

RAPPORT

Derde windturbine deponie Sortiva te Alkmaar

Risicoanalyse windturbinepark

Klant: Sortiva B.V.

Referentie: BH6790-102IBRP003D01

Status: Definitief/01

Datum: 8 december 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Derde windturbine deponie Sortiva te Alkmaar

Sub titel: Risicoanalyse windturbinepark
Referentie: BH6790-102IBRP003D01
Status: 01/Definitief
Datum: 8 december 2023
Projectnaam: Sortiva Alkmaar
Projectnummer: BH6790-102
Auteur(s): P. Mink & R. Schaap

Opgesteld door: P. Mink & R. Schaap

Gecontroleerd door: H. Froeling

Datum: 31 augustus 2023

Goedgekeurd door: R. Hoogeslag

Datum: 8 december 2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Project beschrijving	4
1.1	Introductie Sortiva	4
1.2	Aanleiding en doelstelling	4
1.3	Afbakening	5
1.4	Situatieschets windturbines	5
2	Externe veiligheid toetsingskader	7
2.1	Wettelijk toetsingskader	7
2.2	Lokaal toetsingskader	8
3	Risicoprofiel windturbines	9
3.1	Kenmerken windturbines	9
3.2	Rekenmethodiek voor bepaling ligging risicocontouren	10
3.3	Risico- en effectafstanden	11
4	Resultaten	12
4.1	Risicocontour en invloedsgebied windturbines	12
4.2	Toetsing risico-ontvangers aan acceptatiecriteria	13
4.3	Uitwerking effect op naastgelegen Risicovolle (Bevi) inrichtingen	15
4.4	Uitwerking effect op naastgelegen buisleidingen	18
5	Conclusie	20
6	Referenties	21

Bijlagen

1. Berekening trefkans BEVI inrichtingen
2. Berekening trefkans buisleidingen

1 Project beschrijving

1.1 Introductie Sortiva

Sortiva B.V. (hierna Sortiva) is een bedrijf aan de Boekelerdijk 13 te Alkmaar dat afvalstoffen beheert. Met het beheer van de afvalstoffen worden deze geschikt gemaakt voor maximaal hoogwaardig hergebruik. Daarnaast beheert Sortiva een deponie voor afvalstoffen waarvoor storten de enige mogelijkheid is.

1.2 Aanleiding en doelstelling

Op het bedrijventerrein van Sortiva staan twee windturbines die in 2012 zijn gerealiseerd. Sortiva is voornemens een derde windturbine te plaatsen binnen de inrichtingsgrens. Om dit mogelijk te maken wordt een omgevingsvergunning aangevraagd voor de onderdelen 'milieu', 'bouwen' en 'handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening'. Ten behoeve van deze aanvraag wordt tevens een m.e.r.-beoordelingsprocedure doorlopen. Voorliggende rapportage geeft invulling aan de onderbouwing in het kader van externe veiligheid voor bovenstaande procedures.

Een windturbine is een zogenaamd risicoverhogend object, omdat het risico's kan hebben voor de directe omgeving. Windturbines kunnen omvallen of er kunnen onderdelen afbreken die worden weggeslingerd. Hoewel de kans op een dergelijk incident klein is, dient volgens wetgeving het risicoprofiel te worden bepaald en getoetst. Vanuit het perspectief van externe veiligheid dient te worden onderzocht of risicoontvangers binnen het invloedsgebied van de windturbine aanwezig zijn. Dit betreft risicobronnen (infrastructuur/ stationaire risicobronnen met gevaarlijke stoffen) en/of (beperkt) kwetsbare objecten. Door deze uitbreiding van twee naar drie windturbines binnen de Sortiva-inrichting, moet het geheel als windturbinepark worden beschouwd, zoals beschreven in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Activiteitenbesluit) [1]. Volgens de EV-signaleringskaart [1] vormen deze twee (en de toekomstige derde) windturbine onderdeel van het 'Windpark Sortiva'. Het doel van deze studie is dan ook om het risicoprofiel dat het windturbinepark naar de omgeving introduceert te bepalen.

Aan de zuidzijde van Sortiva zijn ook twee windturbines geplaatst. Deze vormen volgens de EV-signaleringskaart onderdeel van het 'Windpark Boekelermeer'. Hoewel deze turbines niet in eigendom en beheer zijn van Sortiva, zijn deze wel betrokken in deze studie; specifiek ten aanzien van eventuele cumulatie van risico door overlap van risicocontouren van individuele turbines.

Alle vijf de turbines staan in een zogenaamde 'lijnopstelling' waarbij de as-hoogte van alle turbines gelijk is.

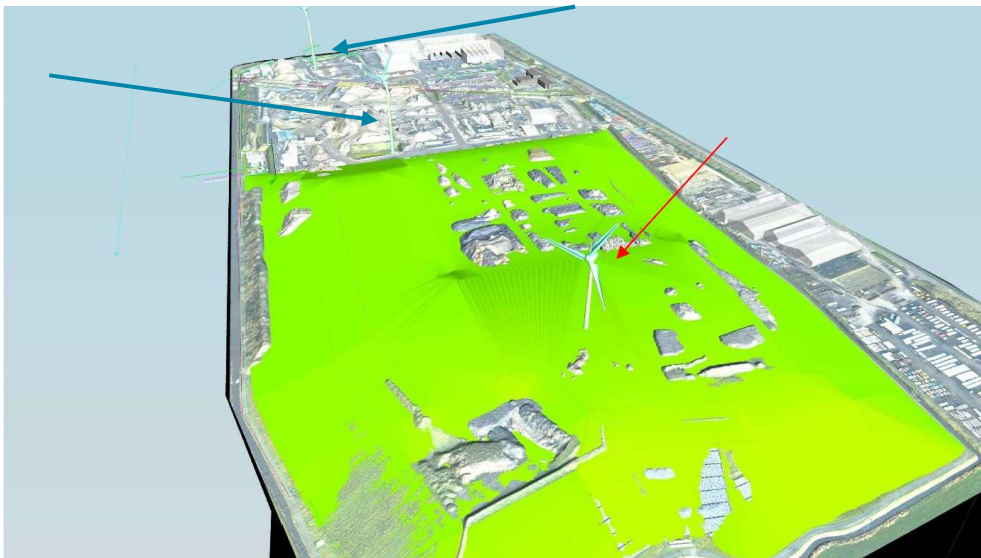
1.3 Afbakening

Deze studie omvat:

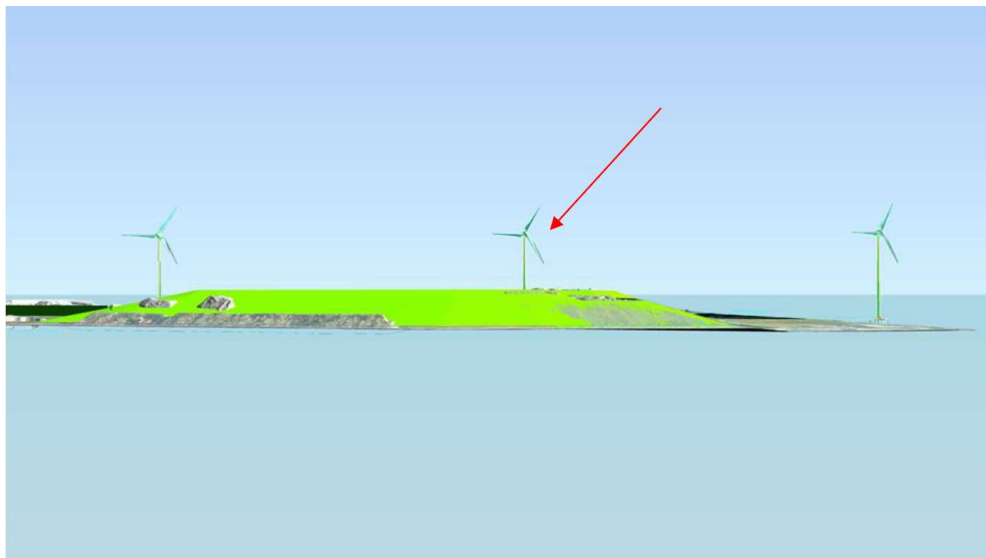
- Een kwantitatieve bepaling van het risicoprofiel van de voorgenomen (derde) windturbine;
- Een analyse van de eerdere bepaling van het risicoprofiel van de vier bestaande windturbines; specifiek of deze methodiek nog toegepast kan worden voor de bepaling van het risicoprofiel van een windturbinepark;
- Een beschouwing van het gecumuleerde risicoprofiel daar waar de toevoeging van de voorgenomen (derde) turbine overlapt met één of meerdere van de bestaande turbines. Omdat de bestaande vier windturbines vergund zijn, wordt aangenomen dat de risicoprofielen van deze turbines voor de vergunningverlening in kaart zijn gebracht en (eventueel) geïntroduceerd risico -naar in de omgeving gelegen objecten- acceptabel is bevonden. Daar waar geen overlap met de voorgenomen (derde) windturbine plaatsvindt verandert het naar de omgeving geïntroduceerde risico niet en wordt daarom geen (her)beoordeling uitgevoerd.

1.4 Situatieschets windturbines

Sortiva beschikt al over een tweetal windturbines binnen de inrichting. In Figuur 1 en Figuur 2 zijn afbeeldingen van de voorgenomen locatie van de derde windturbine op de deponie weergegeven (rode pijl). Zoals uit de tweede afbeelding valt op te maken is de windturbine hoger geplaatst op de deponie, ten opzichte van de andere windturbines. Om aan het uitgangspunt van een lijnopstelling te kunnen voldoen, wordt voor het ontwerp uitgegaan van een kortere mastlengte.

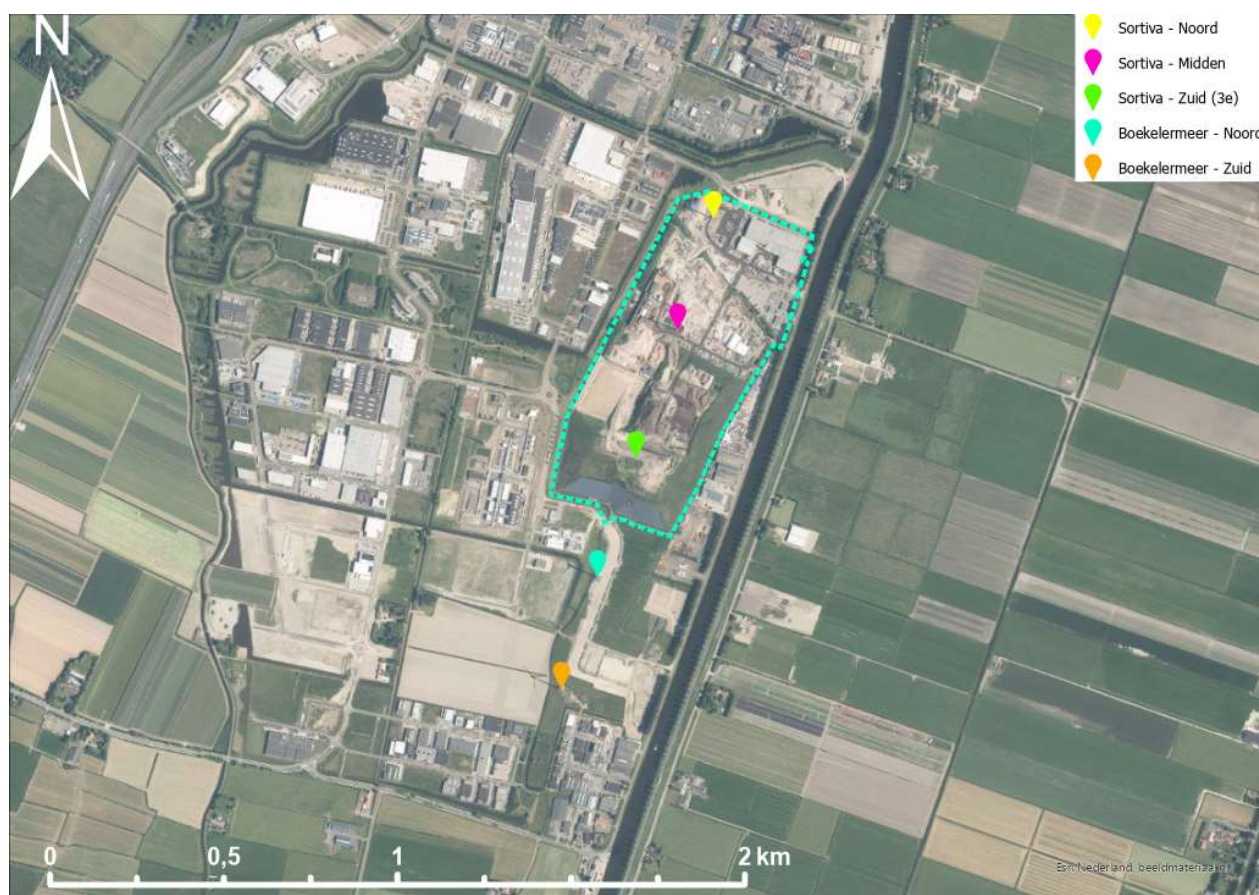


Figuur 1: Vogelvlucht-weergave van de Sortiva-inrichting in noordelijke richting met daarop de voorgenomen locatie van de derde windturbine gevisualiseerd (rode pijl) en tevens de locaties van de twee bestaande windturbines gevisualiseerd (blauwe pijlen)



Figuur 2: Zijaanzicht-weergave in oostelijke richting van de Sortiva-inrichting met daarop de locatie van de voorgenomen windturbine gevisualiseerd (rode pijl). Opmerking: De windturbine aan de rechterzijde is gelegen aan de 'Olivijnstraat' en behoort niet tot Sortiva.

Figuur 3 geeft de locatie van alle vijf windturbines weer; drie op het terrein van Sortiva gelegen binnen het turquoise omkaderde gebied, en twee buiten het terrein van Sortiva.



Figuur 3: Locaties beschouwde windturbines

2 Externe veiligheid toetsingskader

2.1 Wettelijk toetsingskader

Het risicoprofiel van een windturbinepark moet worden getoetst aan diverse wet- en regelgeving. Leidend bij deze toetsing is de aanwezigheid van mogelijke risico-ontvangers in de directe omgeving. Voor elk van deze mogelijke risico-ontvangers is, afhankelijk van de aard van de ontvanger, specifieke wet- en regelgeving van toepassing. Op basis van het zogenaamde invloedsgebied van een windturbine wordt bepaald welke risico-ontvangers daadwerkelijk aanwezig zijn in de directe omgeving en waarvoor (dus) toetsing is vereist; het invloedsgebied is gedefinieerd als een contour rondom de windturbine met een afstand gelijk aan die van het incident (met de windturbine) dat de grootste effectafstand geeft (werpafstand bij overtoeren).

In hoofdstuk 4.2 wordt specifiek aangegeven welke risico-ontvangers binnen het invloedsgebied van de derde windturbine aanwezig zijn en welke wet- en regelgeving in relatie tot de toetsing van het geïntroduceerde risiconiveau van toepassing is. Onderstaand zijn mogelijke risico-ontvangers per categorie weergegeven met een aantal voorbeelden (niet limitatief).

Risico-ontvangers

- Beperkt kwetsbare objecten *(waaronder gebouwen of terreinen met een beperkt aantal personen dan wel beperkt vloeroppervlak, maar ook objecten van hoge infrastructurele waarde)*
- Kwetsbare objecten *(waaronder gebouwen of terreinen met grote aantallen personen dan wel groot vloeroppervlak, maar ook gebouwen met kwetsbare personen waaronder ziekenhuizen en scholen)*
- Risicovolle inrichtingen
- Transportroutes met aanwezigen *(waaronder wegen, spoorwegen en waterwegen)*
- Transportroutes zonder aanwezigen *(waaronder buisleidingen en hoogspanningskabels)*
- Waterkeringen

Daarnaast is het raadzaam om, wanneer relevant, ook de zienswijze van beheerders van infrastructurele werken en van netbeheerders van kabels en leidingen te beschouwen. Hoewel wettelijk gezien niet aan die zienswijze hoeft te worden getoetst, kan (zal) het bevoegd gezag de belangen van deze partijen wel meewegen in het besluit om de voorgenomen situatie al dan niet te vergunnen.

Uitspraken Raad van State

Op 30 juni 2021 deed de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State uitspraak (RvS) in een zaak over de uitbreiding van Windpark Delfzijl Zuid (uitspraak 202003882/1/R3). Deze uitspraak heeft gevolgen voor alle windturbineparken in voorbereiding waar nog geen onherroepelijke vergunning voor is afgegeven. Het gaat dan om het toepassen van de algemene regels voor windturbines in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Activiteitenbesluit) en de Activiteitenregeling milieubeheer (Activiteitenregeling). In de uitspraak oordeelt RvS dat de algemene regels voor windturbines in het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling buiten toepassing moeten worden gelaten.

Uit een uitspraak van de RvS van 12 april 2023 blijkt dat een vergunning wel verleend kan worden op basis van regionale normen. Deze rapportage kan gebruikt worden voor toetsing aan regionale normen.

Verder is de rijksoverheid bezig geweest met de voorbereiding voor het opnieuw opstellen van algemene milieuregels voor windturbineparken. Als voorbereiding voor het opstellen van deze Rijksregels heeft het Rijk een milieueffectrapport (MER) opgesteld. Het maken van een milieueffectrapport is een voorwaarde om te komen tot nieuwe algemene milieuregels voor windturbines. Het gaat hierbij ook om regels over externe veiligheid. In de Kamerbrief van 25 mei 2023 geeft de staatssecretaris aan dat verwacht wordt dat de nieuwe milieuregels begin 2024 gereed zijn. Op 11 oktober 2023 is het Ontwerpbesluit windturbines leefomgeving gepubliceerd.

Ontwerpbesluit windturbines leefomgeving

Op 11 oktober 2023 is het Ontwerpbesluit windturbines leefomgeving gepubliceerd, waarin nieuwe normen zijn opgenomen voor windturbines. De regels in het Ontwerpbesluit gaan over geluidhinder, slagschaduwhinder, externe veiligheid en hinder door obstakelverlichting en lichtschittering en omvatten ook een norm voor de afstand tussen een windturbine en woningen.

In het Ontwerpbesluit zijn een aantal wijzigingen voorgesteld met betrekking tot de normering voor externe veiligheid:

- Grenswaarde: PR 10^{-6} per jaar voor kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen en locaties;
- Standaardwaarde: ook PR 10^{-6} per jaar voor beperkt kwetsbare gebouwen en locaties;
- Beperking van het directe risico én het indirecte risico gerelateerd aan het optreden van domino-effecten (bijvoorbeeld nabij buisleidingen en risicovolle bedrijven): domino-effect niet meer dan PR 10^{-6} per jaar;
- Lokaal gezag kan afwijken van de standaard waarde;
- Windturbine > 20 jaar: positief resultaat beoordeling NPR 8400 verplicht.

Aangezien de normen nog niet van kracht zijn is in deze rapportage getoetst op basis van de normen zoals deze reeds geruime tijd in Nederland gehanteerd worden. Aanvullend heeft hierbij een beoordeling plaatsgevonden aan de nieuwe (ontwerp) normen.

2.2 Lokaal toetsingskader

Onderstaand worden de lokale plannen (bestemmingsplan en ruimtelijke plannen) besproken, die relevant zijn voor de studie naar risico dat een windturbine(park) naar de omgeving introduceert (ook wel externe veiligheid genoemd).

Het vigerende bestemmingsplan voor de inrichting is het bestemmingsplan Boekelermeer Noord dat is vastgesteld op 4 april 2013 [3]. De realisatie van een derde windturbine is niet mogelijk binnen dit bestemmingsplan. Naast dit bestemmingsplan is ook het ruimtelijke plan 'Rijksinpassingsplan Gasopslag Bergermeer', vastgesteld op 29 april 2011 geldend.

Op de twee windturbines gelegen buiten de Sortiva inrichting is het vigerende bestemmingsplan Boekelermeer Zuid van toepassing, vastgesteld op 4 april 2013 [3].

De provinciale regels ten aanzien van windenergie zijn opgenomen in de Omgevingsverordening NH2022. De afstandseis van 600 meter en een lijnopstelling van 6 windmolens die eerder golden, gelden niet meer. Wel is in de Omgevingsverordening opgenomen dat windturbines uitsluitend gerealiseerd mogen worden binnen aangewezen zoekgebieden en zijn regels opgenomen ten aanzien van ruimtelijke kwaliteit.

3 Risicoprofiel windturbines

3.1 Kenmerken windturbines

Sortiva heeft op haar terrein twee windturbines van het type Enercon E70 geïnstalleerd. Sortiva is voornemens een windturbine van het type Enercon E-82 E4 te installeren. In Tabel 1 zijn kenmerken van beide Enercon windturbines opgenomen.

Tabel 1: Kenmerken Enercon E70 en E82 windturbines Windpark Sortiva

Parameter	Eenheid	Enercon E70		Enercon E82	
		Waarde	Bron	Waarde	Bron
Nominaal toerental	rpm	20,5	(verw. 1)	17,5	(verw. 2)
Hoogte rotatiepunt	m	85	Op basis van lijnopstelling	85	Op basis van lijnopstelling
Rotordiameter	m	71,0	Op basis van lijnopstelling	82	(verw. 2)
Lengte afgebroken blad	m	35,5	Aanname halve rotor diameter	41	Aanname halve rotor diameter
Oppervlak afgebroken blad	m ²	71,5	Aanname volgens Rekenvoorschrift [5]	90,81	Aanname volgens Toelichtingen Rekenvoorschrift [4]
Massa blad	ton	6,0	(verw. 1)	8,62	(verw. 3)
Bladzwaartepunt	m	12,8	Aanname volgens Rekenvoorschrift	13,18	(verw. 3)
Hoogte hub	m	5,9	(verw. 1)	5,53	(verw. 4)
Breedte hub	m	5,4	(verw. 1)	5	(verw. 4)
Lengte hub	m	7,2	(verw. 1)	2,74	(verw. 4)
Massa hub	ton	25,0	(verw. 1)	30	Massa rotor - 3 x massa blad
Massa rotor	ton	43,0	Aangenomen Massa hub + 3 x massa blad	56	(verw. 5)
Hoogte gondel	m	5,9	(verw. 1)	5,53	(verw. 6)
Breedte gondel	m	5,4	(verw. 1)	5	(verw. 6)
Lengte gondel	m	11,6	(verw. 1)	11,7	(verw. 6)
Massa gondel	ton	106,0	(verw. 1)	139	(verw. 5)
Lengte mast	m	58,0	Volgt uit hoogte rotatiepunt en installatie hoogte ^{a)}	57,34	(verw. 7)
Diameter mast	m	4,3	(verw. 1)	4,45-2,25 ^{b)}	(verw. 7)
Massa mast	ton	216,0	(verw. 1)	174	(verw. 7)

a) De combinatie van de verhoogde plaatsing op de deponie en gelijke hoogte van het rotatiepunt vanwege de lijnopstelling resulteert in een kortere mastlengte. De deponie heeft een eindhoogte tot NAP +27 meter. De hoogte van het rotatiepunt is NAP +85 meter. Voor de mastlengte is daarom ook uitgegaan van het hoogteverschil.

b) Diameter is gegeven voor onder- en bovenkant van de mast

Verwijzing	Bron
(verw. 1)	Spec sheet Enercon E-70 (2300 kW)
(verw. 2)	Technical Description ENERCON Wind energy converter E-82 E4
(verw. 3)	Technical data sheet Rotorblatt E-82 EP2-RB-05 with Trailing Edge Serration (TES)
(verw. 4)	Data sheet Enercon Nacelle dimensions with round rear cap E-82 E4
(verw. 5)	Data sheet Enercon E-82 E4 nacelle
(verw. 6)	Data sheet Enercon Nacelle dimensions with round rear cap E-82 E4
(verw. 7)	Data sheet ENERCON Weights and Dimensions E-82 E4/S/57/4K/01

3.2 Rekenmethodiek voor bepaling ligging risicocontouren

Voor het bepalen van ligging van de risicocontouren van de windturbines wordt gebruik gemaakt van de methodiek zoals uitgewerkt in het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV [5]; onderstaand zijn de volgens deze methodiek te modelleren scenario's nader toegelicht. Conform het rekenvoorschrift worden onderstaande faalscenario's van windturbines beschouwd. Tabel 2 geeft faalscenario's met bijbehorende initiële faalfrequentie aan.

- Bladbreek normaal bedrijf – het afwerpen van een rotorblad bij nominaal toerental. Het uitgangspunt is dat het blad afbreekt in de wortel en als geheel wordt weggeworpen. Breuk van een bladtip of gedeelte van een blad wordt niet beschouwd.
- Bladbreek tijdens overtoeren – het afwerpen van een rotorblad bij overtoeren. Voor dit scenario wordt met tweemaal nominaal toerental gerekend.
- Mastbreuk – het structureel falen van de mast van de windturbine. Mastbreuk vindt plaats doordat de mast bij de voetflens afbreekt. Het knikken van de mast op een hoger gedeelte wordt niet beschouwd.
- Gondelbreuk – het vallen van de gondel en/of de rotor van de windturbine, waarbij de mast blijft staan.

Naast bovenstaande scenario's wordt in het rekenvoorschrift ook onderstaand drietal faalscenario's met gevolgen binnen de rotordiameter beschreven; deze zijn niet verder uitgewerkt in deze studie omdat deze geen bijdrage hebben aan het risicoprofiel naar de omgeving (externe veiligheid).

- *Val kleine onderdelen uit de gondel of rotor: Deze kleine onderdelen vallen meestal (rechtstandig) naar beneden. Vanwege de beperkte omvang en gewicht zullen deze gebouwen of andere constructies meestal amper beschadigen. Personen die direct onder de windturbine aanwezig zijn kunnen wel dodelijk gewond raken.*
- *Ijsafwerping: Het risico op ijsafwerping wordt als klein beschouwd. Aanwezigen binnen de rotordiameter kunnen dodelijk getroffen worden door afgeworpen ijs.*
- *Val bladfragmenten na botsing met toren: Dit incident gebeurt naar verwachting uitsluitend bij zeer slecht weer (zware storm, blikseminslag) waarbij de kans dat personen zich (onbeschermde) onder de turbine bevinden klein is.*

Tabel 2: Faalscenario's en bijbehorende initiële faalfrequentie

Faalscenario	Faalfrequentie	Eenheid
Bladbreek normaal bedrijf	8,4E-4	turbine ⁻¹ jaar ⁻¹
Bladbreek tijdens overtoeren	5,0E-6	turbine ⁻¹ jaar ⁻¹
Mastbreek	1,3E-4	turbine ⁻¹ jaar ⁻¹
Afvallen van gondel en/of rotor	4,0E-5	turbine ⁻¹ jaar ⁻¹

3.3 Risico- en effectafstanden

In Tabel 3 zijn de bepaalde risico- en effectafstanden voor beide type windturbines opgenomen. In paragraaf 3.2 is de methodiek voor het berekenen van de risico-effectafstanden nader toegelicht.

Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven is, wordt de voorgenomen windturbine op de deponie geïnstalleerd. De wijze van funderen van de windturbine is daarom anders dan als deze op een 'reguliere' ondergrond zou worden geplaatst. Voor deze studie wordt ervan uitgegaan dat de wijze van funderen niet leidt tot het moeten maken van aanpassingen aan de (voorgeschreven) rekenmethodiek, zoals beschreven in hoofdstuk 3.2. De redenatie bij deze stelling is, dat ongeacht de wijze van funderen deze fundering aan wettelijke vereisten en binnen de industrie toegepaste standaarden zal (moeten) voldoen.

Tabel 3: Risico en effectafstanden van Enercon E70 en E82 windturbines windpark Sortiva

Parameter	Eenheid	Enercon E70	Enercon E82
Afstand PR 10 ⁻⁶ per jaar	m	93	119
Afstand PR 10 ⁻⁵ per jaar	m	30	36
Maximale werpafstand bij overtoeren (= invloedsgebied)	m	383	312

De windturbines op het windturbinepark Boekelermeer zijn van hetzelfde type als de bestaande windturbines op het Sortiva terrein; Enercon E70. Voor het risicoprofiel van de windturbines binnen het Windpark Boekelermeer zijn derhalve de risico- en effectafstanden voor de Enercon E70 windturbines van Windpark Sortiva aangehouden.

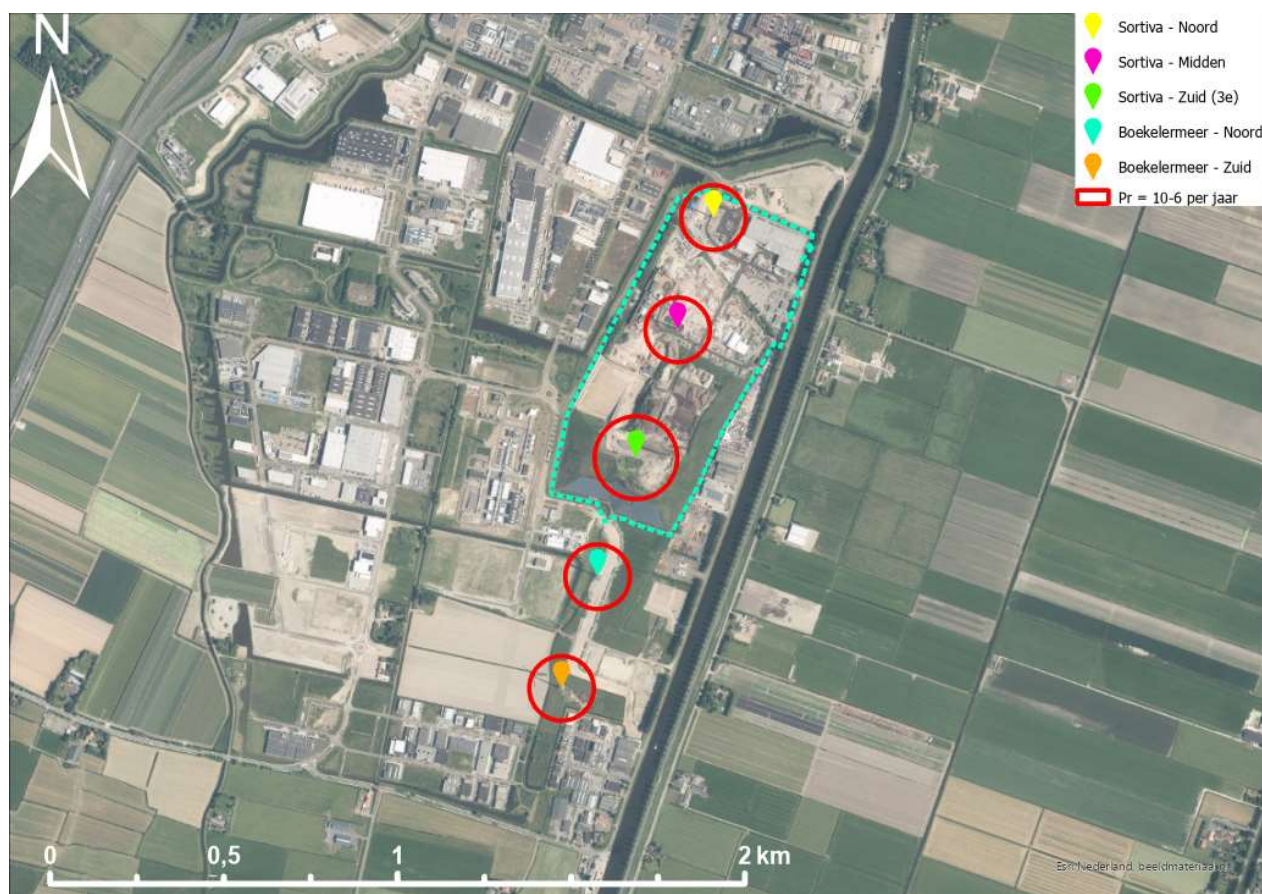
Hoewel de turbines op het windturbinepark Boekelermeer niet in eigendom en beheer zijn van Sortiva, zijn deze wel betrokken in deze studie; specifiek ten aanzien van eventuele cumulatie van risico door overlap van risicocontouren van individuele turbines.

4 Resultaten

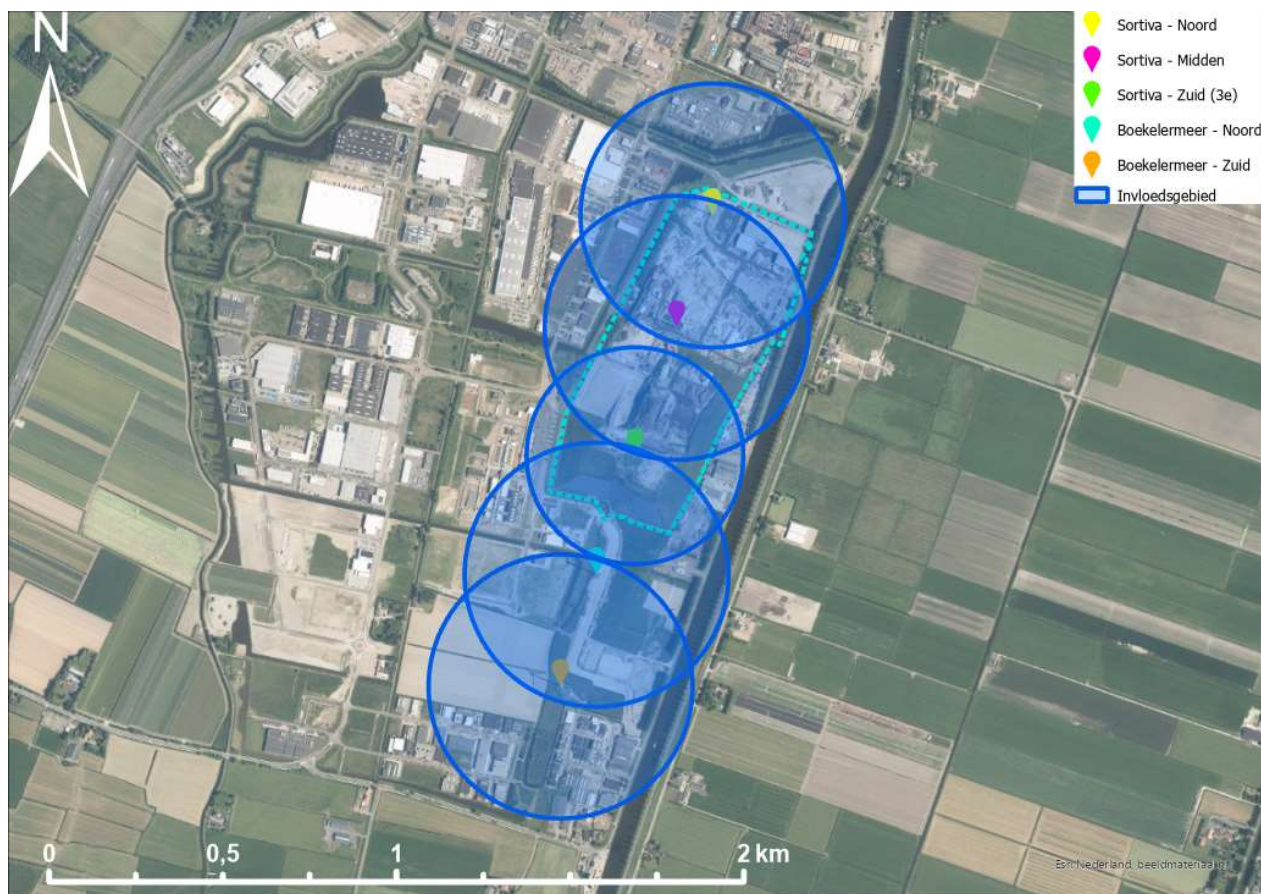
4.1 Risicocontour en invloedsgebied windturbines

In Figuur 4 zijn de vijf windturbines en bijbehorende $PR = 10^{-6}$ per jaar-contouren weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat de $PR = 10^{-6}$ per jaar-contour van de voorgenomen Enercon E82 windturbine niet tot buiten de vergunningsgrens van Sortiva reikt. Ook overlapt deze niet met één of meerdere $PR = 10^{-6}$ per jaar-contouren van de bestaande windturbines.

In Figuur 5 zijn de vijf windturbines en bijbehorende invloedsgebieden weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat het invloedsgebied van de voorgenomen Enercon E82 windturbine overlapt met de invloedsgebieden van de bestaande windturbines aangeduid met 'Sortiva – Midden' en 'Boekelermeer – Noord'.



Figuur 4: Plaatsgebonden risicocontouren ($PR = 10^{-6}$ per jaar) van de windturbines



Figuur 5: Invloedsgebieden van de windturbines

4.2 Toetsing risico-ontvangers aan acceptatiecriteria

Conform Handreiking Risicozonering Windturbines [7] dienen alle risico-ontvangers aan het wettelijke acceptatiecriteria te worden getoetst. In Tabel 4 volgt een overzicht van de risico-ontvangers en de gevolgtrekking of het geïntroduceerde risico voldoet aan de wettelijke toetsing. Voor de risico-ontvangers waar een uitgebreidere analyse nodig is, wordt dat in de tabel aangegeven en in separate paragrafen behandeld.

Tabel 4: Toetsing van aan risico-ontvangers geïntroduceerd risico aan wettelijke acceptatiecriteria

Risico ontvanger	Toelichting	Conclusie
(Beperkt) kwetsbare objecten		
<u>Activiteitenbesluit Milieubeheer (als richtinggevend kader):</u> - Geen kwetsbare objecten toegestaan binnen PR 10⁻⁶-contour. - Geen beperkt kwetsbare objecten toegestaan binnen PR 10⁻⁵-contour (N.B. Onder beperkt kwetsbare objecten worden ook gerekend objecten van hoge infrastructurele waarde (zie daarvoor definitie van kwetsbare objecten in Bevi art. 1b onder i.))	De PR 10⁻⁵-contouren en de PR 10⁻⁶-contour van de zuidelijke (derde windturbine) en middelste windturbine van Sortiva zijn gelegen binnen de vergunningsgrens. De PR 10⁻⁶-contour van de noordelijke windturbine reikt tot juist buiten de inrichtingsgrens, maar is niet gelegen over een (beperkt)kwetsbaar object.	Voldoet

Risico ontvanger	Toelichting	Conclusie
Wegen		
<u>Wet Rijkswaterstaatwerken:</u> Binnen RWS-beheersgebied vergunning aanvragen bij Rijkswaterstaat	Geen wegen die in beheer zijn van RWS liggen binnen het invloedsgebied. (Toelichting: De rijksweg N244 valt onder beheer van de provincie Noord-Holland, de lokale wegen vallen onder beheer van de gemeente Alkmaar.)¹	N.v.t.
Waterwegen		
<u>Waterwet en/of Wet Rijkswaterstaatwerken:</u> Vergunning aanvragen bij bevoegd gezag en/of bij Rijkswaterstaat	Geen waterwegen die in beheer zijn van RWS liggen binnen het invloedsgebied²	N.v.t.
Spoorwegen		
<u>Spoorwegwet:</u> Binnen beheersgebied vergunning aanvragen bij ProRail	Geen spoorwegen liggen binnen het invloedsgebied	N.v.t.
Risicovolle inrichtingen³		
<u>Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi):</u> - Bij een nieuwe of te wijzigen risicovolle inrichting moet de risico verhogende werking van bestaande windturbines worden meegenomen in de QRA (Handleiding risicoberekeningen Bevi). Conform het Bevi wordt onder andere getoetst of de inrichting voldoet aan de normen voor het plaatsgebonden risico (PR), en wordt het groepsrisico bepaald (GR) wat verantwoord moet worden door bevoegd gezag. - De toetsing van de toelaatbaarheid van nieuwe windturbines in de buurt van een bestaande risicovolle inrichting is in het Bevi niet geregeld. Een goede ruimtelijke ordening (Wro) houdt wel in dat met risicoverhoging rekening wordt gehouden. Hiervoor wordt aangesloten bij de aanpak zoals bij buisleidingen. Ook de gevolgen voor het GR van de inrichting kan worden betrokken in de beoordeling.	Nader uitgewerkt in paragraaf 4.3 navolgend aan deze tabel. Een tweetal Bevi-inrichtingen is gelegen binnen het invloedsgebied van de (beoogde) derde windturbine: 'Boekelermeer opslag' van TAQA gelegen aan de Barnsteenstraat 8 te Alkmaar - Tankstation van GP Groot energie (NXT) gelegen aan de Diamantstraat 32 te Alkmaar Binnen het invloedsgebied van de noordelijke turbine op het Sortiva-terrein is één Bevi-inrichting gelegen: 'Piek Gas Installatie' (PGI) van TAQA gesitueerd aan de Topaasweg 2 te Alkmaar.	Voldoet
Buisleidingen		
<u>Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb):</u> - Geen windturbines binnen de belemmeringenstrook (art. 14) - Bij plaatsing windturbine nabij een buisleiding wordt nog steeds voldaan aan de grenswaarde	Nader uitgewerkt in paragraaf 4.4 navolgend aan deze tabel	Voldoet

¹ <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegenoverzicht>

² <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht>

³ Bevi-inrichtingen bepaald op basis van informatie van de websites 'Atlas voor de leefomgeving', 'EV-signaleringskaart' en 'ruimtelijkeplannen.nl' (voor raadpleging bestemmingsplannen), bezocht op 04-01-2023.

Risico ontvanger	Toelichting	Conclusie
voor kwetsbare objecten van PR 10^{-6} en is ook rekening gehouden met de richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten van PR 10^{-6} (art. 11, derde lid). - Structuurvisie buisleidingen / Besluit algemene regels ruimtelijke ordening: - Geen turbines binnen de buisleidingenstrook		
Hoogspanningskabels		
<u>Privaatrecht:</u> Geen windturbines binnen zakelijke rechtstrook	Geen hoogspanningskabels liggen binnen het invloedsgebied	N.v.t.
Waterkeringen		
<u>Waterwet en/of Wet Rijkswaterstaatwerken:</u> Vergunning aanvragen bij bevoegd gezag (waterschap) en/of bij Rijkswaterstaat	Geen waterkeringen liggen binnen het invloedsgebied	N.v.t.

4.3 Uitwerking effect op naastgelegen Risicovolle (Bevi) inrichtingen

Volgens de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HRB) geldt:

“Een Loss of Containment ten gevolge van het falen van een windturbine moet meegenomen worden in de QRA wanneer deze frequentie groter is dan 10% van de standaard frequentie van catastrofaal falen.”
 (= gesommeerde kans van de scenario's ‘instantaan falen’ en ‘vrijkomen in 10 minuten’)

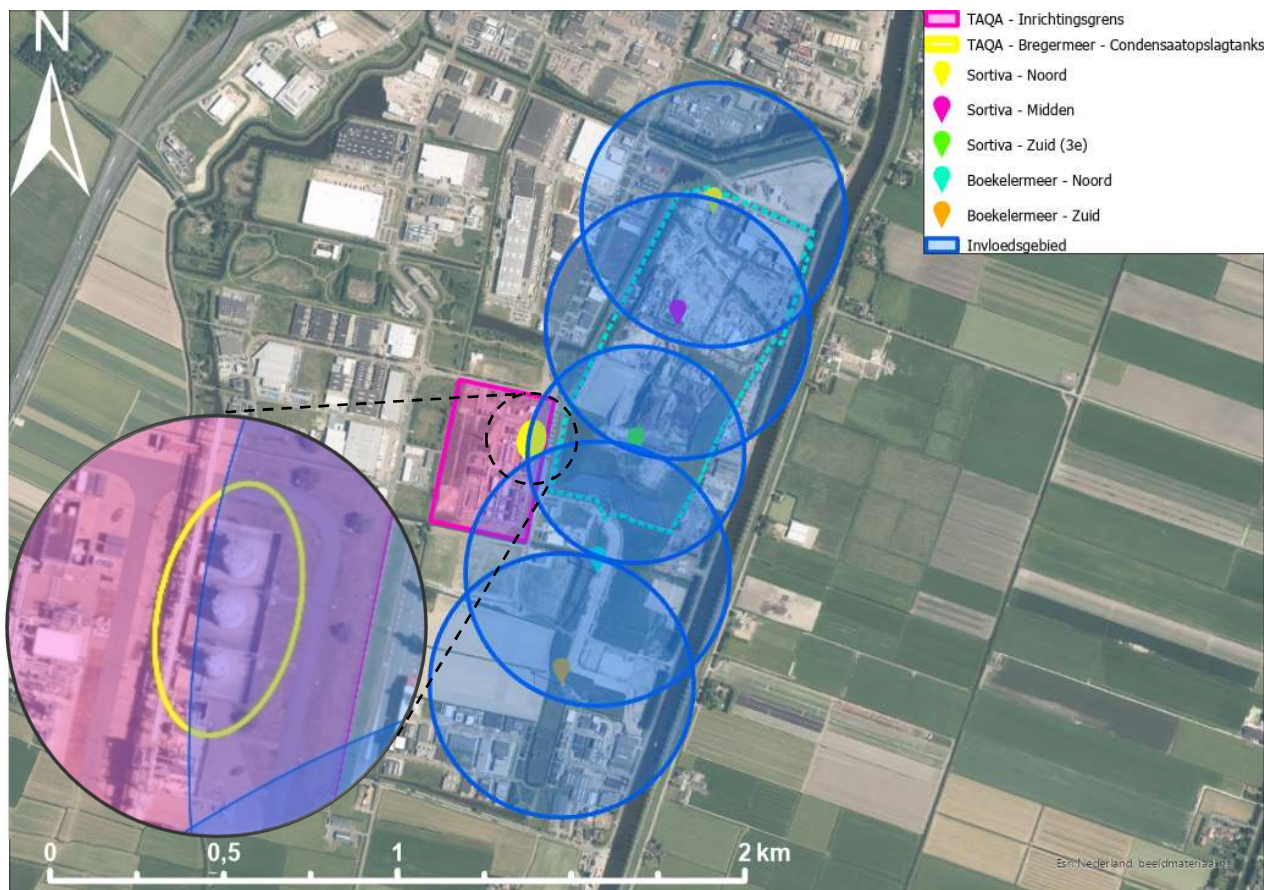
Boekelermeer opslag van TAQA

Het invloedsgebied van de voorgenomen (derde) windturbine is gelegen over een gebied binnen de TAQA-inrichting (zie Figuur 6). Binnen dit gebied zijn drie atmosferische opslagtanks geplaatst die (brandbaar) aardgas condensaats (kunnen) bevatten. Vanwege de omvang van deze tanks hebben deze de hoogste kans getroffen te worden door een afbrekend windturbineblad in vergelijking met andere proces onderdelen (zoals bijvoorbeeld verbindend leidingwerk). Bepaald is dat de opslagtanks een diameter en hoogte van beiden 10 m hebben; diameter en hoogte bepaald op basis van kaart materiaal van ‘Cyclomedia – Street Smart’ (<https://www.cyclomedia.com/nl>) en de algemene hoogte kaart van Nederland (<https://www.ahn.nl/ahn-viewer>). Gezien de afstand van circa 300 meter van de derde windturbine tot de tanks kan uitsluitend een bladworp bij overtoeren mogelijk leiden tot schade aan de tanks; voor de andere faalscenario's is de effectafstand vele tientallen meters kleiner.

Op basis van de ‘raakfrequentie: vereenvoudigde aanpak’ volgens het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines [5] is bepaald dat de kans dat een afgebroken turbineblad één van deze opslagtanks raakt ordegrrootte 4×10^{-8} per jaar is (zie bijlage 1 voor de berekening). Opgemerkt wordt dat dit niet gelijk is aan de kans dat het procesapparaat faalt; daarvoor moet significante schade worden toegebracht. De betreffende opslagtanks zijn van het type ‘enkelwandig’⁴, waar een standaard frequentie van catastrofaal falen van 1×10^{-5} per jaar op van toepassing is.

⁴ Bevestigd door TAQA per email op 12 september 2023

Op basis van de 10%-regel – waarbij een additionele faalkans kleiner dan 10% van de standaard kans van catastrofaal falen niet significant wordt geacht – hoeft de additioneel faalkans van deze opslagtank door treffen van een windturbineblad niet te worden meegenomen. De QRA van TAQA hoeft dan ook niet te worden aangepast.



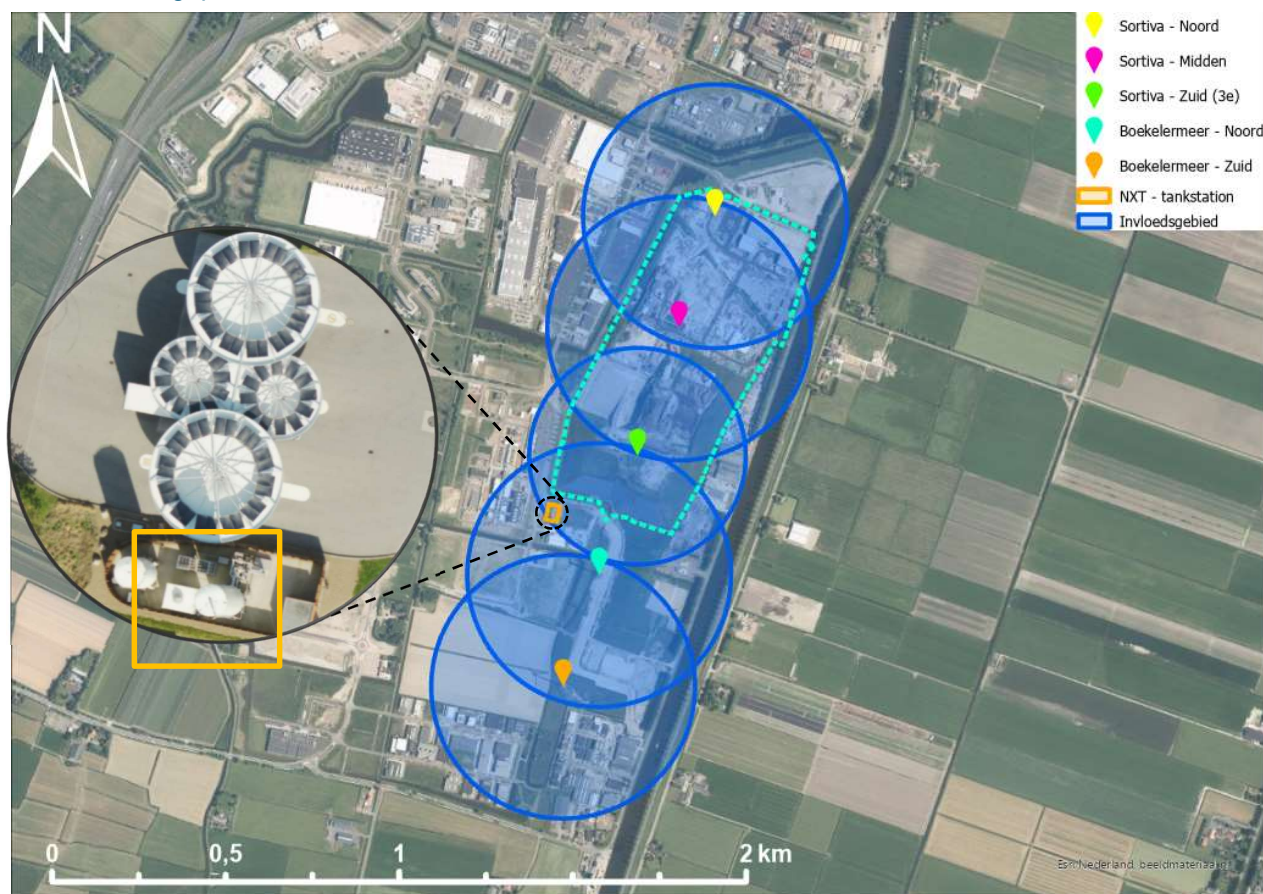
Figuur 6: TAQA opslag Boekelermeer – Ligging invloedsgebieden ten opzichte van de inrichting

Tankstation van GP Groot energie (NXT)

Het invloedsgebied van de voorgenomen derde windturbine en het invloedsgebied van de bestaande windturbine aangeduid als 'Boekelermeer – Noord' zijn over het NXT-tankstation gelegen (zie Figuur 7). Binnen deze inrichting is diverse procesapparatuur aanwezig waaronder een LNG-opslagtank en cilinder(s)(pakketten) met waterstof. Vanwege de omvang, heeft de tank de hoogste kans getroffen te worden door een afbrekend windturbineblad in vergelijking met andere proces onderdelen. Aangenomen is dat de opslagtank een diameter van 3 m en een hoogte van 8,5 m heeft; de diameter is bepaald op basis van 'Cyclomedia – Street Smart' (<https://www.cyclomedia.com/nl>), de hoogte is berekend op basis van het volume van 60 m³ [8]. De afstand van de windturbines tot deze opslagtank is meer dan 200 meter. Uitsluitend het scenario bladworp bij overtoeren kan mogelijk leiden tot schade aan de tank; voor de andere faalscenario's is de effectafstand tientallen meters kleiner.

Op basis van de 'raakfrequentie: vereenvoudigde aanpak' volgens het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines [5] is bepaald dat de kans dat een afgebroken turbineblad van de voorgenomen (derde) windturbine (Enercon E82) de opslagtank raakt ordegrrootte 2×10^{-8} per jaar is (zie bijlage 1 voor de berekening).

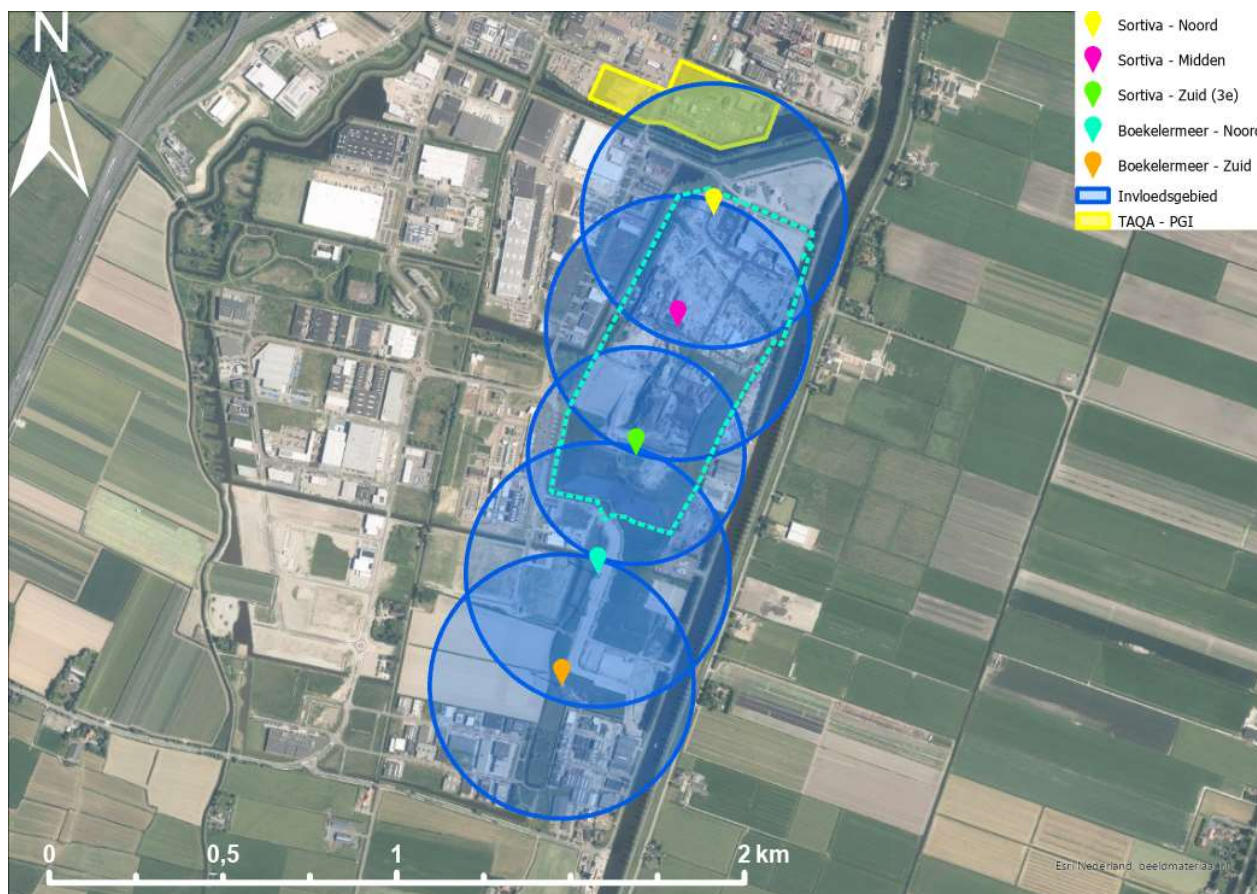
Opgemerkt wordt dat dit niet gelijk is aan de kans dat het procesapparaat faalt; daarvoor moet significante schade worden toegebracht. De kans dat een afgebroken turbineblad van de bestaande windturbine (Enercon E70) de opslagtank raakt is ordegrrootte 6×10^{-9} per jaar. De totale additionele faalkans ten gevolge van beide windturbines is daarmee gelijk aan ordegrrootte 3×10^{-8} per jaar. Betreffende opslagtank is volgens de QRA van het tankstation [8] van het type 'multilayer geïsoleerde dubbelwandige tank' en heeft een maximale werkdruk van 6 bar. Voor deze opslag onder druk is een standaard frequentie van catastrofaal falen van 1×10^{-6} per jaar van toepassing volgens het Rekenvoorschrift [6]. Het ontwerp van de cilinder(s)(pakketten) is niet exact bekend, maar op basis van de rekenregels in de rekenmethodiek voor Bevi-inrichtingen geldt (afhankelijk van het type inrichting) dat de cilinders of niet hoeven te worden beschouwd, of dat voor Sortiva specifiek de additionele faalkans geïntroduceerd door de windturbines kleiner is dan 10% van de standaard kans van falen en daarmee niet significant is (de faalkans is 5×10^{-7} per jaar voor een cilinder met gevaarlijke stoffen). De additionele faalkans voor beide procesonderdelen is dan ook kleiner dan 10% van de standaard kans van catastrofaal falen en hoeft op basis van de 10%-regel te worden meegenomen. De QRA van GP Groot energie NXT hoeft dan ook niet te worden aangepast.



Figuur 7: NXT - Ligging invloedsgebieden ten opzichte van de inrichting

Piek Gas Installatie' (PGI) van TAQA

Het risico naar de PGI verandert niet met de plaatsing van de voorgenomen derde windturbine, omdat de PGI buiten het invloedsgebied van deze windturbine ligt. Het invloedsgebied van de meest noordelijke windturbine aangeduid als 'Sortiva – Noord' is gelegen over de TAQA – PGI (Bevi- inrichting); zie Figuur 8. Voor deze studie wordt ervanuit gegaan dat het risico naar de PGI tijdens de vergunningprocedure voor de bestaande twee windturbines reeds is bepaald en geaccepteerd.

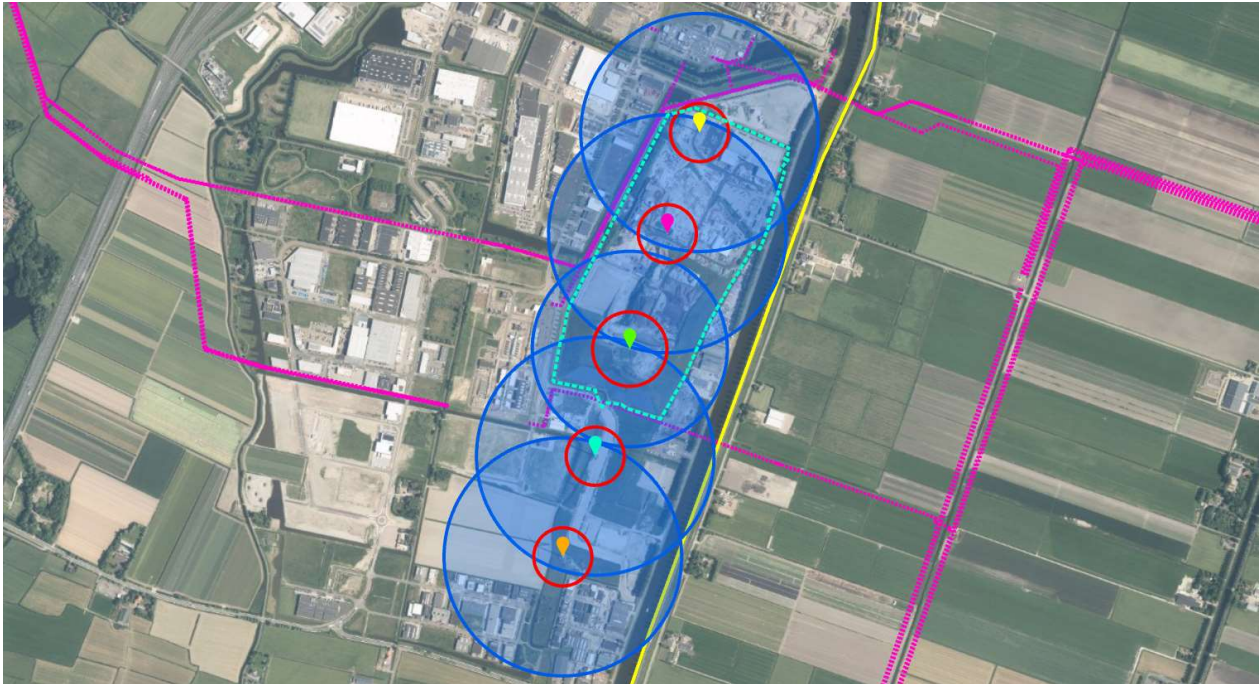


Figuur 8: TAQA PGI - Ligging invloedsgebieden ten opzichte van de inrichting

4.4 Uitwerking effect op naastgelegen buisleidingen

Het invloedsgebied van zowel de bestaande Enercon E70 windturbines als de voorgenomen Enercon E82 windturbine zijn gelegen over het tracé van ondergrondse buisleidingen (zie Figuur 9). Voor deze ondergrondse buisleidingen is een indicatieve berekening uitgevoerd om de additionele faalkans (additioneel ten opzichte van de basisfaalkans van een leidingdeel) van zowel de bestaande windturbines als de voorgenomen windturbine te bepalen. Voor de ondergrondse leidingen diepteligging van 1 meter gebruikt. Dit betreft een conservatieve aanname. De drie gasleidingen gelegen direct ten westen van Sortiva liggen op minimaal 1,6 meter beneden maaiveld.

Voor alle turbines geldt dat de buisleidingen zijn gelegen in het gebied tussen de PR 10^{-6} per jaar contour en het invloedsgebied. De additionele faalkans (scenario inslag van een turbineblad bij bladbreuk bij overtoeren) binnen dit gebied is voor een enkele windturbine ordegrrootte 3×10^{-11} per meter per jaar; zie bijlage 2 voor een berekening. Ter plaatse van overlap van het invloedsgebied van twee windturbines is de additionele faalkans ordegrrootte 6×10^{-11} per meter per jaar. Op basis van de 10%-regel – waarbij een additionele faalkans kleiner dan 10% van de standaard kans van falen niet significant wordt geacht – hoeft de additionele faalkans door het treffen van een windturbineblad niet te worden meegenomen. De standaard kans van falen wordt op basis van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module V – Buisleidingen [10] geschat te liggen binnen het bereik van 10^{-7} – 10^{-9} per meter per jaar (e.e.a. afhankelijk van leidingontwerp en mitigerende maatregelen). De QRA van de buisleidingen hoeft dan ook niet te worden aangepast.



Figuur 9: Buisleidingen - Ligging invloedsgebieden ten opzichte van de buisleidingen

5 Conclusie

Sortiva wil een derde windturbine plaatsen binnen haar inrichtingsgrens. Om dit mogelijk te maken dient een omgevingsvergunning te worden aangevraagd voor de onderdelen 'milieu', 'bouwen' en 'handelen in strijd met regels ruimtelijke ordening'. Ten behoeve van deze procedure wordt tevens een m.e.r.-beoordelingsprocedure doorlopen. Voorliggende rapportage geeft invulling aan de onderbouwing in het kader van externe veiligheid voor bovenstaande procedures.

De algemene conclusie is dat de realisatie van de voorgenomen Enercon E82-windturbine het risicoprofiel van het Windpark Sortiva niet verhoogd tot een onacceptabel risico voor in de directe omgeving aanwezige risico-ontvangers. Binnen de PR 10^{-5} per jaar-contour en PR 10^{-6} per jaar-contour van de windturbine liggen geen (beperkt) kwetsbare objecten. Hiermee wordt voldaan aan de voorgestelde norm in het Ontwerpbesluit windturbines leefomgeving, waarin is opgenomen dat binnen PR 10^{-6} per jaar-contour geen (beperkt) kwetsbare objecten mogen liggen. Wel liggen ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen en andere risicobronnen binnen het invloedsgebied. Doormiddel van de toetsing aan de additionele faalfrequentie is bepaald in hoeverre het risicoprofiel wordt beïnvloed. Hieruit volgt dat de additionele faalkansen niet significant zijn.

Uitgangspunt bij het bovenstaande is dat de additionele faalfrequentie voor het buisleidingdeel aan de noordzijde van de inrichting van Sortiva en de PGI van TAQA, die geïntroduceerd wordt door de bestaande twee windturbines, door de betrokken partijen in eerder onderzoek reeds is geaccepteerd. Het risicoprofiel van de voorgenomen Enercon E82-windturbine reikt niet over betreffend leidingdeel en introduceert dan ook niet een additionele faalkans voor dit buisleidingdeel.

6 Referenties

- [1] EV signaleringskaart (<https://nl.ev-signaleringskaart.nl/viewer/>), bezocht op 20 augustus 2023
- [2] Activiteitenbesluit milieubeheer Besluit kwaliteit leefomgeving; eerste publicatie in Staatsblad nummer 292 van 31 augustus 2018.
- [3] www.ruimtelijkeplannen.nl, bezocht op 27 maart 2023.
- [4] Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid - Toelichting, Rijkinstituut voor Volkshuisvesting en Milieu, versie maart 2022.
- [5] Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV - Windturbines, Rijkinstituut voor Volkshuisvesting en Milieu, versie maart 2020.
- [6] Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module I - Basisvoorschriften, Rijkinstituut voor Volkshuisvesting en Milieu, versie maart 2020.
- [7] Rijkswaterstaat Water, Verkeer & Leefomgeving, Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020), versie 1.1., 20 mei 2020, status: Definitief
- [8] Risicoanalyse / LNG/H2-tankstation GP Groot Alkmaar, AVIV, referentie: 214462, versie 1.2.1, 19 maart 2021
- [9] Energie Centrum Nederland, Trefkansberekeningen installaties BP Alkmaar, Doc nr. ECN-CX-04-130, d.d. November 2004
- [10] Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module V - Buisleidingen, Rijkinstituut voor Volkshuisvesting en Milieu, versie oktober 2020.

Bijlage

1. Berekening trefkans BEVI inrichtingen

Methodiek volgens: Rekenvoorschrift
Omgevingsveiligheid – Module IV - Windturbines

Kans om object met bladzwaarte punt te treffen:

Om de trefkans van een object met hoogte, h , breedte, b , en diepte, d , te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak (zie Figuur 2.6):

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h) \quad (2.39)$$

waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd. Analooq aan vergelijking (2.32) is de kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terechtkomt:

$$p_{O_d} = \int_{A_{pr}} p_{ZWPT}(x, y) dA \quad (2.40)$$

Met de veronderstelling, dat p_{ZWPT} constant is in het gebied A_{pr} gaat (2.40) over in:

$$p_{O_d} = p_{ZWPT}(x^*, y^*) \cdot A_{pr} \quad (2.41)$$

Kans om een object met een deel van het blad (anders dan het bladzwaartepunt) te treffen:

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $1/3$ van de bladlengte ligt.

Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $p_h = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $p_h = 0,0$ op de buitenrand, die op $2/3 L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans p_h wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $2/3 L_b$ langs de gevels terechtkomt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

$$p_{O_i} = p_{ZWPT}(x^*, y^*) \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{2} \left(\frac{2}{3} L_b \right)^2 \right) \quad (2.42)$$

Totale kans om een object te treffen:

De totale kans dat het gebouw wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu:

$$p_O = p_{O_d} + p_{O_i} \quad (2.43)$$

Windturbine Enercon E70

NXT tankstation			
Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Straal invloedsgebied [m]	383	m	
Afstand van turbine tot middelpunt opslagtank [m]	303	m	Bepaald in Arcgis
Straal cirkelbaan voor bepalen trefkans bladzwaartepunt [m]	301,5	m	Afstand minus helft diepte
	304,5	m	Afstand plus helft diepte
Vereenvoudigede aanpak op basis van grondoppervlak omdat: 'h' is een factor 1,9 kleiner dan '10 x L x (r ² /R ²)'			Criterion volgens rekenregels
h	10	m	
10 x L x (r ² /R ²)	19	m	
Kans raken opslag	5,48E-09	Per jaar	
Pod	6,27E-10	Per jaar	
Pzwpt	4,75E-12	Per m2 per jaar	
Apr	1,32E+02	m2	
b	3	m	
d	3	m	
h	8,5	m	Inhoud van het vat is 60 m3
Poi	4,85E-09	Per jaar	
Pzwpt	4,75E-12	Per m2 per jaar	
Lb	35,5	m	
b	3	m	
d	3	m	

Windturbine Enercon E82

TAQA - Gasopslag Bergermeer

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Straal invloedsgebied [m]	312	m	
Afstand van turbine tot middelpunt opslagtank [m]	305	m	Bepaald in Arcgis
Straal cirkelbaan voor bepalen trefkans bladzwaartepunt [m]	300	m	Afstand minus helft diepte
	310	m	Afstand plus helft diepte
Vereenvoudigde aanpak op basis van grondoppervlak omdat: 'h' is een factor 9,6 kleiner dan $10 \times L \times (r^2/R^2)$			Criterion volgens rekenregels
h	10	m	
$10 \times L \times (r^2/R^2)$	96	m	
Kans raken opslag	3,68E-08	Per jaar	
Pod	6,95E-09	Per jaar	
Pzwpt	1,74E-11	Per m2 per jaar	
Apr	4,00E+02	m2	
b	10	m	
d	10	m	
h	10	m	
Poi	2,99E-08	Per jaar	
Pzwpt	1,74E-11	Per m2 per jaar	
Lb	41	m	
b	10	m	
d	10	m	

NXT tankstation

Parameter	Waarde	Eenheid	Toelichting
Straal invloedsgebied [m]	312	m	
Afstand van turbine tot middelpunt opslagtank [m]	303	m	Bepaald in Arcgis
Straak cirkelbaan voor bepalen trefkans bladzwaartepunt [m]	301,5	m	Afstand minus helft diepte
	304,5	m	Afstand plus helft diepte
Vereenvoudigde aanpak op basis van grondoppervlak omdat: 'h' is een factor 2,9 kleiner dan $10 \times L \times (r^2/R^2)$			Criterion volgens rekenregels
h	10	m	
$10 \times L \times (r^2/R^2)$	28	m	
Kans raken opslag	2,19E-08	Per jaar	
Pod	1,97E-09	Per jaar	
Pzwpt	1,49E-11	Per m2 per jaar	
Apr	1,32E+02	m2	
b	3	m	
d	3	m	
h	8,5	m	Inhoud van het vat is 60 m3
Poi	1,99E-08	Per jaar	
Pzwpt	1,49E-11	Per m2 per jaar	
Lb	41	m	
b	3	m	
d	3	m	

Bijlage

2. Berekening trefkans buisleidingen

Methodiek volgens: Rekenvoorschrift
Omgevingsveiligheid – Module IV - Windturbines

Enercon E70 - Indicatieve berekening additionele faalkans buisleidingdelen

Indicatieve berekening additionele faalkans ondergrondse buisleidingdelen gelegen in het gebied tussen de PR 10⁻⁶-contour en het invloedsgebied.

Bladworp			Input (per segment)											
nominaal werp	137	m	Segment nummer	1	-									
overtoren werp	380	m	Lengte van leiding segment	100	m									
			Afstand tot leiding segment	180,00	m									
mast														
Hoogte mast	815	m	Bladbreuk			Mastbreuk			Gondel en rotorafworp					
massa mast	2,16E+05	kg	Nominaal	Overtoren		Mast	Gondel en rotor		Blad	Gondel en rotor	Blad			
gondel			Berekening bijdrage faalkans											
lengte gondel	11,62	m	Bijdrage faalkans	0,00E+00	2,04E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	jaar ⁻¹ m ⁻¹	2,04E-11	
hoogte gondel	5,93	m	Lengte segment	100	100	100	100	100	100	100	100	m		
breedte gondel	5,4	m	Afstand segment	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	180,00	m		
massa gondel	1,06E+05	kg	Trefkans	149E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	m ⁻²		[bladwaartepunt]
Rotor			Faalkans	8,40E-04	5,00E-06	1,30E-04	1,30E-04	1,30E-04	4,00E-05	4,00E-05	4,00E-05	jaar ⁻¹		
Diameter rotor	71	m	Kritische strook	2,01	2,74	0,00	8,71	3,51	8,71	3,51	3,51	m		
massa hub	2,50E+04	kg	Index	1	1	1	1	0	1	0	0			
massa blad	6,00E+03	kg	Fractie	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
lengte blad	35,5	m	Berekening kritische strook											
zwaartepunt bla	12,78	m	Kritische strook	2,01	2,74	0,00	8,71	3,51	8,71	3,51	3,51	m		
omwentelingen	20,5	tpm	Diepteligging	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m		
Leiding			R	1,42	1,70	0,71	4,47	2,02	4,47	2,02	2,02			
Diepteligging	1	m	Berekening R (kritische afstand, penetratiediepte)											
Afstand tot leid	110	m	R	1,42	1,70	0,71	4,47	2,02	4,47	2,02	2,02	m		
Elasticiteit	2,1E+11	J	sigma toelaatbaar	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	Pa		
SMYS	2,45E+08	Pa	Ekinetisch	5,93E+06	9,31E+06	1,06E+06	1,05E+08	1,44E+07	1,05E+08	1,44E+07	1,44E+07	J		
P	4,00E+05	Pa	E	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	J		
Wanddikte leiding	7	mm	k1	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	0,3048	-		
Diameter leiding	324	mm	k2	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	4,44	-		
	12,75591	inch	k3	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	2,03E-04	-		
	12	304,8	bron	puntbron	puntbron	lijnbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	puntbron	-		
Algemeen			k4	1	1	0,43	1	1	1	1	1	-		
valversnelling	9,81	m/s ²	k5	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-		
E	2,1E+11	J	k6	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	-		
k1	0,3048	-	Berekening sigma toelaatbaar											
k2	4,44	-	sigma toelaatbaar	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	2,36E+08	Pa		
k3	2,03E-04	-	SMYS	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	2,45E+08	Pa		
	puntbron	lijnbron	P	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	4,00E+05	Pa		
k4	1	0,43	D	324	324	324	324	324	324	324	324	mm		
k5	2,5	1,5	t	7	7	7	7	7	7	7	7	mm		
k6	0,77	0,77	Berekening kinetische energie (Ekinetisch)											
Faalkansen			Ekinetisch	5,93E+06	9,31E+06	1,06E+06	1,05E+08	1,44E+07	1,05E+08	1,44E+07	1,44E+07	J		
Bladworp nom	8,4E-04	jaar ⁻¹	m	6,00E+03	6,00E+03	2,16E+05	1,31E+05	1,80E+04	1,31E+05	1,80E+04	1,80E+04	kg		
Bladworp over	5,0E-06	jaar ⁻¹	q	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	m/s ²		
Mastbreuk	1,3E-04	jaar ⁻¹	h	815	815	815	815	815	815	815	815	m		
Gonden en rote	4,0E-05	jaar ⁻¹	v	27,44	54,87							m/s		
			f	0,50	0,50	1	1	1	1	1	1	-		
			omega	20,5	41							tpm		
			l	35,5	35,5							m		
			zwp	12,78	12,78	41						m		
			zwp/l	2,78	2,78							-		

[illegible]

Enercon E82 - Indicatieve berekening additionele faalkans buisleidingdelen

Indicatieve berekening additionele faalkans ondergrondse buisleidingdelen gelegen in het gebied tussen de PR 10⁻⁶-contour en het invloedsgebied.

Bladworp

nominaal werp

overtoren werp

mast

Hoogte mast

massa mast

gondel

lenste gondel

hoogte gondel

breedte gondel

massa gondel

Rotor

Diameter rotor

massa hub

massa blad

lengte blad

zwaartepunt bla

omwentelingen

Leiding

Diepteligging

Afstand tot leid

Elasticiteit

SMYS

P

Wanddikte leidi

Diameter leiding

Algemeen

valversnelling (v)

E

k1

k2

k3

k4

k5

k6

Faalkansen

Bladworp nom

Bladworp over

Mastbreek

Gonden en rote

118

312

85

1,74E+05

11,7

5,53

5

1,33E+05

82

3,00E+04

8,62E+03

41

13,18

17,5

1

110

2,1E+11

2,45E+08

4,00E+05

7

324

12,75591

12

304,8

9,81

2,1E+11

0,3048

4,44

2,03E-04

1

0,43

2,5

0,77

8,4E-04

5,0E-06

1,3E-04

4,0E-05

m

m

m

kg

m

m

m

m

kg

m

kg

m

kg

m

kg

mm

inch

mm

m/s²

J

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-