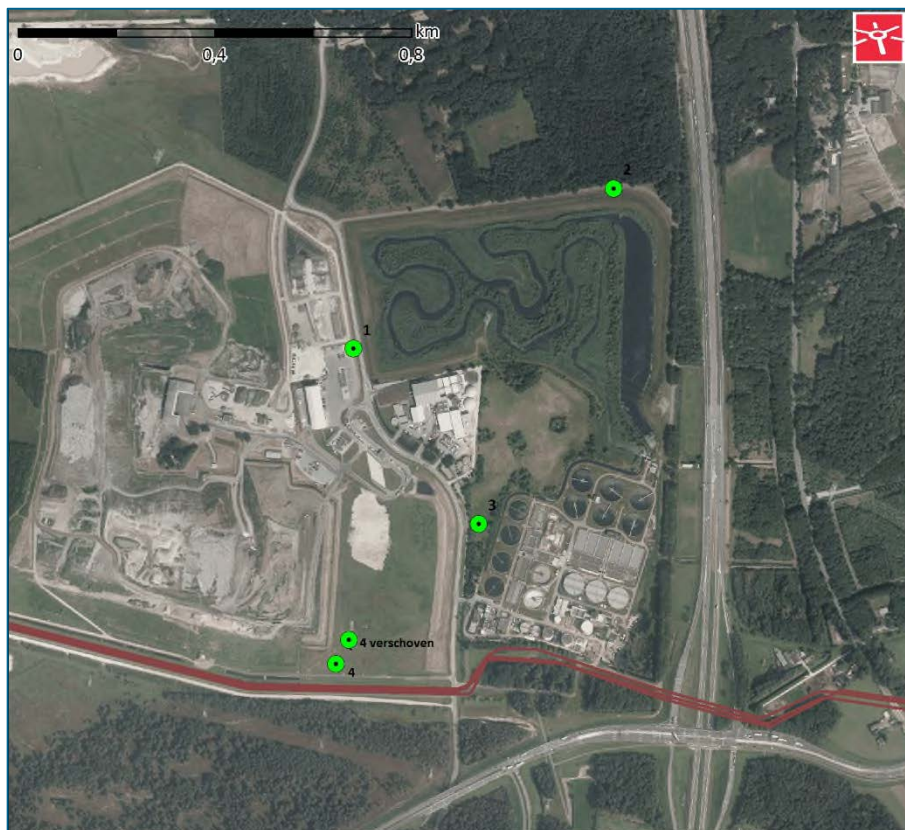
# 1 Inleiding

Bosch & van Rijn B.V. is betrokken bij de realisatie van een viertal windturbines op het Industrierrein De Spinder te Tilburg. De meest zuidelijke van deze geplande windturbines heeft een invloedsgebied dat overlap vertoont met een drietal pijpleidingen. Deze drie pijpleidingen liggen in een pijpleidingentracé dat in de Landelijke Structuurvisie Buisleidingen is aangewezen als een buisleidingentracé. Wanneer nieuwe leidingen aangelegd moeten worden, dienen deze in deze leidingenstrook gerealiseerd te worden.

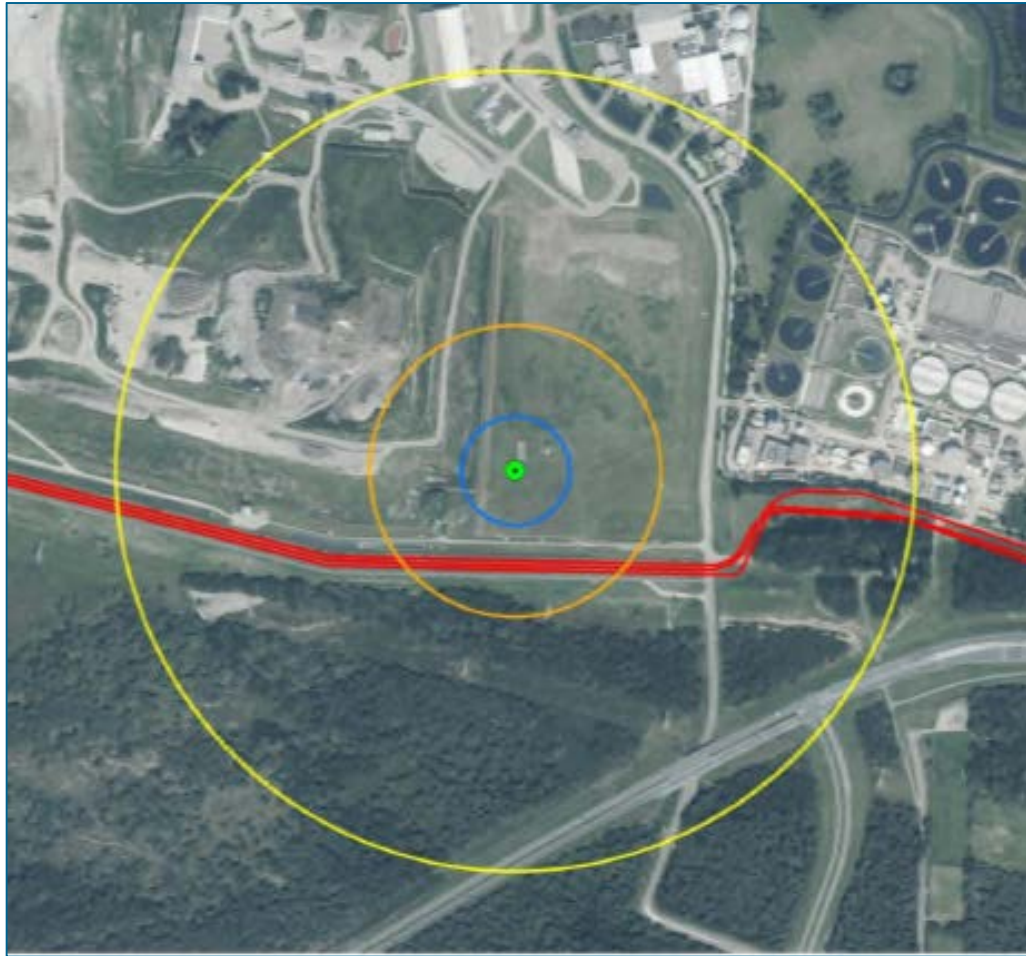
De gemeente Tilburg heeft Bosch & van Rijn B.V. verzocht een QRA op te stellen van de buisleidingen waarin de invloed van deze windturbine is verdisconteerd. In het voorliggend rapport is deze QRA uitgevoerd.

## *Locatie van de buisleidingen en windturbine*

In onderstaande figuur zijn de geplande locaties van de windturbines op industrieterrein De Spinder aangegeven. De leidingen zijn weergegevens als donkerbruine lijnen. De windturbine welke nader beschouwd wordt, is windturbine nr. 4 verschoven. Turbine 4 zal verplaatst worden naar locatie nr 4 verschoven. In figuur 1.2 is de nieuwe locatie van de turbine weergegeven met de bijbehorende  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  contouren.



Figuur 1.1: Locatie van de windturbines en de pijpleidingen op Industrieterrein De Spinder.



*Figuur 1.2: Nieuwe locatie van windturbine 4 en de pijpleidingen op Industrieterrein De Spinder.*

#### *De pijpleidingen*

In de leidingenstrook liggen de volgende leidingen:

- 36" ruwe olie leiding  
Eigenaar: N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij (RRP)
- 24" product leiding  
Eigenaar: N.V. Rotterdam-Rijn Pijpleiding Maatschappij (RRP)
- 8" product leiding (Rotterdam – Beek Pijpleiding: RBP leiding, RBP)  
Eigenaar: Petrochemical Pipeline Services B.V.

#### *De indeling van dit rapport is als volgt:*

In hoofdstuk 2 is het juridische kader geschetst. In hoofdstuk 3 wordt van elk van de drie leidingen de gegevens gepresenteerd die nodig zijn voor het berekenen van de beïnvloede  $10^{-6}$ /jaar contour.

In hoofdstuk 4 zijn als eerste gepresenteerd de additionele faalfrequenties zoals aangeleverd door de opdrachtgever, vervolgens zijn de nieuwe plaatsgebondenrisicocontouren gepresenteerd. In hoofdstuk 4 vindt vervolgens een toetsing plaats van de nieuwe berekende plaatsgebondenrisicocontouren waarna het rapport wordt afgesloten met een conclusie.

## 2 Het Juridische Kader

Windturbines vormen een risico voor de omgeving. Dit risico bestaat omdat een windturbine kan falen. Falen van een windturbine betreft het naar beneden vallen van windturbine-onderdelen, het wegwerpen van rotoronderdelen of het omvallen van de windturbine. De (losgeraakte) onderdelen kunnen vervolgens risicovolle inrichtingen en/of activiteiten raken waarbij risico ontstaat op vervolgeffecten. Deze vervolgeffecten (voornamelijk het ongecontroleerd vrijkomen van brandbare en of giftige stoffen) kunnen leiden tot het overlijden van personen. In dit geval is sprake van een domino-effect ten gevolge van falen van een windturbine. Ook kunnen de onderdelen rechtstreeks personen treffen, die daardoor kunnen overlijden.

### 2.1 Juridisch kader

#### **(Geprojecteerde) kwetsbare- en beperkt kwetsbare objecten**

##### *Activiteitenbesluit*

Het Activiteitenbesluit milieubeheer geeft normstelling voor het plaatsgebonden risico (PR) van windturbines. Kwetsbare objecten zijn niet toegestaan binnen de PR van  $10^{-6}$  per jaar contour, beperkt kwetsbare objecten ook niet binnen de PR van  $10^{-5}$  per jaar contour. Onder kwetsbare objecten vallen in ieder geval ziekenhuizen, verzorgingstehuizen, scholen en burgerwoningen. Ook kantoren met een bruto-vloeroppervlakte groter dan  $1.500 \text{ m}^2$  vallen onder de definitie kwetsbaar object, evenals "*gebouwen bestemd voor meer dan 50 personen*". Onder beperkt kwetsbare objecten vallen nagenoeg alle objecten die bestemd zijn voor menselijk verblijf (voor zover geen kwetsbaar object). Tevens zijn "objecten van hoge infrastructurele waarde" als beperkt kwetsbare objecten aangemerkt. Alleen objecten zoals transformatiehuisjes of reclamezuilen zijn in zijn geheel niet (beperkt) kwetsbaar.

##### *Wet ruimtelijke ordening (Wro)*

Het Activiteitenbesluit milieubeheer toetst aan feitelijk aanwezige kwetsbare- en beperkt kwetsbare objecten en niet aan objecten die niet aanwezig zijn, maar wel door het bestemmingsplan zijn toegestaan. In het kader van de Wro dient hier echter wel naar gekeken te worden (een goed ruimtelijke ordening). Wanneer een bestemmingsplan bijvoorbeeld een beperkt kwetsbaar object mogelijk maakt binnen een PR  $10^{-5}$  per jaar contour van een windturbine is er namelijk sprake van een latente saneringssituatie die urgent kan worden wanneer een bouwvergunning voor het beperkt kwetsbare object wordt aangevraagd.

#### **Buisleidingen**

##### *Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)*

In het Besluit externe veiligheid buisleidingen zijn regels gesteld voor de aanleg van windturbines nabij buisleidingen. Dit in verband met het additionele risico dat een windturbine kan hebben op een buisleiding. In het Bevb is opgenomen dat plaatsing van windturbines nabij buisleidingen is toegestaan, zolang dat er niet toe leidt dat de buisleiding door het additionele risico een risicocontour (PR  $10^{-6}$  per jaar) krijgt die over kwetsbare objecten in de omgeving valt (normwaarde) of over beperkt kwetsbare objecten (richtwaarde). Conform Handleiding risicoberekening Bevb worden voor elke afzonderlijke leiding de risico's berekend.

## **Buisleidingenstrook**

### *Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro)*

In het Barro zijn buisleidingstroken aangewezen voor de aanleg van toekomstige buisleidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Binnen deze buisleidingstrook zijn conform het Barro geen objecten zoals windturbines toegestaan. Het Barro doet verder geen uitspraak over het berekenen van risico's voor buisleidingstroken waarin meerdere leidingen aanwezig zijn. Voor het rekenen aan buisleidingen wordt derhalve de Handleiding risicoberekening Bevb voor afzonderlijke leidingen toegepast.

## 3 Plaatsgebondenrisicocontouren niet beïnvloede leidingen

Leidingeigenaren of leidingexploitanten dienen van hun leidingen waarmee gevaarlijke stoffen worden getransporteerd, een actuele QRA voorhanden te hebben. De leidingeigenaren-/-exploitanten hebben niet het rekenmodel waarmee de QRA is berekend beschikbaar gesteld. Wel hebben ze de benodigde gegevens waarmee de QRA kan worden herberekend, beschikbaar gesteld. In deze paragraaf hebben we op basis van de beschikbaar gestelde gegevens de plaatsgebondenrisicocontouren van elk van de drie leidingen opnieuw berekend. De daarvoor benodigde gegevens en modelleringsaspecten zijn in dit hoofdstuk verantwoord.

### 3.1 Beschikbaar gestelde gegevens 36" RRP leiding

RRP heeft een rekenmodule waarin de QRA wordt berekend, waarbij elke pijpleiding in een groot aantal pijpleiding delen is opgedeeld. Per pijpleidingdeel is een aantal parameters vastgelegd, waaronder de actuele druk. In onderstaande tabel is aangegeven welke gegevens zijn aangeleverd en gebruikt.

Tabel 3.1: Gegevens RRP 36" leiding

| Parameter                     | Waarde                                 | Bron                                                       |
|-------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Diameter                      | 36"                                    | RRP                                                        |
| Leiding delen                 | Leidingnummer gelegen tussen 7874-8106 | RRP                                                        |
| Bedekking                     | 90 cm                                  | RRP                                                        |
| Plasgrootte (diameter)        | 90,59 m                                | RRP                                                        |
| Faalkans breuk                | $3,36 \times 10^{-5}/\text{km}$        | RRP                                                        |
| Bedrijfsduurfractie           | 0,97                                   | RRP                                                        |
| Vervoerd product              | Ruwe Olie                              | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |
| Modelstof                     | n-octaan                               | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Faalkans lek                  | Niet relevant                          | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Druk in de leiding            | $2,45 \times 10^6 \text{ Pa}$          | RRP                                                        |
| $10^{-6}/\text{jaar}$ contour | 43,0 m                                 | RRP                                                        |
| Invloedsgebied (1%)           | 63,9 m                                 | RRP                                                        |

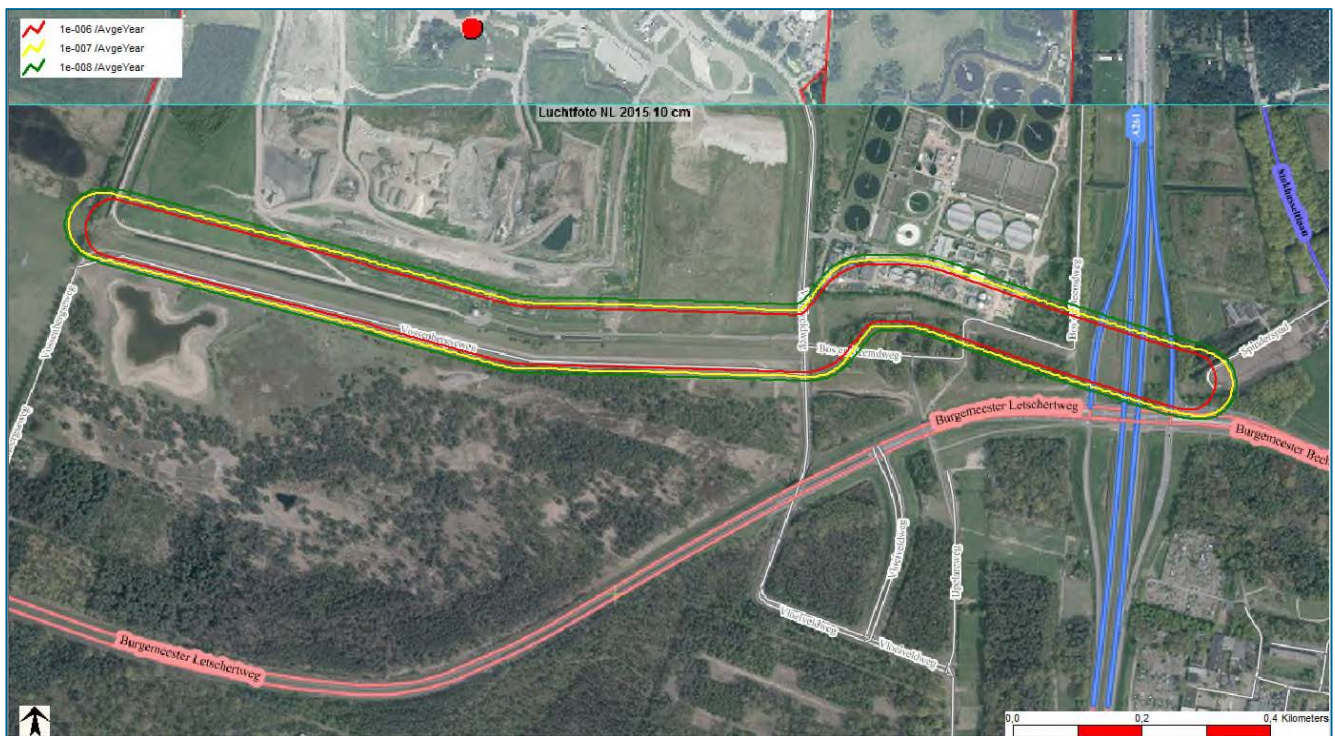
*Toelichting op deze tabel:*

Zoals reeds genoemd heeft RRP per leiding deelgegevens beschikbaar gesteld: het betreft 232 leidingdelen:

- De bedekking is in het overgrote deel van de leidingdelen 90 cm. Er is een 13-tal leidingdelen met een bedekking van 170 cm. Aangezien 90 cm bedekking een conservatiever uitgangspunt is dan 170 cm is een waarde van 90 cm gebruikt.
- De faalfrequentiebreuk is voor het overgrote deel van de leidingdelen  $3,36 \times 10^{-5}$ /km. Daar waar de bedekking 170 cm bedraagt is de faalfrequentie lager. Als conservatief uitgangspunt is een faalfrequentiebreuk van  $3,36 \times 10^{-5}$  per km gehanteerd.
- De druk in de leiding van de gespecificeerde leidingdelen varieert van  $2,45 \times 10^6$  Pa tot  $2,38 \times 10^6$  Pa. We hebben als conservatief uitgangspunt genomen  $2,45 \times 10^6$  Pa.
- De  $10^{-6}$ /jaar contour varieert voor de gespecificeerde leidingdelen van 43,0 m tot 42,7m. Het uitgangspunt is 43,0 m.
- De 1% letaliteitsafstand varieert voor de gespecificeerde leidingdelen van 63,9 tot 63,3 m. Uitgegaan is van 63,9 m.

**Resultaat**

De berekende niet beïnvloede  $10^{-6}$  per jaar contour heeft een grootte van 43,8 m. Gespecificeerd is een grootte van 43,0 m. Verschillen zijn mogelijk doordat het rekenmodel van RRP nauwkeuriger rekent en het meteorobestand en de oppervlakteruwheid niet is gespecificeerd. Om verschillen te berekenen met de beïnvloede leiding is uitgegaan van de berekende 43,8 m  $10^{-6}$  per jaar contour.



*Figuur 3.1: Berekende niet beïnvloede plaatsgebondenrisicocontouren RRP 36" leiding*

### 3.2 Beschikbaar gestelde gegevens 24" RRP leiding

RRP heeft een rekenmodule waarin de QRA wordt berekend, waarbij elke pijpleiding in een groot aantal pijpleidingdelen is opgedeeld. Per pijpleidingdeel is een aantal parameters vastgelegd, waaronder de actuele druk. In onderstaande tabel is aangegeven welke gegevens zijn aangeleverd en gebruikt.

**Tabel 3.2: Gegevens RRP 24" leiding**

| Parameter                     | Waarde                                                         | Bron                                                       |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Diameter                      | 24"                                                            | RRP                                                        |
| Leiding delen                 | Leidingnummer gelegen tussen 7741-7986                         | RRP                                                        |
| Bedekking                     | 90 cm                                                          | RRP                                                        |
| Plasgrootte (diameter)        | 102,4 m K1<br>96,2 m K2                                        | RRP<br>Afgeleid uit aangeleverde gegevens                  |
| Faalkans breuk                | $1,68 \times 10^{-5}/\text{km}$                                | RRP                                                        |
| Bedrijfsduur fractie          | 0,97                                                           | RRP (niet gebruikt in berekening)                          |
| Vervoerd product              | Productleiding                                                 | <a href="http://www.risicokaart.nl">www.risicokaart.nl</a> |
| Modelstof                     | n-octaan (50% van de tijd K1)<br>n-nonaan (50% van de tijd K2) | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Faalkans lek                  | Niet relevant                                                  | Handleiding Risicoberekening Bevb                          |
| Druk in de leiding            | $4,59 \times 10^6 \text{ Pa}$                                  | RRP                                                        |
| $10^{-6}/\text{jaar}$ contour | 42,6 m                                                         | RRP                                                        |
| Invloedsgebied (1%)           | 71,1 m                                                         | RRP                                                        |

*Toelichting op deze tabel:*

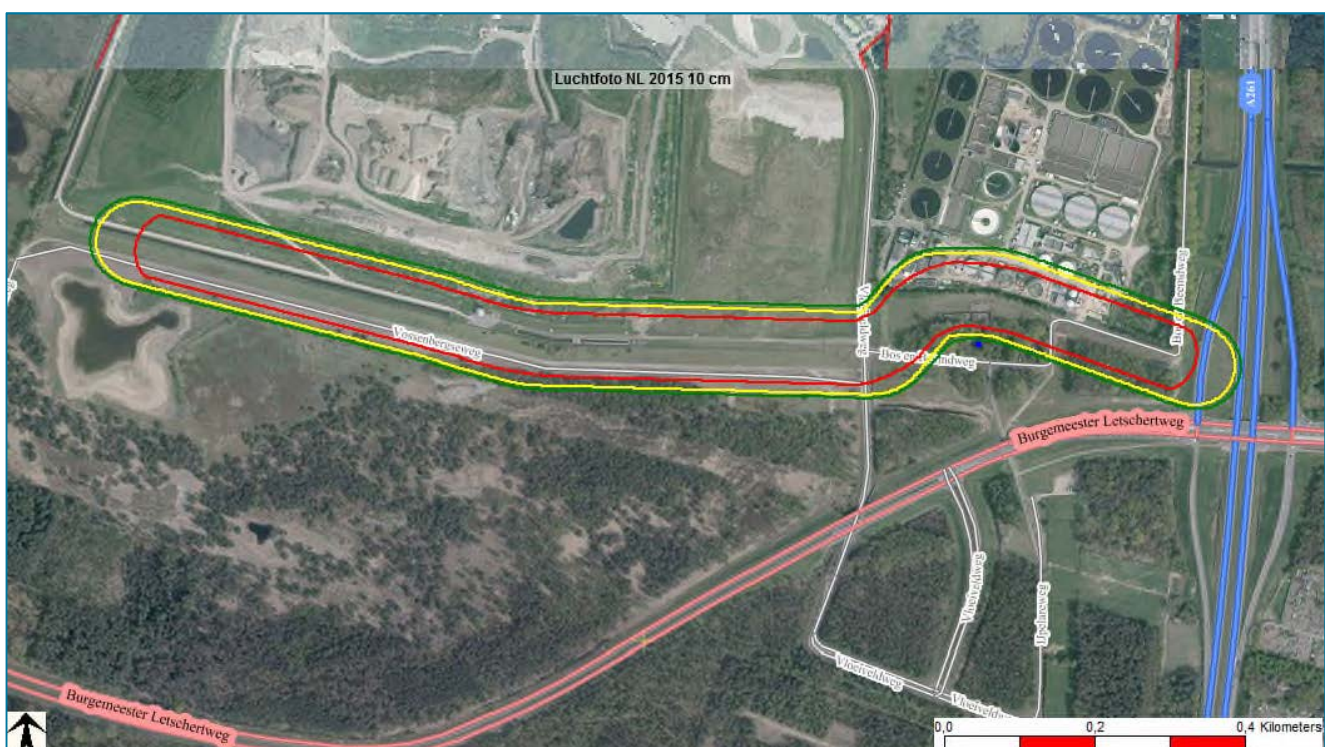
Zoals reeds genoemd heeft RRP per leidingdeel gegevens beschikbaar gesteld: het betreft 245 leidingdelen:

- De bedekking is in het overgrote deel van de leidingdelen 90 cm. Er is een 14-tal leidingdelen met een bedekking net even onder de 90 tot fors boven de 90 cm. Door deze afwijkingen van 90 cm is de gemiddelde bedekking hoger dan 90 cm. Aangezien 90 cm bedekking een conservatiever uitgangspunt is het gemiddelde, 90 cm, gebruikt.
- De faalfrequentiebreuk is voor het overgrote deel van de leidingdelen  $1,68 \times 10^{-5}/\text{km}$ . Daar waar de bedekking meer dan 90 cm bedraagt is de faalfrequentie lager. Als conservatief uitgangspunt is een faalfrequentiebreuk van  $1,68 \times 10^{-5}$  per km gehanteerd.
- Parameters druk, afmetingen  $10^{-6}/\text{jaar}$  contour en 1% letaliteitsafstand variëren enigszins over het relevante leidingstuk: de meest conservatieve waarden zijn gekozen op dezelfde wijze als toegelicht bij de 36 inch leiding.
- De plasgrootte bij uitstroming K2 is niet gegeven. Deze leiden we af aan de hand van aangeleverde gegevens. De uitstroming K1 door expansie bedraagt  $218,2 \text{ m}^3$ . De

compressibiliteit die daarbij hoort bedraagt  $1,1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$ . De compressibiliteit van K2 product bedraagt  $8,56 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ . Dit leidt tot een uitstroming K2 vanwege expansie van  $169,8 \text{ m}^3$ . De totale uitstroming bij K2 is dus  $218,2 \text{ m}^3 - 169,8 \text{ m}^3 = 48,4 \text{ m}^3$  minder dan bij K1. De totale uitstroming bij K1 bedroeg  $411,7 \text{ m}^3$ . De nieuwe uitstroming (bij K2) bedraagt dus  $363,4 \text{ m}^3$ . Bij een plasdikte van 5 cm leidt dit tot een plasdiameter van 96,2 m.

### Resultaat

De berekende, niet beïnvloede  $10^{-6}$  per jaar contour heeft een grootte van 41,8 m. Gespecificeerd is een grootte van 42,6 m. Verschillen zijn mogelijk doordat het rekenmodel van RRP nauwkeuriger rekt, meteobestand is niet gespecificeerd en oppervlakteruwheid is niet gespecificeerd. Om verschillen te berekenen met de beïnvloede leiding is uitgegaan van een berekende  $41,8 \text{ m } 10^{-6}$  per jaar contour.



Figuur 3.2: Berekende niet beïnvloede plaatsgebondenrisicocontouren RRP 24" leiding

## 3.3 Beschikbaar gestelde gegevens 8" PRB leiding

PRB heeft een samenvatting van de QRA aan gemeente toegestuurd waarin de gegevens nodig voor het kunnen reproduceren van de QRA zijn gepresenteerd. In onderstaande tabel is aangegeven welke gegevens zijn aangeleverd en gebruikt.

Tabel 3.3: Gegevens PRB 8" leiding

| Parameter | Waarde | Bron |
|-----------|--------|------|
| Diameter  | 8"     | PPS  |

**Tabel 3.3: Gegevens PRB 8" leiding**

| Parameter                     | Waarde                          | Bron                              |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Leiding delen                 | Oosterhout-Soerendonk           | PPS                               |
| Bedekking                     | 60 cm of meer                   | PPS                               |
| Plasgrootte (diameter)        | 2x 11,35 m = 22,70 m            | PPS                               |
| Faalkans breuk                | $5,77 \times 10^{-5}/\text{km}$ | PPS*                              |
| Bedrijfsduurfractie           | 1,0                             | PPS                               |
| Vervoerd product              | Productleiding                  | PPS                               |
| Modelstof                     | n-octaan                        | Handleiding Risicoberekening Bevb |
| Faalkans lek                  | Niet relevant                   | Handleiding Risicoberekening Bevb |
| Druk in de leiding            | $6,8 \times 10^6 \text{ Pa}$    | PPS                               |
| $10^{-6}/\text{jaar}$ contour | 10,3 m                          | PPS                               |
| Invloedsgebied (1%)           | 29,2 m (D5)<br>22,5 m (F1,5)    | PPS                               |

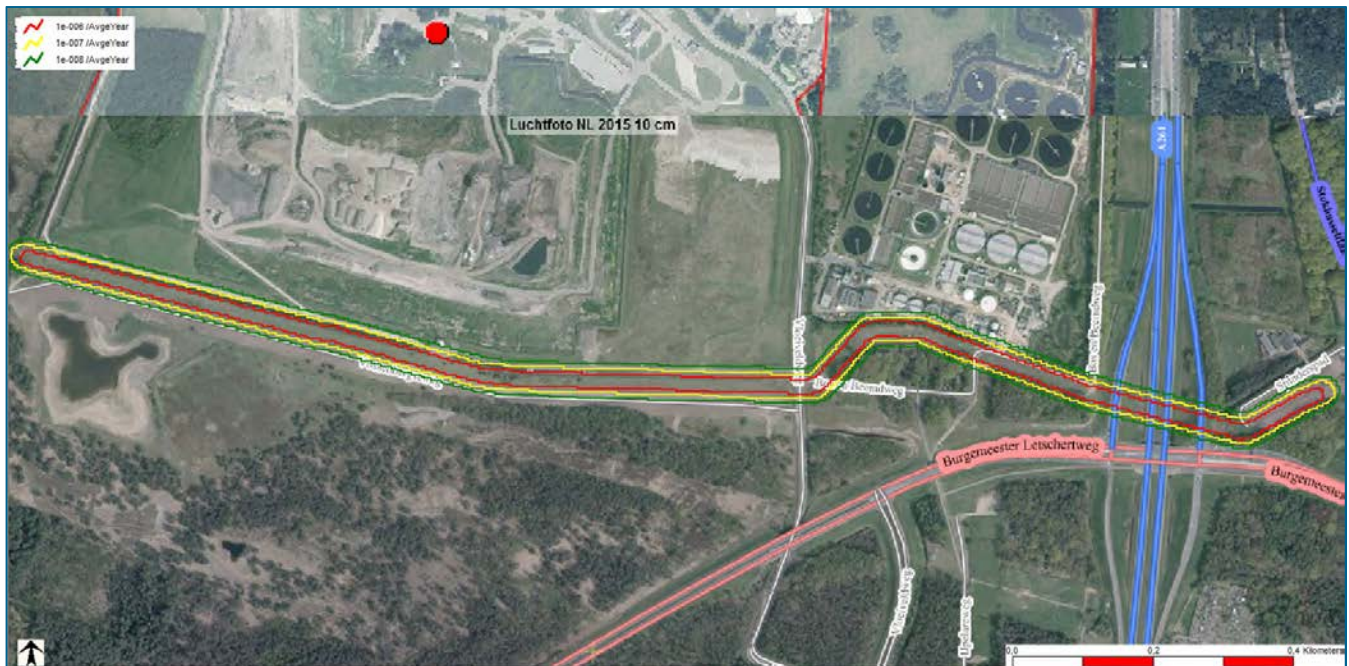
*Toelichting op deze tabel:*

Zoals reeds genoemd heeft PPS per leidingdeel gegevens beschikbaar gesteld: het betreft 3 leidingdelen: alleen het deel Oosterhout- Soerendonk is van belang: Tilburg is gelegen aan dit tracé:

- De faalfrequentiebreuk is niet gespecificeerd: wel is gespecificeerd welke stand der techniek maatregelen van toepassing zijn en welke minimale diepte ligging van toepassing is. Op basis hiervan is de faalfrequentie afgeleid.

**Resultaat**

De berekende, niet beïnvloede  $10^{-6}/\text{jaar}$  contour heeft een grootte van 10,3 m. Gespecificeerd is een grootte van 10,3 m. Dit komt dus goed overeen.



Figuur 3.3: Berekende niet beïnvloede plaatsgebondenrisicocontouren PRB 8" leiding

## 4 Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede leidingen

Bosch & van Rijn B.V. heeft raakfrequenties gespecificeerd van de drie leidingen. In onderstaande tabel 4.1 is dit uitgewerkt. Raken van de leiding worden gelijkgesteld aan falen van de leiding.

Gespecificeerde raakfrequentie buisleidingen

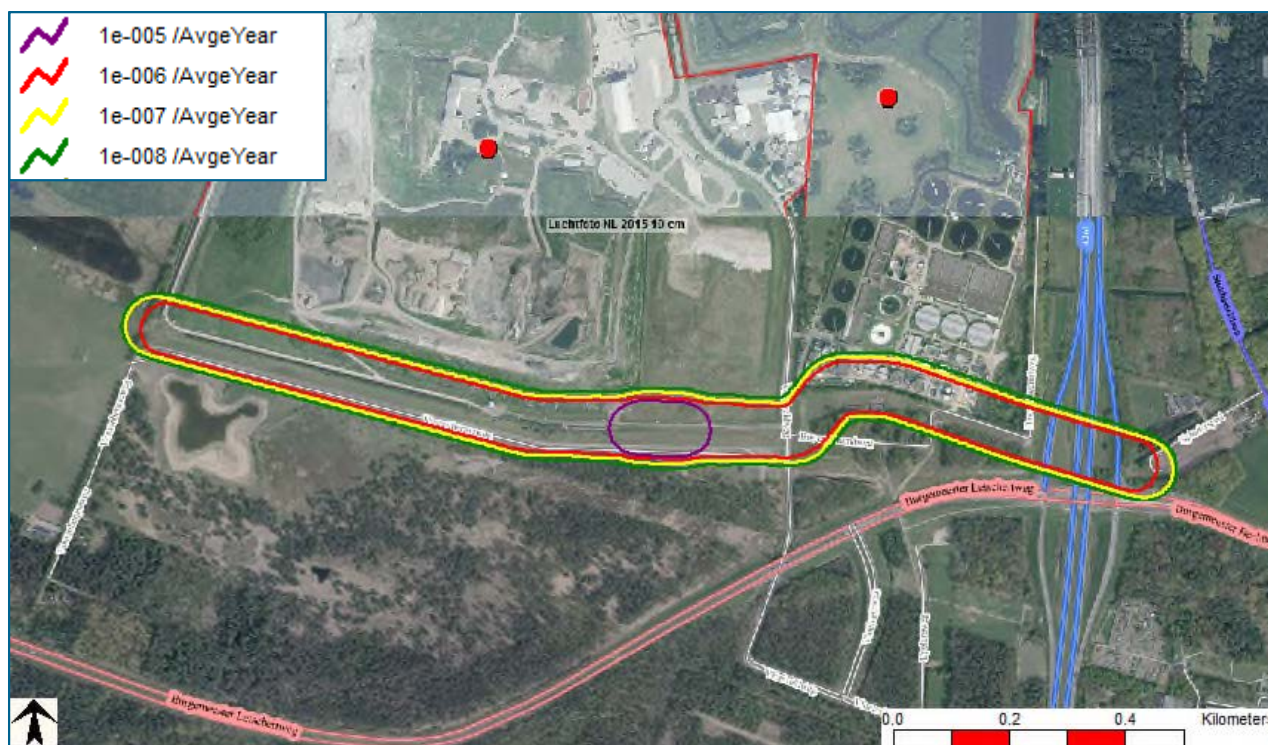
| Onderwerp           | Wind turbine Scenario   | Raakfrequentie [1/jaar] | Lengte buisleiding [m] |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| RRP 36" buisleiding | Werpafstand nominaal    | $6,15 \times 10^{-6}$   | 253                    |
|                     | Werpafstand 2x nominaal | $1,93 \times 10^{-8}$   | 629                    |
|                     | Mastbreuk               | $5,67 \times 10^{-5}$   | 99                     |
| RRP 24" buisleiding | Werpafstand nominaal    | $6,44 \times 10^{-6}$   | 245                    |
|                     | Werpafstand 2x nominaal | $2,30 \times 10^{-8}$   | 667                    |
|                     | Mastbreuk               | $5,50 \times 10^{-5}$   | 78                     |
| PPS 8" Buisleiding  | Werpafstand nominaal    | $1,61 \times 10^{-5}$   | 238                    |
|                     | Werpafstand 2x nominaal | $8,75 \times 10^{-8}$   | 984                    |
|                     | Mastbreuk               | $6,54 \times 10^{-5}$   | 164                    |

Tabel 4.1: Raakfrequenties van de buisleidingen

In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de additionele faalfrequenties. Bovenstaande frequenties zijn omgewerkt naar leidingtracédelen met een verhoogde frequentie. De resultaten daarvan zijn in onderstaande paragrafen weergegeven.

### 4.1 Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 36" RRP leiding

In onderstaande figuur is de plaatsgebondenrisicocontour getoond van de 36" leiding waarin de invloed van de windturbine is verdisconteerd.

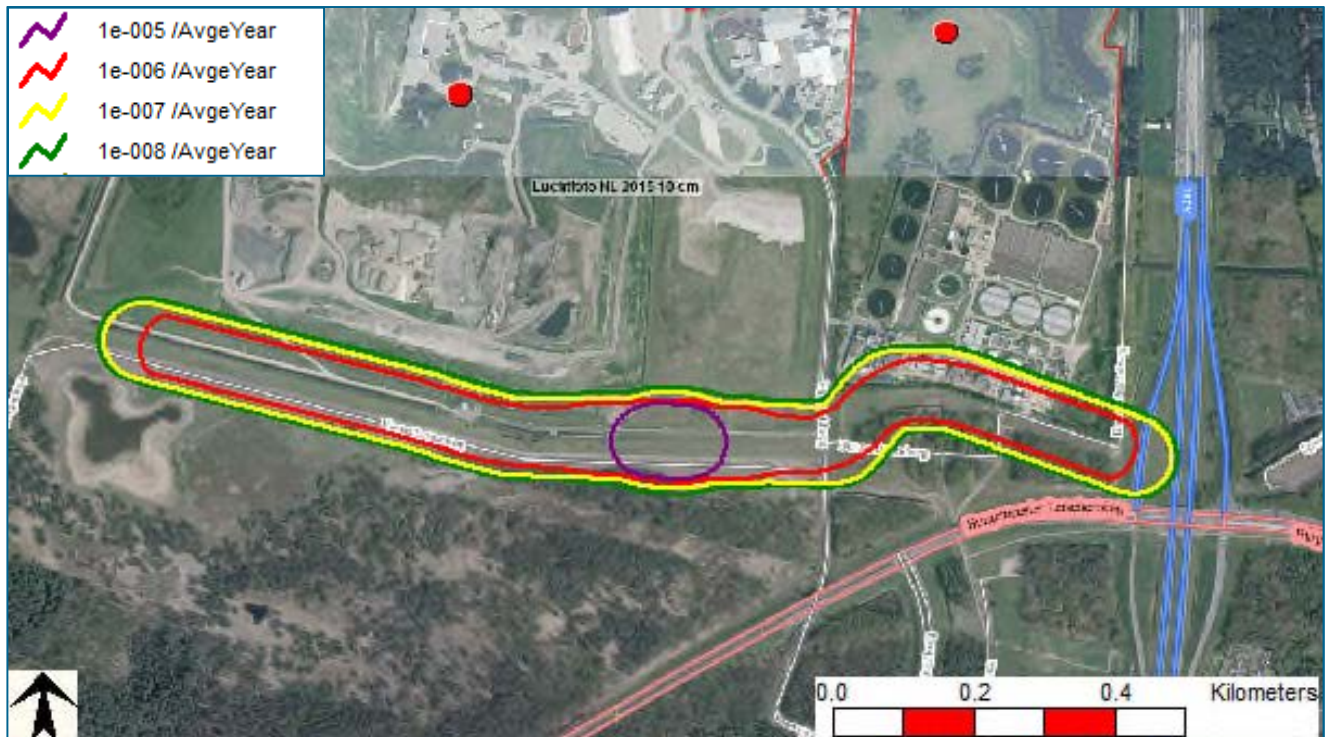


Figuur 4.1: Plaatsgebondenrisicocontour 36" leiding beïnvloed door windturbine

Ter plaatse van de windturbine is de  $10^{-6}$  per jaar contour circa 52,9 m. Buiten het bereik van het scenario mastbreuk/bladbreuk nominaal is de  $10^{-6}$  per jaar contour 43,8 m: daar is de beïnvloeding dusdanig laag dat dit niet leidt tot een vergroting van de contour.

## 4.2 Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 24" RRP leiding

In onderstaande figuur is de plaatsgebondenrisicocontour getoond van de 36" leiding waarin de invloed van de windturbine is verdisconteerd.



Figuur 4.2: Plaatsgebondenrisicocontour 24" leiding beïnvloed door windturbine

Ter plaatse van de windturbine is de  $10^{-6}$ /jaar contour circa 58,1 m. Buiten het bereik van het scenario mastbreuk en bladbreuk nominaal is de  $10^{-6}$ /jaar contour 41,8 m: daar is de beïnvloeding dusdanig laag dat dit niet leidt tot een vergroting van de contour.

#### 4.3 Plaatsgebondenrisicocontouren beïnvloede 8" PPS leiding

In onderstaande figuur is de plaatsgebondenrisicocontour getoond van de 8" leiding waarin de invloed van de windturbine is verdisconteerd. Het blijkt dat de grootste  $10^{-6}$  per jaar contour circa 17,6 meter bedraagt. Dit is een toename van 7,3 m ten opzichte van de oorspronkelijke contour.



Figuur 4.3: Plaatsgebonden risicocontour 8" leiding beïnvloed door windturbine

#### 4.4 Toetsing plaatsgebondenrisicocontouren

##### Beïnvloede 36" RRP leiding, 24" RRP leiding en 8" PPS leiding

Binnen het deel van de  $10^{-6}$ /jaar contour (van elke leiding) dat als gevolg van de windturbine vergroot is liggen de volgende bestemmingen: (volgens Bestemmingsplan Lobelia-Spinder-Rugdijk):

- Bedrijven (geen bouwvlakken)
- Natuur
- Verkeer

Hieruit concluderen we dat er geen objecten zijn toegestaan binnen de vergrote  $10^{-6}$  per jaar. Dit betekent tevens dat er geen kwetsbare objecten of beperkt kwetsbare objecten zijn toegestaan binnen de vergrote contour. Er is voldaan aan de normwaarde van het Bevb dat er geen kwetsbare objecten binnen de  $10^{-6}$ /jaar contour aanwezig mogen zijn. Er is tevens voldaan aan de richtwaarde dat er geen beperkt kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn. De conclusie is dat ook wanneer de windturbine wordt gerealiseerd, er voldaan wordt aan de normstelling ten aanzien van het plaatsgebonden risico vanuit het Bevb.

#### 4.5 Invloed windturbine op toekomstige leidingen in de leidingenstrook

Het Bevb schrijft voor dat elke afzonderlijke leiding die aangelegd wordt in de leidingenstrook moet voldoen aan de normen van het Bevb. Dit houdt onder andere in dat elke leiding die nieuw aangelegd wordt een maximale  $10^{-6}$ /jaar contour heeft die niet groter is dan 5 m uit het hart van de leiding. De invloed van de windturbine moet daarin reeds meegenomen zijn. Dit kan er toe leiden dat de leidingexploitant of leidingeigenaar extra maatregelen moet treffen om aan deze norm te voldoen.

Mogelijk maatregelen betreffen:

- Verdiept aanleggen van de leiding;

- Voldoen aan de voorwaarden die leiden tot een 'stand der techniek' leiding;
- Aanvullende maatregelen zoals:
  - Actief rappel binnen 10 dagen;
  - Waarschuwingsslint;
  - Beschermende platen;
  - Verregaande restricties;
  - Graaf en boor verbod;
  - Beperkte restricties;
  - Camera toezicht;
  - Strikte begeleiding werkzaamheden;
  - Extra dekking aanbrengen;
  - Eisen aan wanddikte van de buisleiding in relatie tot corrosie toeslag;
  - Toegestane druk in de leiding is lager dan 30% van de specified minimum yield strength (SMYS);
  - Regelmatig toepassen High Resolution Metal Inline Inspection Analyse plus zonodig reparatie;;
  - Wegnemen van ontoelaatbare zettingen;
  - Overdrukbeveiliging op basis van SIL: toegepaste SIL = berekende SIL+1;
  - Overdrukbeveiliging op basis van SIL: toegepaste SIL = berekende SIL +2.

#### 4.5.1 Risk-ranking

In de nabijheid van de buisleiding zijn 2 bedrijfswoningen gelegen (zie onderstaande figuur). De invloed van de windmolen op het risico voor deze woningen is bepaald met behulp van risk ranking point die gepositioneerd zijn op de locaties van de 2 woningen.



*Figuur 4.4: Ligging van de bedrijfswoningen waarvoor risk-ranking is beschouwd.*

Het plaatsgebonden risico indien aanwezig op de locaties van de woningen is in onderstaande tabel weergegeven in zowel de situatie met als zonder de aanwezigheid van de turbine.

**Risk-ranking resultaten van nabijgelegen bedrijfswoningen**

| 36 inch leiding | Plaatsgebonden risico<br>(per jaar) |                          |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|
|                 | Westelijk gelegen woning            | Oostelijk gelegen woning |
| Zonder turbine  | $2.49728 \times 10^{-9}$            | -                        |
| Met turbine     | $2.49728 \times 10^{-9}$            | -                        |
| 24 inch leiding | Plaatsgebonden risico<br>(per jaar) |                          |
|                 | Westelijk gelegen woning            | Oostelijk gelegen woning |
| Zonder turbine  | $2.63952 \times 10^{-8}$            | $1.57945 \times 10^{-9}$ |
| Met turbine     | $2.63952 \times 10^{-8}$            | $1.57945 \times 10^{-9}$ |
| 8 inch leiding: | Plaatsgebonden risico<br>(per jaar) |                          |
|                 | Westelijk gelegen woning            | Westelijk gelegen woning |
| Zonder turbine  | -                                   | -                        |
| Met turbine     | -                                   | -                        |

Uit de resultaten van de risk-ranking kan worden geconcludeerd dat het risico ter hoogte van de twee bedrijfswoningen niet wordt beïnvloed door de aanwezigheid van de windturbine.

## 5 Conclusie

Windturbine nr. 4, geplande verschoven locatie op Industrie terrein de Spinder heeft een invloedsgebied dat een drietal buisleidingen in een buisleidingtracé overlapt. Dit betreft de volgende buisleidingen.

- 36" leiding RRP
- 24" leiding RRP
- 8" leiding PPS.

In dit rapport zijn, op basis van aangeleverde additionele faalfrequenties als gevolg van de aanwezigheid van de windturbine, de effecten van de windturbine op de plaatsgebondenrisicocontouren berekend. Tevens is getoetst of binnen deze vergrote  $10^{-6}$  per jaar plaatsgebondenrisicocontouren kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn conform het bestemmingsplan. De resultaten zijn als volgt.

Binnen het invloedsgebied van het scenario mastbreuk/ bladbreuk nominaal wordt de  $10^{-6}$  per jaar contour voor de volgende leidingen, als volgt vergroot:

- 36" leiding RRP:  $10^{-6}$ /jaar contour was 43,8 m, wordt door beïnvloeding 52,9 m, dus 9,1 m komt extra (in rapportage RRP was een oorspronkelijke contour van 43,0 m gegeven, deze kon niet geheel gereproduceerd worden);
- 24" leiding RRP:  $10^{-6}$ /jaar contour was 41,8 m, wordt door beïnvloeding 58,1 m, dus 16,3 m komt extra (in de rapportage RRP was een oorspronkelijke contour van 42,6 m gegeven, deze kon niet geheel gereproduceerd worden);
- 8"leiding PPS: de 8" leiding PPS:  $10^{-6}$ /jaar contour was 10,3 m, wordt door beïnvloeding 17,6 m, dus 7,3 m komt er bij.

Binnen genoemde vergrote contouren zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig en toegestaan volgens het bestemmingsplan. Het plaatsgebonden risico van de twee bedrijfswoningen nabij de leidingen wordt niet beïnvloed door de aanwezigheid van de turbine. Hiermee is voldaan aan de normstelling uit het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) ten aanzien van plaatsgebonden risico.

## **Bijlage 1 Overzicht faalfrequenties per buisleiding**

**met additionele frequenties agv windturbine**

## **Bijlage 1 Overzicht faalfrequenties per buisleiding**

**QRA drie pijpleidingen De Spinder Tilburg**

Invloed van een Windturbine op ligging plaatsgebondenrisicocontouren

projectnummer 0412144.00

23 december 2016 revisie 2.0

Bosch &amp; van Rijn B.V.



|                                                 |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
|-------------------------------------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|-----------|----------------|
| <b>Buisleiding 36": Ruwe olie</b>               |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Mastbreuk                                       |                | 98,6 m    | Halve afstand | 49,3      |                                                                  | Additionele kans | 5,67E-05    | /tracee   | 5,75E-07 /m    |
| Blad nominaal                                   |                | 253,1 m   | Halve afstand | 126,6     | 77,3                                                             | Additionele kans | 6,15E-06    | /tracee   | 2,43E-08 /m    |
| Blad 2x nominaal                                |                | 628,7 m   | Halve afstand | 314,4     | 187,8                                                            | Additionele kans | 1,93E-09    | /tracee   | 3,07E-12 /m    |
|                                                 |                | 187,8     | 77,3          | 49,3      |                                                                  | 5,75E-07 [1/m.j] |             |           |                |
|                                                 |                | 187,8     |               | 77,3      |                                                                  | 2,43E-08 [1/m.j] | 2,43E-08    |           |                |
|                                                 |                |           |               | 314,4     |                                                                  | 3,07E-12 [1/m.j] | 3,07E-12    | 3,07E-12  |                |
|                                                 |                |           | 6,15E-06      |           | 6,29E-05                                                         | 5,99E-07 /m      | 2,43E-08    | 3,07E-12  |                |
|                                                 |                |           |               |           | 98,6 m                                                           |                  |             |           |                |
| Additionele frequenties: [1/j]                  |                |           |               |           |                                                                  | 5,91E-05         |             |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 1,88E-06         | 1,88E-06    |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 5,77E-10         |             | 5,77E-10  |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Oorspronkelijke frequentie                      | 3,36E-05       | 6,31E-06  | 2,6E-06       | 3,31E-06  |                                                                  |                  | 2,5956E-06  | 6,31E-06  |                |
|                                                 |                | 187,8     | 77,25         | 98,6      |                                                                  |                  | 77,25       | 187,8     |                |
| Opgeteld                                        |                | 6,31E-06  | 4,47E-06      | 6,24E-05  |                                                                  |                  | 4,47291E-06 | 6,31E-06  |                |
|                                                 | buiten de ring | 3e ring   | 2e ring       | 1e ring   |                                                                  |                  | 2e ring     | 3e ring   | buiten de ring |
|                                                 | per km         | per trace | per trace     | per trace |                                                                  |                  | per trace   | per trace | per km         |
| Buisleiding 36": Ruwe olie                      | 100,00%        | 100,01%   | 172,33%       | 1883,79%  |                                                                  |                  | 172,33%     | 100,01%   | 100,00%        |
|                                                 | buiten de ring | 3e ring   | 2e ring       | 1e ring   |                                                                  |                  | 2e ring     | 3e ring   | buiten de ring |
| <b>Buisleiding": 24" Productleiding RRP</b>     |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Mastbreuk                                       |                | 78,2 m    | Halve afstand | 39,1      |                                                                  | Additionele kans | 5,50E-05    | /tracee   | 7,03E-07 /m    |
| Blad nominaal                                   |                | 244,9 m   | Halve afstand | 122,5     | 83,4                                                             | Additionele kans | 6,44E-06    | /tracee   | 2,63E-08 /m    |
| Blad 2x nominaal                                |                | 666,7 m   | Halve afstand | 333,4     | 210,9                                                            | Additionele kans | 2,30E-08    | /tracee   | 3,45E-11 /m    |
|                                                 |                | 210,9     | 83,4          | 39,1      |                                                                  | 7,03E-07 [1/m.j] |             |           |                |
|                                                 |                | 210,9     |               | 122,5     |                                                                  | 2,63E-08 [1/m.j] | 2,63E-08    |           |                |
|                                                 |                |           |               | 333,4     |                                                                  | 3,45E-11 [1/m.j] | 3,45E-11    | 3,45E-11  |                |
|                                                 |                |           | 6,46E-06      |           | 6,15E-05                                                         | 7,30E-07 /m      | 2,63E-08    | 3,45E-11  |                |
|                                                 |                |           |               |           | 78,2 m                                                           |                  |             |           |                |
| Additionele frequenties: [1/j]                  |                |           |               |           |                                                                  | 5,71E-05         |             |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 2,19E-06         | 2,19E-06    |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 7,28E-09         |             | 7,28E-09  |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Oorspronkelijke frequentie                      | 1,68E-05       | 3,54E-06  | 1,40E-06      | 1,31E-06  |                                                                  |                  | 1,40E-06    | 3,54E-06  |                |
|                                                 | per km         |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Opgeteld                                        |                | 3,55E-06  | 3,59E-06      | 5,84E-05  |                                                                  |                  | 3,59496E-06 | 3,55E-06  |                |
|                                                 |                | 3e ring   | 2e ring       | 1e ring   |                                                                  |                  | 2e ring     | 3e ring   |                |
|                                                 | per km         | per trace | per trace     | per trace |                                                                  |                  | per trace   | per trace | per km         |
| <b>Buisleiding: 8" PRB Productenleiding PPS</b> |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Mastbreuk                                       |                | 164,3 m   | Halve afstand | 82,2      |                                                                  | Additionele kans | 6,54E-05    | /tracee   | 3,98E-07 /m    |
| Blad nominaal                                   |                | 237,8 m   | Halve afstand | 118,9     | 36,8                                                             | Additionele kans | 1,61E-05    | /tracee   | 6,77E-08 /m    |
| Blad 2x nominaal                                |                | 984,3 m   | Halve afstand | 492,2     | 373,3                                                            | Additionele kans | 8,75E-08    | /tracee   | 8,89E-11 /m    |
|                                                 |                | 373,3     | 36,8          | 82,2      |                                                                  | 3,98E-07 [1/m.j] |             |           |                |
|                                                 |                | 373,3     |               | 118,9     |                                                                  | 6,77E-08 [1/m.j] | 6,77E-08    |           |                |
|                                                 |                |           |               | 492,2     |                                                                  | 8,89E-11 [1/m.j] | 8,89E-11    | 8,89E-11  |                |
|                                                 |                |           | 1,62E-05      |           | 8,16E-05                                                         | 4,66E-07 /m      | 6,78E-08    | 8,89E-11  |                |
|                                                 |                |           |               |           | 164,3 m                                                          |                  |             |           |                |
| Additionele frequenties: [1/j]                  |                |           |               |           |                                                                  | 7,65E-05         |             |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 2,49E-06         | 2,49E-06    |           |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  | 3,32E-08         |             | 3,32E-08  |                |
|                                                 |                |           |               |           |                                                                  |                  |             |           |                |
| Oorspronkelijke frequentie                      | 5,77E-05       | per km    | 5,77E-08      | per m     | afgeleid uit beschrijving (samenvatting QRA: Bas Chiaradia: PPS) |                  |             |           |                |
| oorspronkelijk                                  |                | 2,15E-05  | 2,12E-06      |           | 9,48E-06                                                         |                  | 2,12E-06    | 2,15E-05  |                |
| Additioneel                                     |                | 3,32E-08  | 2,49E-06      |           | 7,65E-05                                                         |                  | 2,49E-06    | 3,32E-08  |                |
| Opgeteld/totaal                                 |                | 2,16E-05  | 4,61E-06      |           | 8,60E-05                                                         |                  | 4,61E-06    | 2,16E-05  |                |

---

## Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

---

## Contactgegevens

Tolhuisweg 57  
8443 DV HEERENVEEN  
Postbus 24  
8440 AA HEERENVEEN  
T. (0570) 66 39 93  
E. [rudi.vanrooij@anteagroup.com](mailto:rudi.vanrooij@anteagroup.com)

**[www.anteagroup.nl](http://www.anteagroup.nl)**



Groenmarktstraat 56  
3521 AV Utrecht  
[www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

© Bosch & Van Rijn 2016

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.