

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.

Opdrachtgever

Prodeon BV



Windpark Deil

Risicoanalyse voorkeursalternatief



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 Deil

Risicoanalyse voorkeursalternatief

Datum
6-2-2017

Versie
1.2

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: 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

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
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>	5
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	6
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	8
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	9
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	9
3.3	<i>Buisleidingen voor transport van gevaarlijke stoffen</i>	10
3.4	<i>Rijkswegen</i>	10
3.5	<i>Spoorwegen</i>	11
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	12
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	13
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	14
4.3	<i>Buisleidingen</i>	15
4.4	<i>Rijkswegen</i>	17
4.5	<i>Spoorwegen</i>	24
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIE	27
5.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	28
5.2	<i>Risicovolle installaties</i>	28
5.3	<i>Buisleidingen</i>	28
5.4	<i>Passanten</i>	28
5.5	<i>Spoorwegen</i>	29
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	30
BIJLAGE A	OPSTELLING VOORKEURSALTERNATIEF	31
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	33
BIJLAGE C	WERPAFSTANDEN TURBINETYPE	42
BIJLAGE D	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	43

Hoofdstuk 1 Inleiding



1.1 Inleiding

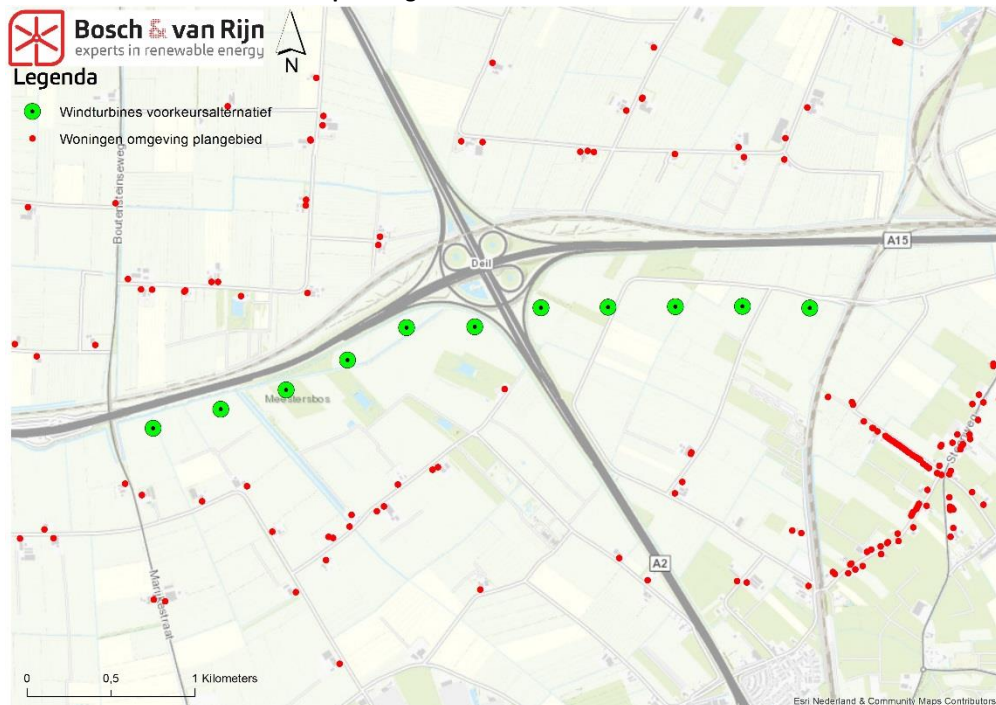
Voorliggend kwantitatieve risicoanalyse is opgesteld om de (externe) risico's van nieuw te plaatsen windturbines op windlocatie knooppunt Deil inzichtelijk te maken. Dit document is onderbouwing van het bestemmingsplan en de omgevingsvergunning.

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

1.2 Voornemen

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

Figuur 1 Voorkeursalternatief voorkeursopstelling



1.3 Te onderzoeken windturbinetypes

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

- Ashoogte: minimaal 110 meter, maximaal 140 meter.
- Rotordiameter: minimaal 120 meter, maximaal 140 meter.

In deze QRA is op basis van bovenstaande bandbreedte de worst case benadering toegepast. Hiermee zijn de maximale effecten in beeld gebracht.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van windturbines beschreven. Hoofdstuk 3 bevat het 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. 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. Hierbij 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, Handboek Risicoberekeningen Windturbines (HRW) 2014), het kogelbaanmodel (zie Bijlage 1. Bron: Bijlage C, HRW 2014) en parameters van de specifieke windturbintypes zijn de werpafstanden en risicocontouren berekend. In bijlage B staan de gehanteerde formules gegeven en bijlage C bevat per windturbintype een printscreen van de resultaten. Hieruit volgen de volgende afstanden:

Tabel 1

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
		10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Senvion3.4m-140-140	140	70	166	153	378

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

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- Buisleidingen
- Rijkswegen
- Spoorwegen

Hoogspanningsinfrastructuur is niet relevant, omdat er geen hoogspanningsinfrastructuur binnen de invloedssfeer van de windturbine is gelegen.

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 D voor de definities kwetsbare en beperkt 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 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 risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines¹ 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.*

¹ Handboek Risicozonering Windturbines, 2014.

3.3 Buisleidingen voor transport van gevaarlijke stoffen

De externe veiligheidseisen voor buisleidingen zijn gegeven in het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (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 (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 worden geaccepteerd.*

3.4 Rijkswegen

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden 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 honderdzig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico

Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden. 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."

3.5 Spoorwegen

Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtst bij gelegen spoor is minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter.

Voor spoorwegen op een talud (zoals hier het geval is) geldt een vergunningsplicht binnen 6 meter.

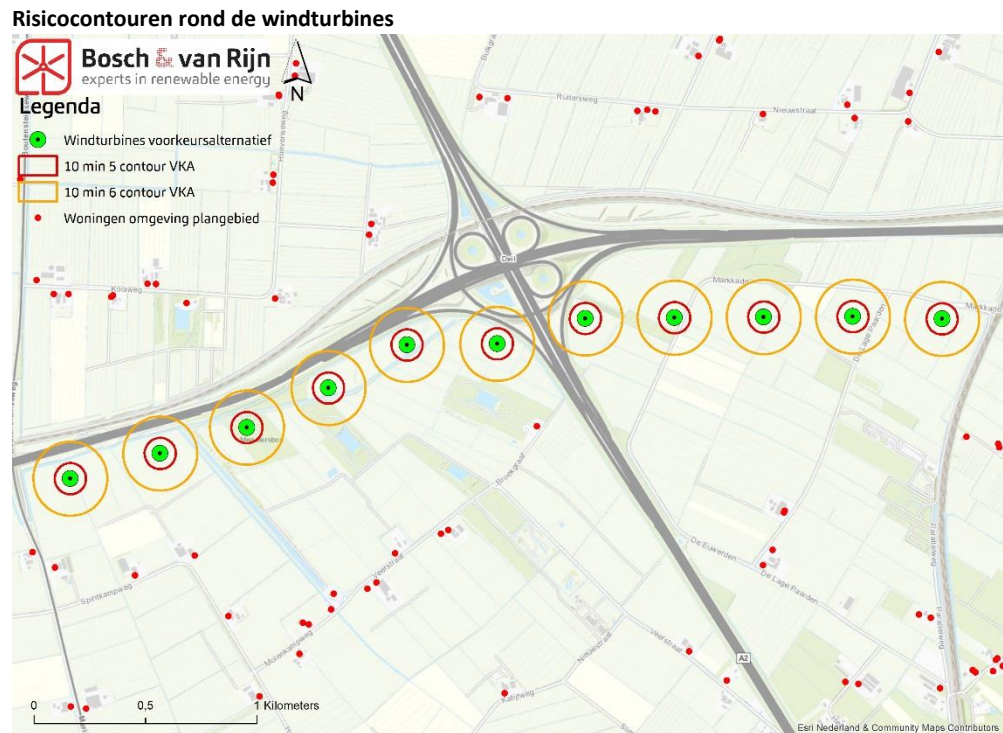
Hoofdstuk 4 Risicoanalyse



4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De berekende 10^{-5} en 10^{-6} contouren zijn weergegeven op kaart. Per windturbine-locatie is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Voor de gebouwen binnen de 10^{-6} contour is nagegaan of sprake is van een kwetsbaar object betreft (risicokaart.nl). In onderstaand figuur zijn de risicocontouren en werpafstanden van de referentie windturbintetype te vinden.

Figuur 2

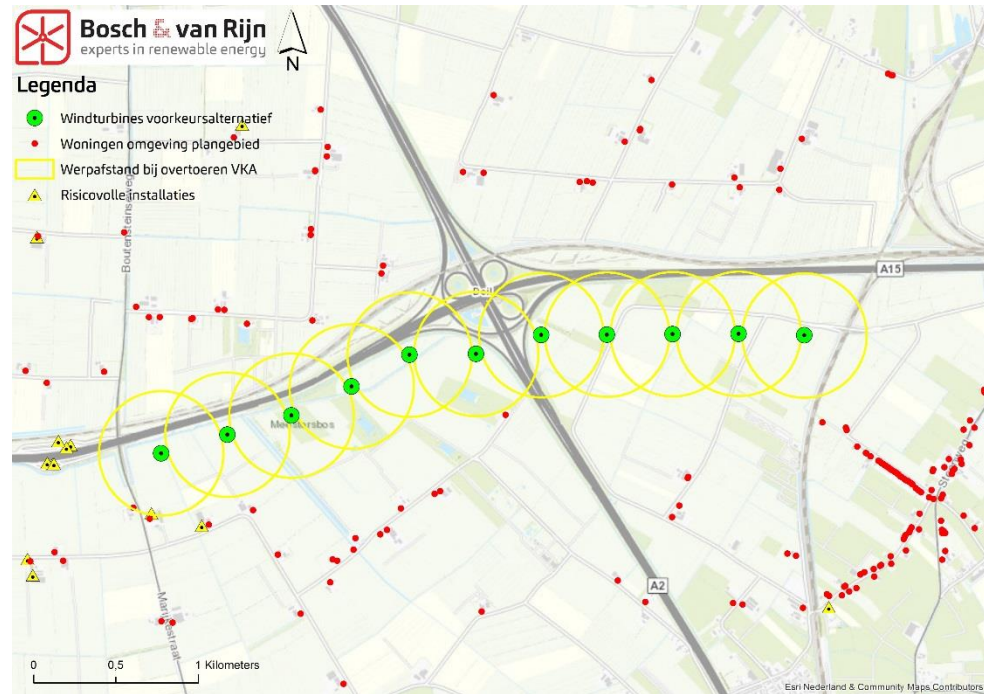


Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.2 Risicovolle installaties

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

Figuur 3 Risicovolle installaties Voorkeursalternatief



Op basis van de ingetekende werpafstanden, de luchtfoto en de risicokaart (www.risicokaart.nl) zijn risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden. In onderstaande tabel is aangegeven welke turbine de betreffende turbine is waarvan de werpafstand bij overtoeren tot de risicovolle installatie reikt.

Windturbine	Installatie	Inhoud (l)	Afstand tot installatie (m)
1	Propaantank	8000	373

Hoewel de risicovolle installatie zich binnen de werpafstand bij overtoeren bevindt is met zekerheid te zeggen dat de risicoverhoging niet significant is. Dit kan worden geconcludeerd op basis van het feit dat alleen het scenario werpafstand bij overtoeren van toepassing is.

4.3 Buisleidingen

Voor buisleidingen wordt eerst gekeken of er substantiële risicoverhogingen te verwachten zijn. Het scenario 'wielbreuk bij overtoeren' kent een zeer lage kans en een groot bereik waarmee de kans dat het zwaartepunt de leiding treft verwaarloosbaar klein is ($\approx 10^{-9}$ per jaar).

Wanneer het zwaartepunt van de wiel, de gondel of de mast de leiding kan treffen in de scenario's wielbreuk bij nominaal toerental, mastbreuk of het naar beneden vallen van de gondel dan wordt gekeken of er mitigerende maatregelen mogelijk zijn. Zo niet dan worden de risico's kwantitatief onderzocht.

De afstand waarop de zwaartepunt in de bovengenoemde scenario's de leiding kan treffen is:

Windturbine	Werpafstand nom.	Hoogte zwpt-wiel
Senvion 3.4M-140	153	165,2

4.3.1 Aardgasleiding

Figuur 4 Afstand ashoogte + zwaartepunt wiel en buisleidingen VKA



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er een buisleiding is gelegen binnen de afstand ashoogte + zwaartepunt wiel.

De afstand van windturbine 2 (linker zwarte pijl in Figuur 4) tot de gasleiding is 156,5 meter. Voor windturbine 3 (Rechter zwarte pijl in Figuur 4) is de afstand 163,2 meter. Het betreft hier een worst case situatie.

De te plaatsen windturbintype nog niet vast. De daadwerkelijke risicoverhoging op de gasleiding is daarmee ook nog van verandering onderhevig. Om het belang van de gasleiding te beschermen wordt het bestemmingsplan en de te verlenen omgevingsvergunning voorzien van voorwaarden die erop toezien dat een gekozen windturbintype geen onacceptabele risico's op de gasleiding teweeg mag brengen.

4.3.2 *Defensieleiding*

Het plangebied wordt tevens doorkruist door een Defensieleiding. Deze leiding ligt nabij turbine 1 en 2 (v.l.n.r.) van de alternatieven. Onderstaande tabel bevat de afstanden:

Tabel 2 Afstanden tot defensieleiding per alternatief

Alternatief	Afstand wtb 1 en DPO leiding	Afstand wtb 2 en DPO leiding
Voorkeursalternatief	241,99	160,7

4.3.3 *Structuurvisie buisleidingen*

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 Deil geldt dat de windturbines buiten de gereserveerde leidingstrook worden geplaatst en derhalve de reserveringsstrook niet relevant is voor de windturbines. 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 Rijkswegen

4.4.1 Overdraai

Voor het voorkeursalternatief is 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. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er ook automatisch voldaan aan de beleidsregel “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken”:

“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. “

Ook zal aan het eind van de paragraaf worden ingegaan op de risico’s van ijsafwerping.

Figuur 5 Overdraai voorkeursalternatief

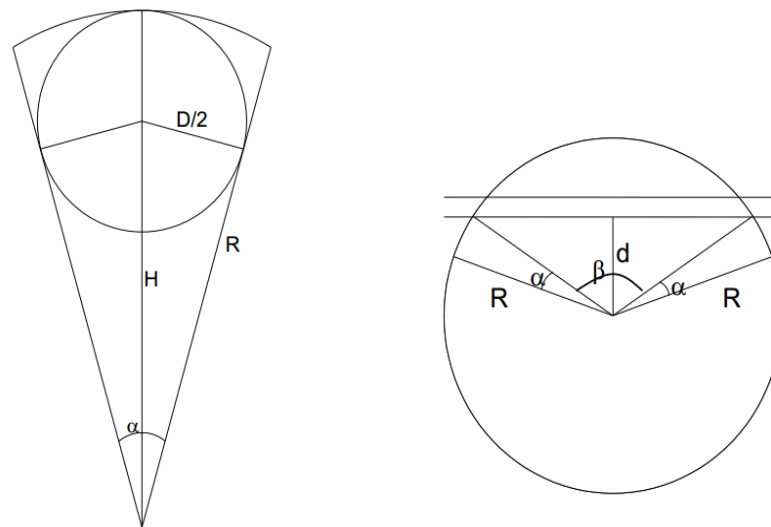


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de twee wegen (Euwerden en Markkade) overdraai plaatsvindt door windturbines 9 en 11. Hiervoor wordt hieronder het IPR en MR berekend.

4.4.1.1 **Trefkansberekening**

Rekenmethode 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 6) in aanraking komt met leidingstroom, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).



Figuur 6 - Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met weg

Voorkeursalternatief

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Euwerden	36,6	198	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,15 \cdot 10^{-5}$
Markkade	65,2	181,9	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,57 \cdot 10^{-5}$

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

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

$v_o = \text{snellheid van de passant (m/s)}$

Ten behoeve van deze berekening gaan wij 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 weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
36,6	198	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,15 \cdot 10^{-5}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$4,86 \cdot 10^{-13}$
65,2	181,9	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,57 \cdot 10^{-5}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$4,46 \cdot 10^{-13}$

Trefkans passant is:

Euwerden: $4,86 \cdot 10^{-13}$ per passage

Markkade: $4,46 \cdot 10^{-13}$ per passage

Rekenmethode wiekbreuk

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

Voorkeursalternatief

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

$$A_c = \text{kritiek oppervlakte wiek} = 244,50 \text{ m}^2$$

$$p_{zwpt-Euwerden} = \text{trefkans zwaartepunt wiek} = 1,90 \cdot 10^{-8}$$

$$p_{zwpt-Markkade} = \text{trefkans zwaartepunt wiek} = 1,06 \cdot 10^{-8}$$

$$P - \text{Euwerden} = 6,97 \cdot 10^{-6}$$

$$P - \text{Markkade} = 3,89 \cdot 10^{-6}$$

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

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

Trefkans passant op de Euwerden is: $1,58 \cdot 10^{-13}$ per passage

Trefkans passant op de Markkade is: $8,81 \cdot 10^{-14}$ per passage

Rekenmethode gondelafworp

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 beide wegen 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.

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

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

Conclusie passantenrisico

Voorkeursalternatief

De totale raakkans per passage voor de turbines is:

Euwerden

Mastbreuk:	$4,86 \cdot 10^{-13}$ per passage.
Wiekbreuk:	$1,58 \cdot 10^{-13}$ per passage.
Gondelafworp:	$2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Totaal:	$9,15 \cdot 10^{-13}$ per passage.
---------	------------------------------------

Markkade

Mastbreuk:	$4,61 \cdot 10^{-13}$ per passage.
Wiekbreuk:	$8,81 \cdot 10^{-14}$ per passage
Gondelafworp:	$2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Totaal:	$3,60 \cdot 10^{-13}$ per passage.
---------	------------------------------------

Aannemende dat een voetganger beide turbines passeert, leidt dit tot een totale trefkans van:

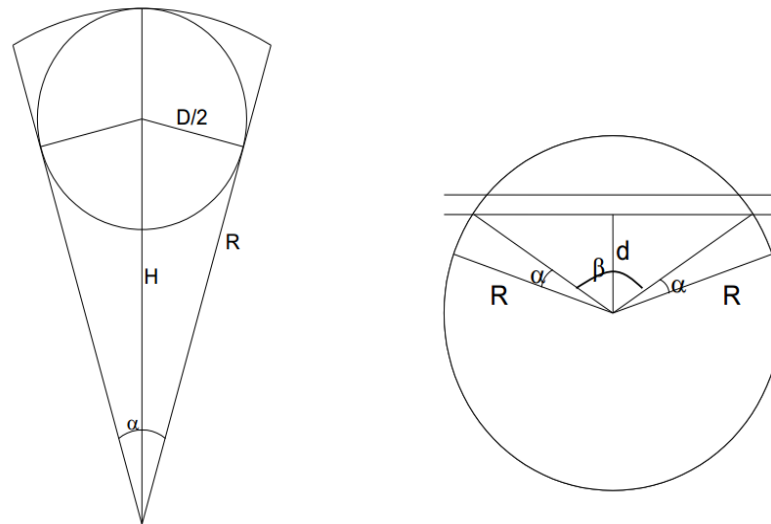
$1,28 \cdot 10^{-12}$ per passage.

4.4.2 *Basisnet*

De A15 is onderdeel van het basisnet. Doordat er transport van gevaarlijke stoffen mogelijk is wordt de kans berekend dat een tankwagen wordt geraakt waarna er getoetst wordt aan het IPR en MR.

Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de weg (A15) wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (Figuur 7) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).



Figuur 7 - Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met weg

Voorkeursalternatief

De trefkans is berekend voor de windturbine die het dichtstbij de A15 staat. Deze windturbine wordt als maatgevend beschouwd voor de andere windturbines.

Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
A15	116,7	150	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5,42 \cdot 10^{-5}$

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

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

v_o = snelheid van de tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)²

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat de tankwagen een snelheid heeft van 80 km/u, een remsnelheid van 4 m/s en een lengte van 18 meter.

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
116,7	150	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5,42 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-08}$	$1,82 \cdot 10^{-12}$

Trefkans Tankwagen is:

A15: $1,82 \cdot 10^{-12}$ per passage

² De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

Rekenmethode wiekbreuk

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

Voorkeursalternatief

$$Trefkans\ weg = p_{zwpt} \cdot oppervlakte\ weg$$

$$p_{zwpt-A15} = trefkans\ zwaartepunt\ wiek = 6,92 \cdot 10^{-9}$$

$$Oppervlakte\ weg = 9800m^2$$

$$Trefkans\ weg = 1,55 \cdot 10^{-9}$$

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

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600} (1,5 \cdot B_o + 2/3 L_b)$$

v_o = snelheid van de tankwagen (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)

b_o = Breedte van het passerend object (m)

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk. Voor de breedte wordt uitgegaan van 2,60 meter.

Trefkans tankwagen op de A15 is: $2,58 \cdot 10^{-15}$ per passage

Conclusie trefkans tankwagen

Voorkeursalternatief

De totale raakkans per passage door de turbines is:

A15 - tankwagen

Mastbreuk: $1,82 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Wiekbreuk: $2,58 \cdot 10^{-15}$ per passage.

Gondelafwerp: niet van toepassing

 Totaal: $1,82 \cdot 10^{-12}$ per passage.

4.4.3 Ijsafwerp

Doordat overdraai plaatsvindt bij het voorkeursalternatief zal hieronder worden ingegaan op de risico's van ijsafwerp. Het Handboek Risicozonering Windturbines zegt het volgende over ijsafwerp:

“Uit ervaring is bekend dat in Nederland ijsafzetting op de bladen meestal ontstaat tijdens stilstand van de windturbine. Observaties van dit fenomeen hebben laten zien dat bij een kleine beweging of doorbuiging van het blad, hetgeen al optreedt bij zeer geringe windsnelheid, het ijs in grote brokken naar beneden valt en dat langwerpige platen ijs in een strook onder het rotorvlak terecht komen. De brokken hebben een oppervlak kleiner dan het blad zelf en een dikte van enkele millimeters tot een centimeter. Door het “dwarrelen” van de brokken ijs kunnen deze, afhankelijk van de hoogte van de windturbine in een strook van enkel tientallen meters breed terecht komen. Bij een turbine met een masthoogte van circa 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen. Indien het gebied onder de rotor vrij toegankelijk is zal het aspect van de afvallend ijs in de risicobeoordeling meegenomen moeten worden. De impact op een object is vergelijkbaar met die van brokken ijs die b.v. van een vrachtwagen afwaaien en een achteropkomende auto treffen; meestal is de achteropkomende auto niet beschadigd. Onbeschermde personen kunnen mogelijk gewond raken. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is ster afhankelijk van de lokale omstandigheden. Indien nodig of gewenst kan dit risico worden vermeden door bij ijsafzetting de turbine zodanig te kruien dat de strook onder het rotorvlak niet meer toegankelijk is voor onbeschermde personen. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Volgens schattingen van de opstellers van het handboek komt de situatie in Nederland maximaal twee keer per jaar voor.

Volgens het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer mogen de windturbines niet in bedrijf zijn of worden genomen indien er ijs op de bladen zit. Mocht dit toch gebeuren dan zijn de risico's voor de omgeving minimaal, omdat het om kleine brokstukken gaat die relatief ver weg geslingerd kunnen worden. Het PR hiervan is verwaarloosbaar klein.”

Ijsdetectie

Windturbines kunnen uitgerust worden met ijsdetectie. Wanneer ijsafzetting plaatsvindt stopt de windturbine en draait deze indien gewenst naar een vooraf ingestelde stand (bijv. parallel aan de weg zodat de afstand tot de weg zo groot mogelijk is). De windturbines worden vervolgens pas weer in bedrijf genomen wanneer visueel is vastgesteld dat er geen ijs meer op de bladen is.

Op basis van deze tekst kan worden opgemaakt dat, vanwege de afstand, ijsafworp voor de snelwegen niet relevant is zolang de windturbines worden voorzien van ijsdetectie die de windturbines stilzet bij ijsdetectie. Voor de overige wegen waar windturbines over of direct naast de weg gelegen zijn dienen de risico's gemitigeerd te worden door naast de ijsdetectie ook een positie in te stellen zodat de windturbines bij ijsdetectie parallel aan de betreffende weg draait.

4.5 Spoorwegen

Voor het voorkeursalternatief is gekeken of er wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail (Halve rotordiameter + 7,85 meter). Hierbij is ook al rekening gehouden met een nieuwe spoorlijn (Ook wel bekend als de zuidwestboog bij Meteren) die in het oosten van het plangebied (mogelijk) wordt gerealiseerd.

Figuur 8 Adviesafstand ProRail en de windturbines VKA

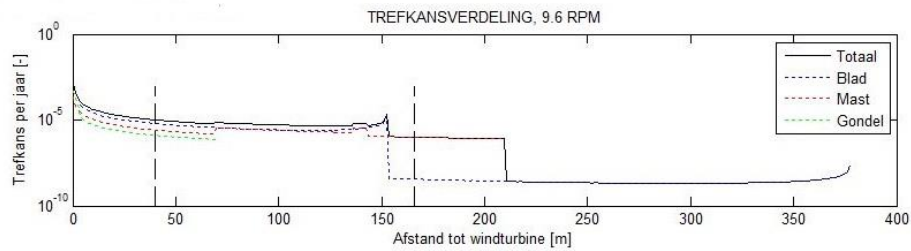


Uit bovenstaande figuur blijkt dat de windturbines buiten de adviesafstand van ProRail zijn gesitueerd. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van ProRail. Hoewel er wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail wordt in de onderstaande paragrafen ingegaan op het IPR en MR, waarbij wordt aangesloten bij de methodiek zoals uitgelegd in 'Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen; Beoordeling van veiligheidsrisico's, Rijkswaterstaat en NS Railinfrabeheer³'.

In onderstaande figuur wordt de trefkans als functie van de afstand weergegeven.

³ "Windturbines langs auto-, spoor en vaarwegen; Beoordeling van veiligheidsrisico's, Rijkswaterstaat en NS railinfrabeheer", Doc. Nr. VRWP-99004, 15 april 1999.

Figuur 9 Trefkans als functie van de afstand van de windturbine



Het IPR is gelijk aan de trefkans maal de aanwezigheidsfactor⁴. Om te bepalen of het IPR niet wordt overschreden is het noodzakelijk om de aanwezigheidsfractie te bepalen. Om dit te kunnen doen worden de volgende aannames gedaan:

- De gemiddelde snelheid van een trein met passanten bedraagt 70 km/h.
- De passant komt gemiddeld tweemaal daags langs (730 keer per jaar).

Op basis van deze gegevens kan worden bepaald hoelang een passant zich bevindt binnen de trefkansgebieden van 10^{-5} en 10^{-6} . Hieruit blijkt dat het tracé zich niet bevindt binnen de 10^{-5} /jaar gebied, maar wel binnen de 10^{-6} /jaar trefkans gebied. De passant bevindt zich 12,86 seconde (250m gedeeld door 19,44m/s) in het gebied met een trefkans van 10^{-6} per jaar.

De aanwezigheidsfractie van de passant kan nu op basis van deze informatie bepaald worden. De wijze van berekenen is uitgelegd in onderstaande figuur. Het IPR is gelijk aan het aantal passages per passant (730) maal de kans op overlijden van die passant per passage. Deze laatste factor is gelijk aan de som van de kans per seconde in het 10^{-6} ($3,17 \cdot 10^{-14}$) gebied maal de verblijfstijd in het 10^{-6} gebied (12,86s). Dit leidt tot een berekende IPR van $2,98 \cdot 10^{-10}$ /jaar. Dit is lager dan de genoemde IPR-norm van 10^{-6} per jaar.

De eenheid is gelijk aan de kans per seconde maal verblijfstijd (in s) onder de aanname dat geraakt worden gelijk is aan dodelijk getroffen worden. Er komen jaarlijks tien miljoen passages (**aanname gemaakt en conservatief ingeschat**) langs en het maatschappelijk risico is daarmee gelijk aan $4,08 \cdot 10^{-6}$ en dit is kleiner dan $2,0 \cdot 10^{-3}$.

⁴ Aanwezigheidsfractie is de tijd binnen een jaar dat een passant zich binnen de effectafstand van de windturbine bevindt.

Figuur 10 Berekening van de maximale toelaatbare trefkans en het maatschappelijk risico

Grootheid	Waarde	Omschrijving	Formule
<i>Omrekeningsfactor</i>	3,15E+07	Van jaar naar seconde	a
<i>Omrekeningsfactor</i>	3,17E-08	van seconde naar jaar	$b=1/a$
<i>Omrekeningsfactor</i>	2,78E-01	van km/h naar m/s	$c=1000/3600$
<i>Snelheid passant</i>	70	km/h	d
	19,44	m/s	$e=d*c$
<i>Kansgebied 1</i>	1,00E-05	kans/per jaar	f
	3,17E-13	kans/per seconde	$g=f/a$
<i>Kansgebied 2</i>	1,00E-06	kans/per jaar	h
	3,17E-14	kans per seconde	$i=h/a$
<i>Lengte gebied 1</i>	0	m	j
<i>Lengte gebied 2</i>	250	m	k
<i>Passagetijd 1</i>	0	s	$l=j/e$
<i>passage tijd 2</i>	12,85714286	s	$m=k/e$
<i>Aantal passages per passant per jaar</i>	730	2 keer per dag	n
<i>Aanwezigheidsfractie passant per passage (10-5)</i>	0,00E+00		$o=l/a$
<i>Aanwezigheidsfractie passant per passage (10-6)</i>	4,08E-07		$p=m/a$
<i>Indivueel passanten risico</i>	2,97959E-10		$r = (g*i+j*m)*n$
<i>Doden/passage</i>	4,08E-13		$s=g*i+j*m$
<i>passage/jaar</i>	1,00E+07		t
<i>Maatschappelijk risico</i>	4,08E-06		$u=s*t$

Hoofdstuk 5 Conclusie



5.1 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting hebben de windturbines geen invloed op de bestaande risicosituatie. Om dit te toetsen is in eerste instantie gekeken naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt is plaatsing van de windturbine, uit het oogpunt van de risicobeoordeling, toelaatbaar. Op grond van het Handboek Risicozonering Windturbines⁵ wordt een richtwaarde of toetsingswaarde gehanteerd van 10%.

Er bevindt zich één risicovolle installatie binnen de invloedssfeer van de windturbines. Echter, alleen het scenario 'werpafstand bij overtoeren' is van toepassing. Hierdoor kan geconcludeerd worden dat de plaatsing van de windturbines niet leidt tot een substantiële toename van de initiële faalkans van bestaande risicovolle installaties.

5.2 (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.

5.3 Buisleidingen

De te plaatsen windturbintype nog niet vast. De daadwerkelijke risicoverhoging op de gasleiding is daarmee ook nog van verandering onderhevig. Om het belang van de gasleiding te beschermen wordt het bestemmingsplan en de te verlenen omgevingsvergunning voorzien van voorwaarden die erop toezien dat een gekozen windturbintype geen onacceptabele risico's op de gasleiding teweeg mag brengen.

5.4 Passanten

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is berekend voor het voorkeursalternatief. De trefkans is:

$1,28 \cdot 10^{-12}$ per passage.

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant niet meer dan 781.250 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met 2140 passages per dag, gedurende een

⁵ Handboek Risicozonering Windturbines, geactualiseerde versie 3.1, september 2014.

heel jaar, door een en dezelfde persoon. Gezien de aard van de weg is het niet aan-nemelijk dat één passant 781.250 keer per jaar de windturbine lopend passeert. Hiermee wordt er voldaan aan de richtlijn voor het IPR.

Voor het basisnet geldt dat de trefkans voor een tankwagen $1,82 \cdot 10^{-12}$ per passage is. Echter zijn er 11 windturbines waardoor de trefkans per passage als volgt is: $2,00 \cdot 10^{-11}$ per passage. Dit leidt tot een faalkans per km van:

$9,28 \cdot 10^{-12}$ per vervoerskilometer.

Vergelijkend met de faalkans van een tankwagen ($8,3 \cdot 10^{-8}$ per vtgkm⁶) hebben de te toekomstige windturbines een faalkansverhoging van 0,01% tot gevolg. Dit is verwaarloosbaar.

5.5 Spoorwegen

Het voorkeursalternatief voldoet aan de afstandseis van ProRail (7,85 meter + halve rotordiameter). Verder zijn de trefkansen van passanten voor het spoor inzichtelijk gemaakt. Hieruit blijkt dat er wordt voldaan aan het IPR (10^{-6}) en MR ($2 \cdot 10^{-3}$).

⁶ Tabel 10-6 van handleiding risicoanalyse transport.

Hoofdstuk 6 Bijlagen



Bijlage A Opstelling voorkeursalternatief





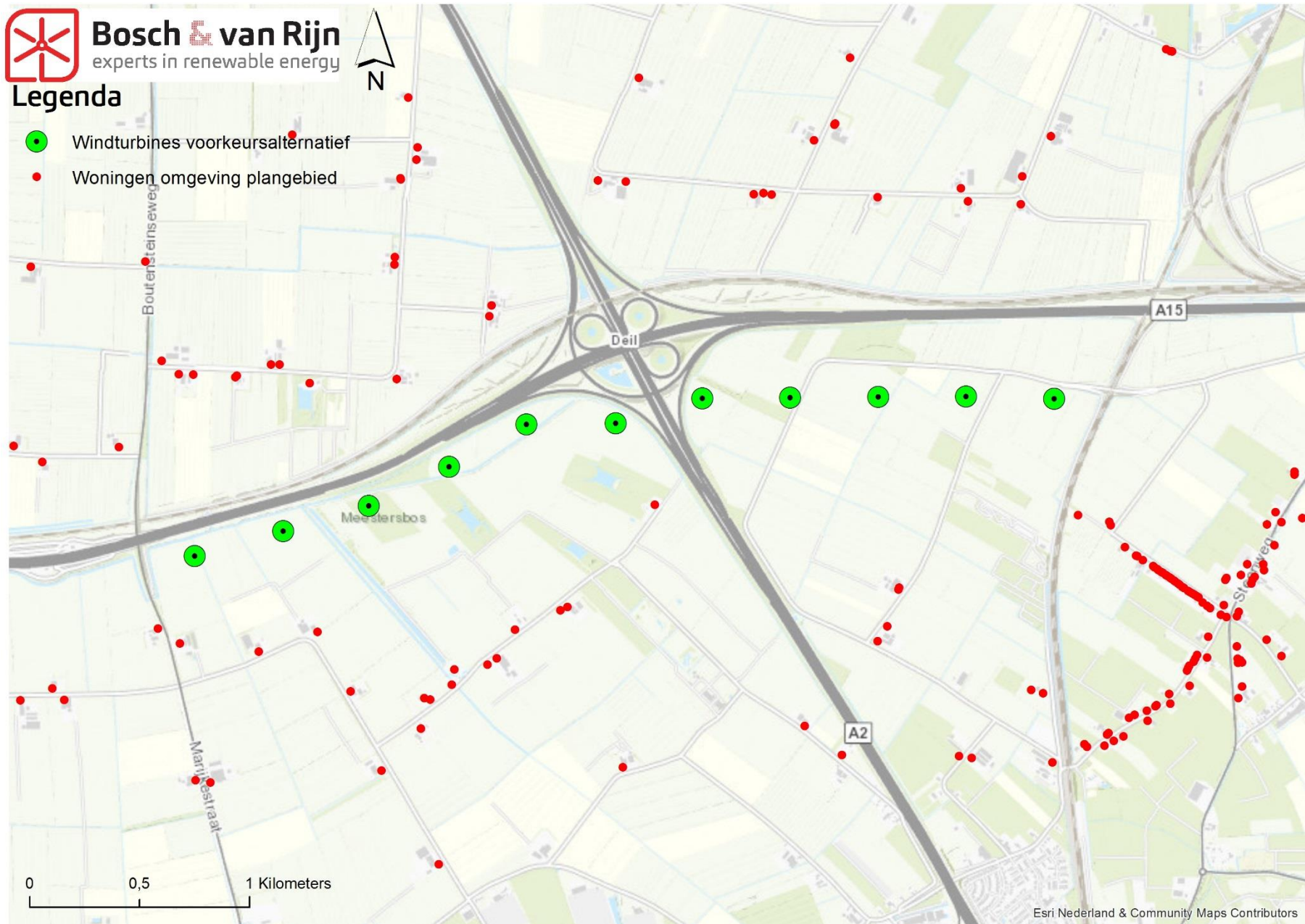


Bosch & van Rijn
experts in renewable energy



Legenda





-  Windturbines voorkeursalternatief
-  Woningen omgeving plangebied

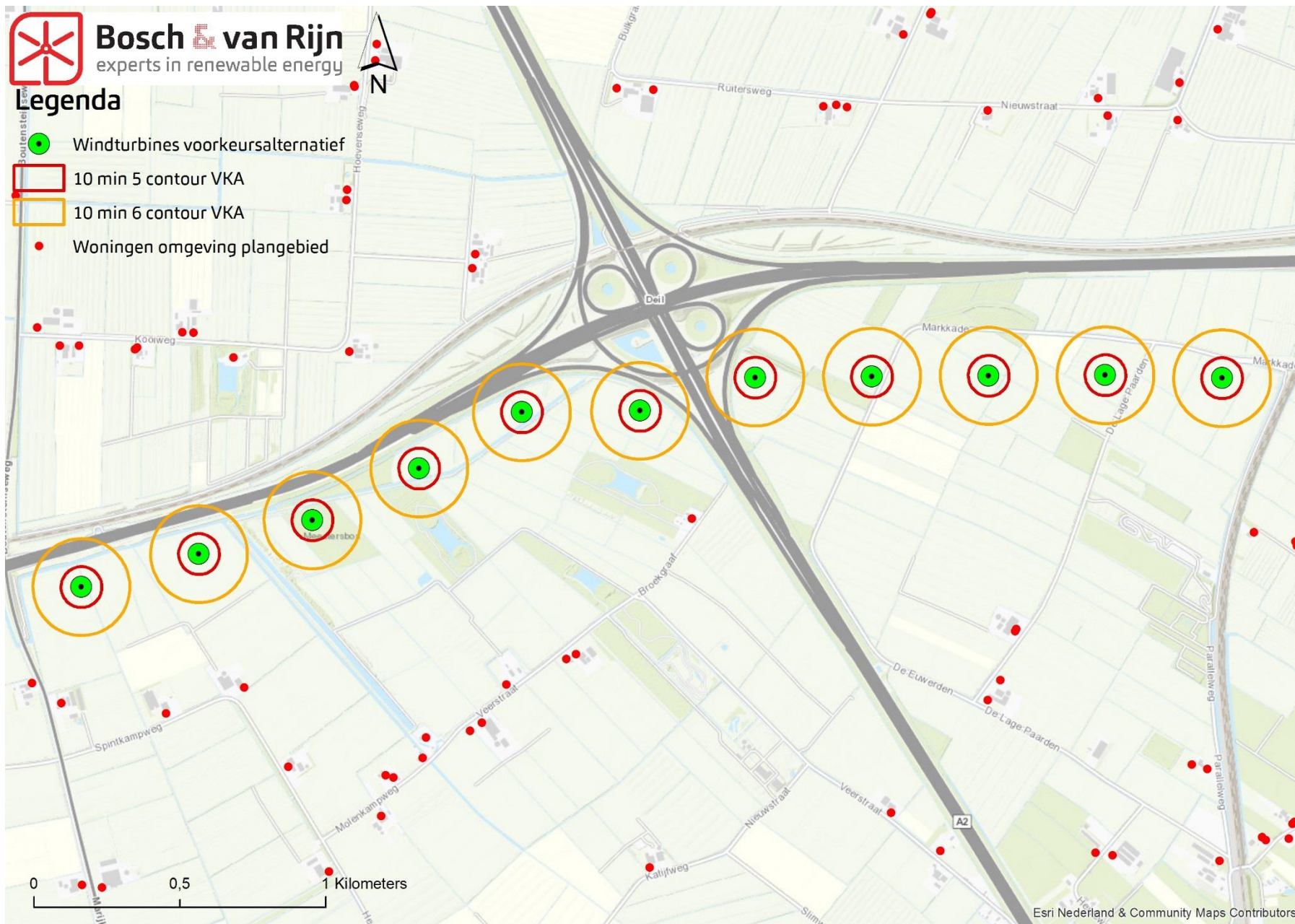


Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden







Legenda

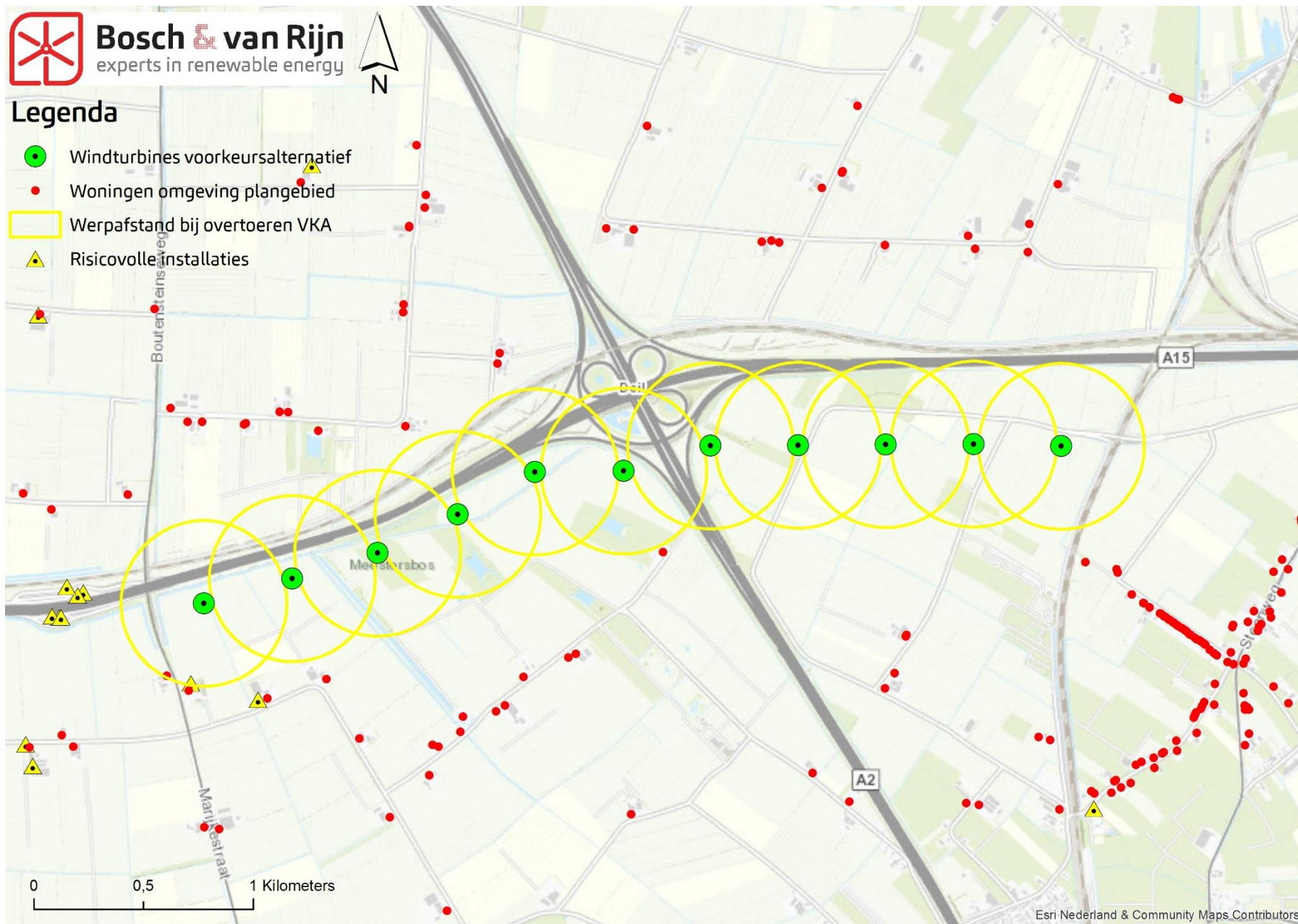
-  Windturbines voorkeursalternatief
-  10 min 5 contour VKA
-  10 min 6 contour VKA
-  Woningen omgeving plangebied








Legenda

-  Windturbines voorkeursalternatief
-  Woningen omgeving plangebied
-  Werpafstand bij overtoeren VKA
-  Risicovolle installaties






Legenda

-  Windturbines voorkeursalternatief
-  Zwaartepunt wiek en ashoogte
-  Gasunie leidingen






Legenda

-  Windturbines voorkeursalternatief
-  Zwaartepunt wiek en ashoogte
-  DPO leiding







Legenda

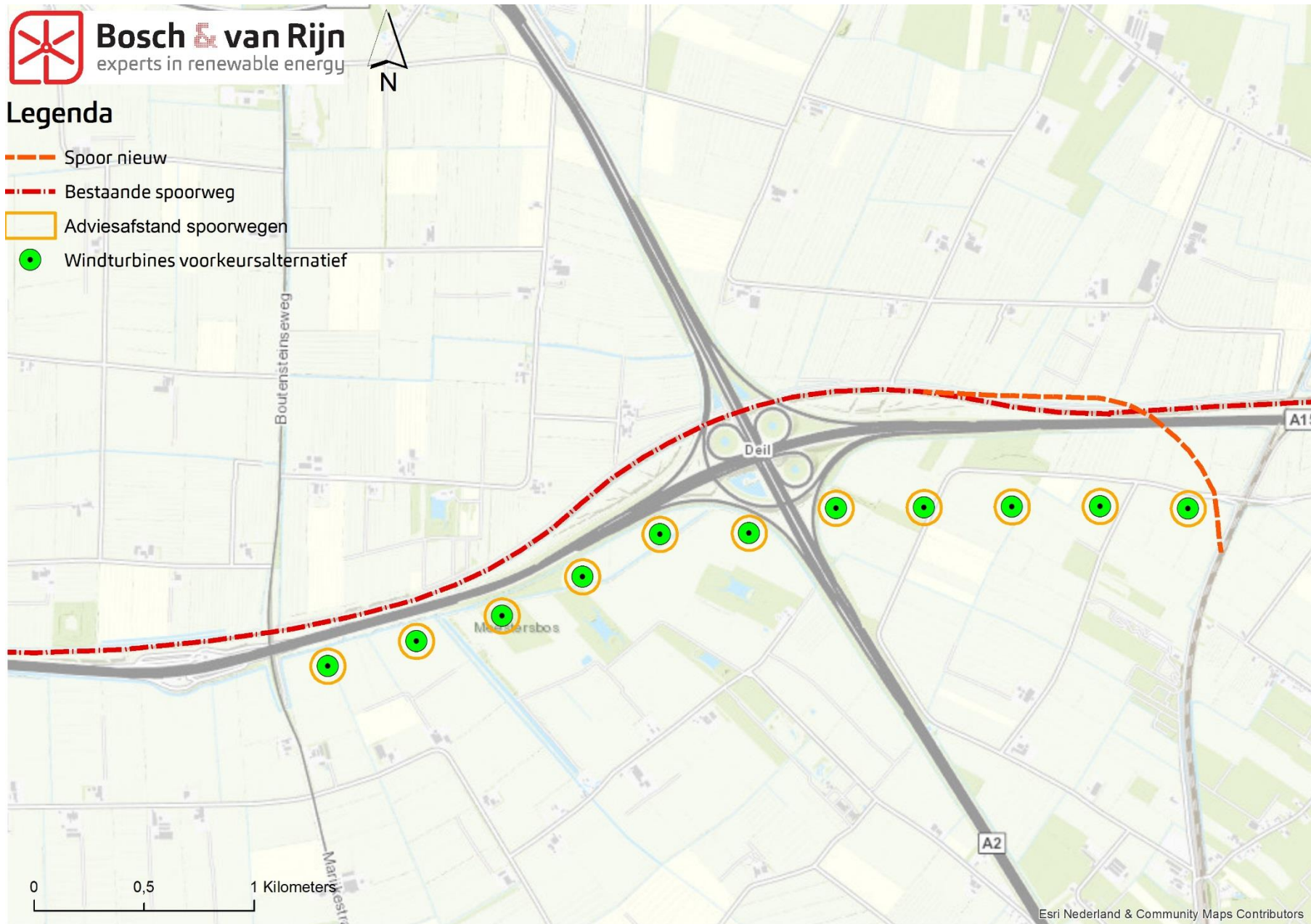
-  Windturbines voorkeursalternatief
-  10 min 5 contour VKA
-  Wegen





Legenda

-  Spoor nieuw
-  Bestaande spoorweg
-  Adviesafstand spoorwegen
-  Windturbines voorkeursalternatief



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]

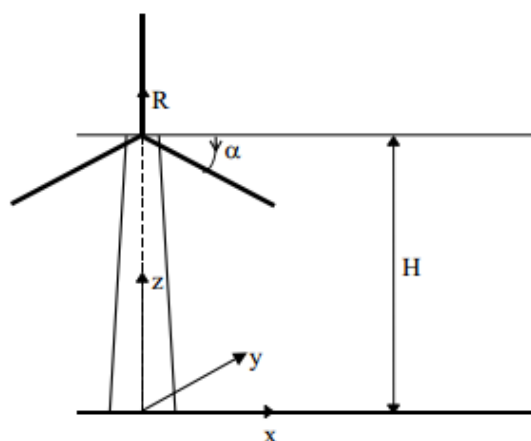
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : 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 azimuthoek 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_{ZWPT} 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 azimuthoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat f_{ZWPT} 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 azimuthoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

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

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 azimuthoeken 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

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

Bijlage C Werpafstanden turbinetype

Senvion3..4M140 op 140 meter ashoogte

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
Senvion3.4M140_140.txt

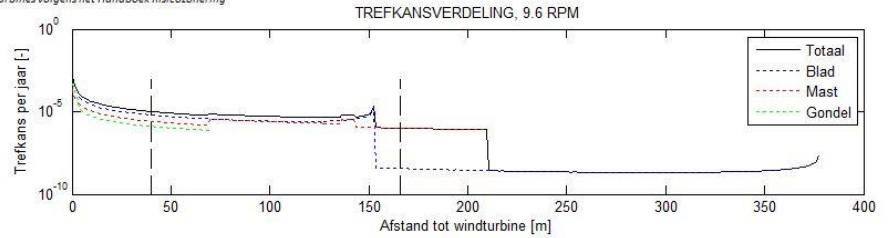
Rekenmodel:
 Ballistisch
 Luchtkrach...

Gebruik mastverstevig...

Bereken p_zwpt op:
 m
 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014



PARAMETERS

Rotordiameter	140 m
Ashoogte	140 m
Wielengte	68.5 m
Toerental	9.6 RPM
Mastdiameter	5 m
Lengte gondel	15 m
Hoogte gondel	5 m
Zwaartepunt rotorblad	25.2 m
Solidity	0.05 -
Kritiek bladoppervlak	244.5 m ²
Massa blad	- kg
Windsnelheid	- m/s

RESULTATEN

Risicocontouren	
10-5	40 m
10-6	166 m
Werpafstanden	
Gegeven	153 m
Overtoeren	378 m
p_zwpt	
Afstand	116 m
Waard	6.9292e-09
Afstand	65 m
Waard	1.0572e-08

Bijlage D (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 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² 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) kampeerterrains 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;



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
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.