

Bosch & van Rijn

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Harm Ligtenberg
Ludo van Broekhuizen

Opdrachtgever

W-Isselt B.V.
Opaalstraat 1
2872 ZR Schoonhoven

Wind op Isselt

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. vergunningsaanvraag



Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie



Wind op Isselt

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. vergunningsaanvraag

Datum	27-01-2026
Versie	1.7
Auteur	Harm Ligtenberg
Tweede lezer	Ludo van Broekhuizen

Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2026

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>	3
1.2	<i>Leeswijzer</i>	4
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	5
2.1	<i>Faalscenario's</i>	5
2.2	<i>Rekenvoorschriften</i>	6
2.3	<i>Werpafstanden en risicocontouren</i>	6
2.4	<i>Risico-inventarisatie</i>	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	9
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties</i>	9
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	9
3.3	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	10
3.4	<i>Wegen</i>	10
3.5	<i>Vaarwegen</i>	10
3.6	<i>Waterkering</i>	11
3.7	<i>Veiligheidsnormen interne veiligheid</i>	12
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	13
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties</i>	13
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	15
4.3	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	23
4.4	<i>Wegen</i>	24
4.5	<i>Vaarwegen</i>	25
4.6	<i>Waterkering</i>	27
4.7	<i>Uafval</i>	29
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIES	30
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	31
BIJLAGE A	BEREKENING WERPAFSTAND	32
BIJLAGE B	SHORTLIST WINDTURBINETYPES	34
BIJLAGE C	BEREKENING TREFKANSSEN EN IPR	35
BIJLAGE D	RAPPORT SAVE-W	43

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Ten behoeve van de voorbereiding van het vergunningtraject voor Wind op Isselt heeft Bosch & van Rijn de externe veiligheidsrisico's onderzocht ten gevolge van de realisatie van twee windturbines op het industrieterrein de Isselt in Amersfoort.

De locatie van de windturbines is in Figuur 1 en Tabel 1 weergegeven. De afmetingen van de windturbines zullen binnen de volgende bandbreedte komen te liggen:

- Ashoogte: minimaal 130 meter, maximaal 155 meter;
- Rotordiameter: minimaal 170 meter, maximaal 185 meter;
- Tiphoogte: minimaal 215 meter, maximaal 242,5 meter.

Hierbij wordt opgemerkt dat de maximale ashoogte en maximale rotordiameter niet gecombineerd kunnen worden, aangezien dan de bovengrens van de tiphoogte wordt overschreden. Bij een maximale rotordiameter van 185 m kan de ashoogte dus maximaal 150 m bedragen.

Figuur 1 Luchtfoto uit 2023 met de windturbineposities.



Tabel 1 Coördinaten van de beoogde windturbines (rijksdriehoekstelsel)

WTB	X-coördinaat	Y-coördinaat
1 (noord)	152630	465136
2 (zuid)	152289	464778

1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines beschreven. Verder zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de risico's in de omgeving en de relevante objecten in het risicogebied. Hoofdstuk 3 bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van de externe veiligheidsrisico's. Hierbij wordt alleen ingegaan op de relevante toetsingskaders in het plangebied. In Hoofdstuk 4 worden de risico's van de windturbines op de relevante objecten geanalyseerd. Indien nodig zullen er ook berekeningen worden opgenomen om tot conclusies te komen. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

2.1 Faalscenario's

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

1. *het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad;*

Het risico voor de omgeving van een afgebroken blad voor de omgeving is afhankelijk van:

- De kans dat een blad afbreekt en de omstandigheden waaronder dit gebeurt;
- De baan die het afgebroken blad aflegt, de plek waar het afgebroken blad zal inslaan en de snelheid bij inslag;
- De aanwezigheid van personen of objecten op de plaats waar het afgebroken blad terecht komt;
- De gevolgen voor personen en of objecten als ze door een afgebroken blad worden getroffen

De risico's van het afbreken van een windturbineblad vormen een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden:

- Werpafstand bij nominaal toerental;
- Werpafstand bij overtoeren;

2. *het omvallen van een windturbine door mastbreuk;*

Als gevolg van mastbreuk kan een persoon of object getroffen worden door de mast of door de gondel met rotor die op de grond terecht komt. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen de maximale valafstand (ashoogte + halve rotordiameter) van de windturbine.

3. *het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.*

Als gevolg van gondelafwerp kan een persoon of object getroffen worden door de gondel die op de grond terecht komt. Het risicogebied van het omvallen van de gondel en/of rotor is beperkt tot maximaal de halve rotordiameter.

2.2 Rekenvoorschriften

De wijze waarop berekeningen met betrekking tot de externe veiligheid van windturbines dienen te worden uitgevoerd is vastgelegd in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV. Deze rekenmethode is voorgeschreven vanuit de Omgevingsregeling en vanuit Bijlage VII, onderdelen D lid 1 en E lid 1, van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).

Om aan te sluiten bij de huidige voorschriften is voor dit onderzoek het rekenvoorschrift van januari 2025 toegepast.

Er is een nieuwere versie van het rekenvoorschrift gepubliceerd in juli 2025. Hierin zijn de faalscenario's van de windturbines anders ingedeeld. Het grootste verschil is dat het afbreken van een blad in delen als scenario is toegevoegd. Ook zijn de faalfrequenties van de turbines naar beneden bijgesteld op basis van een actualisatie van de brongegevens, resulterend in kleinere risicocontouren. Deze nieuwe versie van het rekenvoorschrift is echter nog niet voorgeschreven en daarmee zijn die rekenregels nog niet van kracht. De verwachting is dat de versie van juli 2025 in 2026 van kracht wordt.

2.3 Werpafstanden en risicocontouren

Om de externe veiligheidsrisico's behorende bij de in paragraaf 2.1 besproken faalscenario's te berekenen is een shortlist van gangbare windturbintypes opgesteld die binnen de bandbreedte van de omgevingsvergunningaanvraag passen. Voor deze gangbare windturbintypes zijn op basis van generieke faalfrequenties en het kogelbaanmodel (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines, versie januari 2025) en parameters van de specifieke windturbintypes de werpafstanden en risicocontouren berekend (zie Bijlage A en Bijlage B).

Voor het berekenen van de werpafstanden en risicocontouren is gebruik gemaakt van berekeningsmodule SAVE-W. Deze berekeningsmodule is gebaseerd op het Handboek Risicozonering Windturbines en is ontwikkeld om uniformiteit in de berekening en beoordeling van de veiligheidsrisico's van windturbines mogelijk te maken. De berekeningstool is gecontroleerd door het RIVM.

Vervolgens is een fictief 'referentietype' windturbine gemodelleerd met de volgende parameters:

- afmetingen (tiphoogte en rotordiameter) overeenkomstig de bovengrens van de bandbreedte van de vergunningaanvraag;
- een bij de rotordiameter passende bladlengte, bladoppervlak en ligging van het zwaartepunt van het blad, volgens de vergelijkingen uit paragraaf 7.7.2 van de toelichting op het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid (versie januari 2025);
- een nominaal toerental dat zo gekozen is, dat de werpafstanden en risicocontouren van het referentietype windturbine ten minste gelijk aan of anders groter dan de werpafstanden en risicocontouren van de windturbines uit de shortlist uitkomen.

Doordat in voorliggend EV-onderzoek met dit referentietype windturbine is gerekend – waarvan de werpafstanden en risicocontouren altijd gelijk aan of groter dan de werpafstanden en risicocontouren uit de shortlist zijn – wordt van de maximale veiligheidsrisico's uitgegaan. De uitgangspunten zijn samengevat in Tabel 2. De risicocontouren en maximale werpafstanden behorende bij het referentietype windturbine zijn in Tabel 3 weergegeven. In Bijlage D is de rapportage van de Save-W-berekening bijgevoegd.

Tabel 2 Uitgangspunten berekening referentieturbine

Ashoogte [m]	Rotordiameter [m]	Mastdiameter [m]	Hoogte gondel [m]	Lengte gondel [m]	Breedte gondel [m]	Afstand zwaar-tepunt blad [m]	Nominaal toerental [rpm]
150	185	6,55	7,80	15,1	4,98	25,9	9,2

Tabel 3 Risicocontouren en maximale werpafstanden van het onderzochte windturbinetype

Wtb type	Ashoogte [m]	Rotordiameter [m]	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. WTB	150	185	92,5*	193	154	376

* als worst-case benadering wordt de PR 10⁻⁵ contour gelijk verondersteld aan een halve rotordiameter

2.4 Risico-inventarisatie

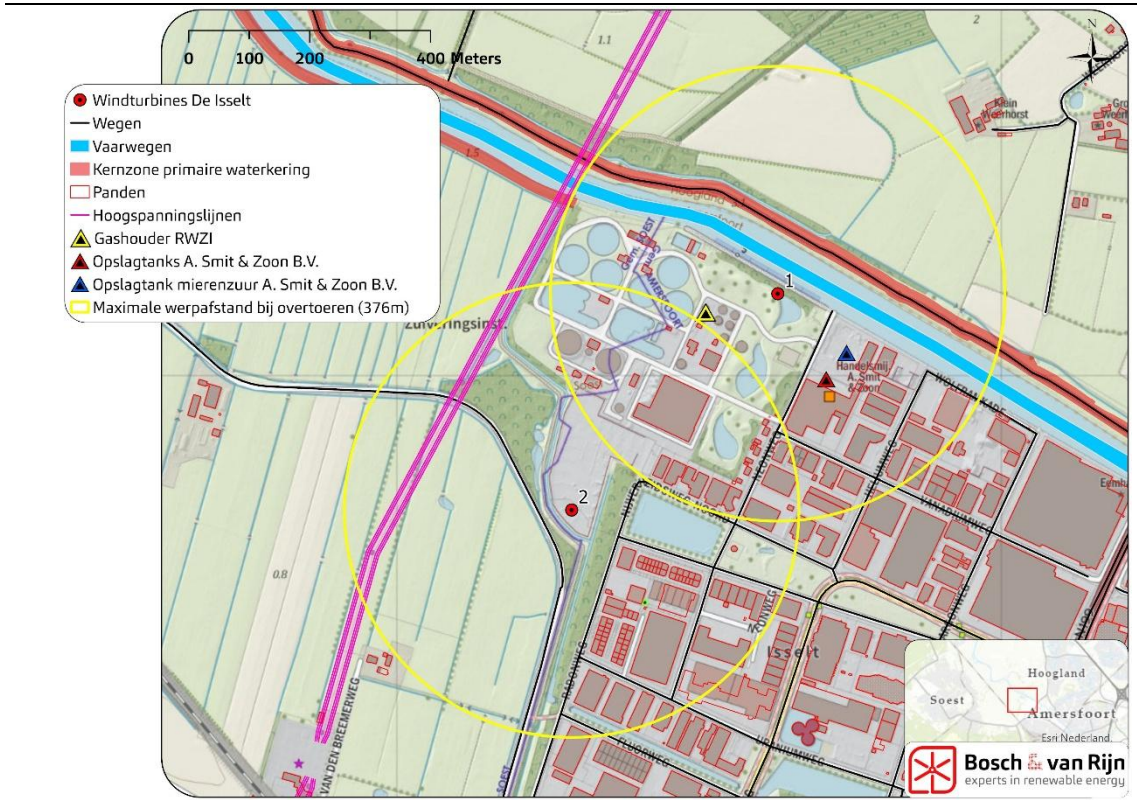
De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Om voor de windturbines bij de Isselt te bepalen welke onderwerpen aanwezig zijn is eerst de maximale werpafstand bij overtoeren in kaart gebracht. Dit is de maximale afstand waarbinnen de windturbines veiligheidsrisico's voor hun omgeving kunnen opleveren. Binnen deze maximale werpafstand is geïnventariseerd welke objecten aanwezig zijn die voor het externe veiligheidsonderzoek relevant kunnen zijn.

Uit onderstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant¹ zijn:

- Gebouwen
- Risicovolle installaties
- Hoogspanningsinfrastructuur
- Wegen
- Vaarwegen
- Waterkeringen

¹ Relevant houdt in dat deze onderwerpen zich bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Figuur 2 Aanwezigheid van voor externe veiligheid relevante onderwerpen binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van het referentietype windturbine.



NB. Voor windturbines geldt dat het groepsrisico, vanuit het Bkl, geen beoordelingskader is voor windturbines. Hierdoor hoeft er niet worden ingegaan op het groepsrisico in onderhavig document. Indien een windturbine een risico verhogend effect heeft op een risicovolle installatie, is het mogelijk dat het groepsrisico van de installatie omhooggaat. Indien dit gebeurt moet er wel getoetst worden aan het groepsrisico.

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

3.1 (Beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties

In de Omgevingswet wordt er tussen gebouwen en locaties onderscheid gemaakt in drie categorieën. Deze categorieën worden uitgewerkt in Bijlage VI van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en Bijlage I van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Er is sprake van beperkt kwetsbare- en kwetsbare gebouwen en locaties en zeer kwetsbare gebouwen. De regels verschillen per categorie.

- Het plaatsgebonden risico (PR) voor een (zeer) kwetsbaar gebouw of locatie, zonder functionele binding, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan 10^{-6} per jaar. Dit is de grenswaarde, waarvan niet mag worden afgeweken.
- Het plaatsgebonden risico (PR) voor een beperkt kwetsbaar gebouw of locatie zonder functionele binding, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan 10^{-6} per jaar. Dit is een standaardwaarde. Het bevoegd gezag heeft de ruimte om op basis van een eigen, goed gemotiveerde afwijking van de standaardwaarde voor het PR bij beperkt kwetsbare objecten af te wijken tot een PR van 10^{-5} per jaar.

Op de $PR10^{-6}$ -contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één op een miljoen per jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de $PR10^{-5}$ -contour is deze kans één op de honderdduizend per jaar.

3.2 Risicovolle installaties

In het “Besluit externe veiligheid inrichtingen” (Bevi) zijn de risiconormen voor externe veiligheid met betrekking tot bedrijven met gevaarlijke stoffen wettelijk vastgelegd. Sinds de invoering van de Omgevingswet is het Bevi niet meer geldig. De regels met betrekking tot veiligheid van risicovolle inrichtingen zijn ondergebracht in het Bkl en het Bal. Voor het Bevi geldt overgangsrecht: voor een veiligheidscontour blijven de beoordelingsregels uit het Bevi op basis van artikel 8.2.7 lid van het Invoeringsbesluit Omgevingswet van toepassing tot het omgevingsplan onherroepelijk voorziet in een risicogebied externe veiligheid of het bevoegd gezag besluit om de veiligheidscontour niet als risicogebied externe veiligheid vast te leggen in het omgevingsplan.

Voor het verkrijgen van een vergunning voor windturbines is het noodzakelijk dat na plaatsing van de windturbine wordt voldaan aan de eisen die voor risicovolle inrichtingen gelden. In de Handreiking Risicozonering Windturbines is omschreven dat, ter toetsing, in eerste instantie kan worden gekeken of de windturbines een substantiële toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties

behorende tot de inrichting tot gevolg hebben. Conform het 10%-criterium kan een toename van de faalfrequentie van minder dan 10% als niet-substantieel en daarmee toelaatbaar worden beschouwd. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt is plaatsing van de windturbines niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het Bkl en het Bal.

3.3 Hoogspanningsinfrastructuur

Er bestaat geen wettelijk kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsinfrastructuur. Wel heeft TenneT in de Handreiking Risicozonerings Windturbines (versie mei, 2020) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental of indien deze groter is, de ashoogte + $\frac{1}{2}$ rotordiameter (=tiphoogte).

3.4 Wegen

Voor rijkswegen zijn generieke afstanden bepaald waarbuiten geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. In het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*"² staan de minimale afstanden tot rijkswegen gegeven:

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

Voor alle wegen die geen eigendom zijn van Rijkswaterstaat maar bijvoorbeeld van de provincie of gemeente, zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing. Voor deze wegen kan allereerst worden getoetst of plaatsing van de windturbines voldoet aan de beleidsregel tot rijkswegen. Indien dit het geval is kunnen de veiligheidsrisico's voor de provinciale-, gemeentelijke- of waterschapsweg ook toelaatbaar worden geacht.

Indien niet wordt voldaan aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat kan worden getoetst of de windturbines tot overschrijding van het Individueel passantenrisico (IPR) of Maatschappelijk risico (MR) op de weg leiden.

3.5 Vaarwegen

Voor vaarwegen in beheer van Rijkswaterstaat zijn in het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*" afstanden bepaald waarbuiten geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden:

² <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013685/2024-01-01>

“Langs kanalen, rivieren en havens wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 50m uit de rand van de vaarweg.”

En:

“Binnen 50m uit de rand van de vaarweg wordt plaatsing slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen hinder voor wal- en scheepsradar optreedt. De minimale afstand tot de rand van de vaarweg is altijd ten minste de helft van de rotordiameter.”

Voor vaarwegen in beheer van de provincie, het waterschap of de gemeente gelden geen algemene adviesafstanden. Hier kan allereerst worden getoetst of plaatsing van de windturbines voldoet aan de beleidsregel tot vaarwegen in beheer van Rijkswaterstaat. Indien dit het geval is kunnen de veiligheidsrisico's voor de betreffende vaarweg in beheer van de provincie, het waterschap of de gemeente ook toelaatbaar worden geacht.

Indien niet wordt voldaan aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat kan, net als bij wegen, worden getoetst of de windturbines tot overschrijding van het Individueel passantenrisico (IPR) of Maatschappelijk risico (MR) op de vaarweg leiden. Daarnaast kan worden onderzocht of de windturbines buiten een eventueel aanwezige vrijwaringszone rondom de vaarweg geplaatst worden, een belemmering voor de vaarhoogte op de vaarweg opleveren of de werking van wal- en scheepsradar ontoelaatbaar kunnen verstoren.

3.6 Waterkering

In het plangebied bevindt zich een primaire waterkering met een veiligheidsnorm van 1/100 jaar ($1,0 * 10^{-2}$ per jaar)³. Door het Waterschap is aangegeven dat de windturbines bij deze waterkering ten hoogste 1% additionele faalkans mogen veroorzaken. Hieruit volgt een additionele faalkans van hooguit $1,0 * 10^{-4}$ per jaar.

Allereerst kan voor de waterkering de additionele faalkans worden berekend onder de conservatieve aanname dat treffen door de windturbine altijd leidt tot falen van de waterkering. Volgt uit deze berekening een additionele faalkans van minder dan 1%, dan kan plaatsing van de windturbines op voorhand als voldoende veilig worden beschouwd.

Volgt uit deze eerste conservatieve berekening een additionele faalkans van meer dan 1%, dan kan de kans worden berekend dat treffen van de waterkering ook echt tot falen zal leiden. Volgt uit deze aanvullende berekening een additionele faalkans van minder dan 1%, dan kan plaatsing van de windturbines alsnog als voldoende veilig worden beschouwd.

³ Besluit kwaliteit leefomgeving, Bijlage II bij de artikelen 2.0b, 2.0c en 11.11, eerste lid, van dit besluit (veiligheid waterkeringen).

3.7 Veiligheidsnormen interne veiligheid

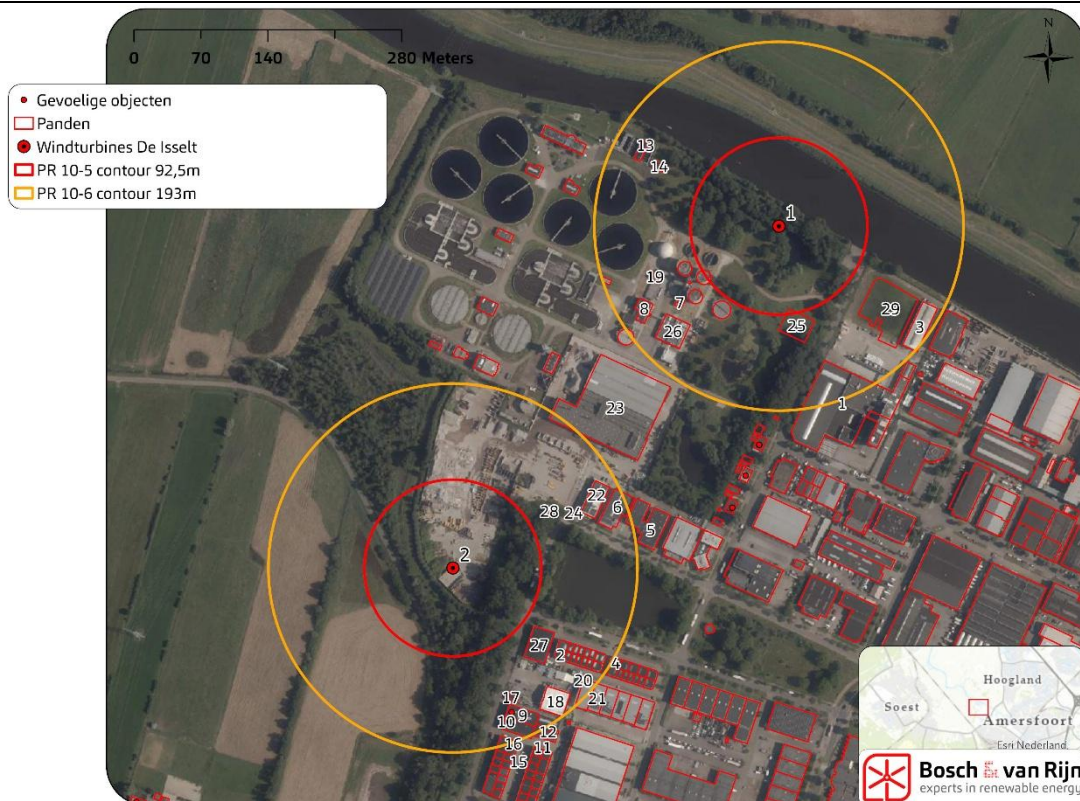
Buiten de eerdergenoemde eisen en richtlijnen omtrent externe veiligheid dienen windturbines ook te voldoen aan eisen omtrent interne veiligheid. Bij interne veiligheid gaat het om voorzieningen in en aan de windturbines zelf, die de kans op onveilige situaties (o.a. brand, elektrocutie, afwerpen van ijsafzetting) zo klein mogelijk maken. Dergelijke interne veiligheidsvoorzieningen gelden voor elk type turbine in elke willekeurige opstelling. Voor windturbines gelden veiligheidsvoorschriften uit paragraaf 4.30 van het Bal. Het gaat om een jaarlijkse beoordeling door een deskundige en om ontwerpeisen in NEN-normen. Dit zijn de normen NEN-EN-IEC 61400-1 en NEN-EN-IEC 61400-2. Windturbines dienen voorzien te zijn van een geldig certificaat conform de hierboven genoemde normen. Dit onderdeel wordt in dit onderzoek daarom niet verder getoetst.

Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 (Beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties

Binnen de PR10⁻⁶-contouren van de windturbines is nagegaan of er (beperkt) kwetsbare gebouwen of locaties aanwezig zijn. Hiervoor is onder meer gebruik gemaakt van het Omgevingsplan gemeente Amersfoort, BAG van Oktober 2024, de luchtfoto, cyclomedia⁴ en vastgoeddata⁵. Op basis van de gegevens die hier te vinden zijn, is per gebouw beoordeeld of er sprake is van een (beperkt) kwetsbaar gebouw.

Figuur 3 Plaatsgebonden risicocontouren en gebouwen rondom de beoogde windturbines



In Figuur 3 is te zien dat zich binnen de PR10⁻⁶-contouren meerder panden bevinden. Deze 29 panden zijn met een nummer aangeduid op de kaart. Nummers 1, 25 en 29 vragen om een extra toelichting.

⁴ [Street Smart \(cyclomedia.com\)](https://www.cyclomedia.com)

⁵ https://www.vastgoeddata.nl/?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMI3If-ybKfigMVaZqDBx1RxRdnEAAAYASAAEgKt9fD_BwE

Nummer 1 is een gebouw dat op basis van de grootte en aanwezige kantoorfunctie als kwetsbaar kan worden bestempeld. Het Bkl specificiert echter dat de aanduiding van (beperkt) kwetsbare gebouwen echter alleen geldt voor de betreffende gebruiksfunctie. Anders gezegd: voor de beoordeling wordt er onderscheid gemaakt tussen de verschillende functies binnen een gebouw. Het gedeelte dat binnen de PR 10^{-6} contour ligt, bevat wel kantoorruimtes, maar deze hebben een oppervlak van minder dan 1.500 m². Het gedeelte binnen de PR 10^{-6} -contour is daarom beoordeeld als beperkt kwetsbaar.

Binnen de PR 10^{-5} -contour is één pand gelegen, dat als niet kwetsbaar is beoordeeld. Dit betreft pand nummer 25. Dit is een gebouw dat op dit moment nog niet bestaat, maar waarvoor er al een vergunning is verleend. Hoewel het nog niet gerealiseerd is dient het wel mee te worden genomen bij de beschouwing van de milieunormen. Het gebruiksdoel van het toekomstige pand is een industriefunctie. In het pand worden enkel installaties geplaatst. Personen hoeven daar enkel te zijn ten behoeve van onderhoud. Daarom is dit gebouw beoordeeld als een niet-kwetsbaar gebouw.

Voor het pand met nummer 29 geldt eveneens dat dit nog niet is gerealiseerd. Er komt in dit pand een industriefunctie en een kantoorfunctie. Het kantooroppervlak is kleiner dan 1.500 m², waardoor het gebouw beoordeeld is als een beperkt kwetsbaar gebouw.

De overige 26 panden binnen de PR 10^{-6} -contour zijn panden behorende tot de proces- en regelinstallatie van de RWZI, kleine bedrijfsgebouwen, loodsen of kantoorpanden met een bruto vloeroppervlak van minder dan 1.500 m² waar hooguit kleine aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zullen zijn. Hierdoor moeten de panden hooguit als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

De beperkt kwetsbare gebouwen binnen de PR 10^{-6} -contour voldoen niet aan de standaardwaarde die gesteld is in het Ontwerpbesluit windturbines leefomgeving. Sectormanagement (het terugschroeven van de windturbines om de risico's te verkleinen) is geen haalbare oplossing, aangezien de windturbines dat dusdanig worden beperkt in de productie dat ze niet meer rendabel zijn en het project geen doorgang kan vinden.

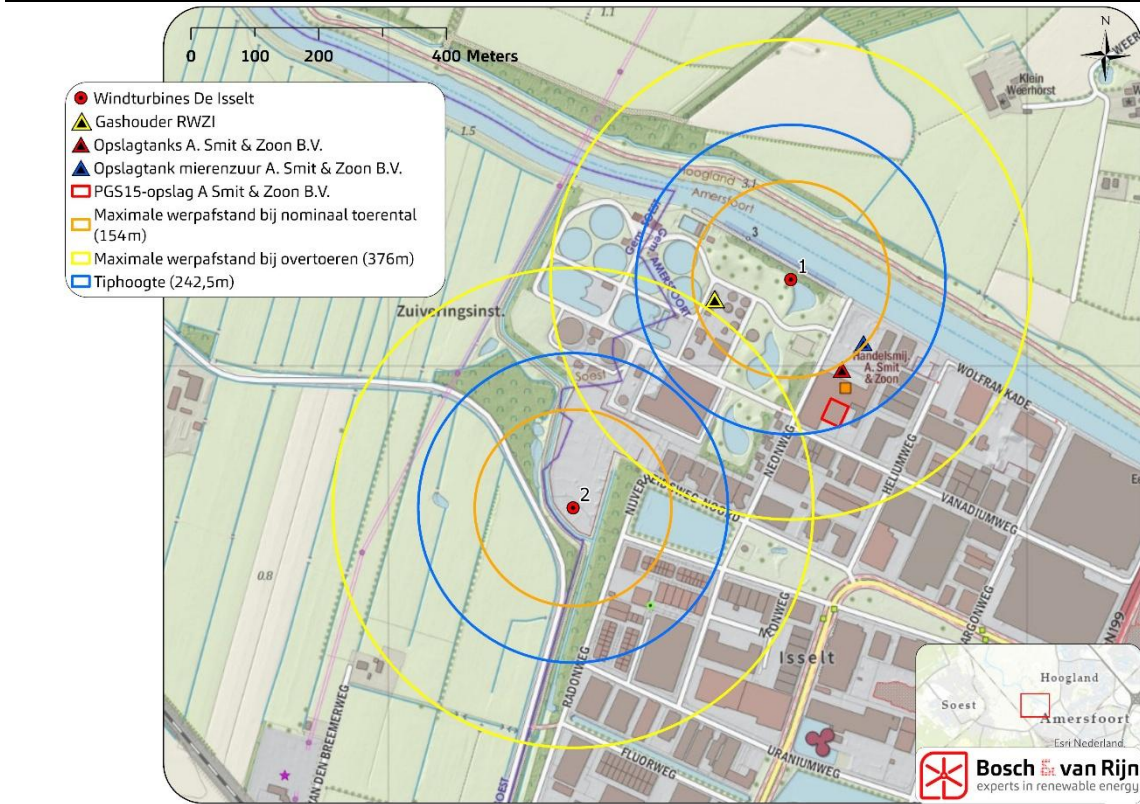
Het Ontwerpbesluit biedt het bevoegd gezag wel een afwijkmogelijkheid tot een grenswaarde van PR 10^{-5} . Hiervoor dient het bevoegd gezag te motiveren waarom de grenswaarde toelaatbaar is.

Die afwijking is te motiveren door het feit dat de dichtheid van personen binnen de PR 10^{-6} -contour laag is. Veel panden zijn bedrijfspanden waar kleine aantallen personen aanwezig zijn. Daarnaast betreft het een bedrijventerrein, waar een ander beschermingsniveau kan worden verwacht dan andersoortige gebieden, zoals buitengebieden. Vanuit een ruimtelijk oogpunt is de functiecombinatie van windenergie en overige bedrijfsactiviteiten ook wenselijk. Plaatsing op een bedrijventerrein heeft als voordeel dat de afstand tot woningen relatief groot is. Hierdoor blijven de milieueffecten op woningen beperkt.

4.2 Risicovolle installaties

Op basis van de risicokaart, luchtfoto's, streetview foto's en informatie verstrekt door de opdrachtgever is nagegaan welke risicovolle installaties zich binnen de maximale werpafstanden en valafstand rondom de beoogde windturbines bevinden (Figuur 4).

Figuur 4 Risicovolle installaties binnen de invloedssfeer van de beoogde windturbines



Binnen de invloedssfeer van de windturbines bevinden zich verschillende risicovolle installaties die voor de externe veiligheidsbeoordeling relevant zijn:

- een installatie voor de opslag van 1.500 m³ biogas (gashouder) op het terrein van de RWZI.
- tanks voor de opslag van diverse gevaarlijke stoffen op het terrein van de Seveso-inrichting Handelsmaatschappij A. Smit & Zoon B.V.
- een toekomstige opslag van mierenzuur, op het terrein van de Seveso-inrichting Handelsmaatschappij A. Smit & Zoon B.V.
- een opslagvoorziening voor verpakte gevaarlijke stoffen (PGS15-opslag) in hal P, op het terrein van Seveso-inrichting Handelsmaatschappij A. Smit & Zoon B.V.
- Verschillende ruimtes op het terrein van Seveso-inrichting Handelsmaatschappij A. Smit & Zoon B.V. Deze ruimtes zijn uitgesplitst in paragraaf 4.2.2 en Bijlage C.

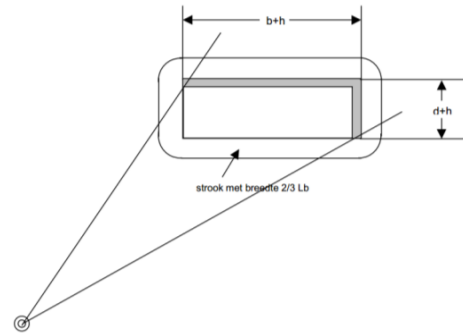
Voor de bovenstaande risicovolle installaties is berekend wat de kans is dat zij door (delen van) een falende windturbine worden getroffen conform de rekenmethodes

in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines (versie januari 2025).

4.2.1 Rekenmethode trefkansberekening

Rekenmethode wijkbreuk

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:

$$P_{O_d} = P_{zwpt} \cdot A_{pr}$$

Waarin:

P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (*berekend volgens HRW 2020*).

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

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:

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

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

$$P_o = P_{O_d} + P_{O_i}$$

In bovenstaande methode is verondersteld dat P_{zwpt} constant is over het oppervlak A_{pr} en de strook met breedte $2/3 L_b$ ook. Indien dit niet het geval is (bijvoorbeeld rond de werpafstand bij nominaal toerental) kunnen de trefkansen als volgt worden berekend:

$$P_{O_d} = \bar{P}_{zwpt} \cdot A_{pr}$$

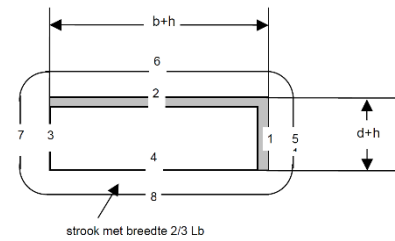
$$P_{O_i} = \bar{P}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{P}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{2} \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{P}_{zwpt,b} + \bar{P}_{zwpt,d}}{2} \right)$$

Waarin:

\bar{p}_{ZWPT} : de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² over het oppervlak A_{pr} (gemiddelde van de punten 1 t/m 4 uit de figuur rechts);

$\bar{p}_{ZWPT,b}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² in de stroken langs de gevel met lengte b (gemiddelde van de punten 2, 4, 6, en 8 uit de figuur);

$\bar{p}_{ZWPT,d}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² in de stroken langs de gevel met lengte d (gemiddelde van de punten 1, 3, 5, en 7 uit de figuur).



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:

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

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

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

Het toe te passen turbinetype is in deze fase nog niet bekend. Voor de doorgerekende referentieturbine houdt de initiatiefnemer er rekening mee dat een windturbine wordt geplaatst die een hogere IEC-klasse heeft dan op de projectlocatie vereist is. Daarom is voor de trefkansberekeningen een reductiefactor toegepast op het scenario bladbreuk. In onderstaand kader is dit nader toegelicht. Indien een turbinetype wordt gekozen waarbij een hogere IEC-klasse niet noodzakelijk is, bijvoorbeeld omdat deze tot lagere trefkansen leidt dan het doorgerekende referentietype, kan een dergelijke 'overdimensionering' achterwege worden gelaten. Er geldt hoe dan ook dat de te plaatsen windturbines mogen resulteren in een PR10⁶-contour over een kwetsbaar gebouw.

De windklasse van een gebied is bepalend voor welk type windturbine geschikt is om op deze locatie te plaatsen. Het verhogen van de windklasse van de te plaatsen windturbine, waardoor deze robuuster wordt voor de heersende omstandigheden, kan helpen om de faalkans te verkleinen en daarmee de plaatsbaarheid van de windturbine te vergroten. De IEC heeft drie turbineklassen ingedeeld voor hoge, gemiddelde en lage wind. Wanneer een turbine wordt geplaatst met een hogere IEC klasse dan dat voor die locatie noodzakelijk is, kun je stellen dat de turbine 'overgedimensioneerd' is. Hierdoor kan een reductiefactor van 1,6 op de faalkans voor mastbreuk worden toegepast. De reductiefactor is alléén van toepassing op mastbreuk.⁶

Rekenmethode Gondelafworp

Voor het bereken van de faalkans ten gevolge 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 aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \times 10^{-5}$ (Ga).

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:

$$Ttk = Po + Kg + Ga$$

4.2.2 Resultaten trefkansberekening

Middels bovenstaande rekenmethoden zijn de trefkansen voor de gashouder en opslagtanks van de naburige Seveso-inrichting van Smit & Zoon berekend. Aangezien alle installaties buiten het invloedsgebied van windturbine 2 liggen, zijn enkel trefkansen voor windturbine 1 berekend. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4. De uitwerking van de berekening is opgenomen in Bijlage C. Opgemerkt wordt dat het faalscenario gondelafworp op geen van de objecten van toepassing is, omdat de objecten buiten de effectafstand voor gondelafworp zijn gelegen.

Tabel 4 Trefkansen verschillende risicovolle installaties rond windturbine 1

Object	Mastbreuk	Wiekbreuk	Totaal
Opslagtanks formaline e.d. S&Z	$1,81 \times 10^{-05}$	$8,41 \times 10^{-06}$	$2,65 \times 10^{-05}$
Opslag mierenzuur S&Z	$1,75 \times 10^{-05}$	$5,05 \times 10^{-05}$	$6,80 \times 10^{-05}$
PGS15-opslag Hal P S&Z	$1,99 \times 10^{-05}$	$7,80 \times 10^{-08}$	$2,00 \times 10^{-05}$
Opslag gereed product Hal E S&Z	$2,26 \times 10^{-05}$	$7,37 \times 10^{-05}$	$9,63 \times 10^{-05}$
Reactieruimte S&Z	$1,88 \times 10^{-05}$	$5,18 \times 10^{-08}$	$1,88 \times 10^{-05}$
Siloruimte Hal O S&Z	$1,83 \times 10^{-05}$	$4,27 \times 10^{-08}$	$1,84 \times 10^{-05}$
Poedermengruimte S&Z	$1,88 \times 10^{-05}$	$5,65 \times 10^{-08}$	$1,88 \times 10^{-05}$
Laden/lossen opslagtanks formaline e.d. S&Z	$1,99 \times 10^{-05}$	$2,53 \times 10^{-05}$	$4,52 \times 10^{-05}$
Leidingbrug S&Z	$1,81 \times 10^{-05}$	$1,10 \times 10^{-05}$	$2,90 \times 10^{-05}$
Gashouder RWZI	$1,90 \times 10^{-05}$	$4,72 \times 10^{-05}$	$6,62 \times 10^{-05}$

⁶ Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020)

Opgemerkt wordt dat de bij de trefkans voor de opslagtanks het worst-case-uitgangspunt is gehanteerd dat bij treffen alle tanks worden getroffen.

Deze trefkansen zijn berekend aan de hand van de rekenregels, zoals die gelden op het moment van indienen van de vergunningaanvraag. Het is voorzienbaar dat per 1 januari 2027 nieuwe rekenregels gaan gelden. Aangezien die nieuwe rekenregels op basis van het Bkl direct gaan gelden voor de exploitatie van de windturbines, zal bij in gebruik name van de windturbines van de nieuwe rekenregels uitgegaan worden.

4.2.3 *Gevolgen trefkansberekening*

Gashouder RWZI

De berekende trefkans wordt vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installatie (faalkansen van alle catastrofale scenario's bij elkaar opgeteld). De intrinsieke faalkans wordt onderbouwd, zoals beschreven in Tabel 5.

Tabel 5 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten (Bron: Handleiding Risicoberekeningen BEVI)

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.

Vergelijking van de berekende trefkans met de intrinsieke faalfrequentie volgens Tabel 5 ($1,0 \cdot 10^{-5}$) laat zien dat de faalkansverhoging boven de richtwaarde van 10% ligt. Daarom wordt de faalkansverhoging als significant beoordeeld.

Omdat de windturbines een significante faalkansverhoging voor de gashouder tot gevolg kan hebben is in het rapport 'trekkanalyse windturbine RWZI Amersfoort' (Pondera Consult, 2 maart 2021) reeds een afweging van dit risico gegeven. Uit deze beschouwing volgt dat de significante faalkansverhoging bij de gashouder niet direct tot een groot significant gevaar voor de omgeving tot gevolg heeft. Uit risicoanalyses van dergelijke gashouders in de buurt van windturbines blijkt namelijk dat de gevolgen voor de omgeving vaak beperkt blijven tot een omgeving van enkele meters rondom de gashouder ongeacht de procentuele verhoging van de kans op ontploffing.

In het rapport 'trekkanalyse windturbine RWZI Amersfoort' is het toegevoegde risico dan ook afgewogen op twee vlakken:

1. De benodigde betrouwbaarheid van de gashouder als functioneel onderdeel van de RWZI. Bij het treffen door een windturbine onderdeel wordt de gashouder zodanig beschadigd dat de werking stil komt te liggen. Als mogelijk kritisch onderdeel van de RWZI dient dit risico afgewogen te worden. De trefkans is maximaal $7,76 \cdot 10^{-5}$ waarmee de kans van optreden ééns in de 12.886 jaar is⁷. Een dergelijke additionele kans op uitval kan vergeleken worden met de huidige gewenste betrouwbaarheid van andere kritische onderdelen.
2. Eventuele gevolgen voor personeel en bedrijfsvoering en de kans op letsel kan bekeken worden door de effecten op de gashouder te analyseren binnen de methodiek van een HAZOP-studie. Hierbij worden de verschillende risico's inzichtelijk gemaakt binnen een framework wat kijkt naar de kans op een situatie en het gevolg en daarmee een inschatting geeft van de risicovolheid van de situatie. In de huidige HAZOP-studie van de Biogashouder te Amersfoort zijn 6 F-categorieën (kansen) gebruikt:

⁷ In het rapport van Pondera Consult werd destijds uitgegaan van een kans van optreden van ééns in de 15.800 jaar als gevolg van de kleinere windturbineafmetingen en afwijkende positie van de noordelijke positie die ten grondslag aan dit onderzoek lagen.

Appendix 2: Toegepaste risico matrix

		6	5	4	3	2	1
		Waarschijnlijkheid van voorkomen					
Ernst gevolgen		Minder dan eens per 10 ⁴ jaar	Eens per 10 ³ – 10 ⁴ jaar	Eens per 100-1000 jaar	Eens per 10-100 jaar	Eens per 1-10 jaar	Vaker dan eens per jaar
1	Ernst 1: Gering letsel, EHBO behandeling						RR10
2	Ernst 2: Matig letsel / effect op de gezondheid					RR10	RR10 ²
3	Ernst 3: Ernstig letsel / effect op de gezondheid				RR10	RR10 ²	RR10 ³
4	Ernst 4: Dode of meerdere gewonden			RR10	RR10 ²	RR10 ³	RR10 ⁴
5	Ernst 5: Meerdere doden		RR10	RR10 ²	RR10 ³	RR10 ⁴	REDESIGN

Gezien de beperkte aanwezigheid van personen in de directe omgeving van de gashouder lijkt een S-Categorie van maximaal 4 geschikt., wat betekent dat een kans van eens per 1.000 – 10.000 per jaar nog toelaatbaar zou zijn. Omdat de kans van optreden in dit onderzoek op ééns per 14.192 jaar is berekend zou plaatsing van de windturbine volgens bovenstaande matrix dus geen aanleiding tot verdere maatregelen geven.

Verschillende onderdelen Smit & Zoon

Van enkele onderdelen van de installaties van Smit & Zoon zijn de gevolgen toegelicht. Onderaan deze paragraaf is vervolgens een algemene conclusie getrokken met betrekking tot de gevolgen van de trefkansen.

Opslagtanks formaline en andere stoffen Smit & Zoon

Op het terrein van Smit & Zoon zijn zwavelzuur, fenol, natronloog en formaline opgeslagen in tanks die zijn geplaatst in tankputten van 5 bij 5 meter. Voor deze opslagtanks geldt een trefkans van $2,90 \cdot 10^{-5}$ per jaar, wat neerkomt op een kans van voorkomen van eens in de 34.507 jaar.

De toekomstige opslagtank voor mierenzuur zal een volume hebben van 3 m³. Aangenomen wordt dat de afmetingen ca. 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m bedragen. Voor de opslag van mierenzuur geldt een trefkans van $7,85 \cdot 10^{-5}$ per jaar, wat neerkomt op een kans van voorkomen van eens in de 12.738 jaar.

Om te beoordelen of deze risico's toelaatbaar zijn, is bij A. Smit & Zoon B.V. de kwantitatieve risicoanalyse (QRA) van 11 april 2025, zoals opgesteld door Antea, opgevraagd. In deze QRA is de opslag van zuren en logen, met het oog op een extern veiligheidsrisico, als niet relevant beoordeeld. De opslag van fenol en formaline is hierin wel relevant. Ook de toekomstige opslag van mierenzuur is meegenomen in de QRA.

Over fenol stelt de QRA het volgende:

Fenol is opgeslagen in tank 14 (maximaal 39 ton) en is geplaatst in een afzonderlijke tankput van ca. 5 bij 5 meter en circa 1,5 meter hoog. Omdat de smelttemperatuur van fenol 410°C bedraagt, vindt de opslag (en aanvoer) bij verhoogde temperatuur (circa 50 °C) plaats. Bij het plaatsvinden van ongevalsscenario's vindt bij de opslagtanks een uitstroming in de tankput plaats en bij verlading uitstroming op de losplaats. Na uitstroming vindt, in het geval van fenol, een stolling van het product plaats door de snelle afkoeling. De gevaren van fenol voor de omgeving worden daarom verwaarloosbaar geacht en niet nader beschouwd.

Over formaline stelt de QRA het volgende:

Formaline is opgeslagen in tank 16 (maximaal 40 ton) en is geplaatst in een afzonderlijke tankput van ca. 5 bij 5 meter en circa 1,5 meter hoog. De tankauto die voor de verlading zorgt, staat tijdens de verlading op een verlaadplaats van 48 bij 10 meter. De verlaadplaats is voorzien van een goot van 20 bij 20 cm en 40 meter lang.

Bij het plaatsvinden van ongevalsscenario's vindt bij de opslagtank een uitstroming in de tankput plaats en bij verlading uitstroming op de losplaats. Het gevaar van formaline is dat bij uitstroming in een plas, giftig formaldehyde kan uitdampen en een toxische wolk vormt.

De intrinsieke faalfrequenties en brontermen (snelheid van het vrijkomen van uitdampende formaldehyde) voor de tank met formaline zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Tabel 5.2: Scenario's voor opslag in atmosferische tanks

Nr.	Scenario	Frequentie [per jaar]	Bronterm* [kg/s]
1	Instantaan vrijkomen gehele inhoud	$5,0 \times 10^{-6}$	$1,82 \times 10^{-3}$
2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 minuten in een constante en continue stroom	$5,0 \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-3}$
3	Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter 10 mm	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,24 \times 10^{-3}$

Voor de opslagtank van het mierenzuur zijn eveneens deze faalfrequenties gehanteerd.

In de QRA worden geen verdere conclusies verbonden aan de in de tabel weergegeven waarden voor de omgevingsveiligheid. Ook wordt ervan uitgegaan dat de vrijkomende formaline in de tankput wordt opgevangen. Bij het treffen door een windturbineblad en de grote hoeveelheid kinetische energie die daarmee gepaard gaat is het echter aannemelijk dat de vrijkomende formaline en de andere opgeslagen stoffen vermengd raken, bijvoorbeeld door schade aan de tankputten.

Een dergelijke vermenging kan zorgen voor chemische reacties die schadelijke stoffen verder kunnen verspreiden.

Opslag verpakte gevaarlijke stoffen Smit & Zoon

In hal P van Smit & Zoon liggen verpakte gevaarlijke stoffen opgeslagen. De hal is ca. 30 bij 35 m breed en heeft daarmee een oppervlakte van ca. 1.000 m². De totale opslagcapaciteit bedraagt 381 ton. De risico's zijn door Antea beschreven in de QRA:

In het verleden is berekend dat het stikstofpercentage bij Smit & Zoon worst-case 3 % draagt. Gelet hierop is in deze QRA gerekend met de volgende stoffen (modelstoffen) voor de PGS15-opslagen:

De gebruikte molecuulformules in Safeti-NL hiervoor zijn:

Hal P: $C_{6,0}H_{5,0}O_{1,0}Cl_{0,16}N_{0,235}S_{0,175}P_{0,01}$

In de QRA is vervolgens beschouwd hoe groot het risico is dat deze stoffen in het geval van brand kunnen veroorzaken voor de omgeving.

Het additionele risico door de plaatsing van de windturbines bestaat uit treffen door een wiek als het gevolg van mastbreuk. Deze kans bedraagt $2,35 \cdot 10^{-5}$ per jaar (oftewel 1 op 42.580 per jaar). De hal is te ver weg gelegen om door de mast of gondel getroffen te kunnen worden.

Overige ruimtes Smit & Zoon

Voor de overige ruimtes op het terrein van Smit & Zoon waarvoor de trefkansen zijn berekend geldt dat er conform de QRA van Antea geen intrinsiek risico voor de omgeving bestaat, waardoor ze niet verder zijn beschouwd in de QRA van april 2025.

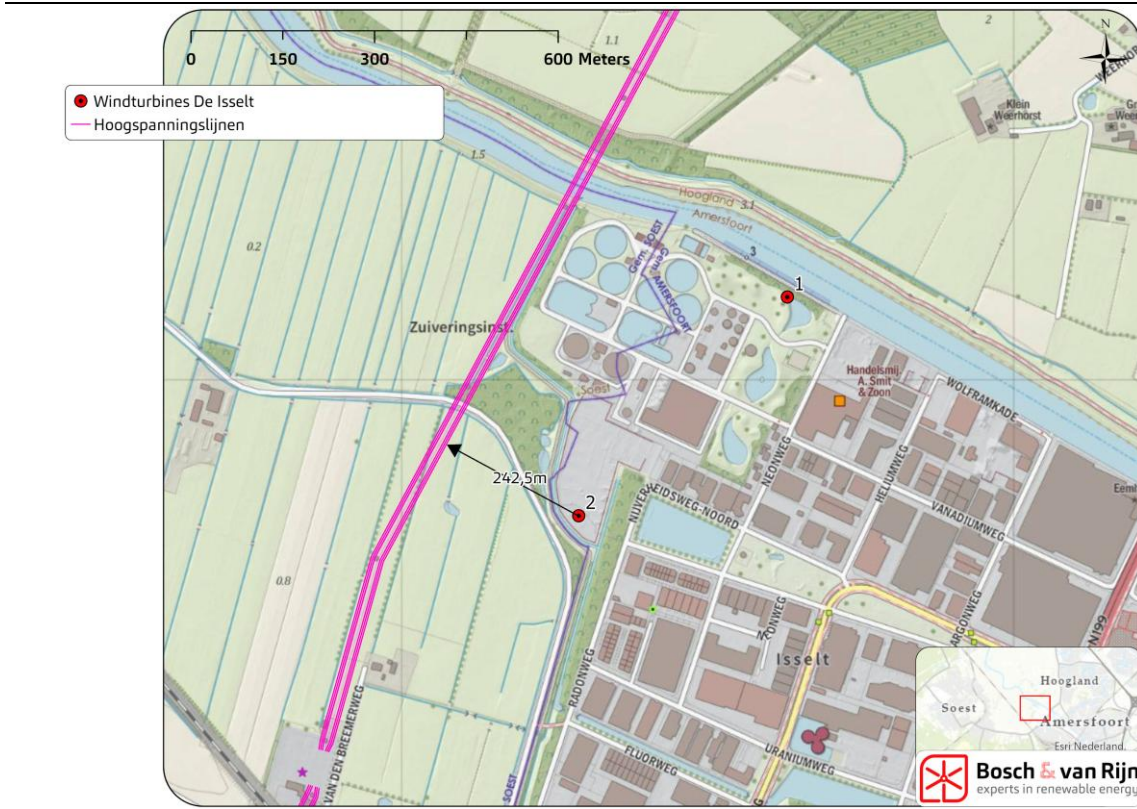
Algemene conclusie installaties Smit & Zoon

Op basis van de resultaten van de in dit rapport gepresenteerde trefkansen heeft Antea een actualisatie van de QRA van Smit & Zoon uitgevoerd. Uit de actualisatie volgt dat de trefkansen van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbare situatie. De PR 10^{-6} -contour van Smit & Zoon neemt weliswaar toe, maar dit heeft niet tot gevolg dat er kwetsbare gebouwen of locaties binnen deze contour komen te liggen. Aangezien het gaat om een worst-case-scenario kan voldaan worden aan de eis dat de PR 10^{-6} -contour niet over kwetsbare objecten heen komt te liggen. De gemeente Amersfoort is vanuit haar rol als bevoegd gezag voor de milieubelastende activiteit bij Smit & Zoon op de hoogte van deze geactualiseerde QRA.

4.3 Hoogspanningsinfrastructuur

Uit het externe veiligheidsonderzoek volgt dat de locaties van de windturbines voldoen aan de gestelde adviesafstand ingegeven door TenneT. Met een maximale tiphoogte van 242,5 meter is de afstand tussen de windturbines en de hoogspanningsinfrastructuur 3,5 meter groter dan de adviesafstand (Figuur 5). Aanvullend onderzoek is niet nodig aangezien aan de richtafstand wordt voldaan.

Figuur 5 Afstand tussen de windturbines en de hoogspanningsinfrastructuur van Tennet



4.4 Wegen

Binnen de invloedssfeer van de windturbines bevinden zich meerdere openbare wegen. De meeste van deze wegen bevinden zich op meer dan een halve rotordiameter afstand van de windturbinemast (Figuur 6). Omdat hiermee wordt voldaan aan de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken” kan het externe veiligheidsrisico bij deze wegen op voorhand als toelaatbaar worden beschouwd.

Bij twee wegen is sprake van overdraai door de zuidelijke windturbine. Voor deze wegen is daarom berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de weg passeert door (delen van) een falende windturbine wordt getroffen. Deze trefkans is:

- $3,12 \cdot 10^{-12}$ per passage

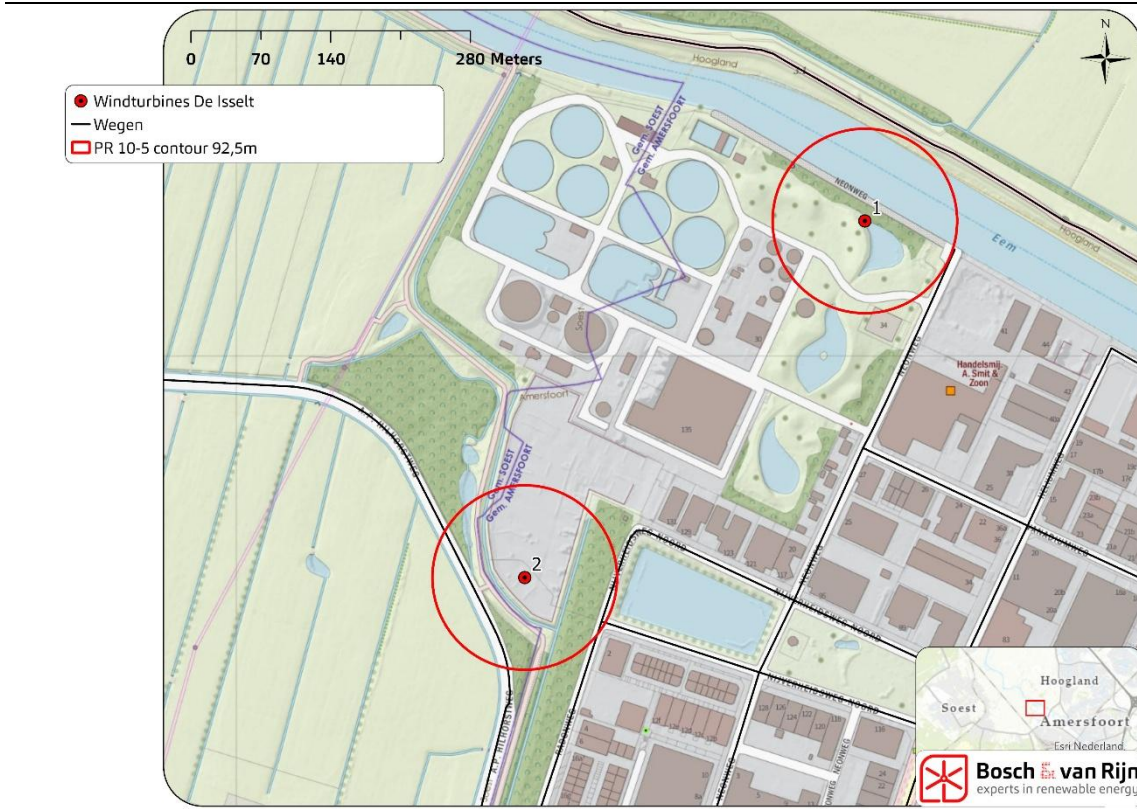
Hieruit volgt dat aan het Individuele Passantenrisico (IPR) van 10^{-6} wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

- 321.014 keer per jaar; oftewel 879 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon
-

Er wordt aan het Maatschappelijk Risico (MR) van $2 \cdot 10^{-3}$ voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 642.027.837 per jaar

Figuur 6 Wegen rondom de windturbineposities



Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het IPR of MR wordt overschreden. Ook eventuele aanleg van toekomstige wegen, fiets- of wandelpaden nabij de windturbines zullen, gezien het lage berekende risico voor de aanwezige wegen, niet zorgen voor een overschrijding van het IPR of MR.

4.5 Vaarwegen

Ten noorden van de beoogde windturbines bevindt zich de vaarweg De Eem die gedeeld in beheer is van de gemeente Amersfoort, het waterschap Vallei en Veluwe en de provincie Utrecht. Zij hebben de bevoegdheden over de vaarweg conform onderstaande tabel verdeeld.

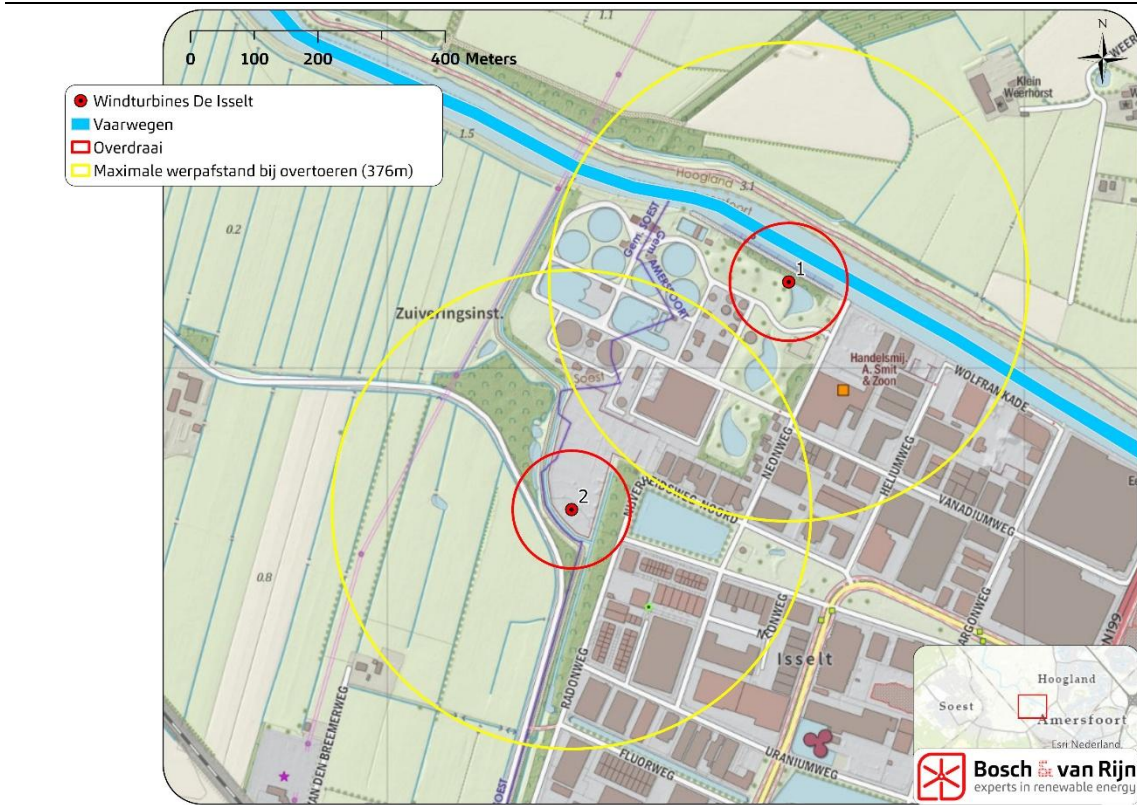
Tabel 6 Verdeling van bevoegdheden over de Eem

Overheid	Bevoegdheid	Beheer
Provincie Utrecht	Ruimtelijke ordening; Juridisch eigenaar	Bakbeheer (beschoeiingen en waterbodemp; met vaste verdeling van kosten tussen partijen).
Waterschap Vallei en Veluwe	Waterkwantiteit en – kwaliteit; waterveiligheid	Waterkering; waterpeil; lozing en onttrekking.
Gemeente Amersfoort	Ruimtelijke ordening; Regulering vaarverkeer	Nautisch beheer

Omdat de vaarweg niet in beheer is van Rijkswaterstaat zijn de algemene adviesafstanden uit de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken” hierop niet van toepassing. Als eerste risico-inventarisatie is wel beoordeeld of de windturbines aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat zouden

voldoen. Hieruit volgt dat de noordelijke windturbine niet aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat zal voldoen, omdat deze over de Eem zal overdraaien. De meest zuidelijke windturbine bevindt zich op grote afstand van de vaarweg en kan in de externe veiligheidsbeoordeling daarom wel buiten beschouwing worden gelaten.

Figuur 7 Vaarwegen rondom de beoogde windturbines



Omdat de externe veiligheidsrisico's van de meest noordelijke windturbine niet op grond van de beleidsregel van Rijkswaterstaat als toelaatbaar kunnen worden beschouwd is voor deze windturbine beoordeeld of deze een beperking voor de vaarhoogte op de vaarweg zal betekenen, of deze de werking van wal- en scheepsradar ontoelaatbaar zal verstoren en of deze tot overschrijding van het IPR en MR op de vaarweg zal leiden.

Vaarhoogte

Gerekend met het type dat minimaal mogelijk is binnen de bandbreedte zoals beschreven in paragraaf 1.1, dit is een turbine van 130 meter ashoogte en 165 meter rotordiameter betekent dit ook dat er een maximale overdraai plaatsvindt van 59,5 meter boven de vaarweg, in horizontale stand, en dat de wieken altijd op minimaal 78 meter boven het wateroppervlak zullen blijven.

Daar de maximale vaarhoogte 30 meter is op de Eem worden hier geen problemen voorzien. Daarnaast kent de Eembrugge een maximale doorvaarhoogte van 7,70 m⁸. Deze criteria in acht nemend kan de vaarhoogte altijd gewaarborgd worden.

⁸ 20210303Memo overdraai windturbine over de Eem thv de RWZI

Wal- en scheepsradars

Windturbines kunnen een versturende werking hebben op (scheeps)radar indien de turbines tussen de radarpost en het te bekijken object (het schip) staan. Langs de vaarweg nabij de windturbines zijn echter geen radarposten opgesteld. Logischerwijs zal daarom ook geen ontoelaatbaar effect op wal- en scheepsradar optreden.

4.5.1 *Trefkansberekening vaarweg*

Omdat er sprake is van overdraai over de vaarweg, is berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de vaarweg passeert door (delen van) een fallende windturbine wordt getroffen. Hiervoor is de rekenmethode gehanteerd van de HRW, 2020.

Deze totale berekende trefkans, uitgaande van een snelheid van de passant van 5 km/h, bedraagt:

- $1,75 \cdot 10^{-12}$ per passage

Hieruit volgt dat aan het IPR (10^{-6}) wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

- 572.615 keer per jaar; oftewel 1.569 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon

Er wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 1.145.230.806 per jaar

Gelet op de aard van de vaarweg is het niet realistisch dat het IPR of MR wordt overschreden. Plaatsing van de windturbines zal dus niet tot ontoelaatbare veiligheidsrisico's voor passanten leiden.

De windturbines leveren geen belemmering op voor de vaarhoogte op de vaarweg. Daarnaast zal geen verstoring van wal- en scheepsradar optreden, omdat wal- en scheepsradarinstallaties niet langs (dit deel van) de vaarweg zijn gelegen.

4.6 **Waterkering**

Binnen de invloedssfeer van de windturbines bevindt zich een primaire waterkering (Figuur 8). De risico's voor de waterkering als gevolg van het plaatsen van de windturbines zijn in deze paragraaf beschouwd.

Figuur 8 Ligging van de primaire waterkering binnen de invloedssfeer van de beoogde windturbines.



4.6.1 Trefkans waterkering

Ter beoordeling van de externe veiligheidsrisico's is de kans berekend dat (delen van) de windturbine de kernzone van de primaire waterkering zullen treffen, conform de rekenmethodes uit het HRW, 2020. Uit de trefkansberekening in het externe veiligheidsonderzoek volgt dat de kans dat (delen van) de falende windturbine de kernzone van de primaire waterkering raakt $4,93 \cdot 10^{-4}$ per jaar is. Deze trefkansberekening is nader uitgewerkt in Bijlage C.

4.6.2 Additionele faalkans waterkering

In een eerdere fase van dit project heeft contact plaatsgevonden met waterschap Vallei en Veluwe over de faalkans van de waterkering. Indien (delen van) de falende windturbine de waterkering treffen, zal dit enkel tot falen van de waterkering leiden wanneer het water in de Eem voldoende hoog staat. In overleg met het waterschap Vallei en Veluwe is besproken dat deze situatie zich alleen voor zal doen tijdens een storm, en wanneer de wind uit west tot noordelijke richting waait⁹. De additionele faalkans van de waterkering kan daarom berekend worden door de hierboven berekende trefkans te vermenigvuldigen met de kans dat deze twee

⁹ Overleg tussen William Ouwehand (Vallei en Veluwe), Joep van Doornik (Vallei en Veluwe) en Martijn Maan (Bosch & van Rijn), 1 december 2021.

omstandigheden zich voordoen. Deze methode is akkoord bevonden door het waterschap.

De kans dat de wind uit westelijke tot noordelijke richting waait is berekend op basis van 10 jaar aan meetgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation te Soesterberg. Dit betreft uurwaarden uit de periode van 2001 t/m 2010, de meest recente periode waarvoor de uurwaarden beschikbaar zijn. Hieruit volgt een frequentie van 19,9%.

De kans dat een incident bij de windturbine zich voordoet tijdens een storm is berekend op basis van faalstatistieken uit de Caithness Wind Farm database. Op deze database zijn ook de algemene faalfrequenties uit het *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – windturbines* gebaseerd. Uit de database blijkt dat in 30 van de 227 gevallen van 'structural failure' bij windturbines sprake was van een storm. Hieruit is af te leiden dat de kans dat falen van de windturbine plaatsvindt tijdens een storm 13,3% is.

De additionele faalkans van de waterkering komt daarmee uit op $4,93 * 10^{-4} * 0,199 * 0,133 = 1,31 * 10^{-5}$ per jaar.

Voor de betreffende waterkering geldt een norm van $1,0 * 10^{-2}$ (één op de 100 per jaar), waardoor de additionele faalkans hooguit $1,0 * 10^{-4}$ mag bedragen.

Enkel de correctiefactor voor de windrichting resulteert al in een faalkans onder de normgrens van $1,0 * 10^{-4}$ per jaar. Met de gehanteerde methode komt daar nog een reductiefactor op basis van falen tijdens stormen op basis van de Caithness Wind Farm Database bij, waardoor de faalkans verder afneemt. De additionele faalkans van de waterkering veroorzaakt door realisatie van de windturbines ligt onder de door het waterschap gehanteerde norm van 1%. Het toegevoegd risico veroorzaakt door realisatie van de windturbines kan daarom als toelaatbaar worden beschouwd.

4.7 Ijsafval

De windturbines zullen worden voorzien van een ijsdetectiesysteem die de windturbines stilzet in geval van ijsopbouw, en de rotor op zo'n manier zal draaien (kruien) dat stukken afvallend ijs minimale veiligheidsrisico's voor de omgeving veroorzaken. Conform het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid zijn de risico's door ijsafval in dit rapport niet kwantitatief beschreven. Wel zal later een ijsprotocol worden opgesteld waarin de meest optimale kruisehoek wordt weergegeven en is omschreven welke maatregelen bij ijsopbouw op locatie van de windturbines dienen te worden genomen.

Hoofdstuk 5 Conclusies

In dit onderzoek is de impact op de externe veiligheid in relatie tot windturbines in kaart gebracht voor een aantal thema's.

De voorziene windturbines voldoen niet aan de standaardwaarde die is gesteld in de conceptwindturbinebepalingen met betrekking tot (beperkt) kwetsbare gebouwen en locaties. Indien het bevoegd gezag ervoor kiest om gemotiveerd af te wijken tot de grenswaarde voldoen de turbines wel.

Met betrekking tot risicovolle installaties is een nadere beschouwing van het effect van de windturbines op de risico's van de opslag van gevaarlijke stoffen op het terrein van Smit & Zoon vereist.

Bij geen van de overige thema's met betrekking tot externe veiligheid is er sprake van een ontoelaatbaar risico.

Hoofdstuk 6 Bijlagen



Bijlage A Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

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

H : hoogte rotoras [m]

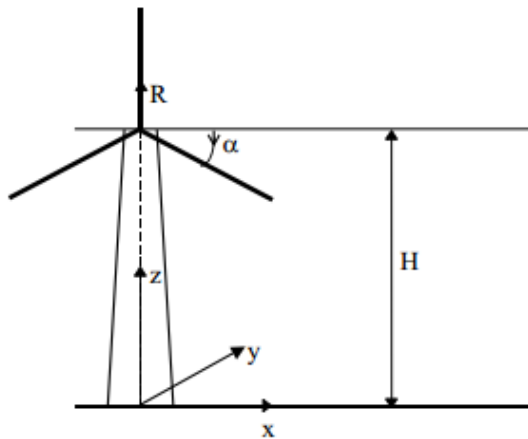
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

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

Met de beginvoorwaarden

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2 Verdelingsfuncties

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

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

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

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

geldt nu

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

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

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

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

Bijlage B Shortlist windturbinetypes

Type	Rotor (m)	Ashoogte (m)	Tiphoogte (m)	10-5 contour (m)	10-6 contour (m)	Werpafstand bij nominaal toerental (m)	Werpafstand bij overtoeren (m)
NORDEX N163/6.X	163	160	241,5	69	191	133	308
VESTAS V162-6.2	162	160	241,0	58	189	153	365
ENERCON E-160 EP5 E3	160	160	240,0	47	187	150	356
SIEMENS GAMESA SG 6.0-155	155	160	237,5	34	182	147	350
NORDEX N175	175	155	242,5	58	183	133	312
SANY S185	185	150	242,5	88	193	137	325
ENERCON E175	175	155	242,5	52	182	152	367
Referentie	185	150	242,5	92,5	193	154	376

Bijlage C Berekening trefkansen en IPR

Trefkansberekening risicovolle installaties

Alle trefkansen zijn berekend conform de rekenmethode die is beschreven in paragraaf 4.2.1.

Algemene uitgangspunten referentiewindturbine

- Ashoogte (A_s): 150 m
- Rotordiameter (RD): 185 m
- Bladlengte (L_b): 92,5 m
- Hoogte gondel: 7,8 m
- Lengte gondel: 15,1 m
- Breedte gondel: 4,98 m
- Afstand zwaartepunt blad: 25,9 m
- Nominaal toerental: 9,2 rpm
- Generieke faalfrequentie bladbreuk: $8,4 \times 10^{-4}$
- Generieke faalfrequentie mastbreuk: $1,3 \times 10^{-4}$
- Reductiefactor mastbreuk i.v.m. verhoogde IEC-klasse: 1,6

Gashouder RWZI

Afmetingen

- Hoogte (h) = 12 m
- Breedte (b) = 17 m
- Diepte (d) = 17 m
- Afstand tot windturbine 1 = 113 m

Berekening bladbreuk

$P_{zwpt} = 6,82 \times 10^{-9}$ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 841 \text{ m}^2$

$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 5,73 \times 10^{-6}$

$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 4,14 \times 10^{-5}$

Totale trefkans = $P_{od} + P_{oi} = 4,72 \times 10^{-5}$

Berekening mastbreuk

$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot A_s} \right) = 76^\circ$

$\beta = 8^\circ$ (op basis van meting in GIS)

Totale hoek van treffen = 84°

Percentage treffen bij mastbreuk (K_o) = $84 / 360 = 23,4\%$

Trefkans (K_g) = $K_o \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,90 \times 10^{-5}$ per jaar

Opslagtanks Smit & Zoon

Afmetingen

- Hoogte (h) = 6 m
- Breedte (b) = 5 m
- Diepte (d) = 5 m
- Afstand tot windturbine 1 = 167 m

Berekening bladbreuk

Nabij werpafstand bij nominaal toerental, dus P_{zwpt} uitgemiddeld.

$$P_{zwpt,1} = 8,07 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,2} = 8,84 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,3} = 9,90 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,4} = 9,34 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,5} = 6,33 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,6} = 6,98 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,7} = 6,89 \times 10^{-9}$$

$$P_{zwpt,8} = 1,08 \times 10^{-11}$$

(Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$$P_{zwpt,gem} = 9,04 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,d} = 1,73 \times 10^{-9}$$

$$P_{zwpt,b} = 8,99 \times 10^{-12}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 341 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = \bar{P}_{zwpt} \cdot A_{pr} = 3,08 \times 10^{-9}$$

$$P_{oi} = \bar{P}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{P}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{2} \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{P}_{zwpt,b} + \bar{P}_{zwpt,d}}{2} \right) = 8,40 \times 10^{-6}$$

$$\text{Totale trefkans} = P_{od} + P_{oi} = 8,41 \times 10^{-6} \text{ per jaar}$$

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$$\beta = 4^\circ \text{ (op basis van meting in GIS)}$$

$$\text{Totale hoek van treffen} = 80^\circ$$

$$\text{Percentage treffen bij mastbreuk (Ko)} = 80 / 360 = 22,3\%$$

$$\text{Trefkans (Kg)} = \text{Ko} \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,81 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Toekomstige opslagtank mierenzuur Smit & Zoon

Afmetingen

- Hoogte (h) = 1,5 m
- Breedte (b) = 1,5 m
- Diepte (d) = 1,5 m
- Afstand tot windturbine = 150 m

Berekening bladbreuk

$$P_{zwpt} = 1,21 \times 10^{-8} \text{ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 9 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 1,09 \times 10^{-7}$$

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 5,04 \times 10^{-5}$$

$$\text{Totale trefkans} = P_{od} + P_{oi} = 5,05 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$$\beta = 1,5^\circ \text{ (op basis van meting in GIS)}$$

$$\text{Totale hoek van treffen} = 78^\circ$$

$$\text{Percentage treffen bij mastbreuk (Ko)} = 78 / 360 = 21,6\%$$

Trefkans (K_g) = K_o * *faalfrequentie mast* / 1,6 = $1,75 \times 10^{-5}$ per jaar

PGS15-opslag Smit & Zoon

Afmetingen

- Hoogte (h) = 8 m
- Breedte (b) = 35 m
- Diepte (d) = 30 m
- Afstand tot windturbine = 197 m

Berekening bladbreuk

Het uitmiddelen van trefkansen langs de verschillende gevels, zoals is toegepast bij de opslagtanks, resulteert conform het Rekenvoorschrift niet in trefkansen binnen de werpafstand van het nominaal toerental. Alle 8 de uit te middelen punten liggen hierbuiten. Indien zou worden afgeweken van het Rekenvoorschrift door de punten op de hoeken van de opslag te nemen, in plaats van in het midden van de gevel, zou één van de acht punten binnen de nominale werpafstand vallen. Dit heeft geen significante invloed op het resultaat.

$P_{zwpt} = 8,10 \times 10^{-12}$ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 1.634 \text{ m}^2$

$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 1,32 \times 10^{-8}$

$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 6,47 \times 10^{-8}$

Totale trefkans = $P_{od} + P_{oi} = 7,80 \times 10^{-8}$ per jaar

Berekening mastbreuk

$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$

$\beta = 12^\circ$ (op basis van meting in GIS)

Totale hoek van treffen = 88°

Percentage treffen bij mastbreuk (K_o) = $88 / 360 = 24,5\%$

Trefkans (K_g) = K_o * *faalfrequentie mast* / 1,6 = $1,99 \times 10^{-5}$ per jaar

Opslag gereed product Hal E

Afmetingen

- Hoogte (h) = 8 m
- Breedte (b) = 90 m
- Diepte (d) = 33 m
- Afstand tot windturbine = 148 m

Berekening bladbreuk

Deze opslag (Hal E) heeft erg grote afmetingen. Een kleine fractie daarvan is gelegen binnen de werpcontour bij nominaal toerental. In een dergelijke situatie zijn formules 2.41 t/m 2.45 in paragraaf 2.5.3.2 van het rekenvoorschrift niet representatief voor de trefkansen. Formules 2.41 t/m 2.43 veronderstellen een homogene trefkansverdeling over het object. In het rekenvoorschrift is ook aangegeven dat formules 2.44 en 2.45 niet geschikt zijn voor hele grote objecten. Om een betere benadering van de trefkansen te berekenen is daarom voor onderstaande methode gekozen.

Het gehanteerde oppervlak van 6.533 m^2 betreft de oppervlakte van het object, inclusief een buffer van de zwaartepuntsafstand van het blad, dat binnen de

werpafstand bij nominaal toerental is gelegen. Het betreft hier de afstand van het zwaartepunt tot het verste punt van de wijk. Hiermee is een worst-case uitgangspunt gehanteerd, waarbij het blad altijd in de meest ongunstige oriëntatie in dit gebied landt. Hierbij is een homogene trefkans binnen de nominale werpcontour verondersteld. Aangezien het trefgebied in het buitenste gedeelte van deze werpcontour is gelegen, is ook dit een worst-case aanname, aangezien de trefkans dichtbij de turbine hoger is.

Oppervlak binnen nominale werpafstand (incl. zwaartepuntsafstand) = 6.533 m²

Totaal oppervlak binnen nominale werpafstand = 74.506 m²

Trefkansverhouding = 0,088

Trefkans bladbreuk = faalfrequentie bladbreuk x 0,088 = 7,37 x 10⁻⁵ per jaar

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$\beta = 24^\circ$ (op basis van meting in GIS)

Totale hoek van treffen = 100°

Percentage treffen bij mastbreuk (Ko) = 100 / 360 = 27,8%

Trefkans (K_g) = Ko * faalfrequentie mast / 1,6 = 2,26 x 10⁻⁵ per jaar

Reactieruimte

Afmetingen

- Hoogte (h) = 8 m
- Breedte (b) = 20 m
- Diepte (d) = 15 m
- Afstand tot windturbine = 206 m

Berekening bladbreuk

$P_{zwpt} = 7,64 \times 10^{-12}$ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 644 \text{ m}^2$

$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 4,92 \times 10^{-9}$

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 4,69 \times 10^{-8}$$

Totale trefkans = $P_{od} + P_{oi} = 5,18 \times 10^{-8}$ per jaar

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$\beta = 7^\circ$ (op basis van meting in GIS)

Totale hoek van treffen = 83°

Percentage treffen bij mastbreuk (Ko) = 83 / 360 = 23,1%

Trefkans (K_g) = Ko * faalfrequentie mast / 1,6 = 1,88 x 10⁻⁵ per jaar

Siloruimte

Afmetingen

- Hoogte (h) = 8 m
- Breedte (b) = 23 m
- Diepte (d) = 10 m
- Afstand tot windturbine = 232 m

Berekening bladbreuk

$$P_{zwpt} = 6,49 \times 10^{-12} \text{ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 558 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 3,62 \times 10^{-9}$$

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 3,91 \times 10^{-8}$$

$$\text{Totale trefkans} = P_{od} + P_{oi} = 4,27 \times 10^{-8} \text{ per jaar}$$

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$$\beta = 5^\circ \text{ (op basis van meting in GIS)}$$

$$\text{Totale hoek van treffen} = 81^\circ$$

$$\text{Percentage treffen bij mastbreuk (Ko)} = 81 / 360 = 22,5\%$$

$$\text{Trefkans (K}_g\text{)} = \text{Ko} \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,83 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Poedermengruimte

Afmetingen

- Hoogte (h) = 8 m
- Breedte (b) = 15 m
- Diepte (d) = 25 m
- Afstand tot windturbine = 198 m

Berekening bladbreuk

$$P_{zwpt} = 7,83 \times 10^{-12} \text{ (Berekend met rekenmodel BladeThrow)}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 759 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pr} = 5,95 \times 10^{-9}$$

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right) = 5,05 \times 10^{-8}$$

$$\text{Totale trefkans} = P_{od} + P_{oi} = 5,65 \times 10^{-8} \text{ per jaar}$$

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$$\beta = 7^\circ \text{ (op basis van meting in GIS)}$$

$$\text{Totale hoek van treffen} = 83^\circ$$

$$\text{Percentage treffen bij mastbreuk (Ko)} = 83 / 360 = 23,1\%$$

$$\text{Trefkans (K}_g\text{)} = \text{Ko} \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,88 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Laden/lossen opslagtanks formaline en andere stoffen

Afmetingen

- Hoogte (h) = 0 m
- Breedte (b) = 15 m
- Diepte (d) = 25 m
- Afstand tot windturbine = 154 m

Berekening bladbreuk

Nabij werpafstand bij nominaal toerental, dus P_{zwpt} uitgemiddeld.

$$P_{zwpt,1} = 7,91 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,2} = 8,77 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,3} = 1,08 \times 10^{-11}$$

$$P_{zwpt,4} = 9,30 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,5} = 6,02 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,6} = 6,92 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,7} = 6,84 \times 10^{-9}$$

$$P_{zwpt,8} = 1,32 \times 10^{-8}$$

(Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$$P_{zwpt,gem} = 9,20 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,d} = 1,72 \times 10^{-9}$$

$$P_{zwpt,b} = 3,31 \times 10^{-9}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 558 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = \bar{P}_{zwpt} \cdot A_{pr} = 5,13 \times 10^{-9}$$

$$P_{oi} = \bar{p}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{p}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{2} \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{p}_{zwpt,b} + \bar{p}_{zwpt,d}}{2} \right) = 2,53 \times 10^{-5}$$

$$\text{Totale trefkans} = P_{od} + P_{oi} = 2,53 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$$\beta = 12^\circ \text{ (op basis van meting in GIS)}$$

$$\text{Totale hoek van treffen} = 88^\circ$$

$$\text{Percentage treffen bij mastbreuk (Ko)} = 88 / 360 = 24,5\%$$

$$\text{Trefkans (K}_g\text{)} = \text{Ko} \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,99 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

Leidingbrug

Afmetingen

- Hoogte (h) = 5,5 m
- Breedte (b) = 2 m
- Diepte (d) = 12 m
- Afstand tot windturbine = 184 m

Berekening bladbreuk

Nabij werpafstand bij nominaal toerental, dus P_{zwpt} uitgemiddeld.

$$P_{zwpt,1} = 8,07 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,2} = 8,25 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,3} = 8,61 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,4} = 8,23 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,5} = 6,50 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,6} = 6,19 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,7} = 9,90 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,8} = 8,49 \times 10^{-9}$$

(Berekend met rekenmodel BladeThrow)

$$P_{zwpt,gem} = 8,29 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,d} = 8,27 \times 10^{-12}$$

$$P_{zwpt,b} = 2,13 \times 10^{-9}$$

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) = 131 \text{ m}^2$$

$$P_{od} = \bar{P}_{zwpt} \cdot A_{pr} = 1,09 \times 10^{-9}$$

$$P_{oi} = \bar{p}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{p}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{2} \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{p}_{zwpt,b} + \bar{p}_{zwpt,d}}{2} \right) = 1,10 \times 10^{-5}$$

Totale trefkans = $P_{od} + P_{oi} = 1,10 \times 10^{-5}$ per jaar

Berekening mastbreuk

$$\alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{RD}{2 \cdot AS} \right) = 76^\circ$$

$\beta = 4^\circ$ (op basis van meting in GIS)

Totale hoek van treffen = 80°

Percentage treffen bij mastbreuk (K_o) = $80 / 360 = 22,2\%$

Trefkans (K_g) = $K_o \cdot \text{faalfrequentie mast} / 1,6 = 1,81 \times 10^{-5}$ per jaar

Trefkansberekeningen weg, vaarweg en kering

Rekenmethode mastbreuk

De kans dat een object door mastbreuk getroffen wordt is gelijk aan de kans dat mastbreuk zich voordoet maal de fractie van de valhoek waarbij mastbreuk tot treffen leidt. In onderstaande tabel is deze berekening uitgevoerd voor de drie te beschouwen objecten.

Object	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans
Weg	253	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,14 \cdot 10^{-5}$
Vaarweg	207	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,48 \cdot 10^{-5}$
Kering	190	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,86 \cdot 10^{-5}$

Rekenmethode wiekbreuk

Voor het faalscenario wiekbreuk is berekend hoe groot het oppervlak is dat getroffen kan worden door wiekbreuk bij nominaal toerental en bij overtoeren. Door de fractie te nemen van dit oppervlak ten opzichte van het totale oppervlak dat getroffen kan worden bij wiekbreuk, is de kans berekend dat het betreffende object getroffen wordt in het geval van wiekbreuk.

Object	Weg binnen werpafstand nominaal	Weg binnen werpafstand overtoeren	Fractie nominaal werpoppervlak	Fractie oppervlak overtoeren
Weg	28.638 m ²	113.880 m ²	0,38	0,26
Vaarweg	12.423 m ²	30.089 m ²	0,17	0,07
Kering	37.534 m ²	126.869 m ²	0,50	0,29

Object	Frequentie wiekbreuk nominaal	Frequentie wiekbreuk overtoeren	Trefkans nominaal	Trefkans overtoeren	Trefkans totaal
Weg	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$3,23 \cdot 10^{-4}$	$8,87 \cdot 10^{-7}$	$3,24 \cdot 10^{-4}$
Vaarweg	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,40 \cdot 10^{-4}$	$3,39 \cdot 10^{-7}$	$1,40 \cdot 10^{-4}$
Kering	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$4,23 \cdot 10^{-4}$	$1,43 \cdot 10^{-6}$	$4,25 \cdot 10^{-4}$

Rekenmethode gondelafworp

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij 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 wegen de vaarweg gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar. De waterkering ligt buiten de effectafstand van gondelafworp.

Totale trefkans per object

De totale kans dat een object door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Object	Mastbreuk	Wiekbreuk	Gondelaf-worp	Totaal
Weg	$9,14 \cdot 10^{-5}$	$3,24 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$4,55 \cdot 10^{-4}$
Vaarweg	$7,48 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$2,55 \cdot 10^{-4}$
Kering	$6,86 \cdot 10^{-5}$	$4,25 \cdot 10^{-4}$	0	$4,93 \cdot 10^{-4}$

Individueel passantenrisico (IPR)

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

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

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

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcasescenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. De Poppe bestaat uit een rijbaan. Als worstcase-scenario wordt voor zowel de weg als de vaarweg uitgegaan van langzaam verkeer, waarvoor wij een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde) aannemen. De resulterende verblijfsfactor per passage is dan: $6,84 \cdot 10^{-9}$.

Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden:

Object	Trefkans	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
Weg	$4,55 \cdot 10^{-4}$	$6,84 \cdot 10^{-9}$	$3,12 \cdot 10^{-12}$
Vaarweg	$2,55 \cdot 10^{-4}$	$6,84 \cdot 10^{-9}$	$1,75 \cdot 10^{-12}$

Bijlage D Rapport Save-W





Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
www.boschenvanrijn.nl



SAVE-W



Wind op Isselt

Bosch & van Rijn



Algemene Informatie

Basisgegevens

Projectnaam	Wind op IJssel
Type windturbine(s)	Referentieturbine
Locatie	3931 MZ N 52 10.462,E 5 21.154
Berekening uitgevoerd door	Bosch & van Rijn



1. Inhoud

2. Kader	2
3. Save-W	4
4. Gehanteerde invoerparameters	6
5. Resultaten risicoberekening	7
6. Disclaimer	8

Save-W is een online rekenmodel dat gratis beschikbaar wordt gesteld door:

- Het ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Gasunie
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
- Velin
- Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA)
- Antea Group

Save-W is een productie van Antea Group en gevalideerd door het RIVM.



2. Kader

Windturbines en externe veiligheid

Windturbines hebben een extern veiligheidseffect voor de omgeving als gevolg van mechanisch falen. In de wetgeving zijn hiervoor normen en richtlijnen gesteld. De belangrijkste hiervan zijn de normen ten aanzien van het plaatsgebonden risico uit het Activiteitenbesluit (artikel 3.15a). De norm voor kwetsbare objecten is PR 10-6/jaar, de norm voor beperkt kwetsbare objecten PR 10-5/jaar.

Naast de normen voor het plaatsgebonden risico uit het Activiteitenbesluit, geldt ook dat het domino-effect¹ dat windturbines hebben op insluitsystemen in acht moet worden genomen. Deze normen vloeien onder meer voort uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

Naast de wettelijke kaders op gebied van externe veiligheid hanteren bedrijven zoals Gasunie en TenneT ook eigen adviesafstanden. Deze adviesafstanden hebben geen juridische status. Wel kunnen ze in het kader van een goede ruimtelijke ordening in acht genomen worden.

Handboek Risicozonering Windturbines

Het Handboek Risicozonering Windturbines (HRW) is in het jaar 2000 opgesteld door ECN in opdracht van SenterNovem (nu RVO.NL). Het HRW is vervolgens geactualiseerd in 2005 en 2014. Het HRW bevat een globale omschrijving van wet- en regelgeving, maar heeft geen juridische status. Daarnaast bevat het HRW bijlagen waarin de faalkansen van windturbines zijn bepaald (bijlage A) en een bijlage (bijlage C) waarin methodieken zijn omschreven voor het uitvoeren van risicoberekeningen van windturbines.

Deze risicoberekeningen zijn onder te verdelen in het berekenen van veiligheidsafstanden (risicocontouren en effectafstanden) en het berekenen van trefkansen op objecten (domino-effecten).

Beleid TenneT

TenneT heeft eigen beleid opgesteld met advies aangaande de plaatsing van windturbines in de nabijheid van boven- en ondergrondse objecten:

Ten aanzien van zowel bovengrondse- als ondergrondse hoogspanningskabels adviseert TenneT de volgende afstand tussen de windturbines en haar infrastructuur aan te houden:

- De grootste waarde van de tiphoogte en de werpafstand bij nominaal toerental.

Indien het niet mogelijk blijkt de windturbines buiten deze afstand te realiseren, adviseert TenneT het toegevoegd risico te berekenen voor haar infrastructuur en contact op te nemen met TenneT, om vast te stellen of dit risico voor TenneT al dan niet acceptabel is.

Beleid Gasunie Transport Services (GTS)

Naast de juridische kaders heeft GTS eigen beleid opgesteld met advies aangaande de plaatsing van windturbines in de nabijheid van boven- en ondergrondse objecten:

Ten aanzien van ondergrondse leidingen:

De grootste afstand van de werpstand bij nominaal toerental of de high impact zone als afstand aan houden óf;
zodanige afstand aanhouden dat het toegevoegde risico voor de leiding en niet toe leidt dat er bij de leiding een PR 10-6 contour buiten de belemmeringsstrook van 5 meter ontstaat.

¹ Effect waarbij een windturbineonderdeel een insluitsysteem met gevaarlijke stoffen in de omgeving dusdanig beschadigt dat de gevaarlijke stoffen vrijkomen.



Afstand tot bovengrondse installaties:

de werpstand bij overtoeren als afstand aan houden, óf; zodanige afstand aanhouden dat het toegevoegde risico voor de leiding en niet toe leidt dat er bij de installatie een PR 10-6 contour buiten het hekwerk ontstaat.

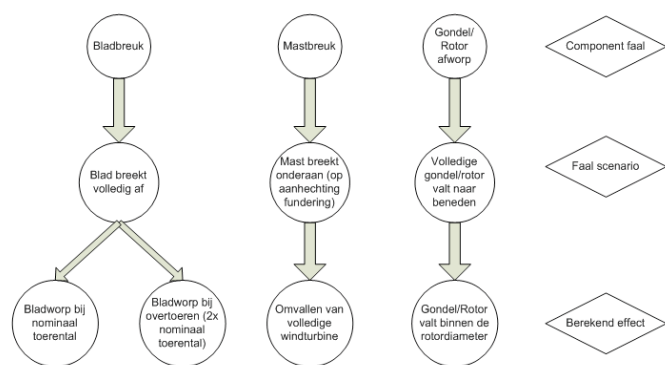
Het beleid van Gasunie /TenneT en het uiteindelijke oordeel is slechts een advies aan het bevoegd gezag. Het bevoegd gezag bepaald uiteindelijk of de plaatsing van de windturbines in de nabijheid van deze infrastructuur acceptabel is.

Faalscenario's

Om het risico van een windturbine te berekenen worden er in het HRW 3 soorten falen van een windturbine beschouwd:

- bladbreuk;
- mastbreuk;
- gondel/rotor afworp.

Deze drie soorten falen zijn vervolgens vertaald in faalscenario's waarbij per scenario een trefkans wordt berekend, zie de figuur 1 hieronder.



Figuur 1, Scenario's

Faalfrequenties

In bijlage A van het HRW is omschreven op welke wijze de faalfrequenties van de verschillende scenario's is bepaald. SAVE-W hanteert deze in het HRW omschreven faalfrequenties.

Scenario	Faalfrequentie / jaar
Bladbreuk nominaal toerental	$8,4 \times 10^{-4}$
Bladbreuk overtoeren	$5,0 \times 10^{-5}$
Mastbreuk	$1,3 \times 10^{-4}$
Gondel/rotor afworp	$4,0 \times 10^{-5}$



3. Save-W

Berekeningsmethodiek

Save-W berekent veiligheidsafstanden (plaatsgebonden risicocontouren en effectafstanden) op basis van een ballistisch model zonder luchtkrachten zoals omschreven in bijlage C van het HRW. Dit betekent dat:

- Geen rekening wordt gehouden met luchtkrachten (luchtweerstand, windsnelheid, windrichting). Deze geavanceerdere berekeningsmethode geeft een nauwkeuriger beeld van de risico's, maar is complex (zowel modelmatig als qua invoerparameters).
- Trefkansen op objecten niet met Save-W berekend kunnen worden.

Plaatsgebonden risico

Het model berekent per scenario het plaatsgebonden risico per vierkante meter en telt de risico's van de verschillende scenario's bij elkaar op. Hierdoor ontstaat een plaatsgebonden risicocurve op basis waarvan de plaatsgebonden risicocontouren bepaald worden.

Scenario bladafworp

Save-W berekent het plaatsgebonden risico van het scenario bladbreuk in drie stappen:

- Het blad breekt af bij de bladwortel, met als gevolg dat het volledige blad inclusief aanhechting afgeworpen wordt.
- Op basis van het nominaal toerental, de azimuthhoek van het blad en de valversnelling berekent het model vervolgens de kogelbaan van het zwaartepunt van het rotorblad en de vierkante meter waarop deze de grond raakt. Deze berekening wordt uitgevoerd voor 10.000 verschillende rotorstanden.
- Het model berekent vervolgens het plaatsgebonden risico per vierkante meter door de trefkans van het zwaartepunt te vermenigvuldigen met het kritiek bladoppervlak en een schaduwfactor van 1,5.

De effectafstand van dit scenario is de maximale werpafstand waarop het zwaartepunt van het blad terecht kan komen.

Mastbreuk

Bij het scenario mastbreuk wordt er vanuit gegaan dat de mast bij de voet afbreekt en windturbine volledig omvalt. De richting van het vallen van de mast is aangenomen uniform verdeeld te zijn (geen voorkeursrichting). Save-W rekt met verschillende valrichtingen.

Met het mastbreukscenario wordt zowel het effect van de mast, de gondel en de rotor berekend. Zo ontstaan er drie verschillende risicogebieden:

- een cirkelvormig gebied met de straal H (H = masthoogte) rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen;
- een cirkelschijf met binnenstraal $H-h/2$ (h = gondelhoogte) en buitenstraal $H+h/2$, waar de gondel terecht kan komen;
- een cirkelschijf met binnenstraal $H-D/2$ (D = Rotordiameter/2 of bladlengte) en buitenstraal $H+D/2$, waar de rotor terecht kan komen. De effectafstand van dit scenario is de tiphoogte van de windturbine.

Gondel/rotor afworp

Bij het scenario gondel/rotorafworp wordt er vanuit gegaan dat de volledige gondel + rotor afgeworpen wordt, waarbij de mast blijft staan. De trefkanslocatie van de gondel is, conform het HRW, gemaximaliseerd tot de bladlengte. Dit betekent dat de maximale afstand waar het zwaartepunt van de gondel terecht komt gelijk is aan de lengte van het blad. De daadwerkelijke locatie is vervolgens met een kansdichtheidsverdeling verdeeld middels een normaalverdeling in zowel de X als de Y richting.



Invoerparameters

Om een berekening uit te voeren vraagt Save-W de invoer van een aantal parameters:

- ashoogte;
- rotordiameter;
- nominaal toerental²;
- gemiddelde diameter van de toren;
- zwaartepunt van het blad³;
- maximale waarde van de lengte en breedte van de gondel.

Deze parameters en de invoer worden beschreven in hoofdstuk 3.

Uitvoer

De berekende plaatsgebonden risico's van de scenario's worden opgeteld en gepresenteerd in een grafiek.

Op basis van deze grafiek wordt bepaald waar de plaatsgebonden risicocontouren liggen. Naast de plaatsgebonden risicocontouren wordt op basis van controle vragen getoetst aan relevante wet- en regelgeving. Daarnaast wordt indien van toepassing het toegevoegd risico inzichtelijk gemaakt



4. Gehanteerde invoerparameters

Kenmerken

Voor het project Wind op Isselt is op basis van de rekenregels in het Handboek risicozonering windturbines, versie 3.1 de externe veiligheid berekend. De berekening is uitgevoerd voor een windturbine van het type Referentieturbine, en heeft de volgende kenmerken.

Kenmerken turbine		Eenheid	Informatiebron
Ashoogte	150	meter	Eigen aanname
Rotordiameter	185	meter	Eigen aanname
Gemiddelde mastdiameter	6.55	meter	Leveranciersinfo
Hoogte gondel	7.80	meter	Leveranciersinfo
Maximale lengte gondel	15.1	meter	Leveranciersinfo
Maximale breedte gondel	4.98	meter	Leveranciersinfo
Afstand zwaartepunt	25.9	meter	Leveranciersinfo
Nominaal toerental	9.2	RPM	Eigen aanname



5. Resultaat risicoberekening

Rekenresultaat

Rekenresultaat model zonder luchtkrachten

PR 10^{-5} contour	81
PR 10^{-6} contour	193
Maximale werpafstand bij nominaal toerental	154
Maximale werpafstand bij overtoeren	376

Rekenresultaat grafiek



Normen plaatsgebonden risico

Bij de invoer van Save-W is aangegeven dat er geen beperkt kwetsbaar object gelegen binnen de 10^{-5} -contour. Er is op dit punt dan ook geen conflict met het activiteitenbesluit.

Bij de invoer van Save-W is aangegeven dat er geen kwetsbaar object gelegen binnen de 10^{-6} -contour. Er is op dit punt dan ook geen conflict met het activiteitenbesluit.

Bij de invoer van Save-W is aangegeven dat het bestemmingsplan geen kwetsbare objecten toestaat binnen de 10^{-6} -contour. Er kan op dit punt dan ook geen ook geen saneringssituatie ontstaan.

Nabij de geprojecteerde windturbine is een Bevi-bedrijf aanwezig op een afstand waarbinnen de windturbine mogelijk een relevante verhoging van het risico van het Bevi-bedrijf kan veroorzaken. Dit moet nader worden onderzocht.



8. Disclaimer

SAVE-W biedt de mogelijkheid om het risico van een windturbine te berekenen op de wijze zoals beschreven in het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1). De wijze waarop de informatie uit het HRW zijn vertaald naar de berekeningsmethode is geaccordeerd door het RIVM en is afgestemd binnen de klankbordgroep van het HRW.

Save-W berekent veiligheidsafstanden (plaatsgebonden risicocontouren en effectafstanden) op basis van een ballistisch model zonder luchtkrachten zoals omschreven in bijlage C10 van het HRW. Dit betekent dat:

- Geen rekening wordt gehouden met luchtkrachten (luchtweerstand, windsnelheid, windrichting). Deze geavanceerdere berekeningsmethode geeft een nauwkeuriger beeld van de risico's, maar is complex (zowel modelmatig als qua invoerparameters).
- Trefkansen op objecten niet met Save-W berekend kunnen worden.

SAVE-W is de standaardrekenmethode

SAVE-W wordt als rekenmodel gratis beschikbaar gesteld door:

- Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- Gasunie
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
- Velin
- Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA)
- Tennet
- Antea Group

SAVE-W wordt gratis beschikbaar gesteld om eenheid in de berekening en beoordeling van het risico van windturbines mogelijk te maken. Het toepassen van andere rekenmethoden, uitgezonderd het rekenen met luchtkrachten, wordt door de betrokken overheden en leidingeigenaren en NWEA geaccepteerd indien het alternatieve rekenmodel aantoonbaar op een vergelijkbare wijze door het RIVM is geaccordeerd.

Betrouwbaarheid berekening

De berekening van SAVE-W is representatiever voor het risico dan de in het HRW gegeven generieke afstanden. Gebruik van het in de HRW beschreven meer geavanceerde berekeningsmodel met luchtkrachten kan ten opzichte van SAVE-W een verdere verfijning van de berekening geven.

De betrouwbaarheid van de berekening wordt beïnvloed door de betrouwbaarheid van de invoergegevens. Om deze reden worden in de rapportage van de berekening ook duidelijk de gebruikte invoergegevens vermeld. Ook is waar nodig verzocht om de herkomst van de gebruikte invoer aan te geven. Het is hierbij relevant dat specifieke informatie van leveranciers tot een betrouwbaarder resultaat leidt dan het gebruik van vuistregels of eigen aannames.

SAVE-W is gebaseerd op de kennis en inzichten zoals gegeven wordt het HRW versie 3.1. Eventuele nieuwe inzichten kunnen uitsluitend in SAVE-W worden geïntegreerd na instemming van het RIVM en de klankbordgroep van het HRW.