

Bosch & van Rijn

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

MSC.

Opdrachtgever

Engie Energie Nederland N.V.
Fresh Trading Manufacturing B.V.

Windturbines Fresh Trading Rotterdam

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. omgevingsvergunning



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windturbines Fresh Trading Rotterdam

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. omgevingsvergunning

Datum
3 november 2021

Versie
0.2

Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2021

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Leeswijzer</i>	5
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	6
2.1	<i>Faalscenario's</i>	7
2.2	<i>Werpafstanden en risicocontouren</i>	8
2.3	<i>Risico-inventarisatie</i>	8
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	10
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	11
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	11
3.3	<i>Infrastructuur</i>	12
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	14
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	15
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	15
4.3	<i>Wegen</i>	19
4.4	<i>Vaarwegen</i>	20
HOOFDSTUK 5	CONCLUSIE	21
5.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	22
5.2	<i>Risicovolle installaties</i>	22
5.3	<i>Wegen</i>	22
5.4	<i>Vaarwegen</i>	22
HOOFDSTUK 6	BIJLAGEN	23
BIJLAGE A	AFBEELDINGEN IN GROOT FORMAAT	24
BIJLAGE B	BEREKENING WERPAFSTAND	29
BIJLAGE C	SHORTLIST WINDTURBINETYPES	31
BIJLAGE D	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	32

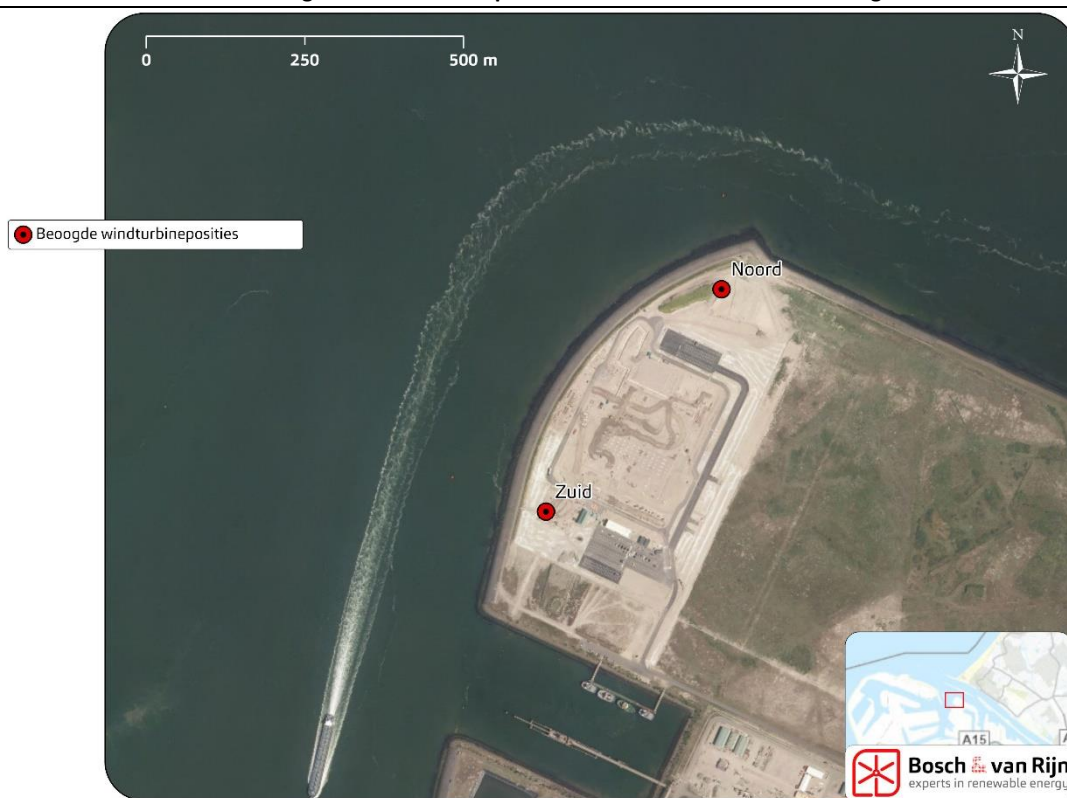
Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Ten behoeve van een omgevingsvergunningaanvraag heeft Bosch & van Rijn de externe veiligheidsrisico's onderzocht ten gevolge van de bouw van twee windturbines op het fabrieksterrein van Fresh Trading in de Rotterdamse haven (Kop van de Beer). 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 79 meter, maximaal 94 meter;
- Rotordiameter: minimaal 112 meter, maximaal 127 meter;
- Tiphoogte: minimaal 135 meter, maximaal 150 meter.

Figuur 1 Locatie van de beoogde windturbines op het fabrieksterrein van Fresh Trading



Tabel 1 Coördinaten van de beoogde windturbines (rijksdriehoeksstelsel)

WTB	X-coördinaat	Y-coördinaat
Noord	66366,25	443167,1
Zuid	66089,51	442816,1

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 aspecten 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 gondelafworp 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 Werpafstanden en risicocontouren

Om de externe veiligheidsrisico's behorende bij de in paragraaf 2.1 besproken faal-scenario'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 (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines, versie oktober 2020), het kogelbaanmodel (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines, versie oktober 2020) en parameters van de specifieke windturbintypes de werpafstanden en risicocontouren berekend (zie Bijlage A).

Vervolgens is een fictief 'referentietype' windturbine gemodelleerd waarvan de werpafstanden en risicocontouren ten minste gelijk aan of anders groter dan de werpafstanden en risicocontouren uit de shortlist zijn. Doordat in voorliggend EV onderzoek met dit referentietype windturbine is gerekend wordt van de maximale veiligheidsrisico's uitgegaan. De risicocontouren en maximale werpafstanden behorende bij het referentietype windturbine zijn in Tabel 2 weergegeven:

Tabel 2 Risicocontouren en maximale werpafstanden van het onderzochte windturbintype

Scenario	Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Bovengrens	Ref. WTB	86,5	73	150	146	404

2.3 Risico-inventarisatie

De windturbines kunnen een risicoverhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Om voor de windturbines op het fabrieksterrein van Fresh Trading te bepalen welke onderwerpen relevant zijn wordt eerst de maximale werpafstand bij overtoeren in kaart gebracht en daarbinnen de onderwerpen gedefinieerd die relevant zijn

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



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant¹ zijn:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten**
- ❖ **Risicovolle installaties**
- ❖ **Infrastructuur: wegen over land en vaarwegen**

NB. Voor windturbines geldt dat het groepsrisico, vanuit het activiteitenbesluit, 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 omhoog gaat. Indien dit gebeurt moet er wel getoetst worden aan het groepsrisico.

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

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De normstelling omtrent windturbines en objecten waar personen verblijven volgt uit het Activiteitenbesluit:

1. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-6} per jaar**.
2. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-5} per jaar**.

Zie Bijlage D voor de definities kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

Op de 10^{-6} contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de 10^{-5} contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar.

3.2 Risicovolle installaties

Windturbines kunnen een risicoverhogend effect op nabijgelegen Bevi-inrichtingen hebben. Daarom moet getoetst worden of nabijgelegen Bevi-inrichtingen na plaatsing van de windturbines nog steeds voldoen aan de eisen uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Voor Bevi-inrichtingen worden normen ten aanzien van (beperkt) kwetsbare objecten gehanteerd (zie onderstaand kader). Tevens moet het groepsrisico van de inrichting te verantwoorden zijn.

Artikel 6, Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)

- *De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*
- *De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*

Indien plaatsing van windturbines niet leidt tot een substantiële verhoging van de veiligheidsrisico's van risicovolle installaties behorende tot de Bevi-inrichting dan zullen ook de veiligheidsafstanden van de Bevi-inrichting niet substantieel wijzigen. Dit betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om te toetsen of de windturbines de risico's van de inrichting niet substantieel verhogen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting worden gekeken. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens de Handreiking Risicozonering Windturbines² 10% gehanteerd.

² Handreiking Risicozonering Windturbines, 2020.

Indien plaatsing van windturbines wel tot overschrijding van het 10%-criterium leidt kan worden geëist dat door middel van een QRA wordt aangetoond dat de inrichting ook na plaatsing van de windturbines nog voldoet aan de uit het Bevi volgende normen ten aanzien van het plaatsgebonden risico.

N.B. indien de risicovolle installatie een zogenaamde categoriale inrichting (Bevi, artikel 4, vijfde lid) betreft dienen in afwijking van het Bevi, artikel 4, eerste en derde lid niet de bovengenoemde grens- en richtwaarde tot (beperkt) kwetsbare objecten maar de vastgestelde afstanden uit de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) te worden gebruikt.

3.3 Infrastructuur

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*" 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 waterschaps- weg 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) leiden. Het IPR en MR volgen uit de beleidsregel "*Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's*" staan de richtlijnen gegeven (zie kaders):

"Individuele passantenrisico (IPR)

Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark.

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzes- en twintig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzes- en twintig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op

infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzestig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico (MR)

Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden. In het externe-veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor 'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan."

Vaarwegen

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

"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."

Echter er is een nieuwe beleidsregel in voorbereiding waarin staat dat de afstand van windturbines tot de vaarweg minimaal gelijk moet zijn aan de halve rotordiameter + 30 meter. De Port of Rotterdam, die de vaarwegen in de Rotterdamse haven beheert, hanteert ook deze afstand. In voorliggend EV onderzoek wordt daarom getoetst of de windturbines zich op een halve rotordiameter + 30 meter van de vaarweg bevinden.

Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

Binnen de 10^{-5} en 10^{-6} contouren van de windturbines is nagegaan of er (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van het BAG, de luchtfoto, risicokaart.nl en bouwtekeningen.

Figuur 3 Plaatsgebonden risicocontouren en panden rondom de beoogde windturbines

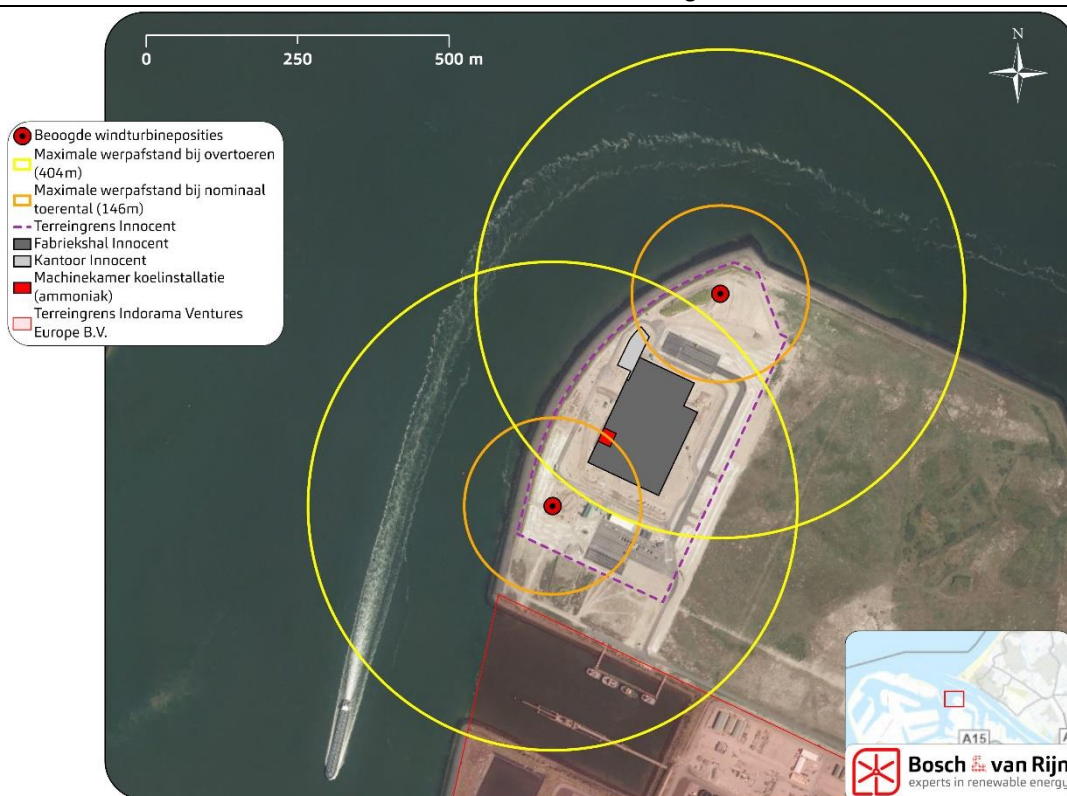


In Figuur 3 is te zien dat zich binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines alleen panden bevinden die tot de inrichting van Fresh Trading behoren. Omdat de windturbines ook binnen deze inrichting worden voorzien en deze tevens dezelfde drijver kennen (Fresh Trading Manufacturing BV), zijn de normen uit het Activiteitenbesluit op deze panden niet van toepassing.

4.2 Risicovolle installaties

Op basis van de risicokaart, luchtfoto's, streetview foto's en bouwtekeningen van het fabrieksterrein van Fresh Trading is nagegaan welke risicovolle installaties zich binnen de maximale werpafstanden rondom de beoogde windturbines bevinden (Figuur 4).

Figuur 4 Risicovolle installaties binnen de invloedssfeer van de beoogde windturbines



Op Figuur 4 is te zien dat zich binnen de invloedssfeer van de windturbines een risicovolle installatie op het terrein van Fresh Trading bevindt waarop het Bevi van toepassing is. Dit betreft een ammoniakkoelinstallatie met een inhoud van 5.800 kilogram als onderdeel van de fabriekshal van Fresh Trading. Vanwege de aanwezige hoeveelheid ammoniak valt de installatie onder artikel 4, vijfde lid, onderdeel c van het Bevi (categoriale inrichting). De te hanteren veiligheidsafstanden tot al dan niet geprojecteerde (beperkt) kwetsbare objecten volgen daarom uit de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi). Hier is af te lezen dat het plaatsgebonden risico rondom de installatie kleiner is dan 10^{-6} per jaar, waaruit een te hanteren veiligheidsafstand van 0 meter tot (beperkt) kwetsbare objecten volgt.

Eventuele faalkansverhoging van de ammoniakinstallatie als gevolg van plaatsing van de windturbines heeft geen invloed op de volgens in het Revi vastgestelde veiligheidsafstanden. De ammoniakinstallatie zal daarom ook na plaatsing van de windturbines voldoen aan de eisen uit het Bevi.

Op Figuur 4 is daarnaast te zien dat de zuidelijke windturbine middels het faalscenario 'bladafbreuk bij overtoeren' externe veiligheidsrisico's op een deel van het terrein van de naburige BRZO-inrichting *Indorama Ventures Europe B.V.* kan opleveren. Hier bevindt zich een aanlegsteiger waarvoor het toegevoegde veiligheidsrisico door plaatsing van de windturbines dient te worden beoordeeld.

Hieronder is de trefkans berekend die plaatsing van de windturbines oplevert voor een schip dat aan de aanlegsteiger bij Indorama Ventures aan het verladen is. De toelaatbaarheid van dit toegevoegd risico is vervolgens beoordeeld door een vergelijking met de intrinsieke kans op breuk van de laad-/losarm bij verlading van het schip te maken.

Trefkansberekening voor een schip aan de aanlegsteiger

De aanlegsteiger bevindt zich binnen de invloedssfeer van de meest zuidelijke windturbine, maar op een afstand die groter is dan zowel de werpafstand bij nominaal toerental en de maximale tiphoogte. Dit betekent dat alleen het faalscenario 'werpafstand bij overtoeren' externe veiligheidsrisico's voor een schip aan de aanlegsteiger kan opleveren.

Rekenmethode wiekbreuk (*Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines (versie oktober 2020)*)

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

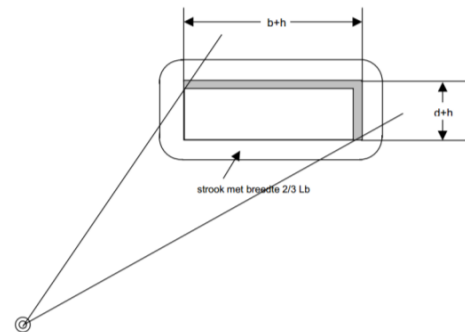
De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

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

Waarin:

P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (berekend volgens het rekenvoorschrift omgevingsveiligheid).

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



Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer $1/3$ van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de $2/3 L_b$ strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte $2/3 L_b$ rondom het object terechtkomt is:

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

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

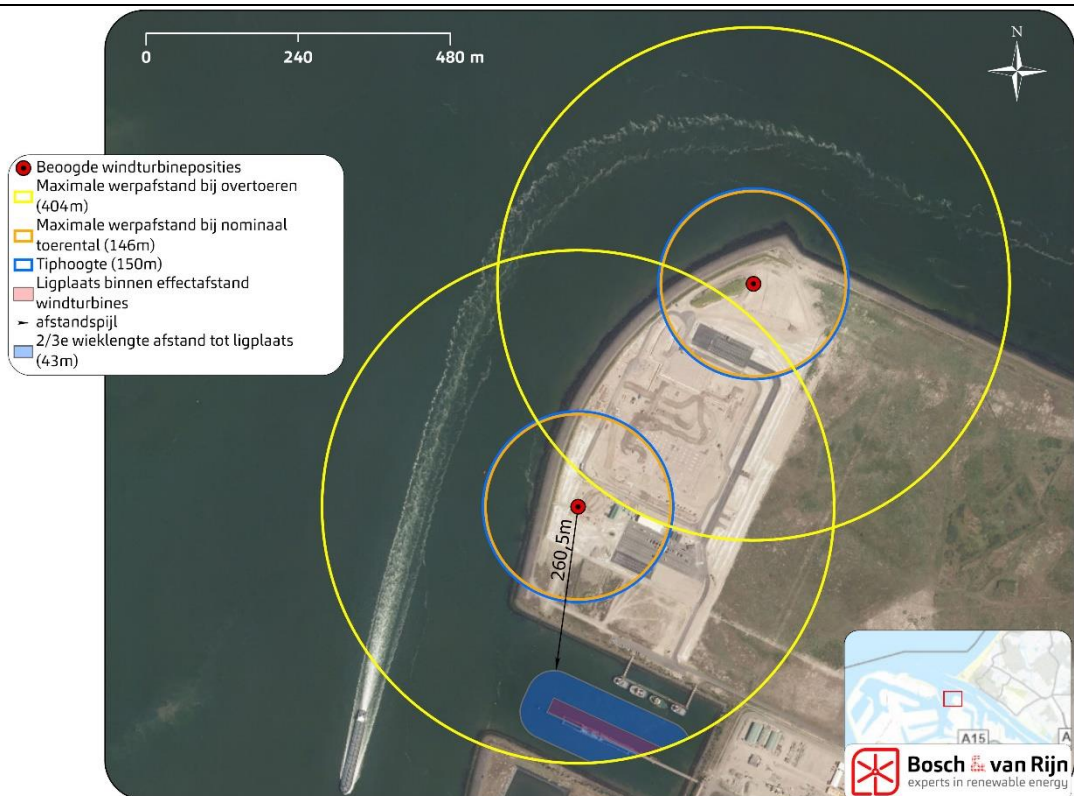
$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

Ten behoeve van de trefkansberekening is de ligplaats van een schip aan de aanlegsteiger bij Indorama Ventures gemodelleerd als een object met een breedte b van 190 meter, een diepte d van 25 meter en een hoogte h van 10 meter.

De kortste afstand waarop het zwaartepunt van een afgebroken wiek terecht kan komen om daarbij de ligplaats te treffen bevindt zich op ca. 260,5 meter afstand van de mast van de windturbine. Op deze afstand geldt een trefkans zwaartepunt wiek p_{zwpt} van $4,667 \cdot 10^{-12} / \text{m}^2 / \text{jaar}$.

Invulling van bovengenoemde vergelijkingen geeft bij deze aannames een trefkans van $8,39 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

Figuur 5 Illustratie trefkansberekening ligplaats bij Indorama Ventures



Beoordeling toegevoegd risico aanlegsteiger Indorama Ventures

Ter beoordeling van de toelaatbaarheid van bovengenoemd toegevoegd risico is de trefkans door plaatsing van de windturbines vergeleken met de kans op breuk van de laad-/losarm van een schip naar een opslagreservoir of andersom, zoals genoemd in tabel 49 van de Handleiding risicoberekeningen Bevi (versie 4.2, april 2020). Voor dit faalscenario staat in de handleiding een faalfrequentie van $3 \cdot 10^{-8}$ per uur vermeldt.

De hierboven berekende trefkans door plaatsing van de windturbines is $8,39 \cdot 10^{-8}$ per jaar. Deling door 8.766 uur per jaar geeft een trefkans van $9,57 \cdot 10^{-12}$ per uur. Dit betekent een toegevoegd risico van 0,032% ten opzichte van het faalscenario 'breuk van de laad-/losarm'.

4.3 Wegen

Figuur 6 laat zien dat zich in de nabijheid van de windturbines een openbare (toegangs)weg bevindt. Omdat de weg recent is aangelegd is deze nog niet op de luchtfoto te zien.

Figuur 6 Openbare wegen nabij de beoogde windturbines



De windturbines bevinden zich op ruime afstand van de openbare weg en zullen hierboven niet overdraaien. Hiermee wordt voldaan aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat bij rijkswegen.

4.4 Vaarwegen

Rondom de beoogde windturbines bevinden zich het Calandkanaal, het Beerkanaal en de Tennesseehaven. Hier zijn vaarwegen in het beheer van de Port of Rotterdam gelegen.

Figuur 7 Vaarwegen rondom de beoogde windturbines



Figuur 7 laat zien dat de windturbines zich op een afstand van ten minste een halve rotordiameter + 30 meter tot de rand van de vaarweg bevinden, waardoor deze voldoen aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat en het beleid van de Port of Rotterdam. Als rand van de vaarweg is hierbij, in overleg met het Havenbedrijf, de 6 meter dieptelijn aangehouden.

Hoofdstuk 5 Conclusie

5.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De beoogde windturbines voldoen aan de eisen voor het plaatsgebonden risico tot (beperkt) kwetsbare objecten uit het Activiteitenbesluit omdat zich binnen de PR 10^{-6} contour rondom de windturbines geen *buiten de inrichting gelegen* (beperkt) kwetsbare objecten bevinden.

5.2 Risicovolle installaties

Binnen de inrichting van Fresh Trading bevindt zich een ammoniakkoelinstallatie waarop het Bevi van toepassing is. Omdat voor deze installatie generieke veiligheidsafstanden gelden zal plaatsing van de windturbines er niet toe leiden dat de inrichting van Fresh Trading niet langer aan de eisen uit het Bevi zal voldoen.

Tevens bevindt een aanlegsteiger van de BRZO-inrichting *Indorama Ventures B.V.* zich binnen de invloedsfeer van de windturbines. Voor deze aanlegsteiger is het toegevoegd risico door plaatsing van de windturbines berekend, en vergeleken met de faalfrequentie bij laden/lossen door een schip aan de aanlegsteiger. Vergelijking van het toegevoegd risico door plaatsing van de windturbines met de faalfrequentie bij laden/lossen geeft een faalkansverhoging van 0,032%. Conform het 10%-criterium bij risicovolle installaties wordt dit toegevoegd risico als verwaarloosbaar beschouwd.

Samenvattend zal plaatsing van de windturbines niet tot ontoelaatbare veiligheidsrisico's door risicovolle installaties leiden.

5.3 Wegen

Binnen de invloedsfeer van de windturbines bevindt zich één openbare weg. Omdat de windturbines niet boven deze weg zullen overdraaien zal plaatsing van de windturbines geen ontoelaatbare risico's voor de weg tot gevolg hebben.

5.4 Vaarwegen

Doordat de windturbines voldoen aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat tot vaarwegen en het beleid van de Port of Rotterdam zullen deze geen ontoelaatbare risico's voor de vaarweg tot gevolg hebben.

Hoofdstuk 6 Bijlagen

Bijlage A Afbeeldingen in groot formaat

PR contouren en (beperkt) kwetsbare objecten



Werpafstanden en risicovolle installaties



Illustratie trefkansberekening aanlegsteiger Indorama Ventures B.V.



Overdraai en openbare wegen



Beleidsregel Port of Rotterdam en vaarwegen



Bijlage B Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

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

H : hoogte rotoras [m]

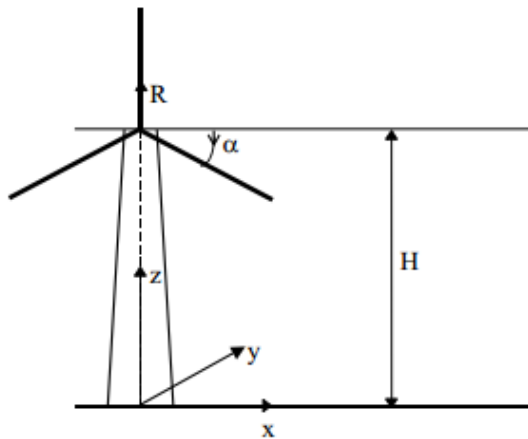
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthhoek [rad]

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

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



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

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

Met de beginvoorwaarden

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2 Verdelingsfuncties

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

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

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

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

geldt nu

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

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

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

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

Bijlage C Shortlist windturbinetypes

Type	Rotor (m)	Ashoogte (m)	Tiphoogte (m)	10-5 contour (m)	10-6 contour (m)	Werpafstand nominaal toerental (m)	Werpafstand overtoeren (m)
Enercon E126-4.0	127	86,5	150	73	150	112	290
Vestas V126-3.45	126	87	150	63	150	99	247
Nordex N117/3.6	117	91,5	150	47	146	146	397
Referentie WTB	127	86,5	150	73	150	146	404

Bijlage D (Beperkt) kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en
2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrainen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- h) objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en;

objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;



Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie

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