

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet

Opdrachtgever

Renewable Energy Factory



Kwantitatieve risicoanalyse

Windpark Oude Maas



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy



Kwantitatieve risicoanalyse

Windpark Oude Maas

Datum
29-5-2017

Versie
0.2

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 windturbintypes</i>	5
1.4	<i>Leeswijzer</i>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	9
3.1	<i>Beperkt) kwetsbare objecten</i>	10
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	10
3.3	<i>Gasunie leidingen</i>	11
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	11
3.5	<i>Infrastructuur</i>	12
3.6	<i>Spoorwegen</i>	12
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	13
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	14
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	14
4.3	<i>Buisleidingen</i>	15
4.4	<i>Hoogspanningsleidingen</i>	16
4.5	<i>Spoorwegen</i>	17
4.6	<i>Infrastructuur</i>	18
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIES	23
5.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	24
5.2	<i>Risicovolle installaties</i>	24
5.3	<i>Buisleidingen</i>	24
5.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	24
5.5	<i>Spoorwegen</i>	24
5.6	<i>Infrastructuur</i>	25
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	27
BIJLAGE A	TURBINEOPSTELLING EN COÖRDINATEN	28
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	30
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	37
BIJLAGE D	WERPAFSTAND TURBINETYPE	39
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	40

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Voorliggende kwantitatieve risicoanalyse is opgesteld om de (externe) risico's van nieuw te plaatsen windturbines in de gemeente Binnenmaas inzichtelijk te maken ten behoeve van de vergunningverlening en wijziging van het bestemmingsplan.

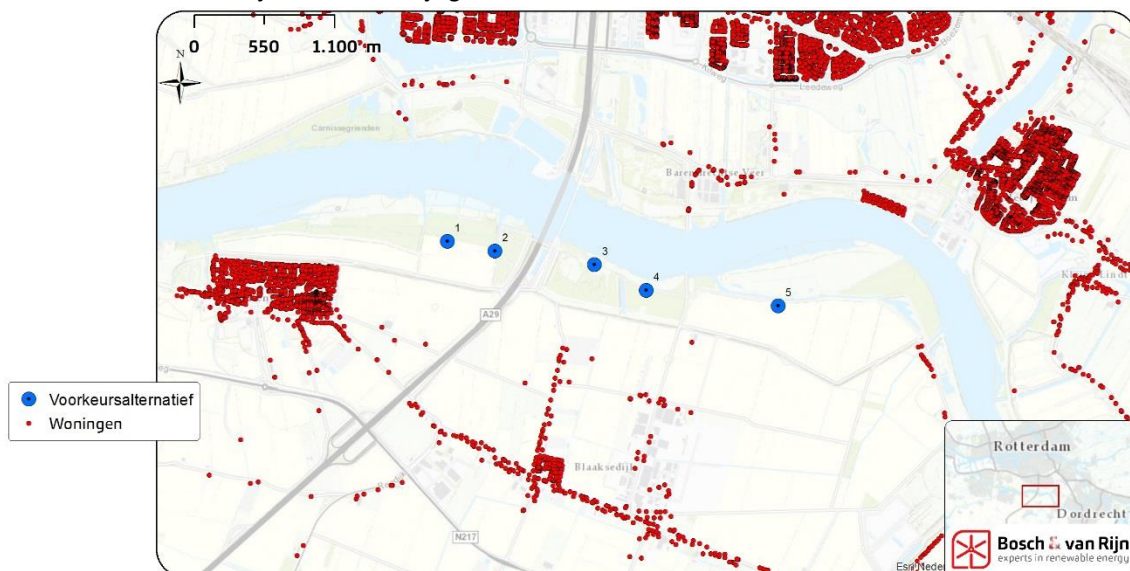
Deze studie toetst de (externe) risico's vanwege de windturbines ter plaatse van nabijgelegen gebouwen, buisleidingen, hoogspanningsleidingen, risicovolle installaties, infrastructuur en aan de normen en adviesafstanden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

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 locaties van de windturbines en omliggende woningen. Het voornemen betreft 5 windturbines.

Figuur 1 Ligging van het beoogde nieuwe windpark en nabijgelegen woningen. De coördinaten van de windturbines zijn te vinden in bijlage A.



1.3 Te onderzoeken windturbinetypes

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

- ❖ Ashoogte: minimaal 117 meter, maximaal 128,5 meter.
- ❖ Rotordiameter: Minimaal 117 meter, maximaal 140 meter.
- ❖ Tiphoogte: maximaal 187 meter.

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

- ❖ 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 1. Van deze types 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 berekeningen met betrekking tot externe veiligheid.

Tabel 1 Voorselectie van windturbines ter bepaling van de bovengrens van de bandbreedte wat betreft Externe Veiligheid.

Fabrikant	Type	Ashoogte m	rd m	10 min 5 m	10 min 6 m	Werpafstand	
						Nominaal	Overtoeren
Enercon	E126	117	127	63,5	153	123	302
GE	G2.75-120	120	120	60	145	142	358
Nordex	N131	120	131	65,5	167	167	439
Vestas	V126	117	126	63	178	178	481
Gamesa	G132	120	132	66	172	172	457
GE	G130-3.4MW	122	130	65	178	178	470
Lagerwey	L136	119	136	68	162	122	331
Senvion	M140	117	140	70	166	143	361
Vestas	V136	119	136	68	176	176	472

Het windturbintype dat verder in dit rapport wordt onderzocht is in onderstaande tabel vermeld.

Tabel 2 Eigenschappen van het onderzochte windturbintype.

Fabrikant	Type	Ashoogte m	rd m	10 min 5 m	10 min 6 m	Werpafstand	
						Nominaal	Overtoeren
Vestas	V126	117	126	63	178	178	481

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 beoordelingskader.

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 C staan de gehanteerde formules gegeven en bijlage D bevat per windturbintype een printscreen van de resultaten. Hieruit volgen de volgende afstanden:

Tabel 3

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

Fabrikant	Type	Ashoogte m	rd m	10 min 5 m	10 min 6 m	Werpafstand	
						Nominaal	Overtoeren
Vestas	V126	117	126	63	178	178	481

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

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- Gasunie leidingen
- Hoogspanningsinfrastructuur
- Infrastructuur
- Spoorwegen

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 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 Gasunie leidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + $1/3^{\text{de}}$ wieklengte.

Bij in acht nemen van bovenstaande afstanden zal voor ondergrondse leidingen de plaatsing van de windturbines niet leiden tot een (significante) verhoging van de faalkans van de gasinfrastructuur, waardoor ook het risico voor de omgeving door de aanwezigheid van de gasinfrastructuur niet (significant) zal toenemen en de transport- en leveringszekerheid van het aardgas niet (significant) worden aangetaast.

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie slechts acceptabel als:

- Er géén 10^{-6} per jaar contour ontstaat die bij Bevb-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die 10^{-6} per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan 10^{-6} per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal 10^{-6} per jaar;
- De PR 10^{-6} per jaar contour niet groter wordt als die vóór de plaatsing van de windturbines al wel buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte;
- De frequentie dat een inrichting die onder het Activiteitenbesluit Milieubeheer valt door een onderdeel van de windturbines wordt getroffen lager is dan:
 - o 5×10^{-6} per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
 - o $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar voor gasontvangstations.

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 Infrastructuur

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 honderdzes- en twintig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzes- en twintig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzes- en twintig 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."

3.6 Spoorwegen

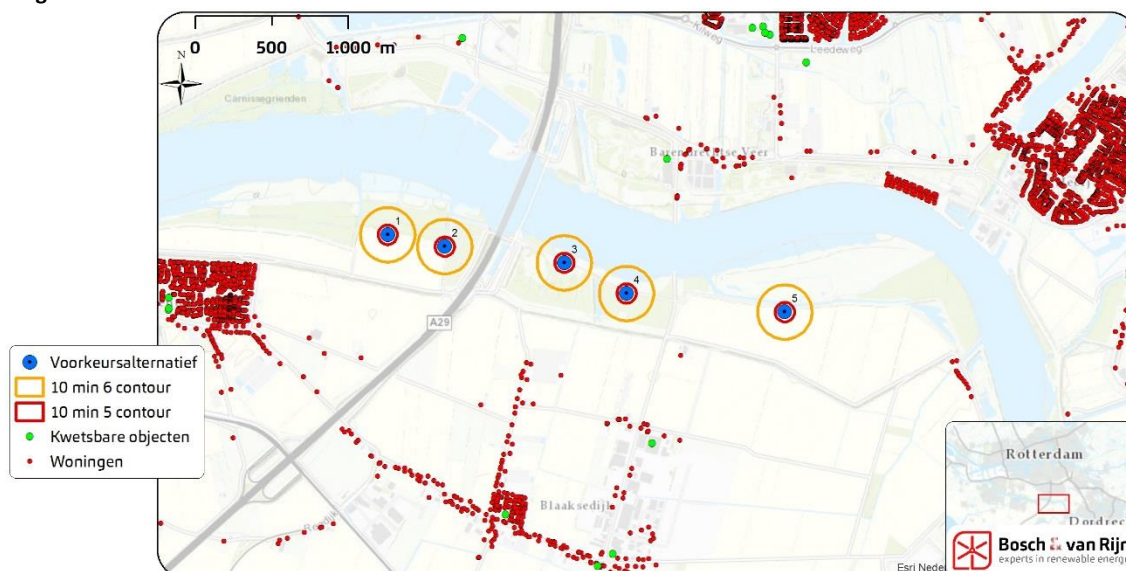
Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtst bij gelegen spoor is minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter.

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 is aangehouden. In Figuur 2 zijn de risicocontouren en werpafstanden van de referentieturbine te vinden.

Figuur 2 Risicocontouren rond de windturbines

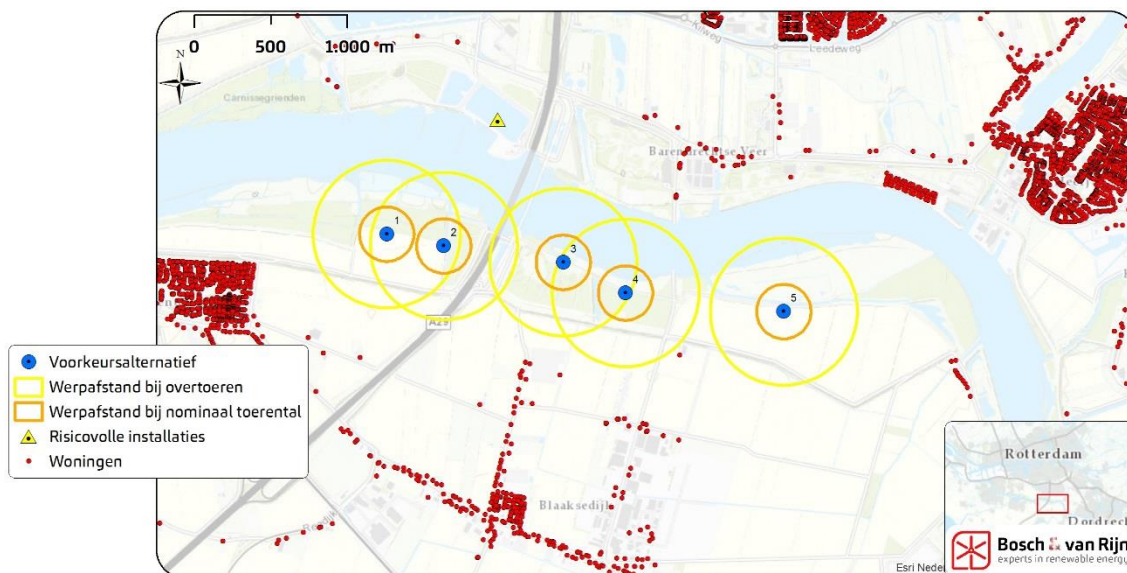


Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied geen geprojecteerde aandachtspunten. Er bevinden zich geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de risicocontouren.

4.2 Risicovolle installaties

De berekende maximale werpafstanden (bij nominaal toerental en overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is er nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn. De reden dat beide werpafstanden worden getoond is, omdat de faalkans voor beide scenario's significant verschilt.

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

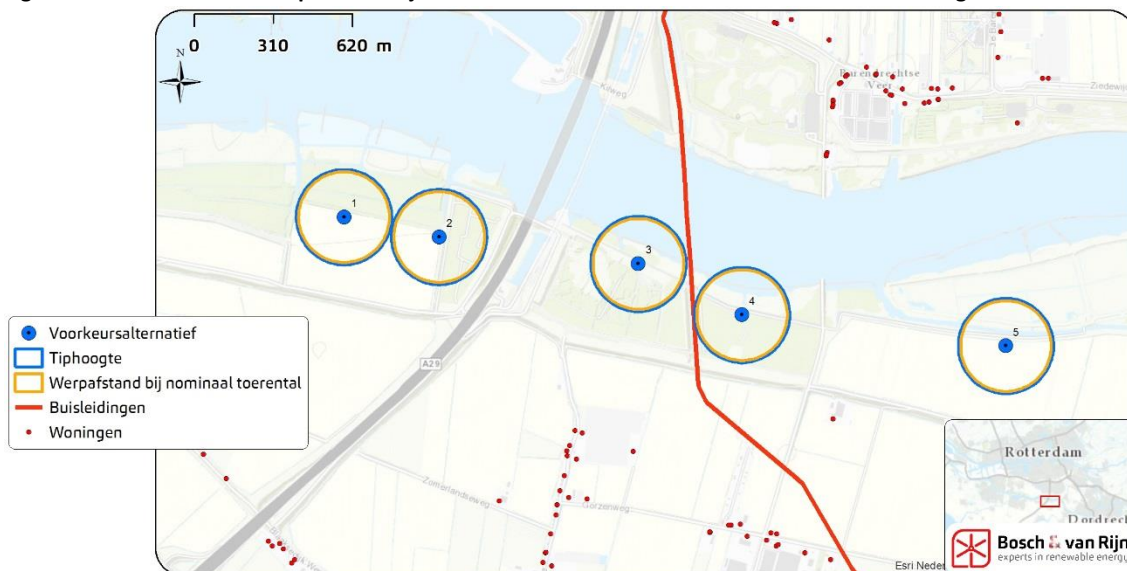


Uit bovenstaande figuur is te concluderen dat er zich geen risicovolle installaties zich bevinden binnen de werpafstand bij overtoeren.

4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen voor het transport voor gevaarlijke stoffen nabij de beoogde windturbines is onderzocht of de windturbines een (significante) invloed hebben op de buisleidingen. Om dit te onderzoeken wordt er getoetst aan de adviesafstand (werpafstand bij nominaal toerental) van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstand zullen de risico's worden gekwantificeerd.

Figuur 4 Maximale werpafstand bij nominaal toerental van de windturbines en buisleidingen

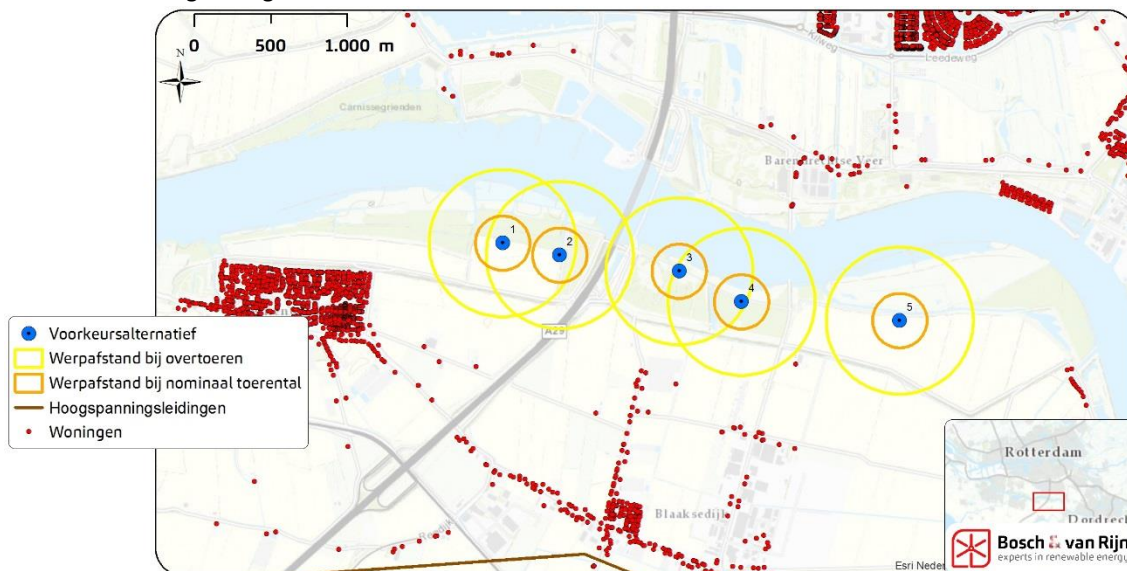


Uit bovenstaande figuur is te concluderen dat er geen buisleidingen zich bevinden binnen de werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte. Hierdoor is het mogelijk om op te maken dat geen buisleiding een substantiële trefkans ondervindt als gevolg van de plaatsing van windturbines.

4.4 Hoogspanningsleidingen

Voor de locatie is onderzocht of er zich hoogspanningsleidingen bevinden in de buurt van het plangebied. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale werpafstand bij nominaal toerental).

Figuur 5 Maximale werpafstand bij nominaal toerental en overtoeren van de windturbines en hoogspanningsleidingen.

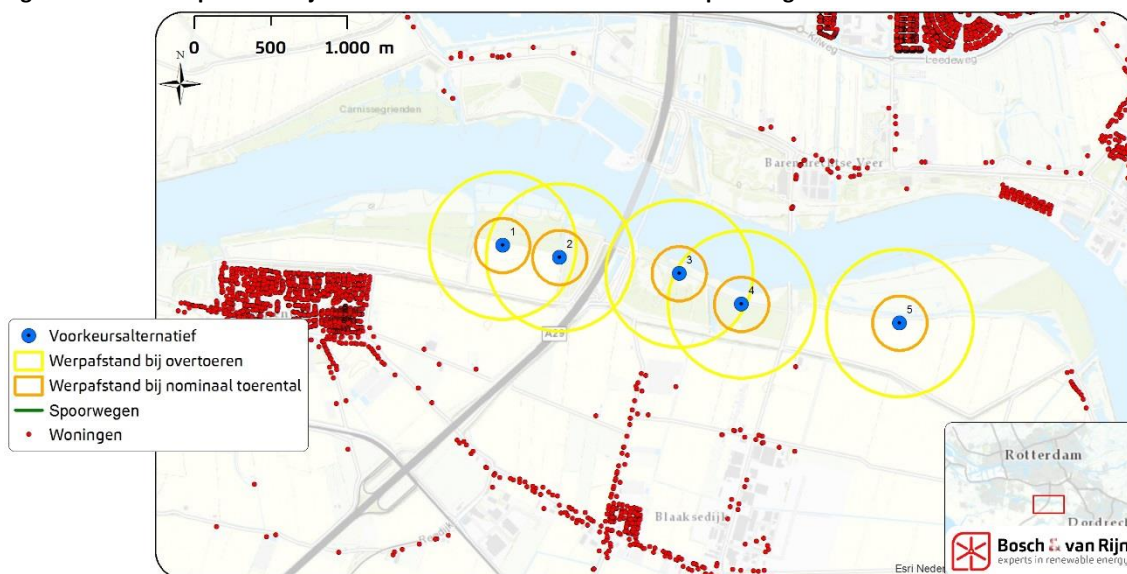


Voor de locatie geldt dat geen hoogspanningsleidingen zijn gelegen binnen de invloedsfeer van de windturbines. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

4.5 Spoorwegen

Voor de beoogde windturbines is onderzocht of er wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail (halve rotordiameter + 7,85 meter). Tevens is er gekeken of er een vergunning nodig is voor de realisatie van de windturbines. Dit is nodig indien de afstand kleiner is dan de halve rotordiameter + 11 meter.

Figuur 6 Werpafstand bij nominaal toerental en overtoeren en spoorwegen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er niet een spoorweg zich bevindt binnen de invloedsfeer van de windturbines. Derhalve wordt er dan automatisch ook voldaan aan de adviesafstand en vergunningvrije zone van ProRail.

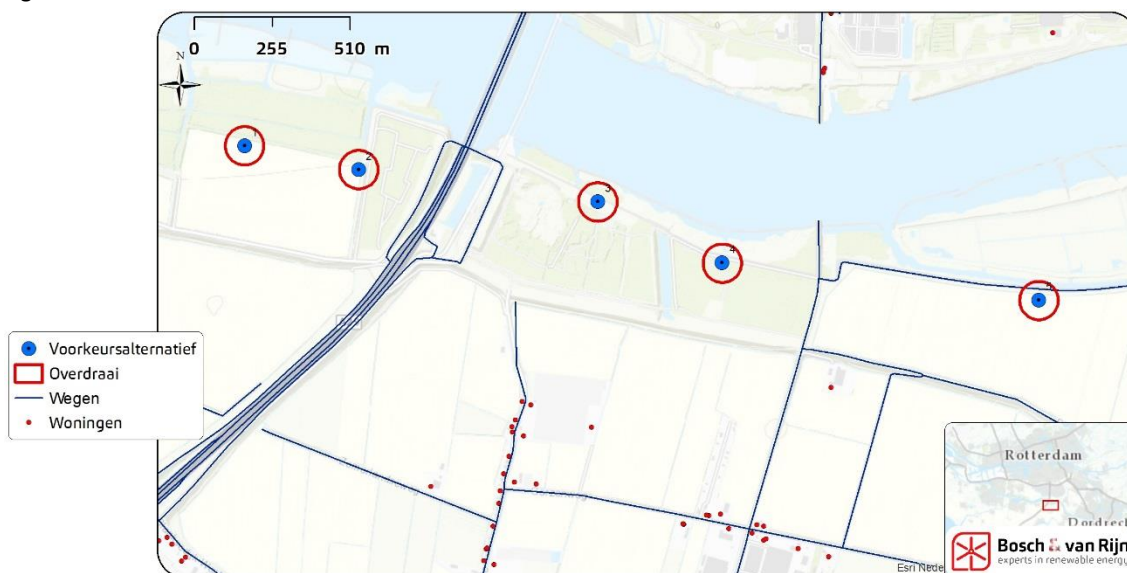
4.6 Infrastructuur

4.6.1 Wegen

Er vindt bij één weg (Blankert) overdraai plaats door één windturbine (WTB 5). Gezien het feit dat het een gemeentelijke weg betreft wordt er aangesloten bij de in paragraaf 3.5 genoemde toetsingskader. Daarvoor wordt eerst de trefkans van een passant berekend, waarna, conform de beleidsregels, kan worden beoordeeld of het IPR en MR wordt overschreden.

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

Figuur 7 Overdraai en windturbines

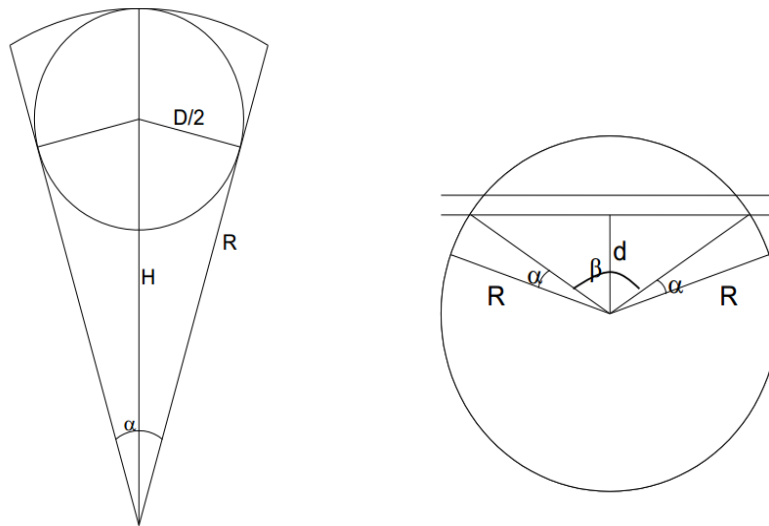


4.6.1.1 Trefkansberekening Passant

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 in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaand figuur (HRW, 2014).

Figuur 8 Windturbines als cirkelsegment en in aanraking met weg



Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Blankert	35	197,64	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$

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 weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
31	200,23	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,14 \cdot 10^{-5}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$4,85 \cdot 10^{-13}$

Trefkans per passant voor de windturbine is: $4,85 \cdot 10^{-13}$

Rekenmethode wiekbreuk

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

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

$$\begin{aligned}
 A_c &= \text{kritiek oppervlakte wiek} &= & 202,05 \text{ m}^2 \\
 p_{zwpt} &= \text{trefkans zwaartepunt wiek} &= & 1,87 \cdot 10^{-08}
 \end{aligned}$$

$$P - \text{Blankert} = 5,67 \cdot 10^{-06}$$

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 is: $1,28 \cdot 10^{-13}$ 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

De totale raakkans per passage voor één windturbine is:

Mastbreuk: $4,85 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Wiekbreuk: $1,28 \cdot 10^{-13}$ per passage.

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

 Totaal: $8,85 \cdot 10^{-13}$ per passage.

4.6.2 Vervoer gevaarlijke stoffen

Naast overdraai is er transport van gevaarlijke stoffen mogelijk op de Oude Maas. Om de risico's van de te plaatsen windturbines inzichtelijk te maken wordt eerst de kans berekend dat een schip wordt geraakt waarna er wordt getoetst aan het IPR en MR.

Rekenmethode Wiekbreuk

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

$$Trefkans\ rivier = p_{zwpt} \cdot oppervlakte\ vaarweg$$

$$\begin{aligned} p_{zwpt} &= trefkans\ zwaartepunt\ wiek &= 4,16 \cdot 10^{-12} \\ Oppervlakte\ vaarweg & &= 45600\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$Trefkans\ rivier = 1,90 \cdot 10^{-7}$$

De kans dat een schip 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 22 meter.

$$Trefkans\ schip\ is: 1,67 \cdot 10^{-10}\ per\ passage$$

Conclusie

De totale raakkans per passage door de turbine is:

Oude Maas Schip:

Mastbreuk:	niet van toepassing
Wiekbreuk:	$1,67 \cdot 10^{-10}$ per passage
Gondelafwerp:	niet van toepassing

Totaal:	$1,67 \cdot 10^{-10}$ per passage
---------	-----------------------------------

4.6.3 Ijsafworp

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

“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 sterk 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 voor de Blankert geldt dat wanneer de windturbines over of direct naast de weg gelegen zijn de risico's gemitigeerd dienen te worden door naast de ijsdetectie ook een positie in te stellen zodat de windturbines bij ijsdetectie parallel aan de betreffende weg draaien.

Hoofdstuk 5 Conclusies

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 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 windturbines, uit het oogpunt van de risicobeoordeling, toelaatbaar. Op grond van het Handboek Risicozonering Windturbines (2014) wordt een richtwaarde of toetsingswaarde gehanteerd van 10%.

Doordat er zich geen risicovolle installaties bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines leidt plaatsing van de windturbines niet tot een toename van de initiële faalkans van deze installaties.

5.3 Buisleidingen

De leidingen die gevaarlijke stoffen transporteren bevinden zich buiten de werpafstand bij nominaal toerental van de beoogde windturbines. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

De hoogspanningsinfrastructuur van TenneT bevindt zich buiten de invloedssfeer van de windturbines van de beoogde windturbines. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

5.5 Spoorwegen

De beoogde windturbines voldoen aan de afstandseis van ProRail (7,85 + halve rotordiameter).

5.6 Infrastructuur

5.6.1 *Passanten*

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

$$\diamond 8,85 \cdot 10^{-13} \text{ per passage}$$

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant niet meer dan 1.129.943 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met 3095 passages per dag, gedurende een heel jaar, dooreen en dezelfde persoon. Het is niet realistisch dat het IPR overschreden wordt. Tevens wordt er aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$ doden per jaar) voldaan zolang er niet meer dan 2.259.887.006 passanten per jaar de windturbines passeren. Dit zijn 6.191.471 passanten per dag. Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het MR wordt overschreden.

5.6.2 *Vervoer gevaarlijke stoffen*

Voor de Oude Maas geldt dat de trefkans voor een schip $1,67 \cdot 10^{-10}$ per passage bij één windturbine is. Echter, drie windturbines hebben een risicoverhogend effect waardoor de trefkans per passage als volgt is: $5,01 \cdot 10^{-10}$ per passage. Dit leidt tot een faalkans per km van:

$$2,20 \cdot 10^{-10} \text{ per vervoerskilometer.}$$

Om een oordeel te kunnen vellen over de risico's van de mogelijke windturbines moet de berekende faalkans per vervoerskilometer worden vergeleken met de initiële faalkans. Voor scheepvaart geldt dat de te beschouwen scenario's altijd betrekking hebben op het onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit het vaartuig. In theorie kan de stof vrijkomen ten gevolge van het bezwijken van de omhulling tijdens normaal transport (intern falen) of na een schadevaring of andersoortige externe belasting (extern falen). In het eerste geval moet gedacht worden aan materiaalfouten, zwakke plekken door slijtage e.d., oftewel gebeurtenissen die niet aan de vaarweg gerelateerd zijn. In analogie met "gewone" opslagtanks zal de faalfrequentie voor het falen van een lading tank door dit type oorzaken ongeveer $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar bedragen. Om de frequentie van een dergelijk ongeval op een willekeurig kilometervak te bepalen, moet de initiële faalkans worden gecorrigeerd voor de verblijftijd die het schip heeft op een bepaald kilometer op de vaarweg. In het geval een schip 4 knopen zal het één kilometer in circa 8 minuten afleggen. De correctiefactor voor de aanwezigheid van het schip op die kilometer vaarweg bedraagt dan in de orde van 10^{-5} per jaar. Vermenigvuldigen van de initiële faalfrequentie van de ladingtank en het aantal ladingstanks met de correctiefactor voor de aanwezigheid van het schip resulteert in een ongevalskans op de orde van 10^{-11} per jaar, waarmee dit scenario verwaarloosd kan worden ten opzichte van het extern falen dat hieronder nader is uitgewerkt.

In het tweede geval is sprake van oorzaken die buiten het schip liggen. Het falen door deze externe oorzaken is wel direct gerelateerd aan de vaarweg. De frequentie van aanvaringen met andere schepen of aanvaringen met objecten die zich op de vaarweg bevinden en die tot relatief ernstige gevallen leiden, bedraagt ongeveer $1 \cdot 10^{-6}/\text{vtgkm}^2$. Geconcludeerd kan worden dat alleen vaarweggebonden scenario's relevant zijn.

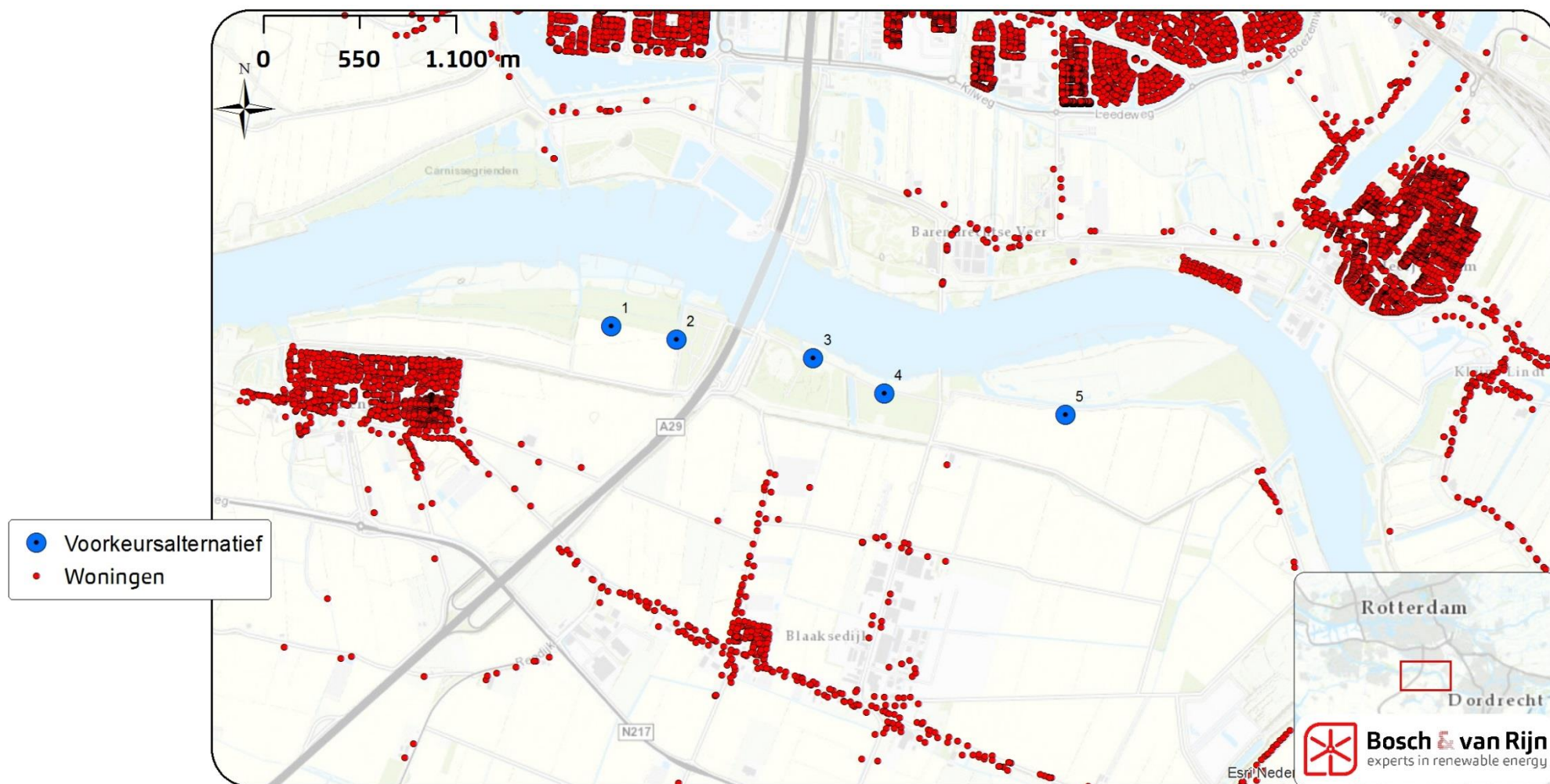
Doordat deze scenario's alleen relevant zijn wordt de berekende faalkans vergeleken met de vaarweggebonden faalkans van $1 \cdot 10^{-6}/\text{vtgkm}$. Dit leidt tot een verhoging van de faalkans door de toekomstige windturbine van 0,02%. Dit is verwaarloosbaar.

² AVIV, Risicoanalyse Westerschelde, Fase II, brongerichte maatregelen, januari 1997
Veiligheid als product, Risico vervoer gevaarlijke stoffen zeevaart, Gemeentelijk Haven
bedrijf Rotterdam, juli 1992

Hoofdstuk 6 Bijlagen

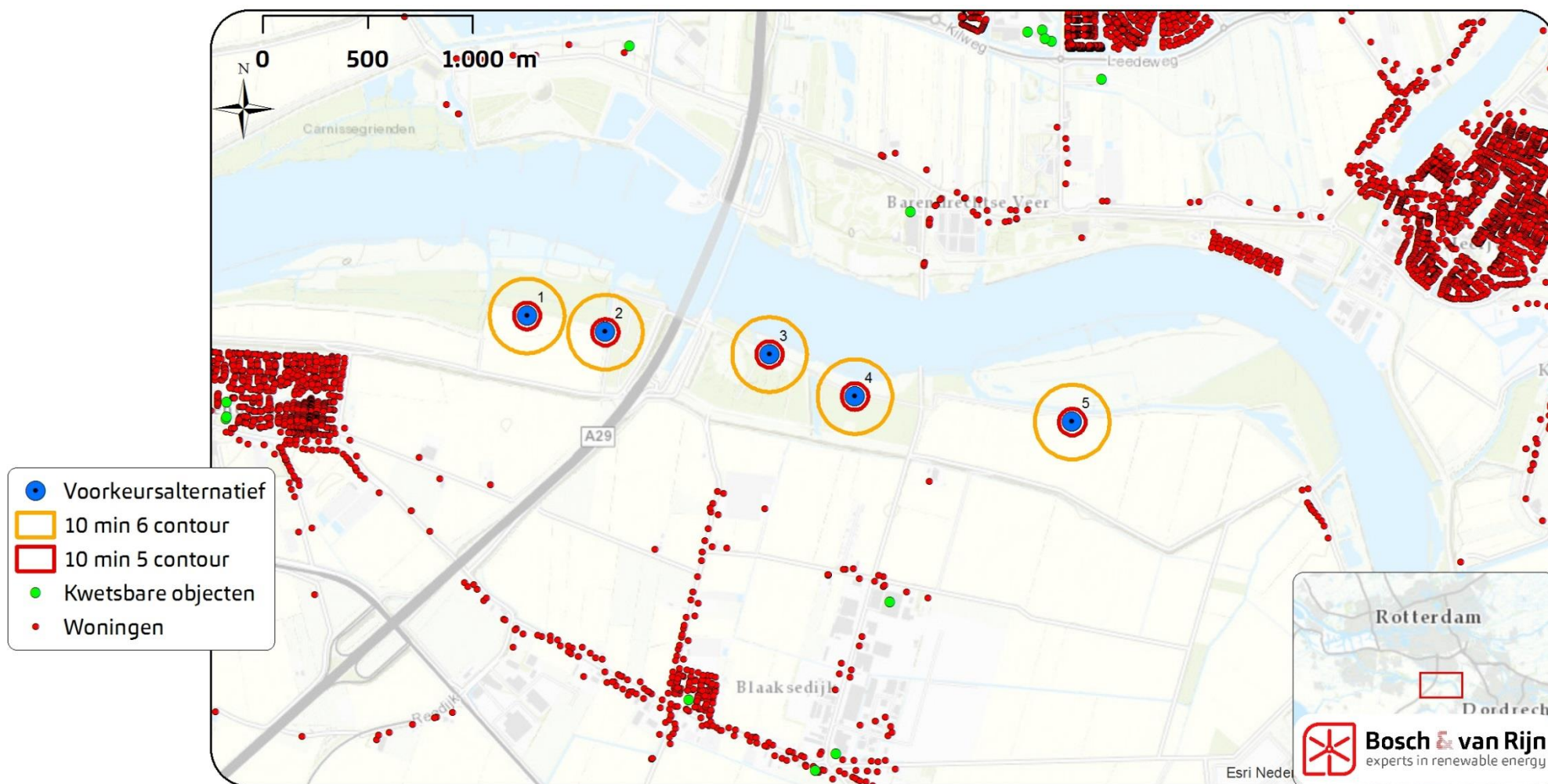
Bijlage A Turbineopstelling en coördinaten

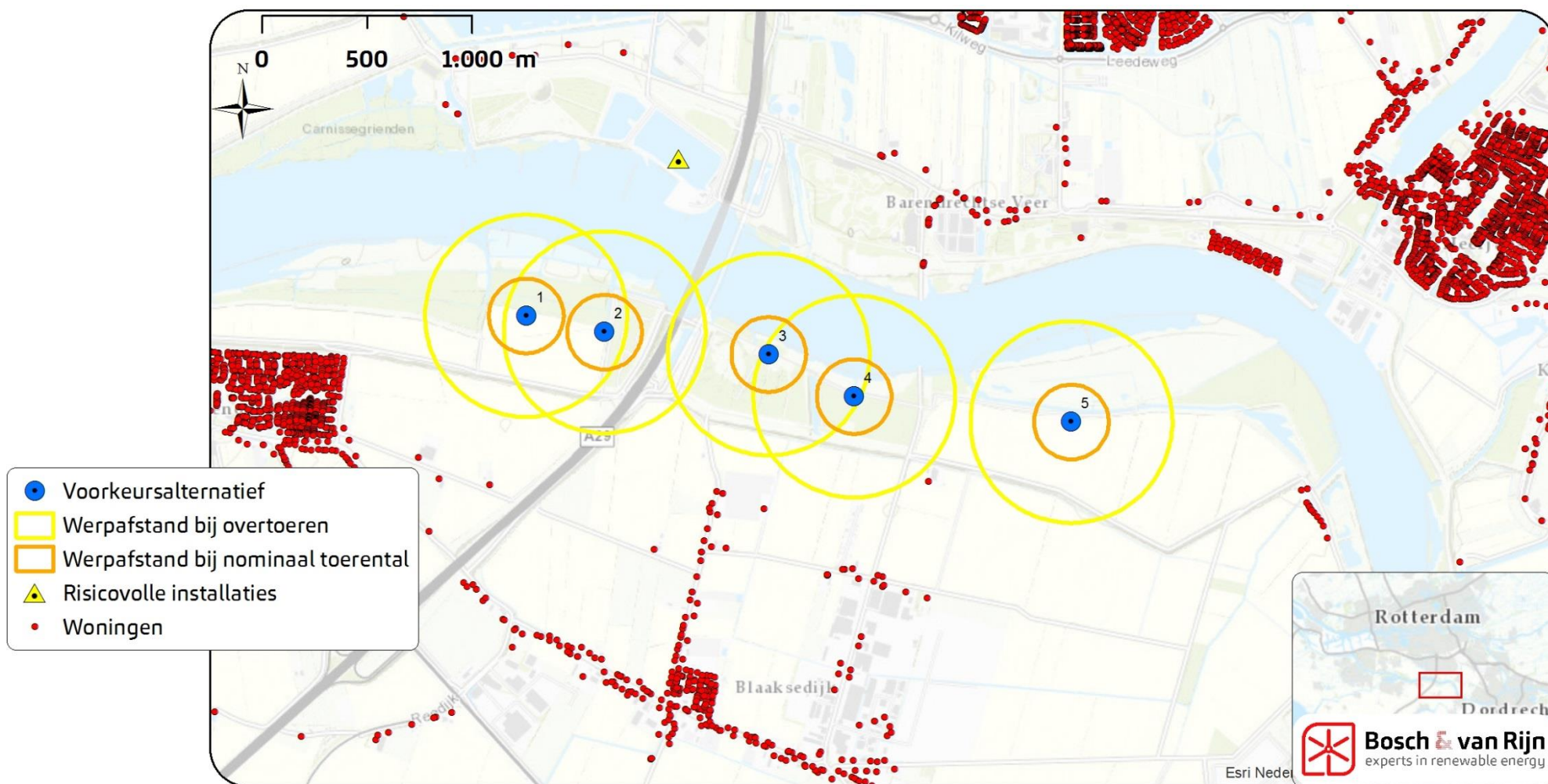
Windturbine (Van West naar Oost)	X coördinaat	Y coördinaat
1	93804,6	427234,7
2	94177,9	427156,9
3	94960,1	427051,4
4	95367,2	426850,8
5	96402,6	426729,0

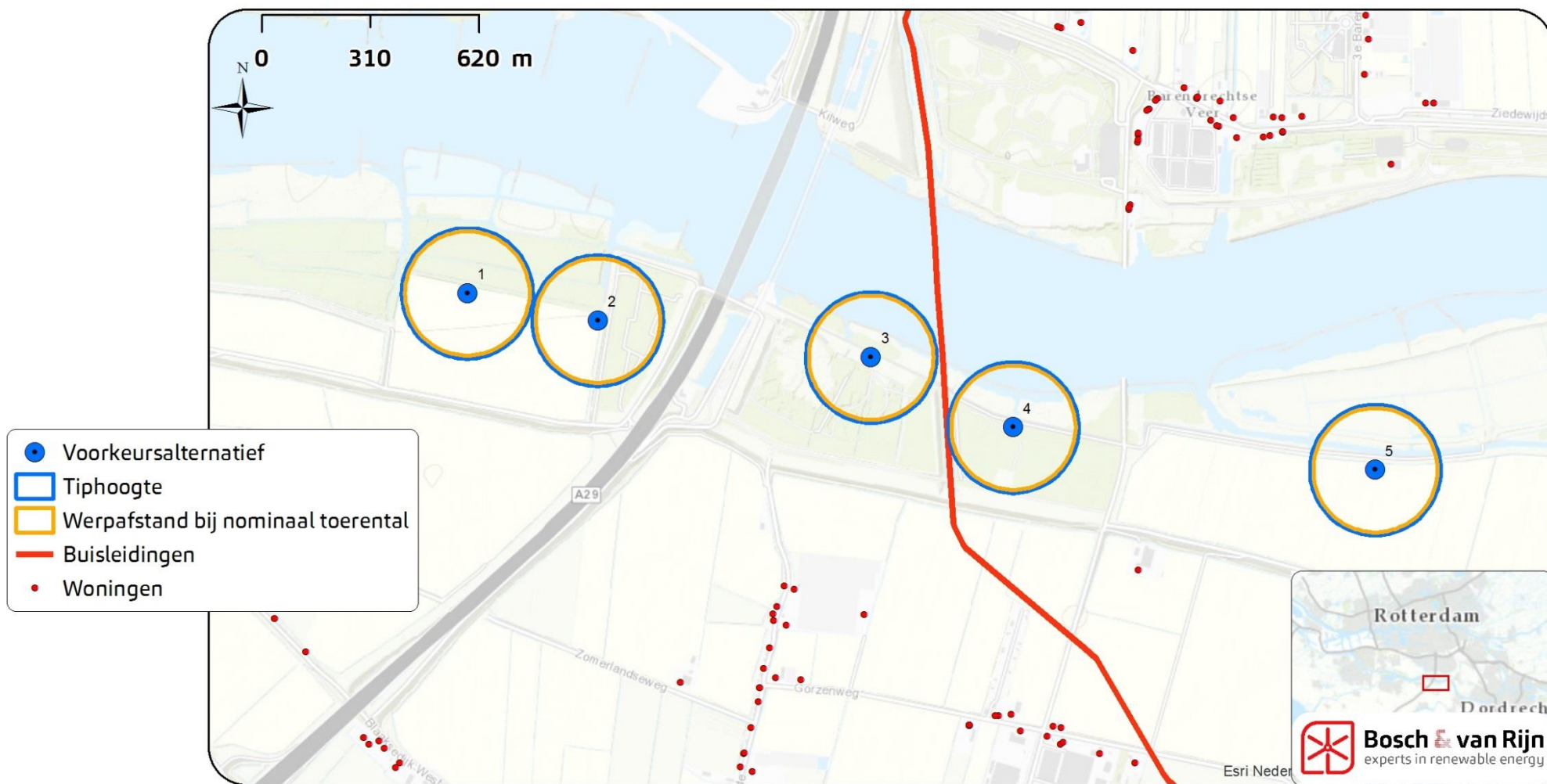


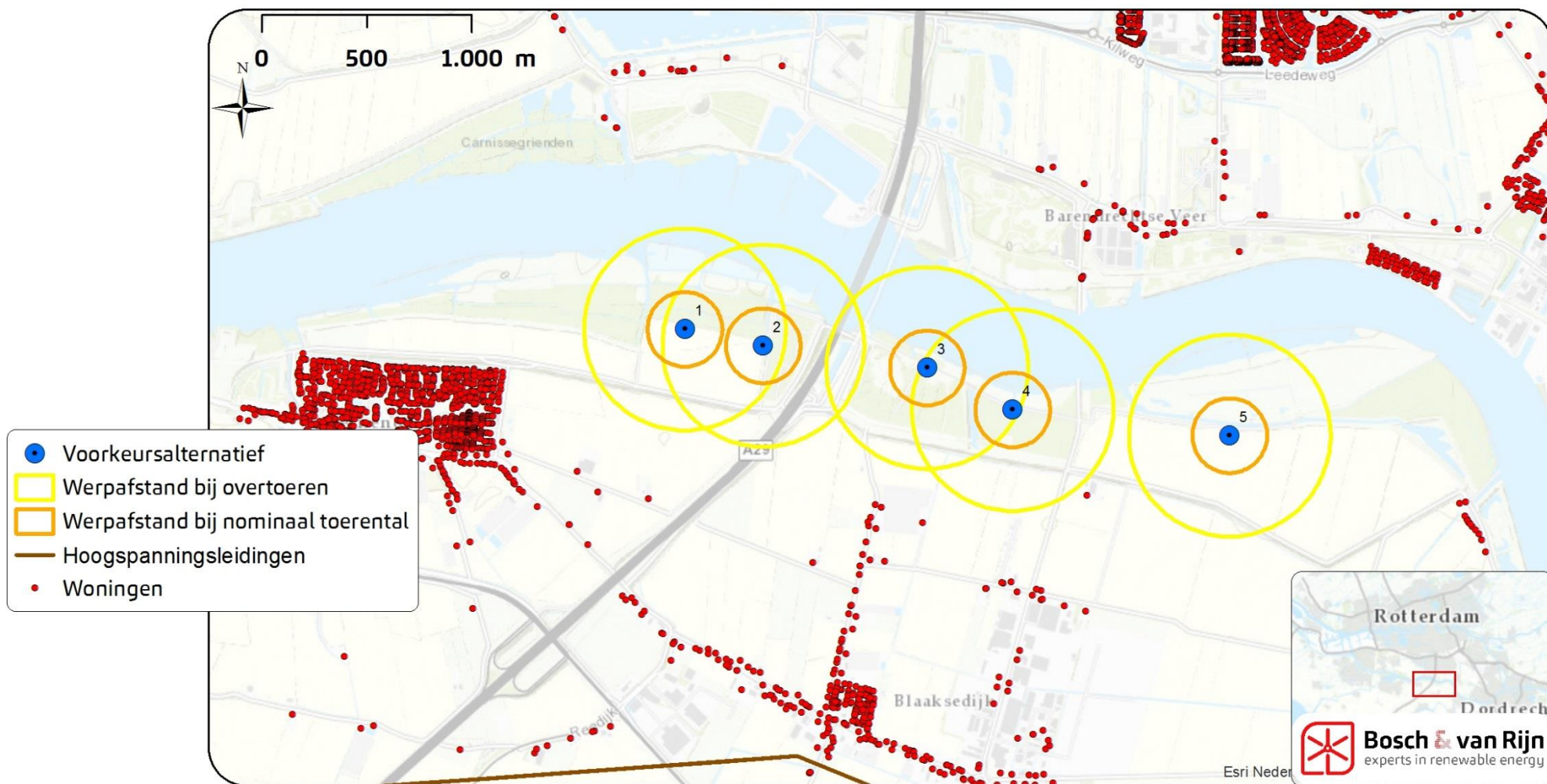
Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden

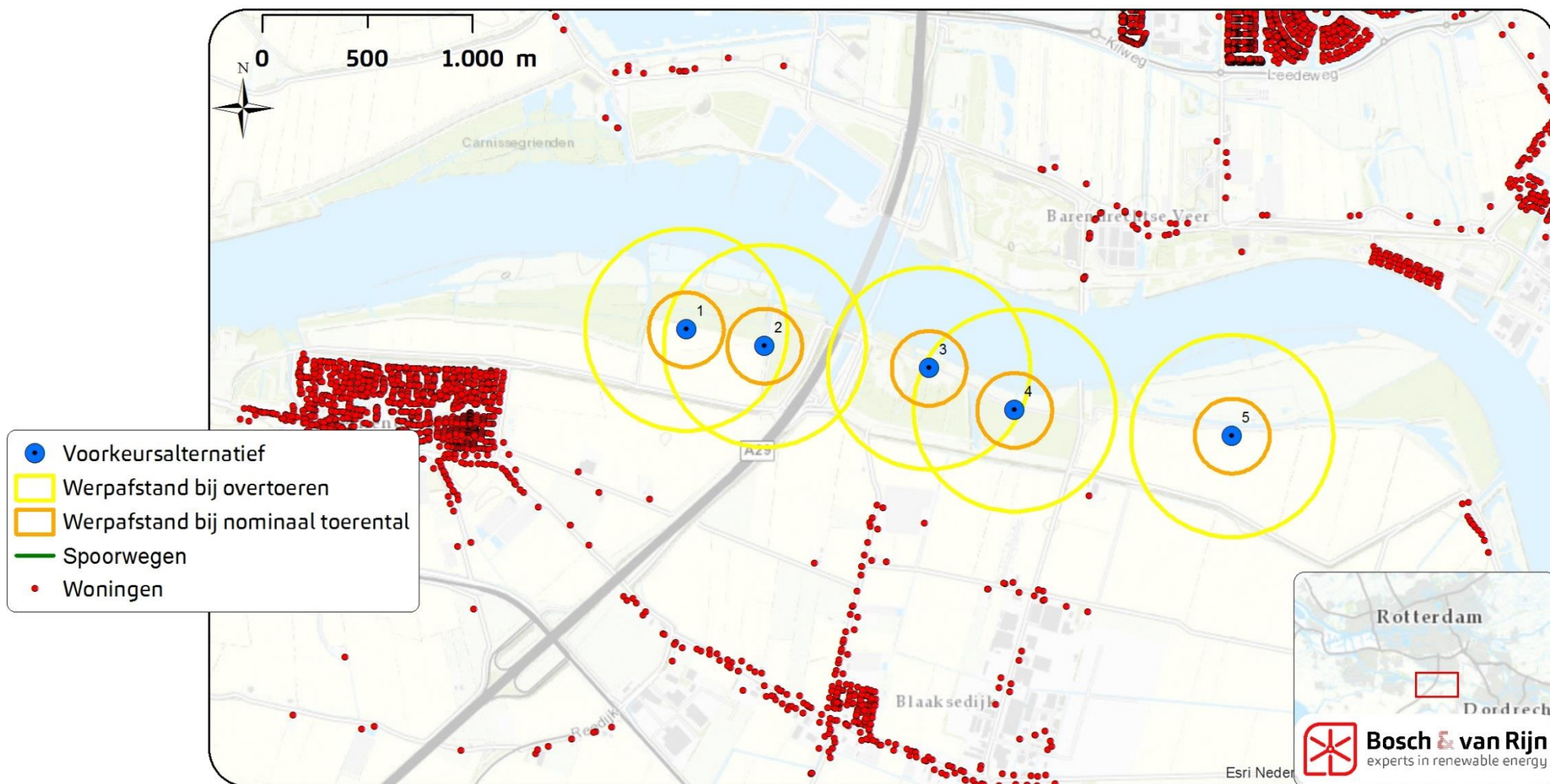


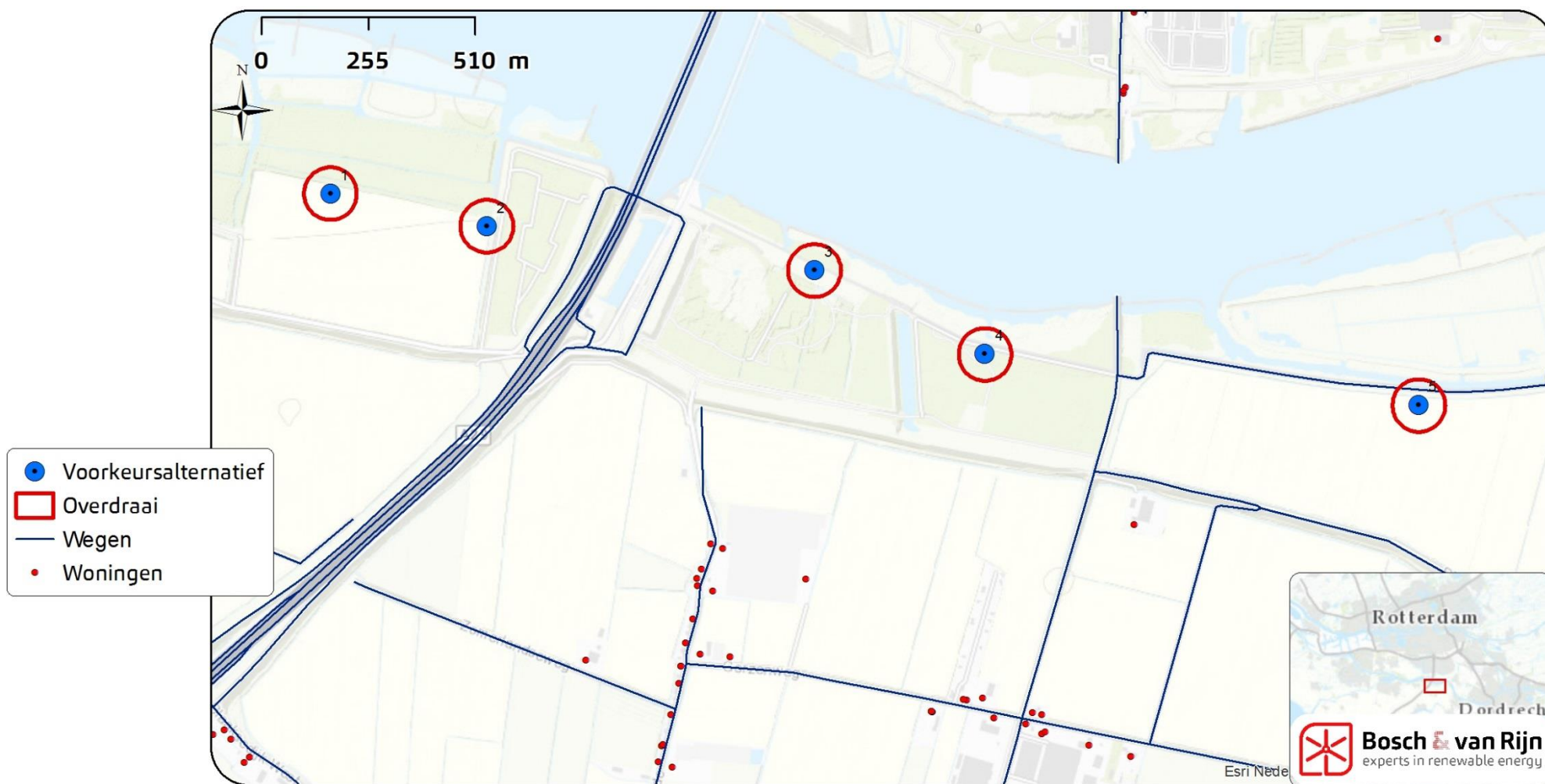












Bijlage C Berekening werpafstand

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]

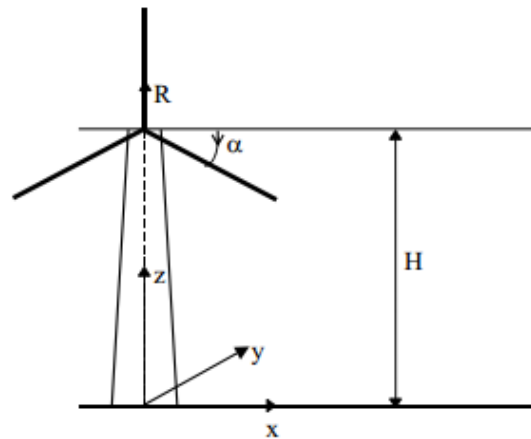
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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_{ZWPT} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terecht komt 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_{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 terecht komt, 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

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

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 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

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

Bijlage D Werpafstand turbinetype

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonerings

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
VestasV126_117 .txt

Rekenmodel:
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

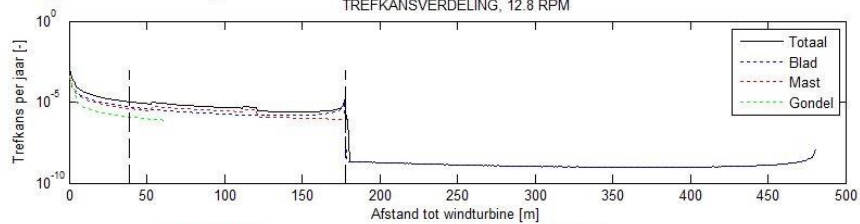
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:
255 m
0 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014

TREFKANSVERDELING, 12.8 RPM



PARAMETERS

Rotordiameter 126 m
Ashoogte 117 m
Wielengte 61.66 m
Toerental 12.8 RPM
Mastdiameter 7.5 m
Lengte gondel 12.8 m
Hoogte gondel 6.8 m
Zwaartepunt rotorblad 22.68 m
Solidity 0.05 -
Kritiek bladoppervlak 202.05 m²
Massa blad - kg
Windsnelheid - m/s

RESULTATEN

Risicocontouren
10-5 39 m
10-6 178 m
Werpafstanden
Gegeven 178 m
Overtoeren 481 m
p_{zwpt}
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 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) kampeertreinen 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;



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.