

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.
Drs. Ing. Jeroen Dooper

Opdrachtgever

NUON



Windpark Nieuwe Hemweg

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 Nieuwe Hemweg

Kwantitatieve Risicoanalyse t.b.v. Omgevingsvergunning

Datum
23-5-2017

Versie
0.5

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>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO'S WINDTURBINES	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	9
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	10
3.2	<i>Risicovolle inrichtingen</i>	10
3.3	<i>Buisleidingen voor transport van gevaarlijke stoffen</i>	11
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	11
3.5	<i>Wegen</i>	12
3.6	<i>Spoorwegen</i>	13
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	14
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	15
4.2	<i>Risicovolle inrichtingen</i>	16
4.3	<i>Buisleidingen</i>	20
4.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	25
4.5	<i>Wegen</i>	26
4.6	<i>Spoorwegen</i>	34
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIES	39
5.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	40
5.2	<i>Risicovolle inrichtingen</i>	40
5.3	<i>Buisleidingen</i>	40
5.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	41
5.5	<i>Wegen</i>	41
5.6	<i>Spoorwegen</i>	42
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	43
BIJLAGE A	TURBINEOPSTELLING EN COÖRDINATEN	44
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	47
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	55
BIJLAGE D	WERPAFSTANDEN TURBINETYPE	57
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	58
BIJLAGE F	TECHNISCHE GEGEVENS BUISLEIDING	59

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Voorliggende kwantitatieve risicoanalyse is opgesteld om de (externe) risico's van nieuw te plaatsen windturbines in het havengebied in Amsterdam inzichtelijk te maken ten behoeve van de vergunningverlening.

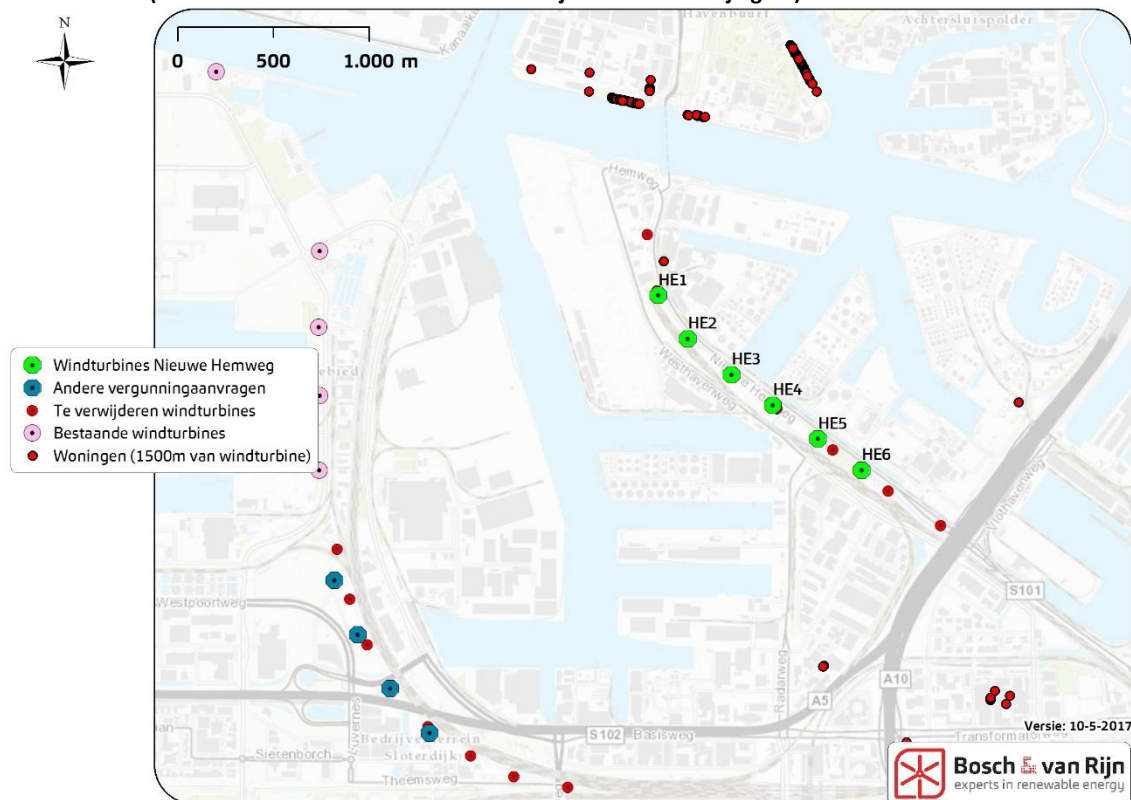
Deze studie toetst de (externe) risico's vanwege de windturbines ter plaatse van nabijgelegen gebouwen, buisleidingen, hoogspanningsleidingen, risicovolle installaties, infrastructuur en spoorwegen (waaronder het goederenemplacement en toekomstig reizigersemplacement) aan de normen en adviesafstanden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

In dit rapport wordt de windturbinetype 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. In het havengebied zijn meerdere plannen voor windturbineopstellingen. Op basis van de bij ons bekende vergunningaanvragen zijn ook de locaties van andere voornemens weergegeven.

Figuur 1 Ligging van het beoogde nieuwe windpark en woningen binnen 1500 meter van de windturbines (Coördinaten van nieuwe windturbines zijn te vinden in Bijlage A)



Het voornemen betreft 6 windturbines die in de plaats komen van 8 windturbines op dezelfde locatie (ook weergegeven in bovenstaande figuur). Ook nabijgelegen woningen zijn aangeduid.

De bron voor deze gegevens is de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) van januari 2017.

1.3 Te onderzoeken windturbinetypes

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

- ❖ Ashoogte: 95 tot 105 meter,
- ❖ Rotordiameter: 95 tot 105 meter,
- ❖ Tiphoogte: maximaal 150m,
- ❖ Verhouding ashoogte/rotordiameter: minimaal 0,9; maximaal 1,1.

Aangezien de 10^{-6} contouren en de werpafstanden (nominaal en overtoeren) niet 1-op-1 schalen met de afmetingen is voor het milieuaspect een windturbinetype 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 1. 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 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^{-5} m	10^{-6} m	Werpafstanden in m	
						Nominaal	Overtoeren
Enercon	E-92 2,3MW	98	92	46	148	148	401
GE	GE103 3.2M	98,3	103,2	51,6	169	169	474
Lagerwey	L-100 2.5MW	98	100	50	136	136	360
Nordex	N100-3.3MW	100	99,8	49,9	144	144	383
Siemens	SWT3.0-101	99,5	101	50,5	168	168	468
Senvion	MM100 2MW	100	100	50	139	139	367
Vestas	V90 2MW	95	90	45	130	130	343
	V100 2MW	95	100	50	149	149	406

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

Tabel 2 Eigenschappen van het onderzochte windturbinetype

Fabrikant	Type	ashoogte m	rd m	10^{-5} m	10^{-6} m	Werpafstanden in m	
						Nominaal	Overtoeren
GE	GE103 3.2MW	98,3	103,2	51,6	169	169	474

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 overtoeren¹. 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 invoerparameters en resultaten van de berekeningen. Hieruit volgen de afstanden die zijn weergegeven in onderstaande tabel. Voor de locatie is gebruik gemaakt van een referentiewindturbine die voldoet aan de maximale tiphoogte van 150 meter.

Fabrikant	Type	ashoogte m	rd m	10 ⁻⁵ m	10 ⁻⁶ m	Werpafstanden in m	
						Nominaal	Overtoeren
GE	GE103 3.2MW	98,3	103,2	51,6	169	169	474

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Voor het oprichten van de windturbines langs de Nieuwe Hemweg zijn de volgende onderwerpen relevant:

- (Beperkt) kwetsbare objecten
- Risicovolle installaties
- Buisleidingen
- Hoogspanningsinfrastructuur
- Wegen
- Spoorwegen

¹ Het scenario 'werpafstand bij overtoeren' is voor moderne windturbines niet van toepassing. Dit, omdat het fysiek niet mogelijk is dat de windturbines dit toerental bereiken.

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 inrichtingen

De mogelijke effecten van plaatsing van de windturbines voor nabijgelegen inrichtingen moet worden onderzocht. Dit vanwege het feit dat dat als gevolg van falen van een windturbine een 'domino-effect' kan plaatsvinden. Vanwege dit mogelijke effect wordt bekeken of er ook na plaatsing wordt voldaan aan de voor de BEVI-inrichtingen geldende plaatsgebonden risico wordt voldaan.

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 Windturbines² 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.

² 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 geval 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 (bepalende 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 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 Wegen

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".

De windturbines worden niet geplaatst langs een Rijksweg, maar langs de Nieuwe Hemweg. Dit betekent dat de voor de Rijkswegen geldende beleidsregel niet van toepassing is. Voor deze gemeentelijke weg gelden geen genormeerde afstandsnormen en is het oprichten van een windturbine op een kleinere afstand van de openbare weg mogelijk. Voor de beoordeling van de veiligheidsrisico's wordt de beleidsregel 'Windturbines langs auto-, spoor, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's' toegepast. Volgens deze beleidsregel wordt gekeken naar de volgende twee risico's:

"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

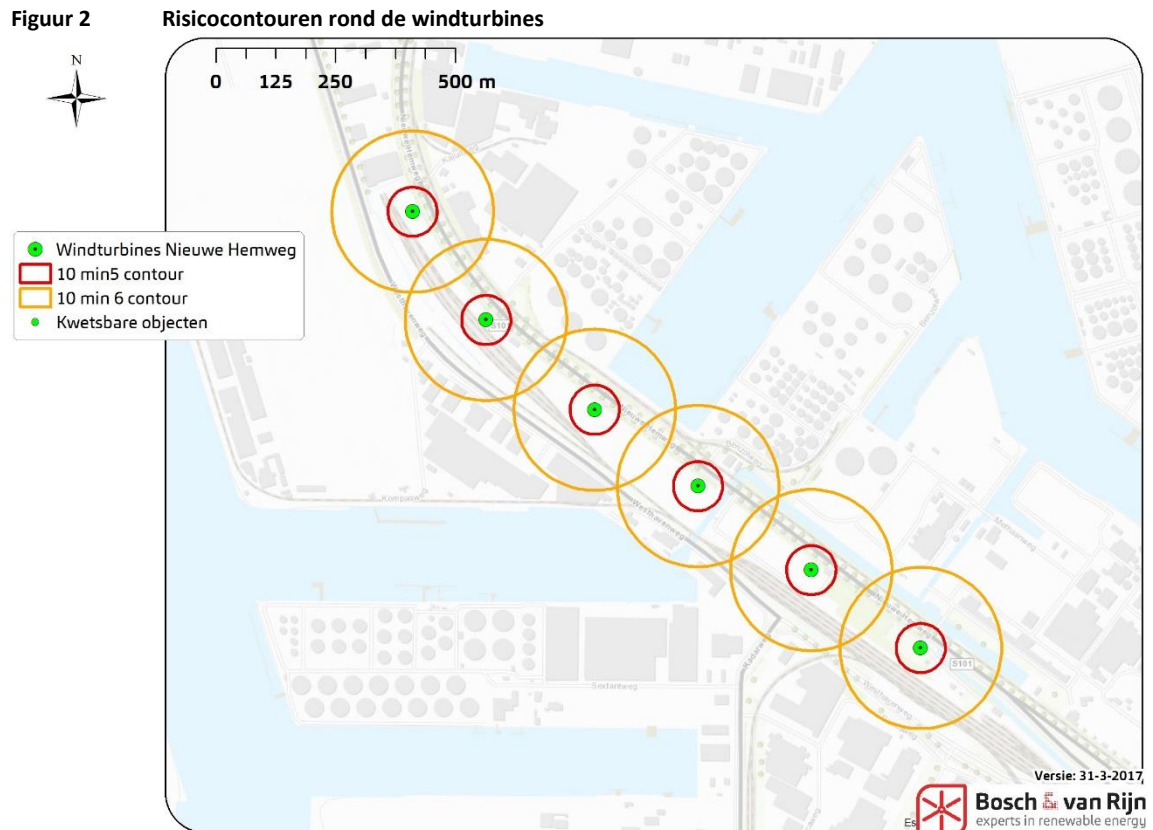
Voor spoorwegen hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en spoorwegen. De afstandseis die gehanteerd wordt tussen windturbines en het dichtst bij gelegen spoor is minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter.

Verder hanteert ProRail net als Rijkswaterstaat het begrip Individueel PassantenRisiko (IPR) en Maatschappelijk Risiko (MR) binnen zijn werken. De wetgeving van ProRail over het IPR en MR verschilt niet met hetgeen wat reeds is uitgelegd in 3.5.

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.

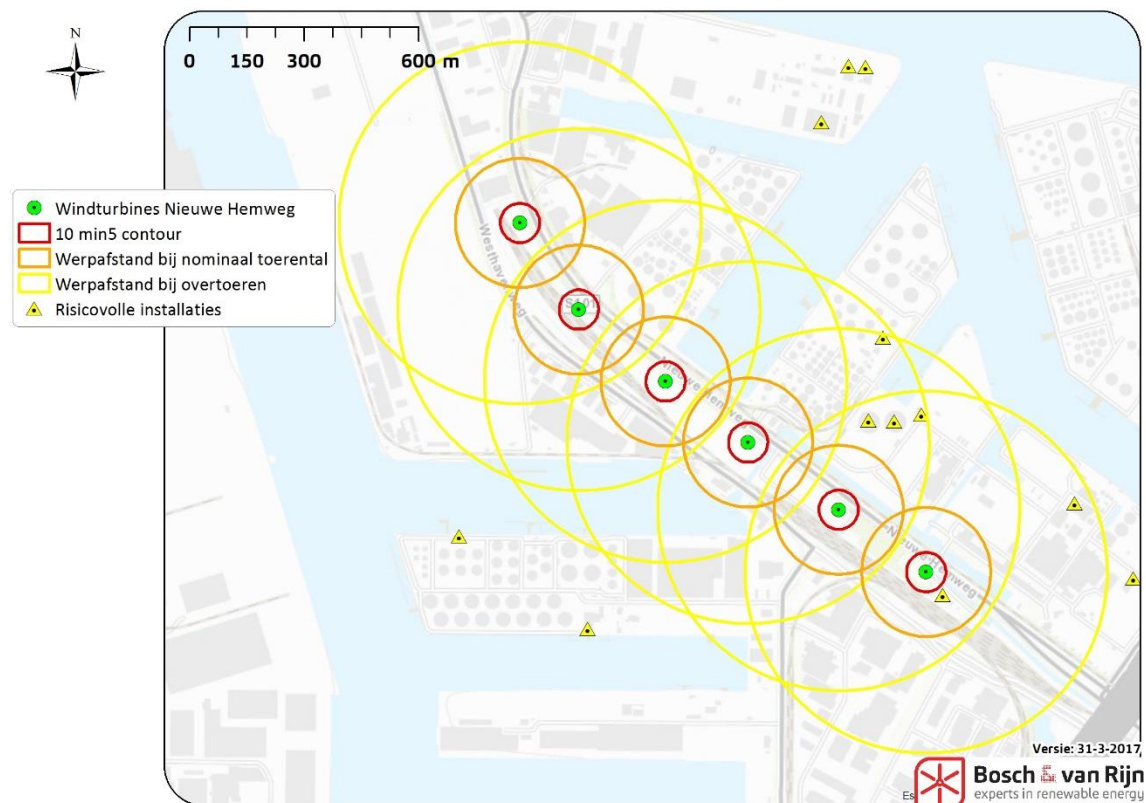


Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied geen (geprojecteerde) aandachtspunten. Er bevinden zich geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de risicocontouren. Tevens is er in het bestemmingsplan opgenomen dat er zich geen kwetsbare objecten mogen bevinden nabij de posities van de windturbines.

4.2 Risicovolle inrichtingen

De berekende maximale werpstanden³ (bij nominaal toerental en overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn. De reden dat beide werpafstanden zijn ingetekend is dat de faalkans voor beide scenario's significant verschilt.

Figuur 3 Maximale werpafstand bij nominaal toerental (169m) en overtoeren (474m) van de windturbines en risicovolle installaties⁴



Op basis van de ingetekende werpafstanden (nominaal toerental: 169m; overtoeren: 474m), de luchtfoto en de risicokaart (www.risicokaart.nl) zijn risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden. In Tabel 3 is aangegeven welke turbine de betreffende turbine is waarvan de werpafstand bij overtoeren tot de risicovolle installatie reikt.

³ De maximale werpafstanden zijn worstcase en zijn gebaseerd op een windturbinetype met de grootste werpafstanden binnen de bandbreedte.

⁴ In figuur 3 bevindt zich een risicovolle inrichting binnen de werpafstand bij nominaal toerental van windturbine 6. Dit betreft het rangeerterrein waarop in paragraaf 4.6 verder wordt ingegaan.

Tabel 3 Risicovolle inrichtingen en installaties in nabijheid van de windturbines

Windturbine	Inrichting	Installatie	Inhoud (m3)	Afstand
4	Eurotank Amsterdam B.V.	Butaan vulpunt	3000	447
4	NUON Power Generation B.V.	Ammoniakopslag	450	465
4	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	386
4	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	322
5	Eurotank Amsterdam B.V.	Butaan vulpunt	3000	464
5	NUON Power Generation B.V.	Ammoniakopslag	450	330
5	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	270
5	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	250
5	NUON Power Generation B.V.	Gasontvangststation	2000	323
5	NUON Power Generation B.V.	Dieseltank	100	356
6	NUON Power Generation B.V.	Ammoniakopslag	450	408
6	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	401
6	NUON Power Generation B.V.	Stookolietank	40.000	425
6	NUON Power Generation B.V.	Aardgasimport	4500	429
6	NUON Power Generation B.V.	Gasontvangststation	2000	258
6	NUON Power Generation B.V.	Dieseltank	100	74

Doordat één van de afstanden (rood in tabel) kleiner is dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties. Verder bevindt een opslagtank voor gevaarlijke stoffen van de inrichting NUON Power Generation B.V. zich buiten de werpafstand bij overtoeren.

N.B. Diesel, ook wel gasolie, heeft een vlampunt van meer dan 55 graden. Hierdoor valt het in klasse 3. In de S3b methodiek valt gasolie in categorie LFF1. Daarom is voor de klasse een ontstekingskans van 0,01 aangehouden in berekeningen voor bunkerstations. Voorgesteld wordt nu aan klasse 3 geen ontstekingskans toe te kennen (en dus niet mee te nemen in de QRA), omdat de stof geen WMS classificatie heeft. Alleen wanneer de procestemperatuur hoger is dan de vlamtemperatuur dient de stof meegenomen te worden. Doordat dit niet het geval is hoeft de dieseltank verder niet meegenomen te worden in onderhavig rapport.

4.2.1 Trefkansberekeningen

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 geprojecteerd grondoppervlak⁵:

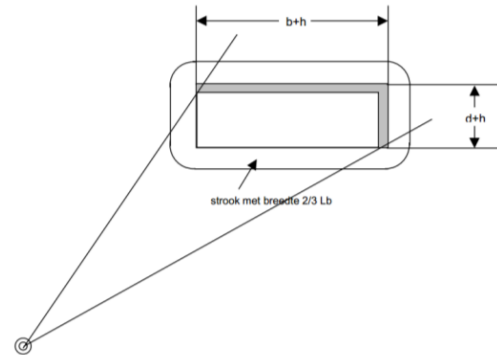
De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

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

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 $1/3$ 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:

$$Po = Pod + Poi$$

Rekenmethode mastbreuk

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard $1.3 \cdot 10^{-4}$. Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object net niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object (K_o) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

⁵ Hoewel het om een ondergrondse reservoir gaat, is er gekozen om gebruik te maken van de methode om de trefkans te berekenen voor een bovengrondse tank. Hierdoor ontstaat er een worst-case scenario

$$K_o = \left(\frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$

De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$K_g = K_o * \text{faalkans mast}$$

Totale faalkans

De totale trefkans van de windturbine op een object is de som van de bovenstaande scenario's. De totale trefkans (Ttk) op een object kan dan berekend worden via de volgende formule:

$$Ttk = P_o + K_g$$

4.2.2 Resultaten trefkans risicovolle installatie

Met behulp van bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties bij de geplande windturbines. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4 Trefkans van de windturbine voor de risicovolle installaties

Installatie	Trefkans
Butaan vulpunt	$2,72 \cdot 10^{-8}$
Ammoniakopslag	$4,35 \cdot 10^{-8}$
Stookolietank	$9,72 \cdot 10^{-8}$
Stookolietank	$1,01 \cdot 10^{-7}$
Aardgasimport	$1,13 \cdot 10^{-8}$
Gasontvangstation	$2,43 \cdot 10^{-8}$

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 5 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten

Object	Faalkans scenario's (weergegeven tussen haakjes)
Opslagtanks gevaarlijke stoffen	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 ($5 \cdot 10^{-6}$). Bron: Handleiding risicoberekeningen BEVI.

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties waarmee de procentuele toename van de faalkans is bepaald.

Tabel 6 Verhoging faalkans van risicovolle installaties

Installatie	Intrinsieke faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
Butaan vulpunt	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,72 \cdot 10^{-8}$	0,27%
Ammoniakopslag	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,88 \cdot 10^{-8}$	0,19%
Stookolietank	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$9,72 \cdot 10^{-8}$	0,97%
Stookolietank	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-7}$	1,01%
Aardgasimport	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,13 \cdot 10^{-8}$	0,11%
Gasontvangststation	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,43 \cdot 10^{-8}$	0,24%

4.2.4 BRZO inrichting

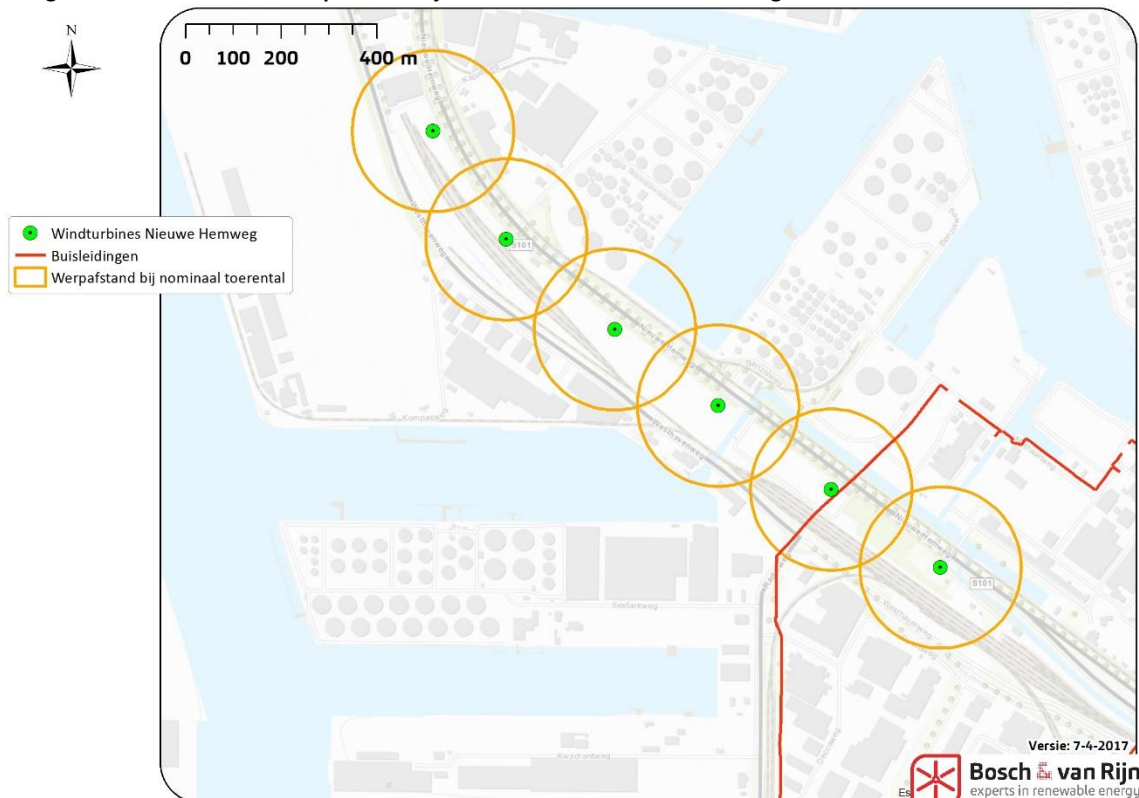
De NUON Power Generation B.V. inrichting is een BRZO inrichting. Hiervoor geldt het Besluit Risico's zware ongevallen (2015) waarin staat dat de inrichting een rapportageplicht heeft.

Door de geringe faalkansverhoging van de installaties door de windturbines is het niet aannemelijk dat het groepsrisico en maatschappelijk risico significant groter worden. Hierdoor zal het windpark geen invloed hebben op de BRZO status.

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 en buisleidingen.



Uit bovenstaande figuur is te concluderen dat er zich één buisleiding bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt in eerste instantie niet voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. Doordat er niet wordt voldaan aan de adviesafstand wordt in de komende paragrafen de trefkansberekeningen uitgevoerd volgens het Handboek Risicozonering Windturbines, Bijlage C, Hoofdstuk 8. De risico's zijn gekwantificeerd voor windturbines die zich op een afstand kleiner dan de maximale werpafstand bij nominaal toerental bevinden. Het gaat hierbij om windturbine HE5 en buisleiding A-553-01 bij de Nieuwe Hemweg te Amsterdam.

4.3.1 Trefkansberekening

Bladbreuk

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] ($2,1 \cdot 10^{11}$)

$\sigma_{toelaatbaar}$: toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]:
A-553-01⁶: $1,28 \cdot 10^8$

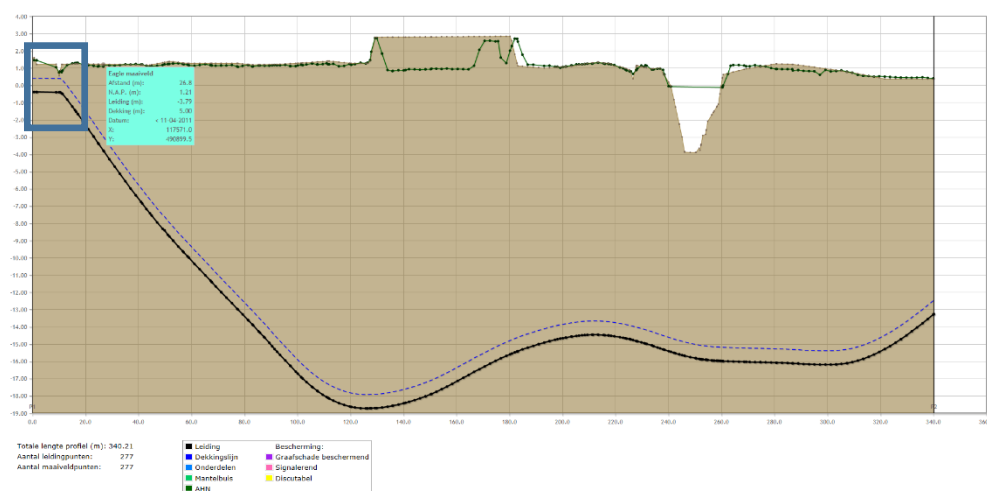
t: wanddikte
10412: 9,5 mm

$E_{kinetisch}$: de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de
lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]
 $7,67 \cdot 10^6$

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

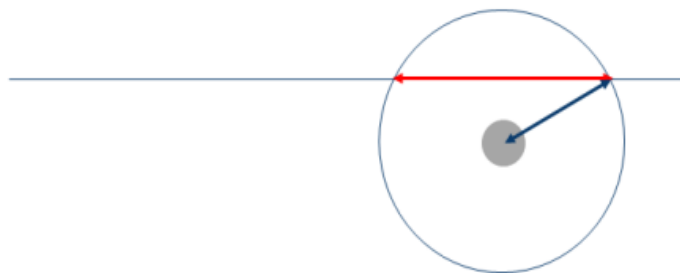
Hieruit resulteert $R = 2,02$. Op basis van een diepteprofiel verstrekt door Gasunie is te concluderen dat de diepteligging van de buisleiding groter is dan de kritische afstand. Hierdoor ligt de leiding veilig voor dit scenario. Alleen in het omkaderend deel van onderstaand figuur is de diepteligging kleiner dan de kritische afstand. Voor het omkaderende gedeelte wordt de trefkans berekend.

Figuur 5 Diepteligging van buisleiding, windturbine staat ter hoogte van 169 meter.



⁶ In bijlage F zijn de technische gegevens te vinden van de buisleiding.

Figuur 6 Verticale dwarsdoorsnede loodrecht op de leiding (grijs)



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.

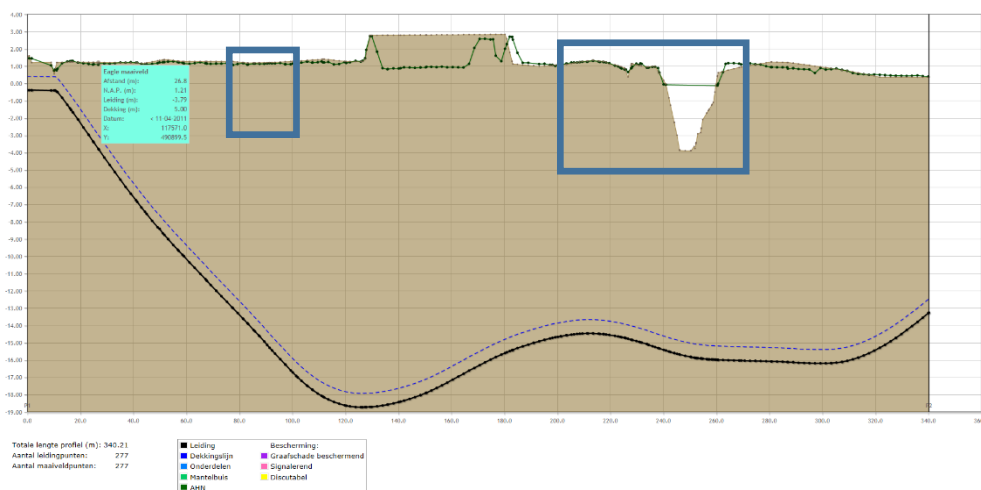
Buisleiding A-553-01

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$7,15 \cdot 10^{-9}$	35,2	$2,52 \cdot 10^{-07}$	$2,52 \cdot 10^{-09}$
overtieren ⁷	$7,43 \cdot 10^{-12}$	545,6	$4,05 \cdot 10^{-09}$	$6,28 \cdot 10^{-10}$

Mastbreuk

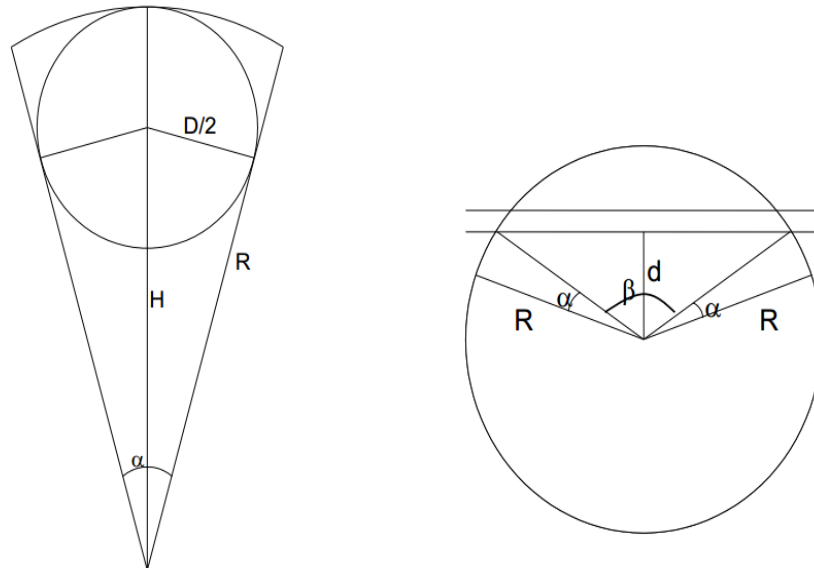
Voor mastbreuk geldt $R = 17,90$ meter. De kritische strook wordt dan 35,75 meter. Op basis van het geleverde diepteprofiel is de hoek berekend waarbij het omvallen van de mast schade kan aanbrengen aan de leiding.

Figuur 7 Diepteprofiel van de buisleiding (omkaderend gedeelte ligt minder diep dan de kritische afstand



⁷ Voor overtieren wordt verondersteld dat de diepte van de buisleiding richting het zuiden niet veranderd en dat de diepte richting het noorden kleiner is dan de kritische afstand.

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.

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
60	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$2,17 \cdot 10^{-05}$	$4,95 \cdot 10^{-06}$

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. Dit scenario komt voor. Echter is de kritische diepte (3,83) lager dan de diepteligging van de buisleiding waardoor de leiding veilig ligt voor dit scenario.

Totale trefkans

Gebaseerd op de bovenstaande berekeningen is het mogelijk om voor de verschillende tracés de totale trefkans te berekenen.

Tracé 159m tot 169m ⁸	= $2,52 \cdot 10^{-09}$ per kilometer per jaar
Tracé 30m tot 149,5m	= $4,95 \cdot 10^{-06}$ per kilometer per jaar
Tracé 170m tot 474m	= $6,28 \cdot 10^{-10}$ per kilometer per jaar

⁸ Gemeten vanaf de windturbine

Om conservatief te zijn wordt een worst-case benadering aangehouden. Hierbij wordt verondersteld dat alle scenario's van toepassing zijn op één en dezelfde tracé van de buisleiding. Dit leidt tot een totale trefkans van:

$4,95 \cdot 10^{-6}$ per kilometer per jaar.

4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

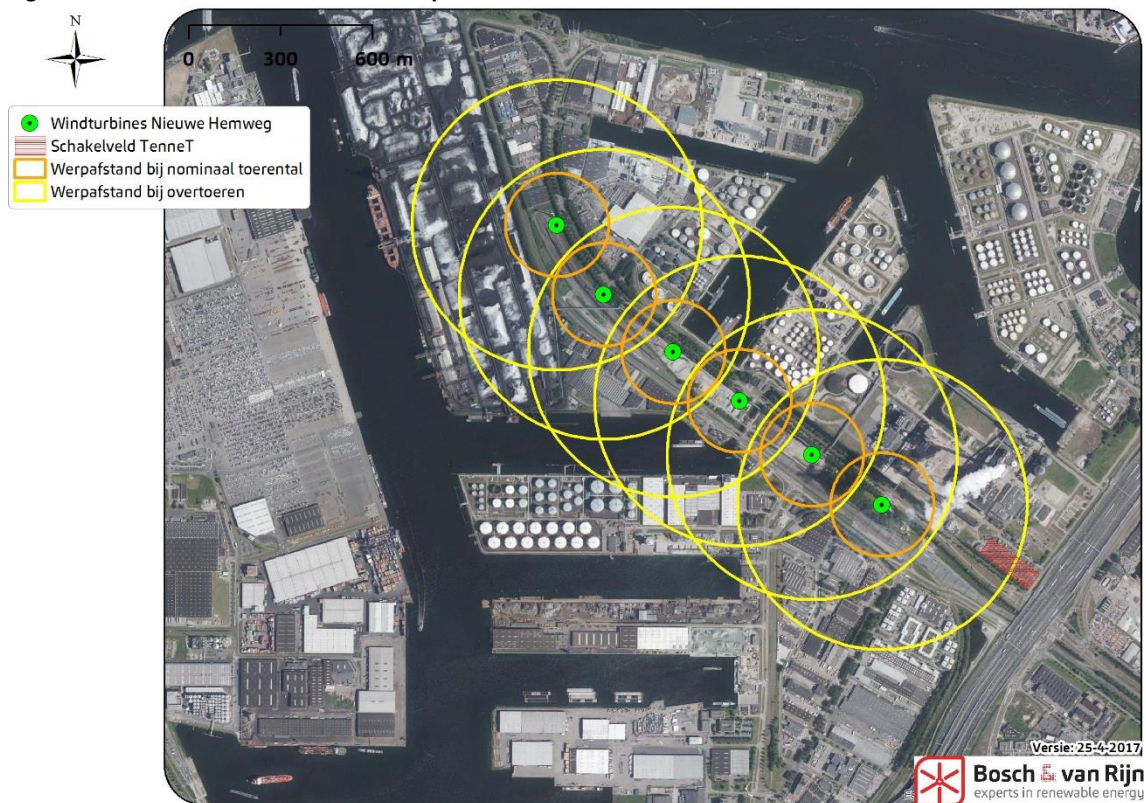
Voor de locatie is onderzocht of zich hoogspanningsleidingen in de buurt van het plangebied bevinden. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale werpafstand bij nominaal toerental).



Voor de locatie geldt dat geen hoogspanningsleidingen zijn gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Echter, bevindt zich in de buurt van het plangebied een schakelveld van TenneT. In onderstaande figuur is te zien dat het schakelstation zich buiten de werpafstand bij nominaal toerental bevindt. Wel valt het binnen de werpafstand bij overtoeren. Analoog met hetgeen bepaald in het Handboek Risicozonering Windturbines over hoogspanningsinfrastructuur, hoeft echter geen rekening gehouden te worden met de werpafstand bij overtoeren. Hierdoor geldt voor het schakelveld dat de windturbines geen (significante) invloed hebben op het schakelveld.

Figuur 9 Schakelveld TenneT en werpafstanden van de windturbines

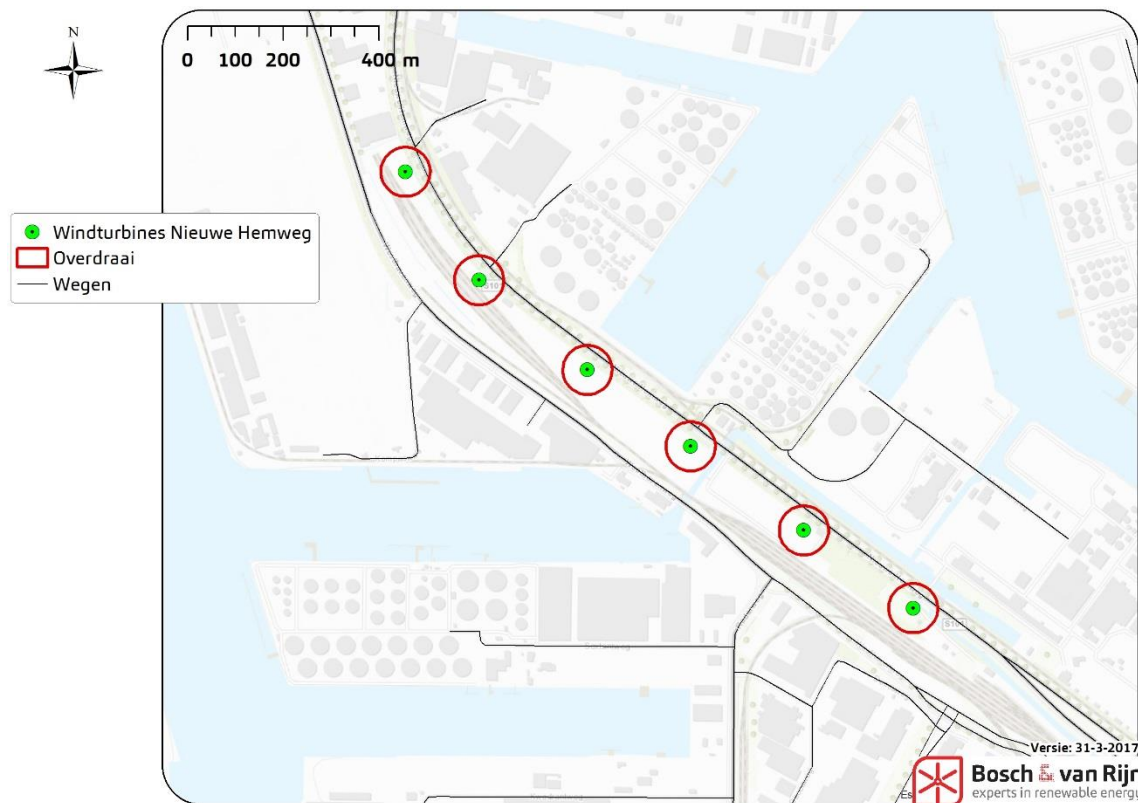


4.5 Wegen

Doordat de Nieuwe Hemweg een gemeentelijk weg is wordt er aangesloten bij de in paragraaf 3.5 genoemde toetsingskader. Daarvoor wordt eerst de trefkans van een passant berekend, waarna, conform de beleidsregel, 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 10 Overdraai en windturbines



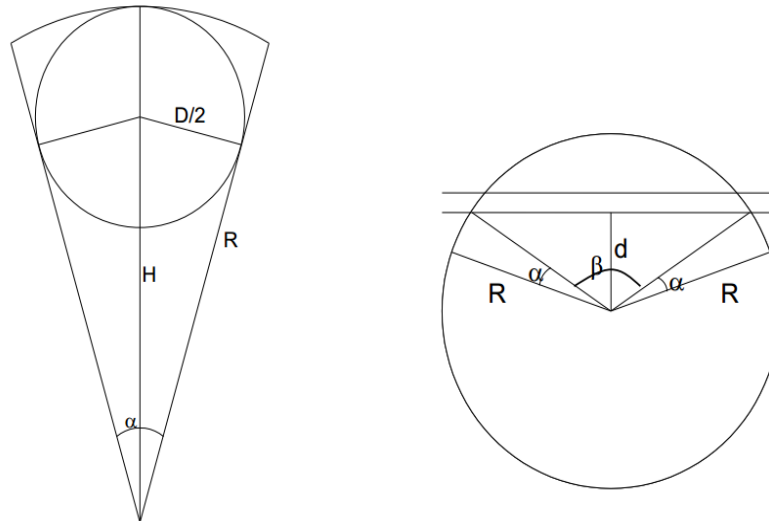
Uit bovenstaande figuur blijkt dat alle windturbines overdraaien over de Nieuwe Hemweg.

4.5.1 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 leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in onderstaand figuur (HRW, 2014).

Figuur 11 Windturbines als cirkelsegment en in aanraking met weg.



Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van een worstcase benadering waarbij de trefkans wordt berekend voor de dichtstbijzijnde turbine, waarbij deze trefkans wordt vermenigvuldigd met het aantal windturbines.

Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Nieuwe Hemweg	31	194,3	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-5}$

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	194.3	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-5}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$4,77 \cdot 10^{-13}$

Trefkans per passant voor windturbine HVW-8 is: $4,77 \cdot 10^{-13}$

Rekenmethode wiekbreuk

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

Voorkeursalternatief

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

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

$$p_{zwpt-\text{Nieuwe Hemweg}} = \text{trefkans zwaartepunt wiek} = 2,36 \cdot 10^{-8}$$

$$P - \text{Nieuwe Hemweg} = 4,97 \cdot 10^{-6}$$

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 Nieuwe Hemweg is: $1,12 \cdot 10^{-13}$ per passage

Rekenmethode gondelfworp

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: $4,77 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Wiekbreuk: $1,12 \cdot 10^{-13}$ per passage.

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

 Totaal: $8,61 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Echter, deze trefkans geldt voor 6 windturbines dus de totale raakkans wordt: $5,17 \cdot 10^{-12}$ per passage.

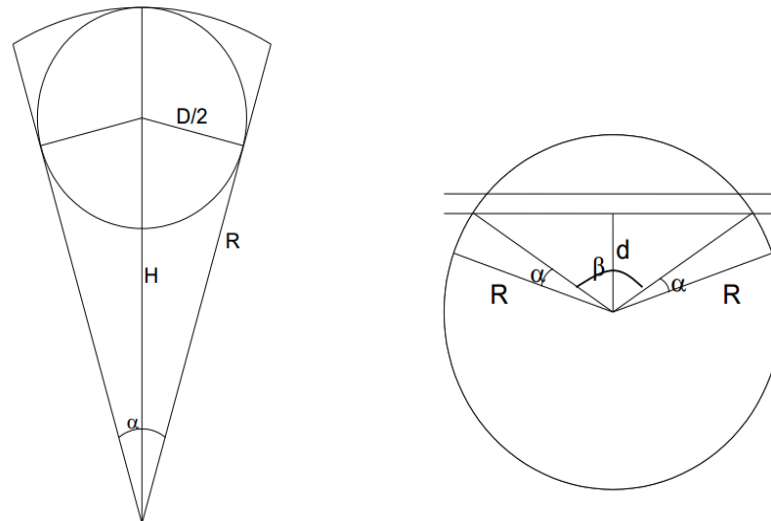
4.5.2 Vervoer gevaarlijke stoffen

Over de Nieuwe Hemweg is transport van gevaarlijke stoffen mogelijk. Om de risico's van de te plaatsen windturbines inzichtelijk te maken wordt eerst de kans berekend dat een tankwagen wordt geraakt waarna er wordt getoetst aan het IPR en MR.

Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de Nieuwe Hemweg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaande cirkelsegment in aanraking komt met de weg, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur.

Figuur 12 Windturbines als cirkelsegment en in aanraking met weg.



De trefkans is berekend voor de windturbine die het dichtstbij de Nieuwe Hemweg 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
Nieuwe Hemweg	31	194,3	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-5}$

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)⁹

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
31	194,3	1.3*10 ⁻⁴	7,02*10 ⁻⁵	3,36*10 ⁻⁰⁸	2,36*10 ⁻¹²

Trefkans tankwagen is:

Nieuwe Hemweg: 2,36*10⁻¹² per passage

Rekenmethode Wiekbreuk

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

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

$$\begin{aligned} p_{zwpt-Nieuwe\ Hemweg} &= trefkans\ zwaartepunt\ wijk &= & 2,36*10^{-08} \\ Oppervlakte\ weg & &= & 3200m^2 \end{aligned}$$

$$Trefkans\ weg = 7,55*10^{-5}$$

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

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

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 Nieuwe Hemweg is: 9,44*10⁻¹¹ per passage*

⁹ 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 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.

De kans dat een passant 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)¹⁰

Trefkans passant is: $1,34 \cdot 10^{-12}$ per passage

Conclusie

De totale raakkans per passage door de turbine is:

Nieuwe Hemweg- Tankwagen:

Mastbreuk:	$2,36 \cdot 10^{-12}$ per passage
Wiekbreuk:	$9,44 \cdot 10^{-11}$ per passage
Gondelafworp:	$1,34 \cdot 10^{-12}$ per passage

Totaal:	$9,81 \cdot 10^{-11}$ per passage

4.5.3 Ijsafworp

Doordat overdraai plaatsvindt bij de beoogde windturbines 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.

¹⁰ De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

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.

In het Activiteitenbesluit is opgenomen dat indien een windturbine als gevolg van het in werking treden van een beveiliging buiten bedrijf is gesteld, deze pas weer in werking wordt gesteld nadat de oorzaak van het buiten werking stellen is opgeheven. 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.

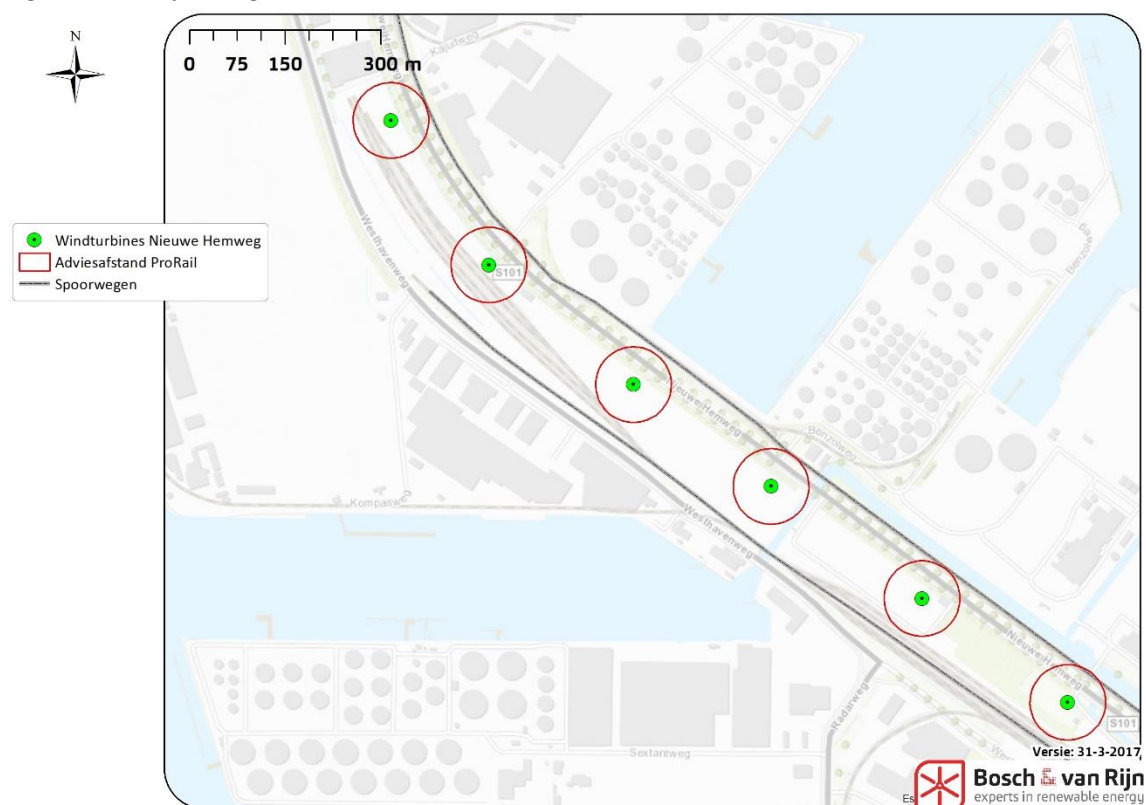
Op basis van deze tekst kan worden opgemaakt dat voor de Nieuwe Hemweg geldt dat wanneer de windturbines over of direct naast de weg gelegen zijn de risico's gemitigeerd dienen te worden door naast de ijsdetectie ook een positie in te stellen zodat de windturbines bij ijsdetectie parallel aan de betreffende weg draaien.

4.6 Spoorwegen

4.6.1 Spoorwegen

Voor de beoogde windturbines is onderzocht of er wordt voldaan aan de adviesafstand van ProRail (halve diameter + 7,85 meter).

Figuur 13 Spoorwegen en windturbines



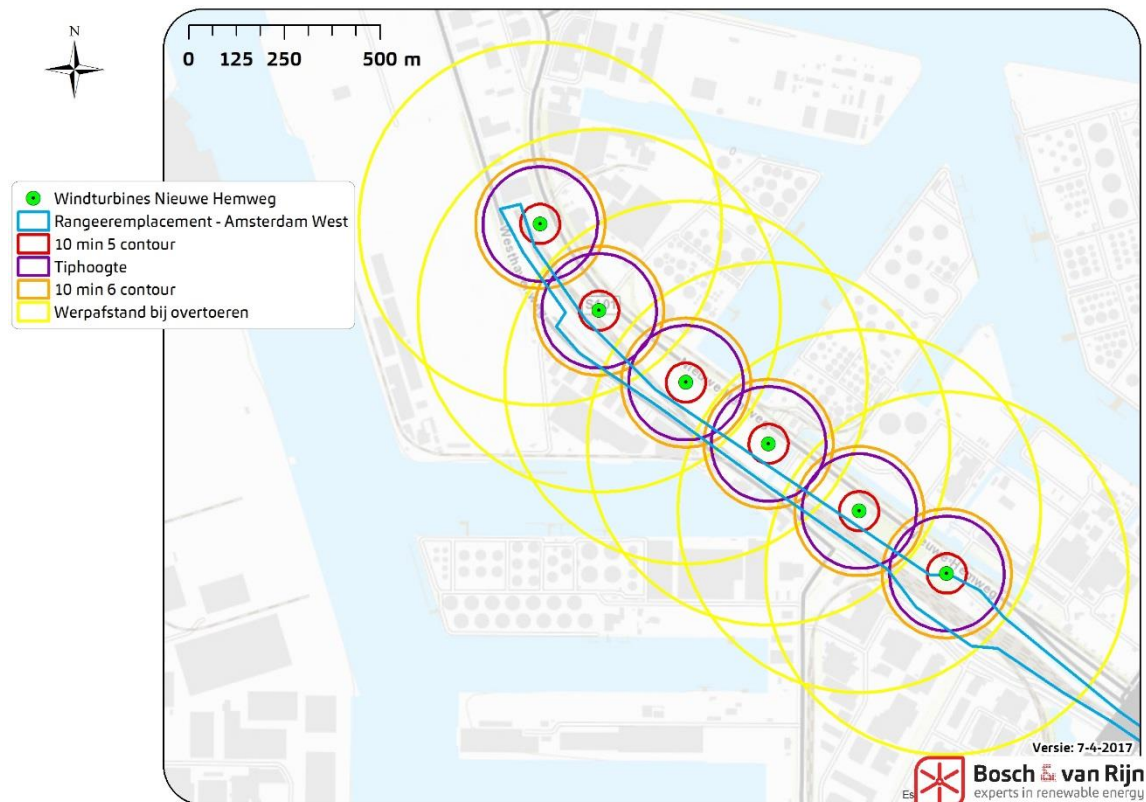
Windturbines 2 en 6 voldoen niet aan de adviesafstand van ProRail. Echter, de initiatiefnemers zijn in overleg getreden met ProRail vanwege het feit dat het gaat om een doodlopend lokaal spoor (havenspoor) waarover geen personen worden vervoerd en waar geen bovenleiding is en welke tevens niet frequent gebruikt wordt. Wel worden er op dit spoor wagons met gevaarlijke stoffen vervoerd. Uit het overleg is naar voren gekomen dat ProRail niet vast houdt aan de afstand zoals genoemd in het Handboek Risicozonering Windturbines en dat zij akkoord gaan met de posities van de windturbines.

4.6.2 Rangeerterrein

In dit onderzoek is aangesloten bij de QRA-rapportage 'Emplacement Westhaven – Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)' met kenmerk I.2009.1201.01.R001 van 11 augustus 2011. De risico's vanwege het emplacement bestaan uit het rangeren kortdurend opstellen van wagons met gevaarlijke stoffen.

In onderstaande figuur is de ligging van de inrichtingsgrens van het emplacement weergegeven en de locatie van de windturbines met bijbehorende effectgebieden. De ongevalsscenario's van het emplacement liggen hoofdzakelijk op de opstelsporen 1002 en 1005-1008 en op de nabijgelegen wisselstroken. Dit betreft het deel van het emplacement dat globaal gezien nabij de windturbines 4 t/m 6 (zie figuur x) ligt. Te zien is dat dit deel van het emplacement buiten het effectgebied van het afvallen van de rotor / gondel ligt. Wel ligt het effectgebied vanwege mastbreuk en bladbreuk over dit deel van het emplacement. Tussen deze effectgebieden van de windturbines is vrijwel geen sprake van overlap.

Figuur 11 Effectgebieden van de windturbines en ligging emplacement Westhaven



In de eerder genoemde QRA is ten aanzien van de bestaande windturbines kwalitatief gemotiveerd dat deze geen significante invloed hebben op de risico's vanwege het emplacement. In dit onderzoek zijn de risico's vanwege de windturbines berekend. Aangezien de wagons zich niet op vaste afstanden van de turbines bevinden is voor elk effectgebied uitgegaan van de hoogste kans (worstcase bandering), waarna vervolgens deze hoogste kansen bij elkaar zijn opgesteld. Het betreft

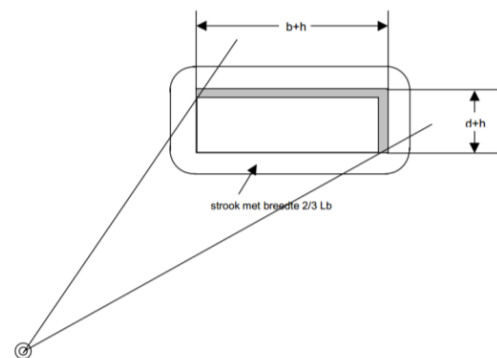
het effectgebied van 50 tot circa 170 meter. De trefkans van het scenario bladbreuk bij overtoeren is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de overige scenario's en is hierom buiten beschouwing gelaten.

Omdat personeel van Prorail in dit gebied werkzaam is, worden er afspraken met Prorail gemaakt over het verzekeren van de veiligheid van het personeel. Het NWEA Veiligheidsprotocol IJsafzetting Windturbines zal toegepast worden. De turbines worden voorzien van ijsdetectie. Bij ijsdetectie worden de turbines allereerst uit bedrijf genomen. Vervolgens worden de wieken zo gekruidd dat ze niet over het rangeerterrein of de weg hangen. De precieze hoek kan eventueel op het moment van optreden van ijs besloten worden aan de hand van de op dat moment geldende omstandigheden. Door middel van een waarschuwingssysteem worden hierna personen uit het risicogebied geweerd en verwijderd.

4.6.3 Trefkans Wiekbreuk

4.6.3.1 Rekenmethode wijkbreuk (Handboek Risicozonering Windturbines)

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



De kans dat het zwaartepunt van de wijk in het geprojecteerde oppervlak terecht 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 $1/3$ 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 terechtkomt 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:

$$Po = Pod + Poi$$

4.6.3.2 Trefkans wiekbreuk

Het toepassen van bovenstaande methode leidt tot onderstaande trefkans voor de windturbine die het dichtstbij een wagon staat (worstcase benadering):

$$3,1 * 10^{-5} \text{ per jaar}$$

4.6.4 Trefkans mastbreuk

4.6.4.1 Rekenmethode mastbreuk

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard $1,3 * 10^{-4}$. Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object net niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object (Ko) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

$$Ko = \left(\frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$

De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$Kg = Ko * \text{faalkans mast}$$

4.6.4.2 Trefkans Mastbreuk

Het toepassen van bovenstaande methode leidt tot onderstaande trefkans voor de windturbine die het dichtstbij een wagon staat (worstcase benadering):

$$6,5 * 10^{-6} \text{ per jaar}$$

4.6.5 Trefkans toevoeging van de windturbines

De faalkans veroorzaakt door de windturbines bedraagt $3,75 * 10^{-5}$ ($3,1 * 10^{-5} + 6,5 * 10^{-6}$ per jaar). Echter, de trefkans moet worden gecorrigeerd voor de aanwezigheidsfractie van 1/8760 (wagon is gemiddeld 1 uur op het emplacement aanwezig).

Hieruit volgt een additionele faalkans per wagonbezoek van $4,28 * 10^{-9}$.

4.6.6 *Conclusie toevoeging faalkans van de windturbines*

Om de risico's van de windturbines in beeld te brengen moet de additionele faalkans van de windturbines worden toegevoegd aan de initiële faalkans van het ran-geerterrein.

DGMR heeft in het rapport 'Windturbines industrieterrein Westpoort¹¹' reeds een additionele faalkans van $5,0 \cdot 10^{-9}$ door windturbines doorberekend. De conclusie hiervan was dat er sprake is van een toename van de 10^{-6} contour/jaar, maar dat deze niet over omliggende objecten ligt. De toevoeging van de windturbines leidt niet tot een knelpunt.

Verder wijzigt het groepsrisico niet significant ten gevolge van de windturbines. Er was en blijft sprake van een overschrijding van de oriëntatiewaarde van het groeps-
risico.

Doordat de door ons berekende additionele faalkans lager is dan de door de DGMR toegevoegde additionele faalkans wijzigen de door DGMR getrokken conclusies niet.

¹¹ Windturbine industrieterrein Westpoort – externe Veiligheid, DGMR, 11 augustus 2015, m.2015.0215.00.R001.

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 inrichtingen

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 Windturbines¹² wordt een richtwaarde of toetsingswaarde gehanteerd van 10%.

Paragraaf 4.2.3. bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installatie. Uit deze vergelijking volgt een maximale faalkansverhoging van 0.37%. Dit is ver onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot risicovolle inrichtingen, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans van deze installaties van meer dan 10%.

5.3 Buisleidingen

Er bevindt zich één buisleiding binnen de adviesafstand (werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte) van de Gasunie. Op basis hiervan is overleg gepleegd met de Gasunie en zijn de gegevens van het tracé gebruikt om de trefkans te berekenen.

De trefkans per kilometer als gevolg van de windturbines is:

$4,95 \cdot 10^{-6}$ per kilometer per jaar.

Deze trefkans wordt vergeleken met informatie over de ruimte van de faalkanstoevervoeging zoals verstrekt door Gasunie. In het ongunstige geval mag de trefkans maximaal $1,46 \cdot 10^{-5}$ per kilometer per jaar zijn. Hieraan wordt ruim voldaan.

¹² Handboek Risicozonering Windturbines, geactualiseerde versie 3.1, september 2014.

5.4 Hoogspanningsinfrastructuur

De hoogspanningsinfrastructuur van TenneT bevindt zich buiten de werpafstand en valafstand van de beoogde windturbines. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

5.5 Wegen

5.5.1 *Passanten*

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

- $5,17 \cdot 10^{-12}$ per passage.

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant niet meer dan 193.426 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met 529 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een 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 386.847.195 passanten per jaar de windturbines passeren. Dit zijn 1.059.855 passanten per dag. Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het MR wordt overschreden.

5.5.2 *Vervoer gevaarlijke stoffen*

Voor de Nieuwe Hemweg geldt dat de trefkans voor een tankwagen $9,81 \cdot 10^{-11}$ per passage is. Echter, er zijn 6 windturbines waardoor de trefkans per passage als volgt is: $5,89 \cdot 10^{-10}$ per passage. Dit leidt tot een faalkans per km van:

$3,07 \cdot 10^{-10}$ per vervoerskilometer.

Vergelijkend met de faalkans van een tankwagen ($8,3 \cdot 10^{-8}$ per vtgkm¹³) hebben de toekomstige windturbines een faalkansverhoging van 0,37% tot gevolg. Dit is verwaarloosbaar.

¹³ Tabel 10-6 van handleiding risicoanalyse transport.

5.6 Spoorwegen

De beoogde windturbines voldoen op dit moment niet aan de afstandseis van ProRail, maar de initiatiefnemers zijn in contact getreden met ProRail. Uit dit overleg is naar voren gekomen dat ProRail akkoord gaat met de huidige posities van de windturbines. ProRail gaat hiermee akkoord vanwege het feit dat het gaat om een doodlopend lokaal spoor waarover geen personen worden vervoerd en waar geen bovenleiding is en die tevens niet frequent wordt gebruikt.

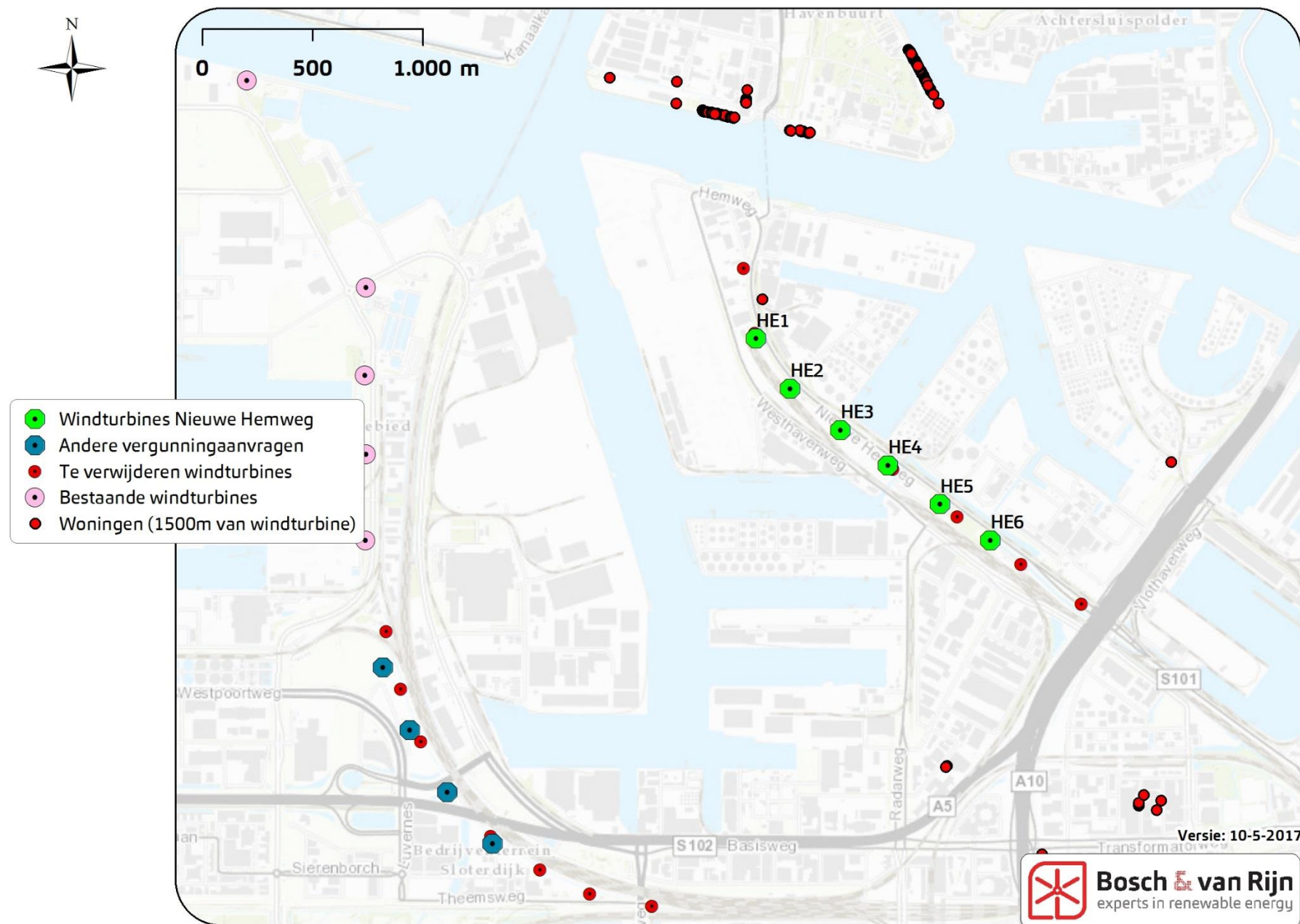
Verder bevindt zich een rangeerterrein binnen de invloedssfeer van de windturbines. Hierdoor hebben de windturbines een risico verhogend effect op de wagons. De additionele faalkans per wagonbezoek is $4,28 \cdot 10^{-9}$. Om de risico voor de omgeving in beeld te brengen moet de additionele faalkans worden toegevoegd aan de initiële faalkans van het rangeerterrein. DGMR heeft in 2015 reeds een additionele faalkans van $5,0 \cdot 10^{-9}$ per jaar als gevolg van deze beoogde windturbines toegevoegd aan de initiële faalkans. De conclusie van DMGR is dat er een toename is van de 10^{-6} contour, maar dat deze niet over omliggende objecten ligt. Hierdoor leidt de faalkans toevoeging van de windturbines niet tot een knelpunt.

Verder heeft DMGR geconcludeerd dat de groepsrisico niet significant wijzigt ten gevolge van de windturbines. Er was en blijft sprake van overschrijving van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico.

Doordat de door ons berekende additionele faalkans lager is dan de door de DGMR toegevoegde additionele faalkans wijzigen de door DGMR getrokken conclusies niet.

Hoofdstuk 6 Bijlagen

Bijlage A Turbineopstelling en coördinaten

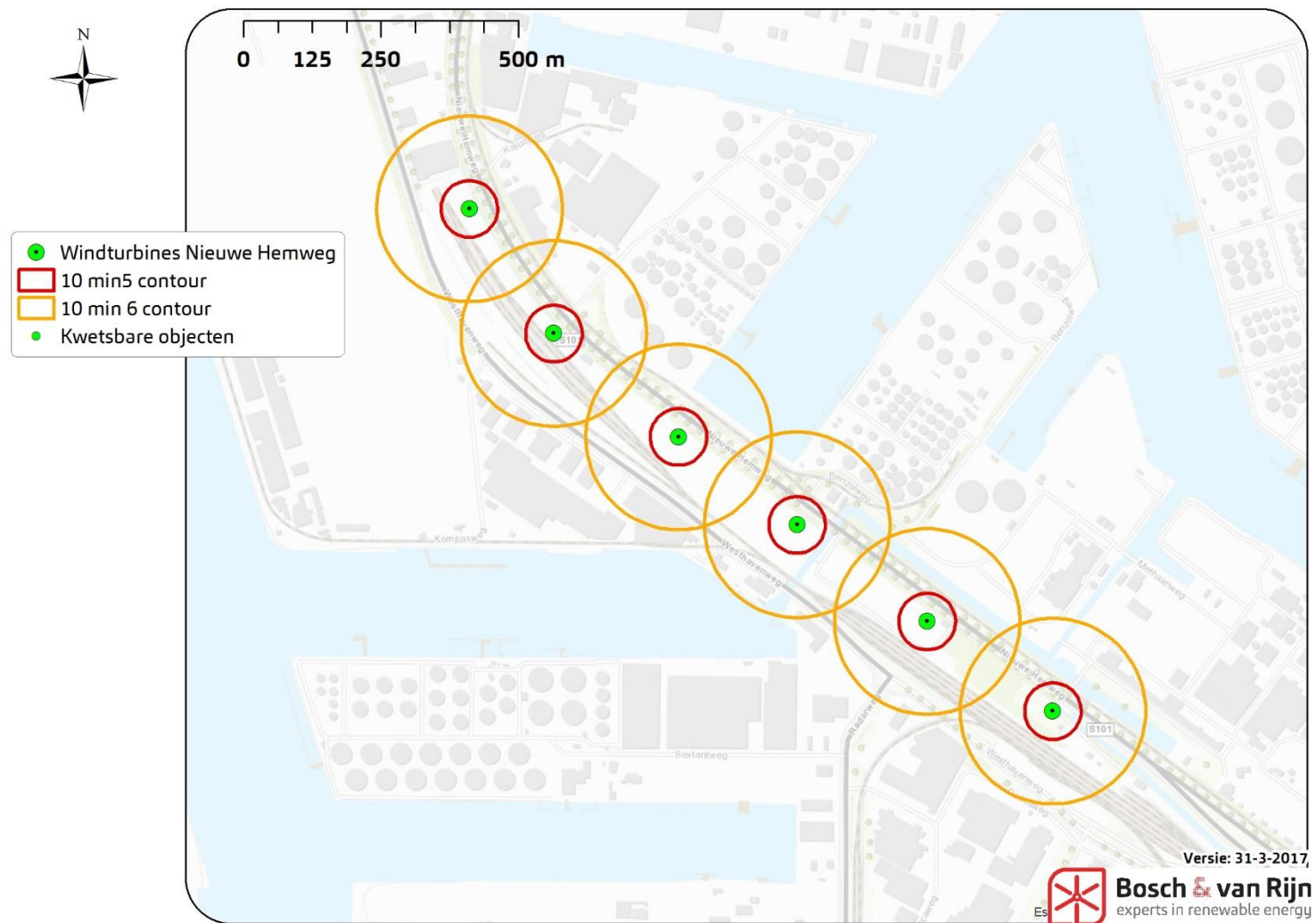


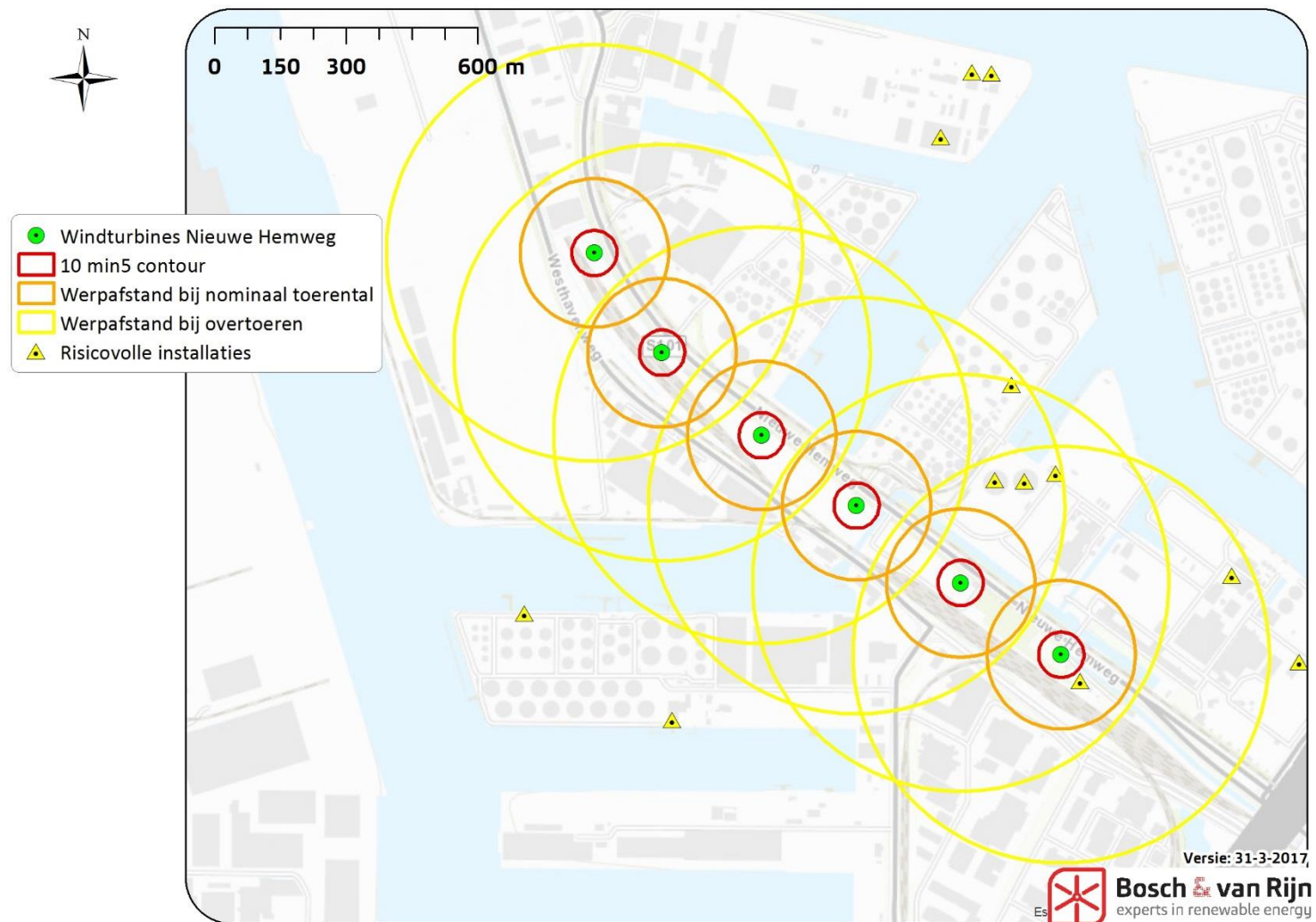
Windturbine (Van West naar Oost)	X coördinaat	Y coördinaat
1	116826	491763
2	116980	491536
3	117207	491348
4	117423	491188
5	117660	491012
6	117889	490849

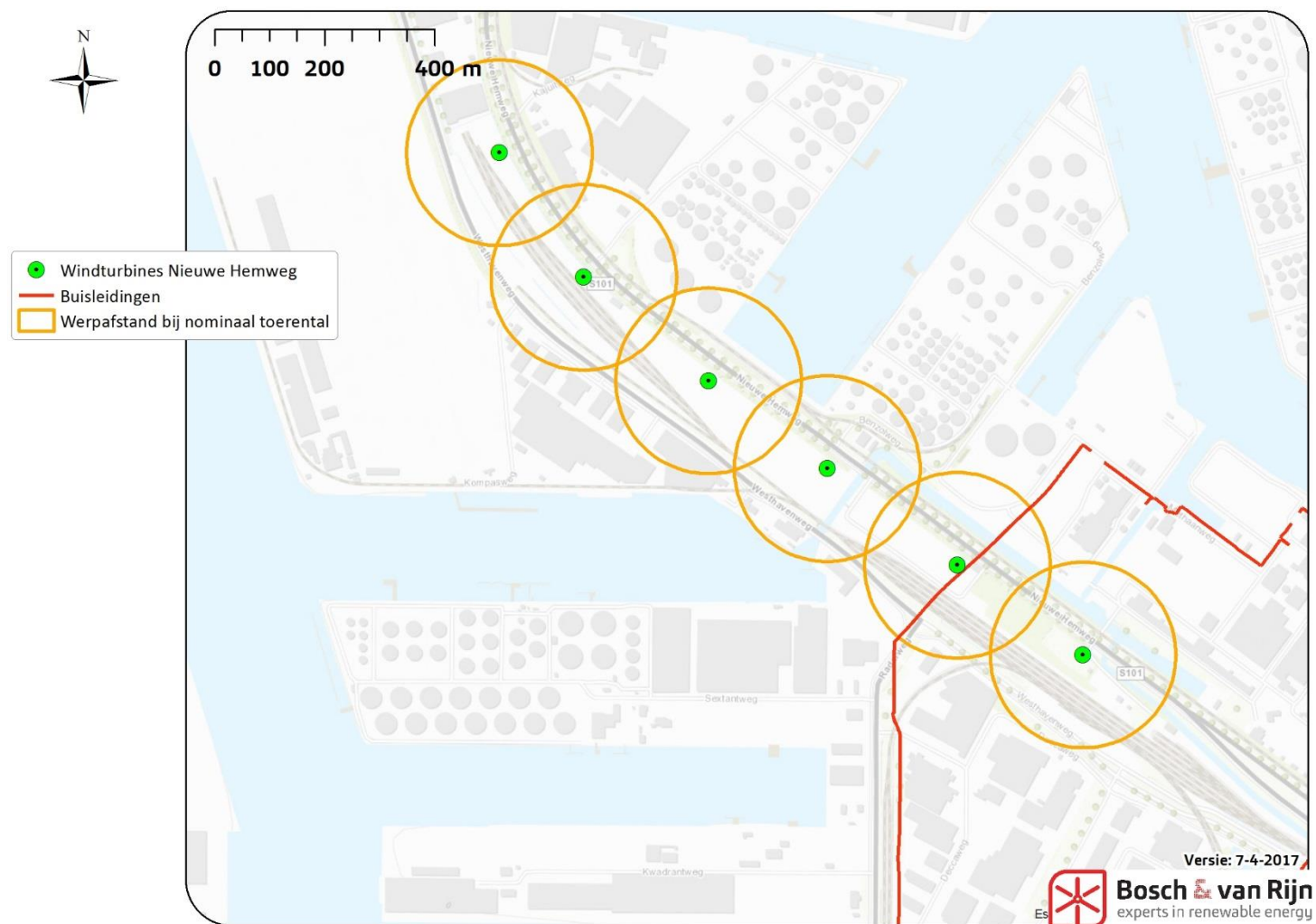


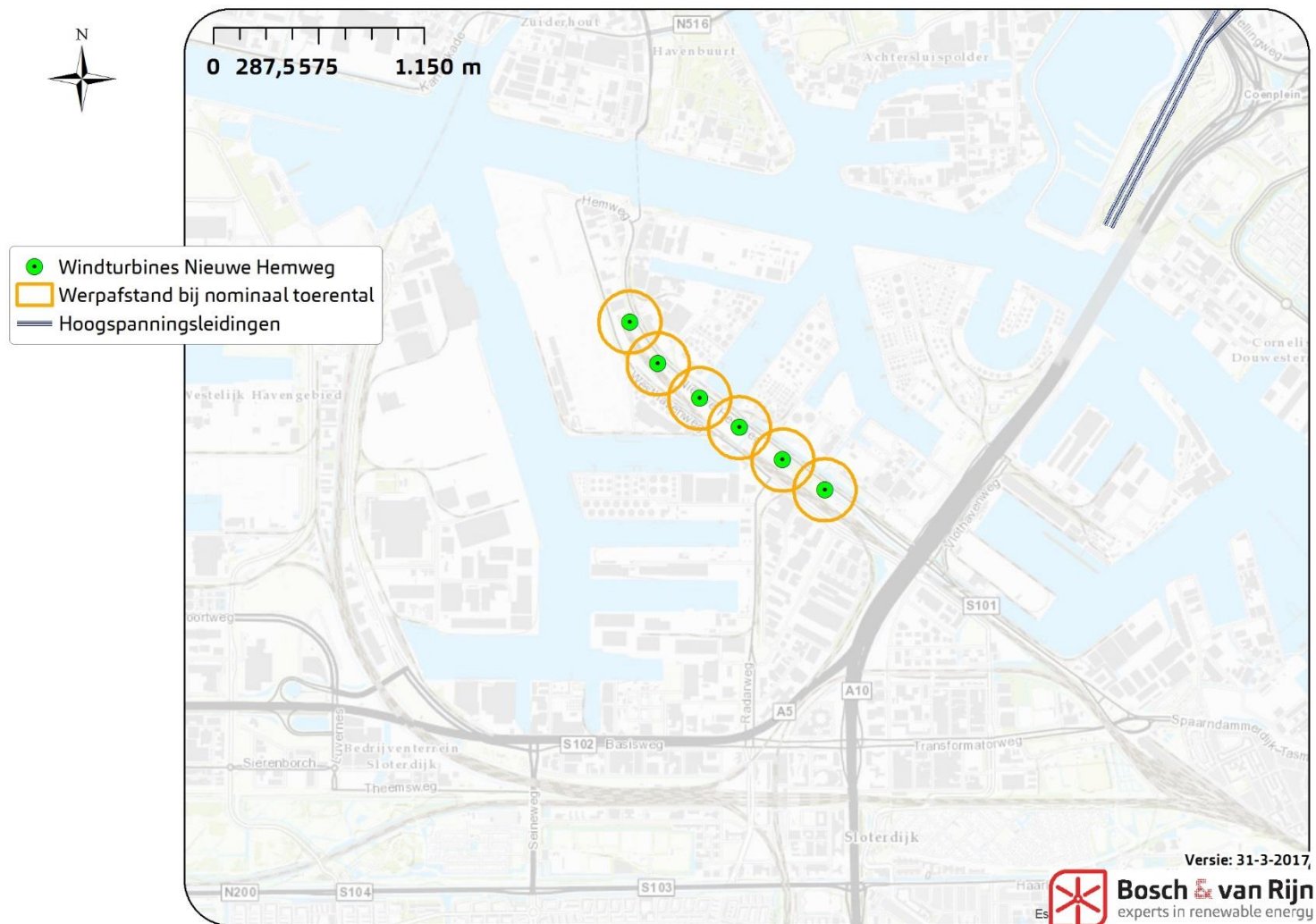
Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden

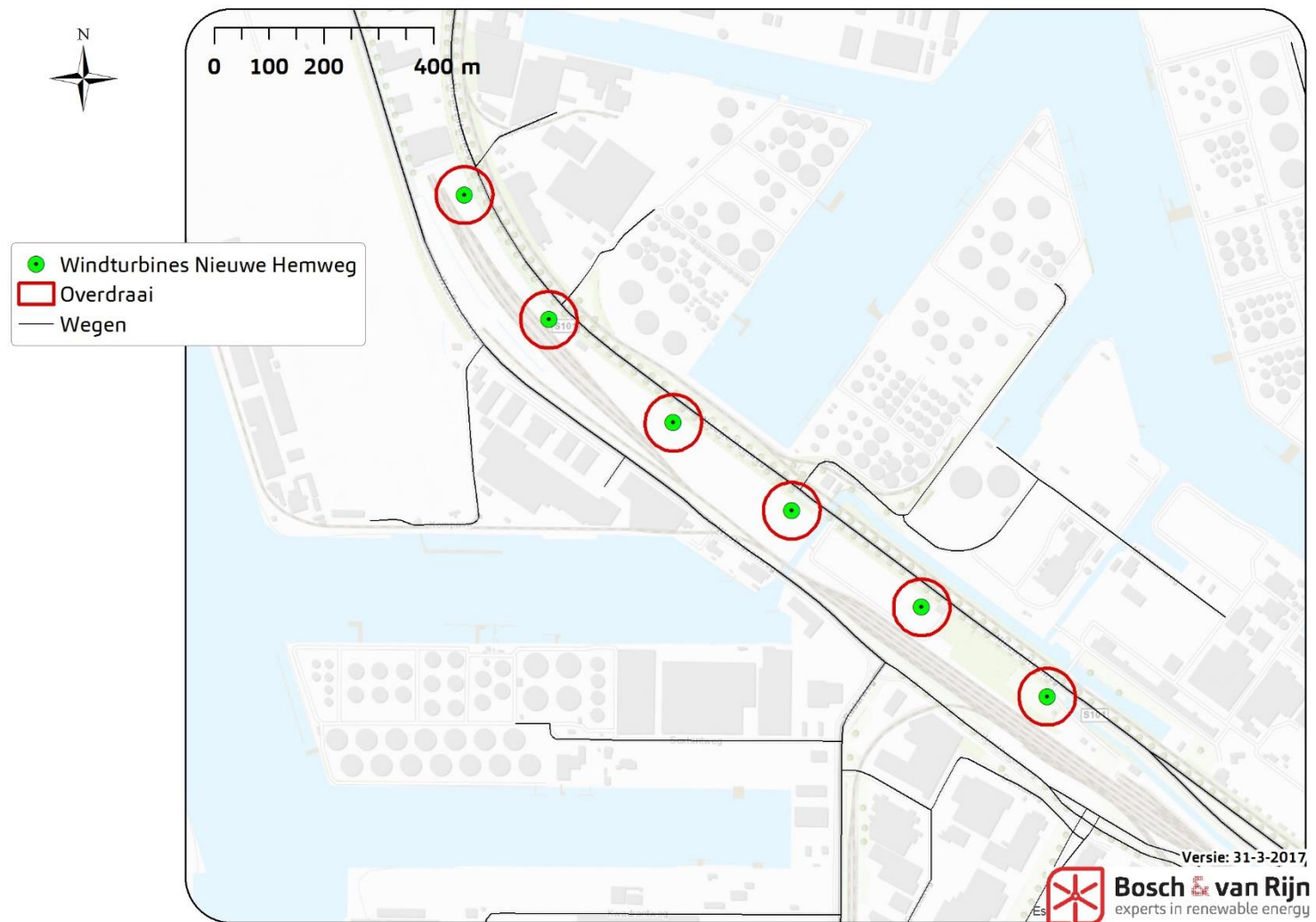


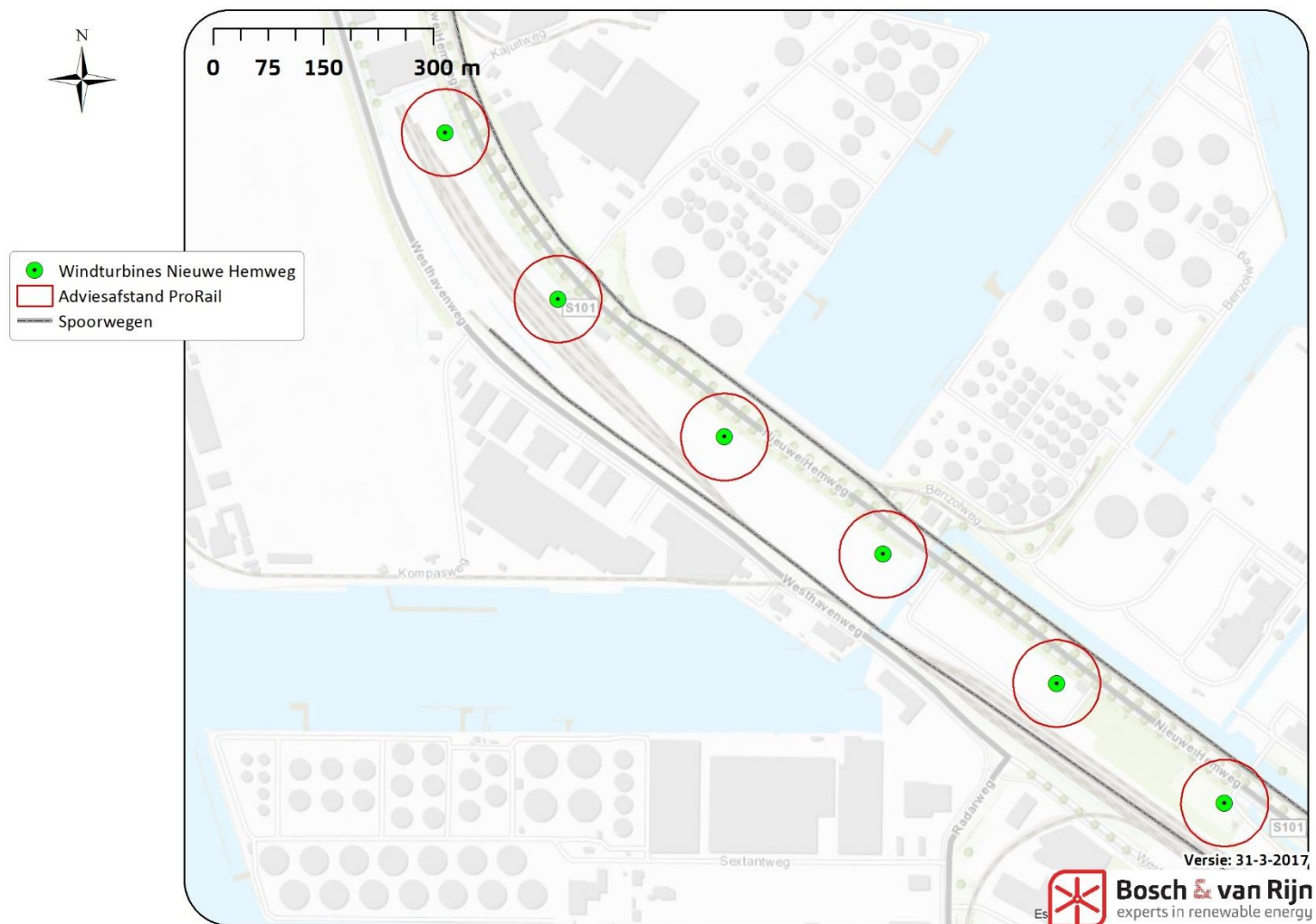


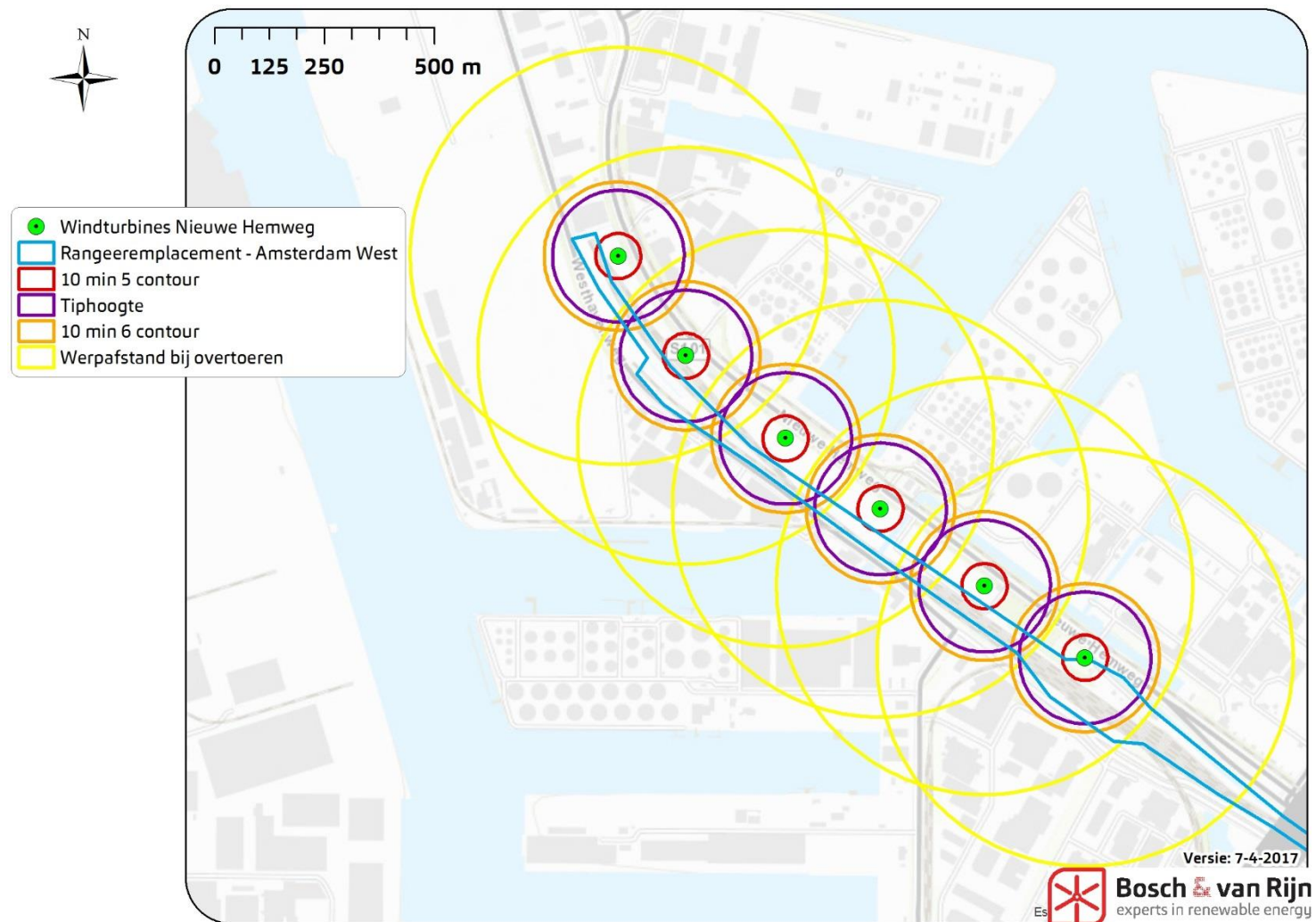












Bijlage C Berekening werpafstand

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]

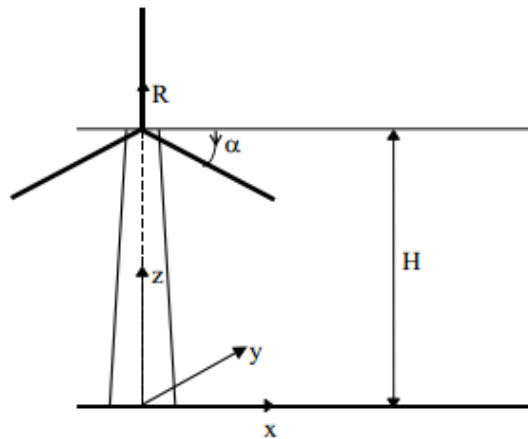
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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 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_{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 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 Werpafstanden turbinetype

GE3.2MW-103 op 98 meter ashoogte

BladeThro

Rekenmodel voor externe veiligheid van windturbines volgens het Handboek Risicozonering

BEDIENINGSPANEEL

Databestand:
GE3.2MW_98 .txt

Rekenmodel:
☒ Ballistisch
☐ Luchtkrach...

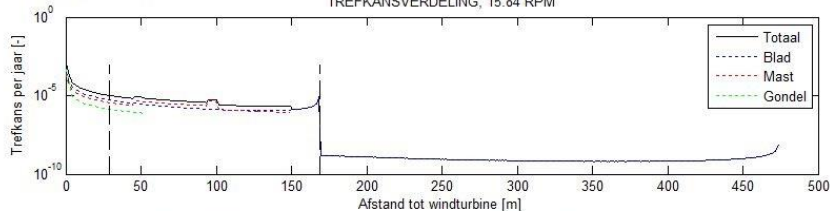
☐ Gebruik mastverstevig...

Bereken p_{zwpt} op:
55 m
0 m

Bereken

Copyright Bosch & Van Rijn, 2014

TREFKANSVERDELING, 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 ²
Massa blad	- kg
Windonnelheid	- m/s

RESULTATEN

Risicocontouren	
10-5	29 m
10-6	169 m
Werpafstanden	
Gegeven	169 m
Overtoeren	474 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) 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 Technische gegevens buisleiding

Parameter	Eenheid	Grootheid
De gespecificeerde minimum vloeigrens (SMYS)	Pa	$2,41 \cdot 10^{-8}$
De interne gasdruk inde pijpleiding (P)	Pa	6620000
De diameter van de pijpleiding (D)	mm	323,9
Wanddikte (t)	mm	9,5



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.