

Risicoanalyse Windpark Nieuwegein

- Vertrouwelijk -



Risicoanalyse Windpark Nieuwegein

- Vertrouwelijk -

Door: Valentijn van Gastel en Jan Dam

Datum: 9 januari 2013

Projectnummer: WIENL12093

© Ecofys 2013 in opdracht van: Eneco Wind B.V.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Wettelijk kader veiligheidsrisico's windturbines	2
3	Beschrijving van de omgeving van het windpark	4
4	Afbakening voor risicoberekeningen	8
4.1	Wegen	8
4.2	Gebouwen	9
4.3	Installaties	9
4.4	Groepsrisico	10
4.5	IJsafwerping	10
5	Risicoberekeningen en beoordeling	11
5.1	Wegen	11
5.2	Gebouwen	12
5.3	Installaties	13
5.4	Biomassacentrale	16
6	Samenvatting en conclusies	17
	Referenties	19
	Bijlage 1: Risicoafstanden op basis van faalfrequenties volgens het Handboek	20

1 Inleiding

Eneco Wind B.V. ontwikkelt een windpark van vijf windturbines langs de rijksweg A27 bij Nieuwegein, ten zuiden van het Amsterdam-Rijnkanaal. In opdracht van Eneco Wind voerde Ecofys een risicoanalyse uit om de omgevingsrisico's vanwege de windturbines te kwantificeren. Hierbij gebruikte Ecofys het Handboek Risicozonering Windturbines [1] als praktijkrichtlijn voor de te hanteren berekeningsmethodieken.

Het type windturbine ligt nog niet vast. Eneco gaat uit van een windturbine in de klasse van 2 tot 3 MW met een ashoogte van circa 100 meter en een rotordiameter van circa 90 meter. Als referentiewindturbine voor berekeningen in deze risicoanalyse gaat Ecofys uit van een Vestas V90-3MW windturbine met een ashoogte van 105 meter en een rotordiameter van 90 meter. De uitkomsten mogen representatief worden geacht voor vergelijkbare windturbines in deze vermogensklasse in die zin dat de veiligheidsrisico's bij eventuele keuze van een andere windturbine vergelijkbaar zullen zijn met hetgeen voor deze referentiewindturbine is berekend.

In dit rapport werken we de volgende punten uit:

1. de maximale werpafstand bij bladbreuk;
2. het plaatsgebonden risico en de PR-contouren;
3. beoordeling van risico's voor de rijksweg A27 en een interne weg;
4. beoordeling van risico's voor het AC restaurant;
5. beschouwing van risico's voor nabijgelegen tankstations;
6. beschouwing van risico's voor een eventueel te bouwen biogas-installatie in de omgeving.
7. beschouwing van risico's van ijsafwerping

In dit rapport bevat hoofdstuk 2 het wettelijke kader voor veiligheidsrisico's van windturbines. In hoofdstuk 3 beschrijven we de omgeving waarna we in hoofdstuk 4 afbakenen welke risicoberekeningen dienen te worden uitgevoerd. Hoofdstuk 5 bevat de risicoberekeningen en de beoordeling van de risico's. Tot slot vatten we de conclusies samen. In de bijlagen zijn de technische details van de risicoberekeningen opgenomen.

2 Wettelijk kader veiligheidsrisico's windturbines

Windturbines die in Nederland worden geplaatst, moeten voldoen aan het 'Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer' (BARIM), ook wel het Activiteitenbesluit [2] genoemd. Het besluit schrijft voor (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer, art. 3.14) dat een windturbine moet voldoen aan de veiligheidseisen opgenomen in de Nederlandse voornorm NVN 11400-0 [5] of aan de norm NEN-EN-IEC 61400-2. Een windturbine voldoet in elk geval aan de norm indien voor deze voorziening een certificaat is afgegeven door een certificerende instantie waaruit blijkt dat de voorziening voldoet aan deze regels.

Door de eisen die aan een gecertificeerde windturbine zijn gesteld worden de risicoaspecten die verband houden met de constructie van de windturbine zoveel mogelijk beheerst. Het voldoen aan genoemde richtlijnen biedt daarom onder normale omstandigheden voldoende veiligheidsgarantie voor de omgeving.

De eisen aan de veiligheid van de windturbines zijn als volgt bepaald in artikel 3.14 (bedrijfsvoering van de windturbines) van het Activiteitenbesluit:

Artikel 3.14

1. Een windturbine wordt ten minste eenmaal per kalenderjaar beoordeeld op de noodzakelijke beveiligingen, onderhoud en reparaties door een deskundige op het gebied van windturbines.
2. Indien wordt geconstateerd of indien het redelijk vermoeden bestaat dat een onderdeel of onderdelen van de windturbine een gebrek bezitten, waardoor de veiligheid voor de omgeving in het geding is, wordt de windturbine onmiddellijk buiten bedrijf gesteld en het bevoegd gezag daaromtrent geïnformeerd. De windturbine wordt eerst weer in bedrijf genomen nadat alle gebreken zijn hersteld.
3. Indien een windturbine als gevolg van het in werking treden van een beveiliging buiten bedrijf is gesteld, wordt deze pas weer in werking gesteld nadat de oorzaak van het buiten werking stellen is opgeheven.
4. Bij het inwerking hebben van een windturbine worden ten behoeve van het voorkomen of beperken van slagschaduw en lichtschittering de bij ministeriële regeling te stellen maatregelen toegepast.
5. Een windturbine voldoet ten behoeve van het voorkomen van risico's voor de omgeving en ongewone voorvallen, dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van de risico's voor de omgevingen de kans dat ongewone voorvallen zich voordoen en de gevolgen hiervan aan de bij ministeriële regeling te stellen eisen.

In artikel 3.15a van het Activiteitenbesluit zijn normen opgenomen voor externe veiligheid van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten zoals woonwijken, grote kantoren, scholen en woningen. De normen hebben tot gevolg dat een kwetsbaar object dat niet tot de inrichting behoort zich niet binnen een te berekenen afstand, aangeduid als de $PR=10^{-6}$ per jaar contour, mag bevinden. Een beperkt kwetsbaar object dat niet tot de inrichting behoort mag zich niet binnen de $PR=10^{-5}$ per jaar contour bevinden. De veiligheidsafstanden verschillen voor verschillende typen windturbines.

Artikel 3.15a

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.
3. Ten behoeve van het bepalen van het plaatsgebonden risico, bedoeld in het eerste en tweede lid, kunnen bij ministeriële regeling afstanden worden vastgesteld, die minimaal aanwezig moeten zijn tussen een windturbine of een combinatie van windturbines en een buiten de inrichting gelegen kwetsbaar dan wel beperkt kwetsbaar object.
4. Indien op grond van het derde lid afstanden zijn vastgesteld, worden die in acht genomen en zijn het eerste en tweede lid niet van toepassing.
5. Bij ministeriële regeling kunnen regels worden gesteld over de berekening van het plaatsgebonden risico.

Voor directe risico's, dit is kans op ongevallen vanwege direct raken van (onderdelen van) een falende windturbine, zijn er geen andere dan hierboven beschreven wettelijke risicocriteria waar windturbines aan moeten voldoen, maar in beginsel kan het bevoegd gezag aanvullende eisen stellen met betrekking tot de hoogte van het risico, bijvoorbeeld in het geval de locatie van de windturbines nabij andere activiteiten of installaties bepalend zijn voor de omgevingsrisico's. Deze kunnen in concrete voorkomende gevallen worden geanalyseerd door middel van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA, Quantitative Risk Assessment). Het is aan het bevoegd gezag om aan de hand van een dergelijke kwantitatieve risicoanalyse eventuele aanvullende risicocriteria vast te stellen.

Voor indirecte risico's, dit zijn risico's op ongevallen doordat (onderdelen van) een falende windturbine een risicovolle installatie raken (domino-effect), bestaan geen wettelijke normen. Wel kan het bevoegd gezag rekening houden met domino-effecten in het kader van een goede ruimtelijke ordening. In concrete voorkomende gevallen kunnen risico's worden geanalyseerd door middel van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA, Quantitative Risk Assessment).

3 Beschrijving van de omgeving van het windpark

De beoogde locatie van de vijf windturbines is langs de rijksweg A27 nabij Nieuwegein, ten zuiden van het Amsterdam-Rijnkanaal. De posities van de windturbines zijn gegeven in onderstaande tabel:

Tabel 1 X,Y-coördinaten van de windturbines in het RD-coördinatenstelsel.

Windturbine	X	Y
1	137145,80	448324,20
2	136972,35	448021,29
3	136796,00	447717,00
4	136576,00	447282,20
5	136437,12	446987,40

De afstand tussen de windturbines bedraagt minimaal 325 meter (tussen windturbines 4 en 5) en maximaal 487 meter (tussen windturbines 3 en 4). Een overzicht van het plangebied en de posities van de windturbines daarin is gegeven in Figuur 1.

De afstand van elk van de V90 windturbines tot de rijksweg A27 bedraagt minimaal 71 meter. In de ten westen van de A27 gelegen polders Klein Vuylcop en De Wiers worden nieuwe bedrijventerreinen ontwikkeld. Een groot deel van de daar gelegen woningen zijn wegbestemd in het bestemmingsplan Het Klooster 2004, correctieve herziening. Windturbine 5 ligt het dichtst bij bestaande (en blijvende) woonbebouwing. De afstand tot het dichtstbijzijnde woonhuis aan de Achterweg is ca. 190 meter.

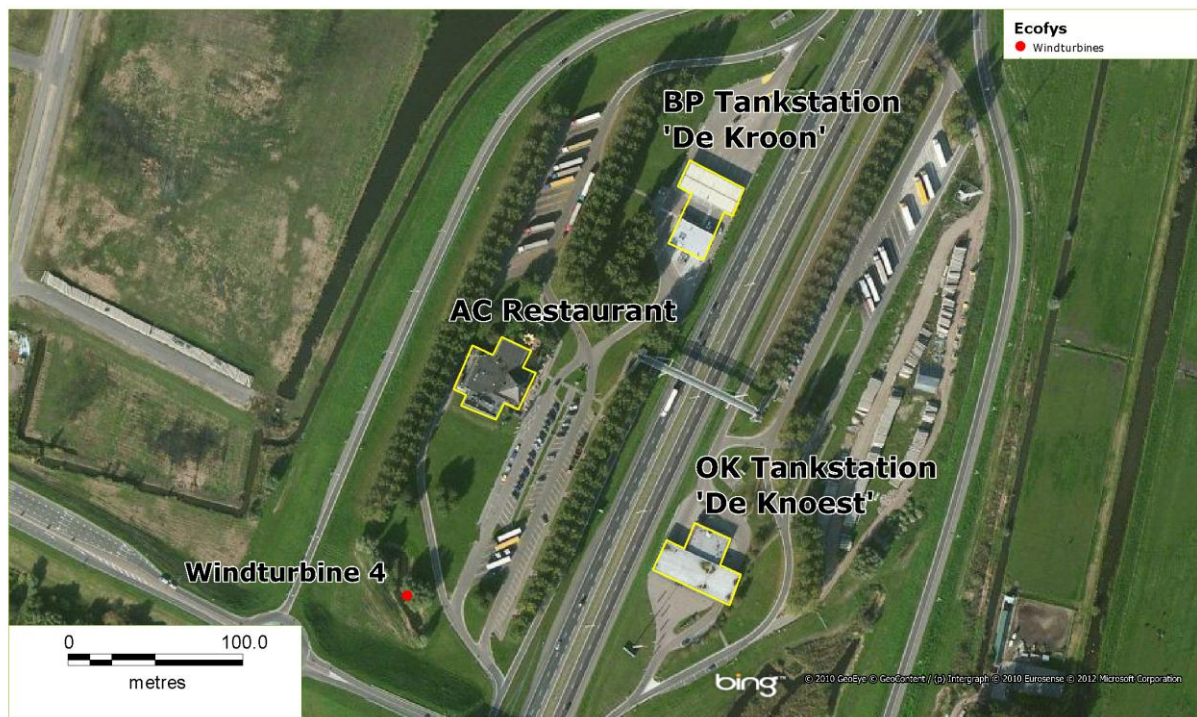


Figuur 1 Plangebied van de beoogde windturbinelocaties.

Windturbine 4 komt nabij het AC restaurant Nieuwegein. De afstand tot het restaurant bedraagt ruim 110 meter. De bladen van de windturbine komen te draaien boven de parkeerplaats voor personenauto's, de interne weg bij het restaurant en de afrit van de parkeerplaats voor vrachtwagens. Achter het AC restaurant, op ca. 146 meter van windturbine 4, ligt een bovengrondse opslagtank voor propaangas van 8000 liter.

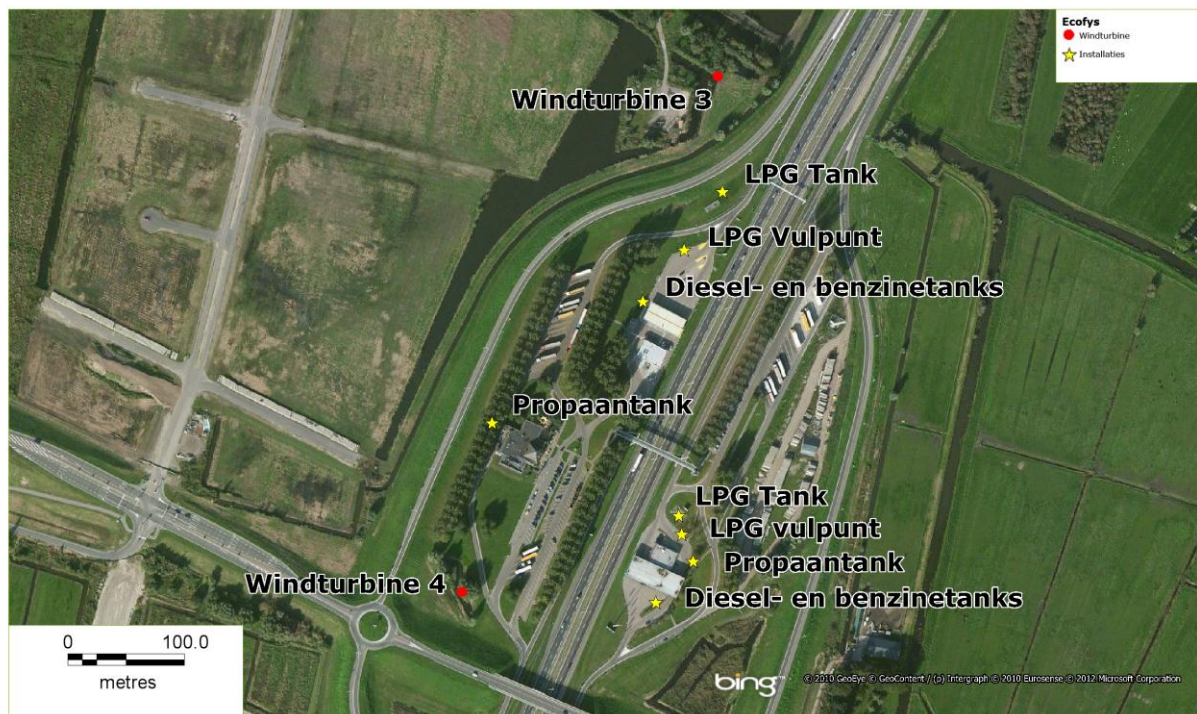
Er liggen twee tankstations in de buurt. Tussen windturbine 3 en windturbine 4 ligt het BP station De Kroon, op een afstand van ca. 200m tot windturbine 3. Aan de overkant van de A27 ter hoogte van windturbine 4 ligt het OK (voorheen Shell) station De Knoest, op een afstand ca. 140m tot windturbine 4. Een overzicht van de ligging van windturbine 4 t.o.v. het AC-restaurant en de beide tankstations is gegeven in Figuur 2.

Er bestaan plannen om de A27 te verbreden. De x,y-coördinaten van de windturbines zijn, na overleg met RWS, zo gekozen dat windturbines met een rotordiameter van 90 meter, ook na verbreding volgens de huidige plannen van RWS, geen overdraai zullen hebben.



Figuur 2 Detail weergave omgeving windturbine 4.

Elk tankstation heeft verschillende installaties die in dit verband van belang zijn, te weten ondergrondse opslagtanks voor LPG, benzine en diesel en bij het OK-statstion een bovengrondse opslagtank voor propaangas. Ook wordt specifiek gekeken naar het vulpunt waar geregeld tankauto's met LPG staan opgesteld. Elk van deze punten wordt weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Installaties op het terrein van de twee tankstations (Het Shell - tankstation is tegenwoordig een OK-tankstation) en het AC restaurant.

Ten slotte wordt er op het bedrijventerrein een biomassacentrale voorzien waar volgens het voorlopig planontwerp vier uitpandige bovengrondse opslagtanks zullen komen van ieder 68 m³ met daarin methanol (licht ontvlambaar en giftig).

4 Afbakening voor risicoberekeningen

Buiten het in hoofdstuk 2 genoemde wettelijk kader zijn er geen nadere wettelijke risicocriteria waar windturbines aan moeten voldoen. Wel kan het bevoegd gezag aanvullende eisen stellen met betrekking tot de hoogte van het risico. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als de locatie van de windturbines nabij andere activiteiten of installaties staat en daarmee medebepalend is voor de omgevingsrisico's. Het is aan het bevoegd gezag om hierover het uiteindelijke oordeel te geven. Deze kwantitatieve risicoanalyse is bedoeld om het bevoegd gezag hierin te faciliteren.

Niet alle zaken in de ruime omgeving van een windturbine hoeven in een risicoanalyse te worden meegenomen. Het zal duidelijk zijn dat een woning op vijf km afstand geen nadere beschouwing nodig heeft. Het is zinvol om de risicoanalyse te beperken tot de directe omgeving van de windturbine. Waar deze zinvolle grens ligt hangt echter weer af van het te beschouwen object. In dit rapport maken we onderscheid tussen veiligheidsrisico's met betrekking tot:

- wegen
- gebouwen
- installaties
- groepsrisico
- ijsafwerping

4.1 Wegen

Voor situaties waar Rijkswaterstaat het bevoegd gezag is, b.v. voor windturbines nabij rijkswegen, heeft het ministerie van verkeer en waterstaat een beleidsregel opgesteld, gebaseerd op het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) [4]. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie waar de windturbines op minimaal een halve rotordiameter van de wegrand staan (geen overdraai) en de situatie waar de rotorbladen boven het wegdek kunnen draaien. In de eerste situatie wordt het plaatsten van windturbines langs de weg in het algemeen toegestaan. In het tweede geval moet er met een berekening worden aangetoond dat de situatie voldoet aan de gestelde criteria.

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. Dit is het individueel passantenrisico (IPR). Als toelaatbare waarde hanteert Rijkswaterstaat een maximale waarde van $IPR = 10^{-6}$ per jaar.

Een tweede criterium is het maatschappelijk risico (MR). Dit is een maat voor de maatschappelijke beleving, namelijk het verwachte aantal passanten dat per jaar overlijdt. Bij de beoordeling hanteert Rijkswaterstaat een maximaal toelaatbare waarde van $MR = 2 \cdot 10^{-3}$ per jaar.

Hoewel de beleidsregel van Rijkswaterstaat niet algemeen voor alle wegen van toepassing is, maar formeel alleen voor rijkswegen, passen we de beleidsregels van Rijkswaterstaat in deze risicoanalyse ook toe bij het beoordelen van windturbines nabij andere wegen.

Samenvattend, voor wegen nemen we als onderscheidend afstandcriterium de halve rotordiameter. Staat een windturbine binnen deze afstand van een weg dan wordt de situatie nader geanalyseerd aan de hand van specifieke gegevens over aantallen passanten en passeersnelheden.

4.2 Gebouwen

Gebouwen toetsen we aan de normen van het Activiteitenbesluit.

Het afstandcriterium voor kwetsbare objecten is de afstand tot de $PR=10^{-6}$ contour van een windturbine, het afstandcriterium voor beperkt kwetsbare objecten is de afstand tot de $PR=10^{-5}$ contour.

4.3 Installaties

Bij de beoordeling van een windturbine bij een installatie is het een belangrijk gegeven als de installatie zelf een verhoogd extern veiligheidsrisico heeft en daarom zelf als mogelijke risicoveroorzaker aan veiligheidscriteria moet voldoen. De plaatsing van windturbines kan van invloed zijn op de risicoanalyse van de installatie omdat het een extra faalscenario toevoegt. Bladbreek of mastbreek bij de windturbine is in dit geval een indirect risico, vanwege de kans op een domino-effect. Het toetsen van de nieuwe situatie aan de risiconorm van de installatie valt buiten het bereik van deze risicoanalyse, omdat hiervoor, behalve de windturbines, voornamelijk de installatie zelf moet worden beschouwd.

In deze risicoanalyse beperken we ons daarom tot het berekenen van de trefkans van de installatie. De maximale werpafstand van een afgebroken (deel van een) rotorblad bepaalt tot op welke afstand een installatie moet worden beschouwd.

Samenvattend, voor installaties hanteren we als onderscheidend afstandcriterium de maximale werpafstand bij bladbreek. Staat een installatie binnen deze afstand van een windturbine dan wordt de trefkans van de installatie berekend.

4.4 Groepsrisico

Behalve naar het plaatsgebonden risico, een maat voor het risico op een bepaalde plaats, kan ook gekeken worden naar het groepsrisico. Het groepsrisico is een maat voor de kans dat er bij een ongeval 10 personen of meer komen te overlijden. Op basis van het groepsrisico kan een afzonderlijk criterium worden gehanteerd. Bijvoorbeeld, het criterium voor groepsrisico nabij een bedrijf met gevaarlijke stoffen stelt (BEVI, [3]) dat een ongeval met 10 doden of meer slechts met een kans van één op de honderdduizend jaar (10^{-5} per jaar) mag voorkomen en een ongeval met 100 of meer doden slechts met een kans van 10^{-7} per jaar.

Voor de directe risico's van een windturbine geldt er geen risicocriterium voor groepsrisico. De vraag is of er in het windpark een faalscenario denkbaar is dat direct een ongeval met meer dan 10 doden tot gevolg heeft. Het is moeilijk voorstelbaar dat een dergelijk ongeluk zich zal voordoen bij het faalscenario bladbreuk. Wel is het voorstelbaar dat er meerdere slachtoffers vallen als een windturbine omvalt door mastbreuk en de gondel met het zware onderste deel van een rotorblad terecht komt juist op een plek waar veel personen dicht bijeen zijn.

Een rekenmethodiek voor het berekenen van het groepsrisico vanwege windturbines is niet beschikbaar. Voor bovenbeschreven situatie voeren we op basis van worst case aannames een berekening uit van de kans op meer dan tien slachtoffers. Deze berekening kan worden beschouwd als een indicatie.

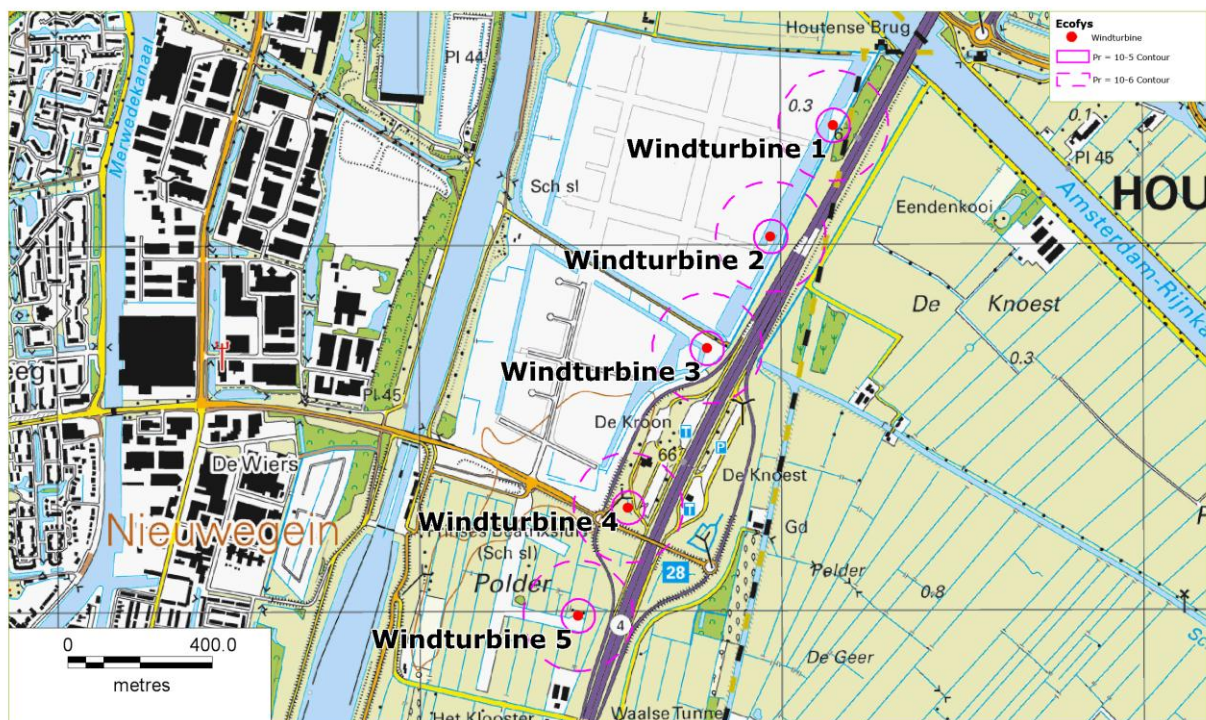
4.5 IJsafwerping

Volgens het Handboek Risicozonering Windturbines treedt ijsafzetting op rotorbladen meestal op tijdens stilstand van de windturbine. Het risico bestaat dat loslatende stukken ijs die naar beneden vallen schade aan objecten op de grond veroorzaken. Personen die zich bij de windturbine bevinden, lopen het gevaar door vallend ijs geraakt te worden. Een gebouw biedt in het algemeen voldoende bescherming tegen vallend ijs. In Nederland komt ijsafzetting maximaal twee keer per jaar voor.

Volgens het Activiteitenbesluit [2] mogen windturbines niet in bedrijf zijn wanneer een onderdeel van de windturbine een gebrek bezit waardoor de veiligheid voor de omgeving in het geding is. Hoewel ijsvorming niet expliciet in het Activiteitenbesluit wordt genoemd, is het om bovengenoemde redenen aannemelijk dat bij ijsvorming de windturbine altijd direct stil gezet dient worden door de exploitant. Met behulp van een ijsdetectiesysteem zal het controle- en besturingssysteem van de windturbine dit automatisch detecteren en uitvoeren.

5 Risicoberekeningen en beoordeling

In dit hoofdstuk beschouwen we kwantitatief de omgevingsrisico's bij windpark Nieuwegein. Basis voor de beschouwingen zijn de berekeningen van risicoafstanden en Plaatsgebonden Risico (PR) in bijlage I die zijn gebaseerd op door de fabrikant gepubliceerde specificaties van de windturbine zoals afmetingen, omloopsnelheid etc. De ligging van de PR-contouren is afgebeeld in onderstaande figuur.



Figuur 4 Ligging van de risicocontouren PR=10-5 per jaar en PR=10-6 per jaar.

5.1 Wegen

Zoals in sectie 3.1 is uiteengezet, wordt in de beleidsregels van Rijkswaterstaat onderscheid gemaakt tussen de situatie waar de windturbines op minimaal een halve rotordiameter van de wegrand staan (geen overdraai) en de situatie waar de rotorbladen boven het wegdek kunnen draaien. In de eerste situatie wordt het plaatsten van windturbines langs de weg in het algemeen toegestaan. In het tweede geval moet er met een berekening worden aangetoond dat de situatie voldoet aan het IPR en het MR.

In de huidige situatie is er geen sprake van overdraai van de windturbines boven de rijksweg A27. De situatie voldoet derhalve aan de criteria van Rijkswaterstaat en er is geen nadere risicoanalyse nodig.

Er vindt wel overdraai plaats boven de interne weg van het AC restaurant terug naar de A27 (zie Figuur 2). De kortste afstand van windturbine 4 tot deze weg bedraagt 17 meter. De berekening van het Individueel Passanten Risico (IPR) gaat uit van de passant met het hoogste risico. Dit is de persoon die het vaakst in het AC restaurant komt. Het is aannemelijk dat dit niet een klant is maar een werknemer.

We gaan uit van een werknemer die tweemaal per dag over deze interne weg rijdt met een snelheid van 10 km/uur. Deze lage snelheid is een conservatieve (veilige) aanname. Het IPR van deze persoon bedraagt dan circa $2.2 \times 10^{-8} \text{ jr}^{-1}$, wat ruim voldoet aan de Rijkswaterstaat criteria voor IPR. Voor het berekenen van het Maatschappelijk Risico (MR) zijn gegevens nodig over het aantal auto's dat dagelijks over deze interne weg rijdt. Omdat deze gegevens ontbreken, draaien we de berekening om en bepalen we hier wat het maximale aantal auto's is zodat het Rijkswaterstaatscriterium van $\text{MR} = 2,0 \times 10^{-3}$ per jaar niet wordt overschreden. Dit aantal bedraagt circa 180.000 passages per etmaal. Dit is overduidelijk veel meer dan de werkelijkheid, daarmee voldoet deze situatie aan de Rijkswaterstaat criteria voor het MR.

5.2 Gebouwen

In sectie 2.2 is uiteengezet dat we voor gebouwen als onderscheidend afstandcriterium de $\text{PR}=10^{-6}$ contour hanteren. Staat een gebouw binnen deze afstand van een windturbine dan wordt de situatie nader geanalyseerd.

De $\text{PR}=10^{-6}$ contour ligt op 150 meter afstand van de windturbines. Het dichtstbij gelegen woonhuis aan de Achterweg ligt op 190m van windturbine 5. Deze situatie voldoet derhalve aan het afstandscriterium en behoeft geen nadere analyse.

Het AC-restaurant, een beperkt kwetsbaar object, ligt op ruim 110 meter afstand tot windturbine 4. Het restaurant ligt buiten de $\text{PR}=10^{-5}$ contour en voldoet hiermee aan het Activiteitenbesluit.

Als het bruto-vloeroppervlak van het AC-restaurant bij uitbreiding groter wordt dan 1500 m², dan dient het AC-restaurant als een kwetsbaar object beschouwd te worden. In dat geval kan door mitigerende maatregelen de $\text{PR}=10^{-6}$ contour van windturbine 4 worden teruggebracht tot 110 meter waardoor de situatie voldoet aan het Activiteitenbesluit. De onderbouwing van de inzetbare mitigerende maatregelen wordt gegeven in [6].

Aangezien het restaurant druk wordt bezocht is het voorstelbaar dat er meerdere slachtoffers vallen als een windturbine omvalt door mastbreuk en gondel met het zware onderste deel (eenderde van de bladlengte) van het rotorblad terecht komt op het restaurant. In dit geval is het zinvol om ook naar het groepsrisico te kijken (zie ook sectie 4.4). Voor het bepalen van het groepsrisico nemen we aan dat er verspreid over de dag 8 uur lang zoveel mensen aanwezig zijn dat in theorie meer dan 10 slachtoffers zouden kunnen vallen bij mastbreuk. De geometrische raakkans van het AC restaurant

door de gondel of de mast bij mastbreuk is circa 7%. De aldus berekende kans op een ongeval met 10 of meer slachtoffers komt daarmee op $3.0 \times 10^{-6} \text{ jr}^{-1}$.

5.3 Installaties

In sectie 2.3 is uiteengezet dat we voor installaties als onderscheidend afstandcriterium de maximale werpafstand van een afgebroken (deel van een) rotorblad hanteren. De twee tankstations liggen binnen de maximale werpafstand (Tabel 2) en worden daarom nader beschouwd. Dit geldt ook voor de propaantank nabij het AC restaurant.

Een tankstation is een bedrijf met een verhoogd extern veiligheidsrisico en moet daarom zelf als mogelijke risicoveroorzaker aan veiligheidscriteria voldoen. De plaatsing van windturbines kan van invloed zijn op de risicoanalyse van het tankstation omdat het een extra initiërende gebeurtenis toevoegt. Mastbreuk of bladbreuk bij de windturbine is in dit geval een indirect risico, vanwege de kans op een domino-effect. Het toetsen van de nieuwe situatie aan de risicocriteria voor het tankstation valt buiten de scope van deze risicoanalyse, omdat hiervoor, behalve de windturbines, voornamelijk het tankstation zelf moet worden beoordeeld.

De volgende installaties worden beschouwd:

1. de ondergrondse tanks voor LPG, diesel en benzine;
2. het LPG-vulpunt (staanplaats voor de LPG tankauto);
3. de bovengrondse tanks voor propaangas.

De relevante afstanden van de verschillende installaties tot de twee nabijgelegen windturbines 3 en 4 zijn gegeven in Tabel 2. Zie ook Figuur 3.

Tabel 2 Afstanden tot de windturbines.

	Afstand tot WTG 3 [meter]	Afstand tot WTG 4 [meter]
AC Restaurant		
Propaantank Bovengronds	350	146
BP station "De Kroon"		
LPG tank ondergronds	97	404
Diesel en benzinetanks ondergronds	201	289
Vulplek LPG	149	345
OK station "De Knoest"		
LPG tank ondergronds	373	195
Diesel en benzinetank ondergronds	447	165
Propaangastank bovengronds	410	198
Vulplek LPG	388	193

Een belangrijk aspect voor het beoordelen van de risico's van de ondergrondse tanks (LPG, diesel, benzine) zijn de beschermingsfactoren, afhankelijk van de grondsoort, de diepte waarop de opslagtank ligt en de sterkte van de opslagtank. Die bepalen de kans dat een ondergrondse opslagtank zal gaan scheuren of lekken indien een afgebroken rotorblad neerkomt op de grond boven de tank. Zonder specifieke kennis van de beschermingsfactoren van de hier te beschouwen ondergrondse tanks, wordt het aannemelijk geacht dat de bescherming voldoende is om de impact van een afgeworpen windturbineblad te weerstaan. Daarom is in dit geval alleen het scenario mastbreuk relevant. Een omvallende windturbine wordt wel in staat geacht om een ondergrondse tank te laten falen. Tenminste wanneer (de grond boven) de tank door de gondel of het massievere deel van een windturbineblad (van de as tot het zwaartepunt, op eenderde van de bladlengte) wordt geraakt. Voorbij het zwaartepunt zal het blad eerder afbreken en de tank onvoldoende kunnen raken.

De afstand waarop mastbreuk kan leiden tot het falen van een ondergronds tank (de domino-afstand) is dan de masthoogte plus een zesde rotordiameter (de argumentatie hiervoor is gegeven in het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.2, sectie 1.2.2). Voor de hier beschouwde windturbine (zie Tabel B 2) is deze domino-afstand 120 meter. Er ligt één ondergrondse tank binnen de domino-afstand van windturbine 3 (zie Tabel 2). Dit is de LPG tank van het BP tankstation De Kroon. De trefkans van (de grond boven) deze LPG tank bij mast breuk kan worden bepaald volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.2, sectie 1.4. De maten van het kritische raakvlak zijn ca 13m x 5,5m. De aldus berekende trefkans bedraagt 8.7×10^{-6} per jaar.

Voor de bovengrondse propaangastanks gelden grotere domino-afstanden omdat hier ook het faalscenario bladbreuk moet worden meegenomen. Om inzicht te geven in het indirecte risico dat een van de propaangastanks wordt getroffen door een afgebroken deel van een windturbine, zijn de trefkansen berekend. De afstanden van de propaangastanks tot windturbines 3 en 4 zijn gegeven in Tabel 2. De propaantank van het OK-tankstation heeft een inhoud van 3000 liter, met de maten lengte 3,8 meter, diameter 1,0 meter en hoogte 1,3 meter. De propaantank nabij het AC restaurant heeft een inhoud van 8000 liter, met de maten lengte 4,4 meter, diameter 1,5 meter en hoogte 1,8 meter. Voor het faalscenario bladbreuk gaat dit volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.1, sectie 28.4.2. De propaantank van het AC restaurant ligt ook binnen het bereik van het faalscenario mastbreuk van windturbine 4. Deze trefkansberekening gaat volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.2, sectie 1.4. De resultaten van de berekening zijn gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Trefkansen van de bovengrondse propaangastanks, bij faalscenario's

	Trefkans propaangastank OK station [per jaar]	Trefkans propaangastank AC restaurant [per jaar]
Bladbreuk WTG 3	0	8.0×10^{-9}
Bladbreuk WTG 4	8.0×10^{-9}	2.2×10^{-6}
Mastbreuk WTG 4	0	1.9×10^{-5}
Totaal	8.0×10^{-9}	2.1×10^{-5}

Om inzicht te geven in het risico dat een LPG-tankauto bij het vulpunt wordt getroffen door een afgebroken deel van een windturbine, zijn de trefkansen berekend van een stilstaande tankauto op elk van de vulpunten. De afstanden van de beide vulpunten tot windturbines 3 en 4 zijn gegeven in Tabel 2. Voor het faalscenario bladbreuk gaat de berekening volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.1, sectie 28.4.2. Voor het faalscenario mastbreuk gaat de berekening volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.2, sectie 1.4.

Er wordt uitgegaan van een LPG-tankauto met een laadcapaciteit van ca. 60 m^3 brandstof (lengte 16,50m, breedte 2,5m, hoogte 4m). Verder wordt aangenomen dat de LPG-tankauto per keer 2 uur bij het vulpunt staat. Het aantal keren per jaar dat LPG wordt aangevoerd is geschat op 35. Deze aanname is gebaseerd op de vergunde doorzet aan LPG van bijna 1000 m^3 per jaar voor het BP station en een gemiddelde omvang van een levering van 30 m^3 . De resultaten van de trefkansberekening zijn gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Trefkansen van LPG- tankauto's bij het vulpunt, bij faalscenario's

	Trefkans LPG tankauto BP station [per jaar]	Trefkans LPG tankauto OK station [per jaar]
Bladbreek WTG 3	2.6×10^{-8}	0
Mastbreek WTG 3	1.7×10^{-7}	0
Bladbreek WTG 4	8.6×10^{-11}	9.5×10^{-11}
Mastbreek WTG 4	0	0
Totaal	1.9×10^{-7}	9.5×10^{-11}

5.4 Biomassacentrale

Op het nabijgelegen bedrijventerrein wordt een biomassacentrale voorzien waar volgens het voorlopig planontwerp 4 uitpandige bovengrondse opslagtanks zullen komen van ieder 68 m^3 met daarin methanol (licht ontvlambaar en giftig). De precieze locatie van de biomassacentrale is momenteel nog onderwerp van discussie.

Om met deze weinige gegevens toch enig inzicht te geven in risico's van deze situatie van de opslagtanks, wordt de trefkans van een dergelijk opslagtank bepaald als functie van de afstand. Hierbij de volgende aannames.

1. De afstand van de opslagtanks tot de windturbines is minimaal 150 meter, zodat alleen het faalscenario bladbreek hoeft te worden beschouwd.
2. De opslagtanks hebben een diameter van 3 meter en een lengte van circa 10 meter. Dit is in overeenstemming met een inhoud van ca. 68 m^3 .

Voor het faalscenario bladbreek gaat de berekening volgens het Handboek Risicozonering Windturbines [1], bijlage C.1, sectie 28.4.2. De uitkomst van deze trefkansberekening zijn samengevat in Tabel 5. Deze trefkansen zijn voor één opslagtank van bovengenoemde afmeting. Indien de vier opslagtanks naast elkaar worden geplaatst is de totale trefkans minder dan vier keer de trefkans van één tank.

Tabel 5 Trefkansen van een bovengrondse opslagtank, bij faalscenario bladbreek

Afstand tussen de windturbine en de opslagtank [meter]	Trefkans van de opslagtank [per jaar]
150-190	$\sim 4 \times 10^{-6}$
200-370	$\sim 1 \times 10^{-8}$
Meer dan 380	0

6 Samenvatting en conclusies

Onder normale omstandigheden geeft het feit dat windturbines zijn gecertificeerd volgens de voorgeschreven richtlijnen voldoende veiligheidsgaranties voor de omgeving. Wel kan de locatie van de windturbines nabij andere activiteiten of installaties bepalend zijn voor omgevingsrisico's. Het is aan het bevoegd gezag om hierover het uiteindelijke oordeel te geven. Om het bevoegd gezag hierin te faciliteren is deze kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd. Hierbij wordt het Handboek Risicozonering Windturbines [1] gebruikt als praktijkrichtlijn voor de te hanteren berekeningsmethodieken.

In deze risicoanalyse beschouwen we een rij van vijf windturbines met een masthoogte van 105 meter parallel langs de rijksweg A27 nabij Nieuwegein.

In dit rapport worden de volgende punten uitgewerkt:

1. de maximale werpafstand bij bladbreuk;
2. het plaatsgebonden risico en de PR-contouren;
3. beoordeling risicocriteria voor de rijksweg A27 en een interne weg;
4. beoordeling risico's voor het AC restaurant;
5. beschouwing risico's voor nabijgelegen tankstations;
6. beschouwing risico's voor eventueel te bouwen biogas-installatie in de omgeving.
7. beschouwing risico's ijsafwerping

Voor de nabij gelegen rijksweg A27 voldoet de situatie aan de criteria die Rijkswaterstaat hanteert voor rijkswegen. Ook de overdraai van een van de windturbines over de interne weg op het terrein van het AC-restaurant en de interne weg bij het restaurant voldoet aan de Rijkswaterstaat criteria voor IPR en MR.

Gebouwen toetsen we aan de normen van het Activiteitenbesluit.

De berekende afstand van de plaatsgebonden risico contour $PR = 10^{-6}$ per jaar bedraagt 150 meter. Binnen deze contour liggen geen woningen. Deze situatie voldoet aan het Activiteitenbesluit.

Het AC-restaurant is beperkt kwetsbaar. Het restaurant ligt buiten de $PR = 10^{-5}$ per jaar contour. Deze situatie voldoet aan het Activiteitenbesluit.

Als het bruto-vloeroppervlak van het AC-restaurant bij uitbreiding groter wordt dan 1500 m², dan dient het AC-restaurant als een kwetsbaar object beschouwd te worden. In dat geval kan door mitigerende maatregelen de $PR=10^{-6}$ contour van windturbine 4 worden teruggebracht to 110 meter waardoor de situatie voldoet aan het Aktiviteitenbesluit.

Aangezien het restaurant druk wordt bezocht is het voorstelbaar dat er meerdere slachtoffers vallen als een windturbine omvalt door mastbreuk en de gondel met het zware onderste deel van het rotorblad terecht komt op het restaurant. De berekende kans op een ongeval met 10 of meer slachtoffers bedraagt $3,0 \times 10^{-6}$ per jaar. Deze situatie is ter beoordeling aan het bevoegd gezag.

De twee nabijgelegen tankstations liggen binnen het bereik van de maximale werpafstand van een afgebroken windturbineblad. Een tankstation is een bedrijf met een verhoogd extern veiligheidsrisico en moet daarom zelf als mogelijke risicoveroorzaker aan veiligheidscriteria voldoen. De plaatsing van windturbines kan van invloed zijn op de risicoanalyse van het tankstation omdat het een extra initiërende gebeurtenis toevoegt. Mastbreuk of bladbreuk bij de windturbine is in dit geval een indirect risico, vanwege de kans op een domino-effect.

Er wordt in de beoordeling onderscheid gemaakt tussen de ondergrondse opslagtanks voor de verschillende brandstoffen en de bovengrondse tanks of tankauto's. De berekende trefkans is het grootst voor de ondergrondse LPG-tank van het BP tankstation (windturbine 3) en bedraagt $8,7 \times 10^{-6}$ per jaar. Deze situatie is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

De berekende trefkans voor de bovengrondse propaangastank van het AC restaurant (met name bepaald door windturbine 4) bedraagt $2,1 \times 10^{-5}$ per jaar. Deze situatie is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Met enkele aannames betreffende de capaciteit en aanvoerfrequentie van LPG-tankauto's is de kans dat het vulpunt van een van de tankstations wordt geraakt door een afgebroken rotorblad of een omvallende windturbine berekend. Deze berekende trefkans is het grootst voor het BP tankstation (windturbine 3) en bedraagt $1,9 \times 10^{-7}$ per jaar. Deze situatie is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Er is een voorlopige berekening gemaakt van de trefkansen van eventueel in de nabijheid van de windturbines te plaatsen opslagtanks voor methanol voor een biomassa-installatie. De kans dat een opslagvat wordt geraakt door een afgebroken rotorblad is berekend op ongeveer 4×10^{-6} per jaar voor afstanden groter dan 150m tot ca. 190m en op ongeveer 1×10^{-8} per jaar voor een afstand tussen de 200m en de maximale werpafstand van 370m. Daarboven is de trefkans nul.

Windturbines mogen niet in bedrijf zijn wanneer zich ijs op de rotorbladen heeft afgezet. Als er als gevolg van de meteorologische omstandigheden ijsafzetting is, dan zal de windturbine altijd direct stil gezet worden. Met behulp van een ijsdetectiesysteem zal het controle- en besturingssysteem van de windturbine dit automatisch detecteren en uitvoeren.

Referenties

- [1] Handboek Risicozonering Windturbines - 2e, geactualiseerde versie januari 2005.
- [2] Besluit van 19 oktober 2007, nr. 07.001133, houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).
- [3] Besluit van 27 mei 2004, houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen milieubeheer (Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen), Staatsblad 2004, 250.
- [4] Ministerie van Verkeer en Waterstaat – Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, "Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken, Staatscourant 2 juli 2002, nr. 123.
- [5] NVN 11400-0: 1999/A1 2005: Nederlandse voornorm voor Windturbines – Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie – Technische eisen, februari 2005.
- [6] PR contouren voor windturbine Vestas V90-3.0, nr. 74101391.006, KEMA, 10 januari 2013.

Bijlage 1: Risicoafstanden op basis van faalfrequenties volgens het Handboek

Risicoberekeningen worden uitgevoerd volgens de methodiek van het Handboek Risicozonering Windturbines [1].

Het Handboek Risicozonering Windturbines onderscheidt de volgende ongevalsscenario's bij een windturbine:

1. het afbreken van (een deel van) een rotorblad (bladbreek). Voor het rekenmodel worden drie oorzaken van bladbreek onderscheiden:
 - a. bladbreek tijdens normaal bedrijf
 - b. bladbreek tijdens remactie
 - c. bladbreek tijdens overtoeren
2. het omvallen van de mast inclusief gondel en rotor (mastbreek)
3. het afvallen van gondel en/of rotor.

Als faalfrequenties voor de verschillende ongevalsscenario's worden de aanbevolen rekenwaarden uit het Handboek Risicozonering Windturbines gebruikt. Deze zijn gegeven in Figuur B 1.

Tabel B 1 Scenario's en faalfrequenties voor generieke windturbines.

Ongevalsscenario	Aanbevolen rekenwaarde
Bladbreek	$8,4 \cdot 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
• <i>normaal bedrijf</i>	• $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
• <i>tijdens remactie</i>	• $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
• <i>tijdens overtoeren</i>	• $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ jr}^{-1}$
Mastbreek	$1,3 \cdot 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$
Afvallen van gondel en/of rotor	$3,2 \cdot 10^{-4} \text{ jr}^{-1}$

Als werpmodel bij bladbreek wordt het ballistisch model zonder luchtkrachten gehanteerd.

Er is momenteel nog geen definitieve selectie gemaakt van het beoogde windturbinetype, maar er wordt gedacht aan de Vestas V90 windturbine met een ashoogte van maximaal 105 meter. In de berekeningen wordt uitgegaan van deze windturbine. De relevantie windturbinegegevens die in de verschillende berekeningen worden gebruikt zijn weergegeven Tabel B 2.

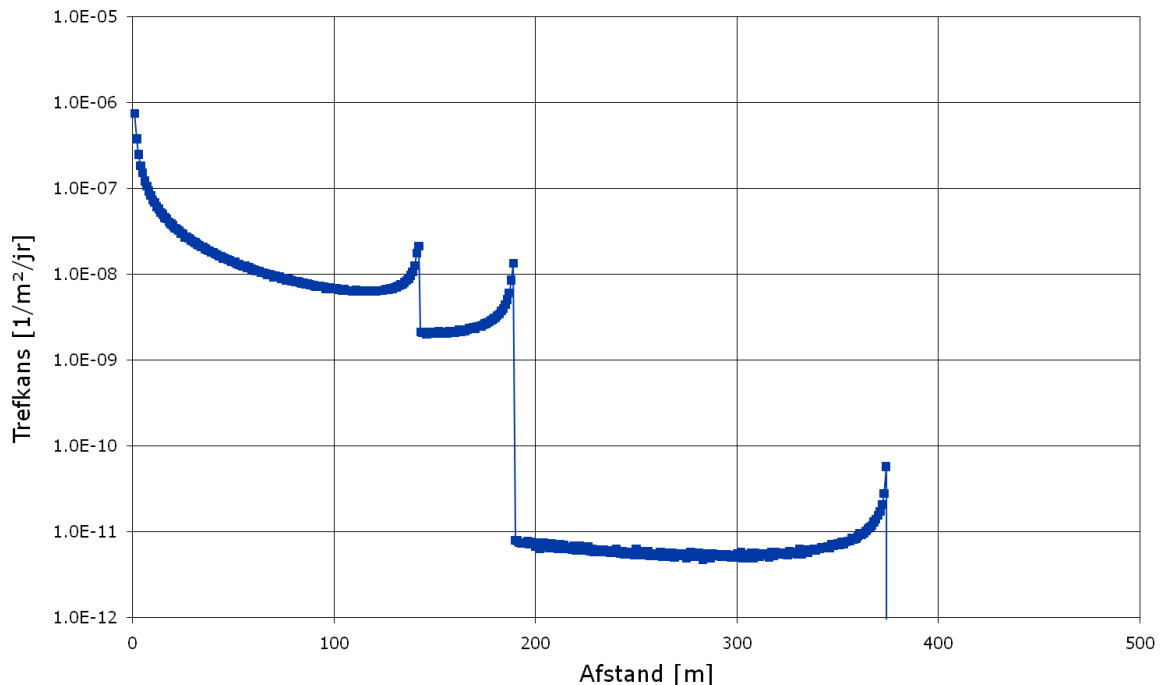
Tabel B 2 Gegevens van de windturbinetype (gebaseerd op de productsheet)

	Windturbinetype
Windturbinetype	Vestas v90
Nominaal vermogen [kW]	3000
Rotordiameter [m]	90
Masthoogte [m]	105
Nominaal toerental [rpm]	16.1
Gondel lengte [m] *	13.25
Gondel hoogte [m] *	4
Lengte blad [m] *	44
Bladoppervlak [m ²] **	99.1
Afstand zwaartepunt rotorblad t.o.v. rotor-as [m] **	15.6

Bladbreuk

Volgens Handboek Risicozonering Windturbines, bijlage B, hoofdstuk 3.

Voor het bepalen van de trefkans van een object moet eerst de kans worden berekend dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde afstand tot de (mastvoet van de) windturbine terechtkomt. Op basis van de gegevens in bijlage 1 en het ballistisch model zonder luchtkrachten is deze kans berekend. De resultaten zijn weergegeven in Figuur B 1.



Figuur B 1 Trefkans van het zwaartepunt van het rotorblad als functie van de afstand tot de windturbine

Zoals in Figuur B 1 is te zien treden scherpe pieken op bij maximale werpafstanden voor de gebeurtenissen 'bladbreek bij normaal bedrijf', 'bladbreek tijdens remactie' en 'bladbreek tijdens overtoeren'. Deze pieken zijn een gevolg van het gebruikte rekenmodel. Bij de kogelbaan-berekeningen wordt er van uitgegaan dat het toerental voor elk van de faalscenario's constant is. Omdat dit in de praktijk niet het geval is, zijn de pieken in werkelijkheid beduidend minder scherp.

De berekende maximale werpafstanden bij de verschillende faalscenario's zijn gegeven in Tabel B 3.

Tabel B 3 Maximale werpafstand bij de verschillende faalscenario's voor het afbreken van een rotorblad.

Scenario Bladbreek	Maximale Werpafstand Vestas V90 3 MW
Normaal bedrijf (nominaal toerental)	142 meter
Mechanisch remmen (1,25 keer nominaal)	188 meter
Overtoeren (2 keer nominaal toerental)	373 meter

Mastbreek

Het afbreken van de mast betekent meestal een risico in de nabijheid van de windturbine. De hele windturbine heeft een grote massa en kan dus grote schade aanrichten aan objecten dichtbij de windturbine. De afstand is maximaal als de mast onderaan bij de mastvoet afbreekt.

Gezien het gewicht van de gondel zal het neerkomen van de gondel de grootste inslagbelasting tot gevolg hebben. De maximale valafstand van de gondel bij dit faalscenario is gelijk aan de masthoogte plus de hoogte van de gondel.

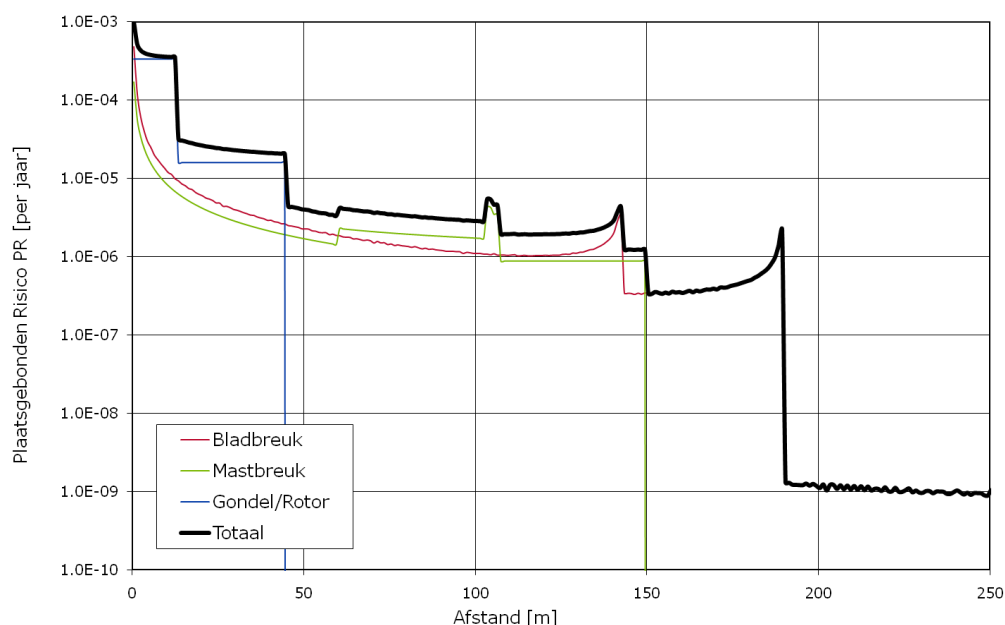
Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans (per jaar) dat een persoon komt te overlijden door een ongeval indien hij zich *permanent* en onbeschermd op een bepaalde plaats zou bevinden.

Voor het ongevalsscenario bladbreuk wordt het PR berekend uit de trefkansen van het zwaartepunt van het rotorblad als functie van de afstand, zoals gegeven in Figuur B 1. Verder volgens Handboek Risicozonering Windturbines, bijlage C.1, sectie 3.1.

Voor de ongevalsscenario's mastbreuk en afvallen van gondel en rotor hanteren we de methodiek volgens Handboek Risicozonering Windturbines, bijlagen C.2 en C.3.

De resultaten zijn weergegeven in Figuur B 2. In deze figuur is het PR gegeven voor de drie ongevalsscenario's afzonderlijk, de vette lijn geeft het totale PR. De resulterende contourafstanden zijn gegeven in Tabel B 4. Deze contouren zijn ook weergegeven in Figuur B 2.



Figuur B 2 Plaatsgebonden risico (PR) als functie van de afstand tot de windturbine.

Tabel B 4 Afstand van windurbine tot de verschillende PR contouren.

Contour	Afstand [m]
PR = 10-5 per jaar	45
PR = 10-6 per jaar	150
PR = 10-7 per jaar	189



sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.

Kanaalweg 15G
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662 33 00

F: +31 (0) 30 662 33 01

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com