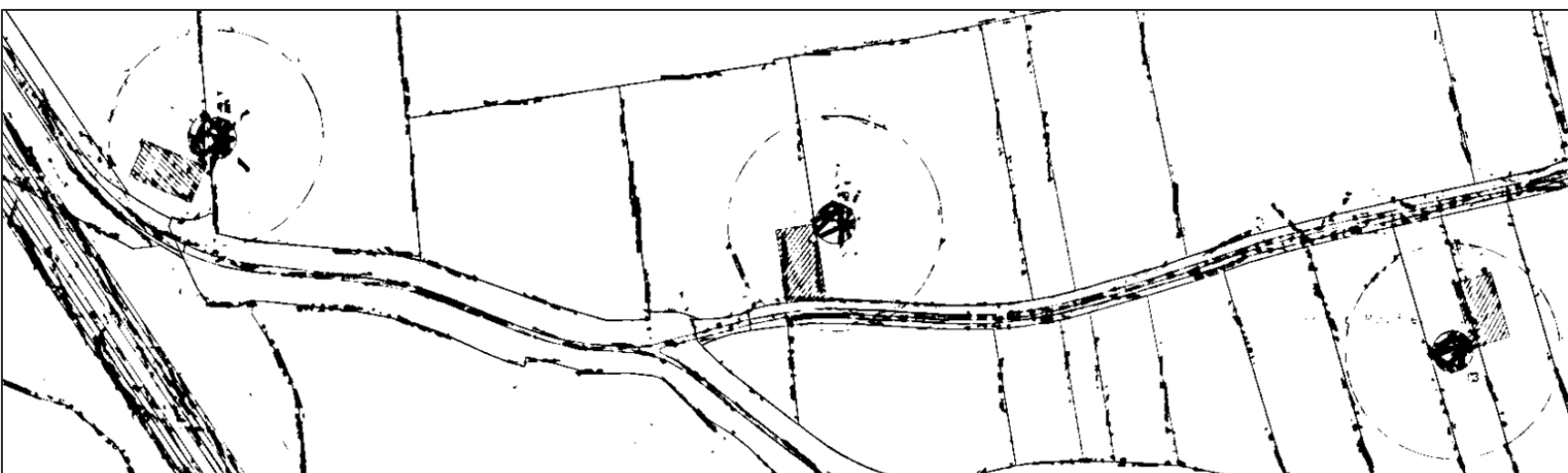


719215
29 april 2020

ANALYSE EXTERNE
VEILIGHEID
BURGERWINDPARK A2 -
LAGE ROOIJEN

GREEN TRUST B.V. &
COÖPERATIE
BOMMELERWAAR

V1.1





Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Analyse externe veiligheid Burgerwindpark A2 - Lage Rooijen
Soort document	V1.1
Datum	29 april 2020
Projectnummer	719215
Opdrachtgever	Green trust B.V. & coöperatie Bommelerwaard
Auteur	Bouke Vogelaar, Pondera Consult
Vrijgave	Martijn Edink, Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Windturbines	1
1.2	Posities windturbines	4
2	Bebouwing	5
2.1	Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten	5
2.2	Bestemmingsplanmogelijkheden	6
3	Wegen	8
3.1	Rijkswegen	8
3.2	Gevaarlijke transporten	9
3.3	Waterwegen	10
3.4	Spoorwegen	10
4	Risicovolle inrichtingen en installaties	11
5	Ondergrondse buisleidingen en bovengrondse gasnetwerk	12
6	Hoogspanningsinfrastructuren	13
7	Waterkeringen	14
7.1	Inleiding	14
7.2	Toetsafstand	14
7.3	Trefkans dijklichaam	15
7.4	Bepaling gevolgschade door treffen	17
7.5	Restprofiel en inschatting waterstanden	18
7.6	Risico inschatting bovengrondse effecten waterkering	19
7.7	Vervolg contact waterschap	19
8	Kwalitatieve analyse ijsworp scenario	20

1 INLEIDING

Green Trust B.V en Coöperatie Bommelerwaard heeft het voornemen om een drietal windturbines te realiseren ten noordwesten van Empel in de oksel van de Maas en de snelweg A2. Het gebied betreft een voornamelijk agrarische omgeving met belangrijke aanwezigheid van de snelweg als voorname infrastructuur en de Maasdijk als waterkering van de Maas.

Deze analyse onderzoekt wat de mogelijke effecten kunnen zijn in relatie tot het onderwerp externe veiligheid en toetst dit aan huidige wet- en regelgeving voor de veiligheid van de omgeving bij de ontwikkeling, exploitatie en bouw van windturbines. Hierbij worden de windturbines getoetst aan de eisen in het geldende Activiteitenbesluit milieubeheer (Activiteitenbesluit). Ook wordt, waar relevant, een doorkijk gegeven naar mogelijke effecten voor inrichtingen van derden in de omgeving in relatie tot het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en voor buisleidingen naar het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Additioneel worden ook andere beleidsvraagstukken beschouwd zoals de invloed van de windturbines op de veiligheid van de waterkering, passanten of gevaarlijk vervoer op de snelwegen en gevolgen voor momenteel onderliggende bestemmingen.

Alle uitgangspunten, faalscenario's en analyses in deze rapportage zijn gebaseerd op het handboek voor risicozonering van windturbines bestaande uit een handleiding en de handreiking (versie 1.0 – 21 januari 2020)¹, dat een handreiking geeft voor de uitvoering van risicoanalyses bij windturbines in Nederland. De handleiding en de handreiking zijn wijd geaccepteerd als leidraad voor het uitvoeren van dergelijke analyses en meermaals juridisch getoetst in windenergieprojecten. Daarnaast wordt gekeken naar gepubliceerd aanvullend beleid dat betrokken beheerders van infrastructuur, overheden of derden volgen.

In de hierop volgende hoofdstukken wordt per onderwerp de veiligheidssituatie geanalyseerd.

1.1 Windturbines

Om inzicht te geven in de mogelijkheden en risico's wordt gebruik gemaakt van een bandbreedte voor de toe te passen afmetingen van de windturbines. De toegepaste bandbreedten staan vermeld in Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Toepassing onderzochte maximale bandbreedte windturbines

Eigenschap	Minimaal	Maximaal	Eenheid
Tiphoogte	178,5	220	meter
Rotordiameter	117	150	meter
Ashoogte	120	150	meter

Op basis van bovenstaande dimensies is een lijst met windturbines opgesteld die mogelijk gerealiseerd zouden kunnen worden binnen de aangegeven bandbreedtes, om daarmee de maximale effecten op het gebied van externe veiligheid te kunnen bepalen. Uitgangspunt hierbij is dat de analyse wordt uitgevoerd aan de hand van de combinatie van potentieel meest

¹ Vanaf nu samen genaamd: Het HRW of het Handboek risicozonering

nadelige eigenschappen zodat elke uiteindelijk te plaatsen windturbine veiliger is dan (of gelijk aan) de onderzochte worst-case situatie. De windturbines waarvan de effecten zijn bepaald staan in Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Windturbines onderzocht op potentiële effecten

Windturbintype	Rotordiameter (in m)	Nominaal toerental (in rpm ⁽²⁾)	Toegepaste ashoogte (in m)
Vestas V150-4.2	150	10,4	145
Enercon E-147 EP5	147	10,4	146,5
Siemens SWT-DD-142	142	11,2	149
GE 3.4-137	137	11,5	150
Vestas V136-3.45	136	11,7	150
Siemens SWT-DD-130	130	12,5	150
GE 3.2-130	130	12,1	150
Vestas V126-3.3	126	12,8	150
Vestas V117-3.6	117	14	150

*NB – Het kan zijn dat windturbintypes variëren in vermogen t.o.v. deze lijst. Het vermogen is geen eigenschap die direct invloed heeft op de te bepalen veiligheidseffecten. De hier genoemde vermogens zijn ter indicatie.

1.1.1 Interne veiligheid

De interne veiligheid van windturbines is geregeld via de certificering van het ontwerp en de productie. In Nederland mogen alleen windturbines worden geplaatst die gecertificeerd zijn volgens de veiligheidsnormen NVN 11400-0 en aansluitend NEN-EN-IEC 61400. Deze normen bevatten criteria voor veiligheid, geluidemissies en rendement. De keuring volgens deze normen is gericht op een veilige en betrouwbare werking van een windturbine en wordt verricht door een erkend keuringsinstituut. Het windturbineontwerp wordt o.a. gecontroleerd op sterkte van de constructie, elektrische veiligheid, bliksemafleiding en beveiliging tegen te harde wind. De windturbine wordt ook getest. Zo worden er bijvoorbeeld onder verschillende omstandigheden remproeven uitgevoerd. Ook wordt de brandveiligheid van de constructie in de normen behandeld. Voor uitvoering van deze analyse wordt ervan uitgegaan dat de te plaatsen windturbines NEN-EN-IEC-61400 gecertificeerd zijn. Het onderwerp interne veiligheid wordt verder niet geanalyseerd.

1.1.2 Faalscenario's en bepaling effectafstanden

Windturbines kunnen op vijf manieren een risico veroorzaken voor hun omgeving. Het Handboek risicozonering omschrijft de volgende vijf scenario's:

- Mastfalen
 - Het omvallen vanaf de mast, worst-case weergegeven door omvallen vanaf de voet van de mast.
- Gondelfalen

² Rpm = rotaties per minuut

- Het naar beneden vallen van de gondel (of rotorhub), weergegeven door het naar beneden vallen van de gondel inclusief de volledige rotor vallend langs de masttoeren.
- Bladworp bij nominaal toerental en overtoeren
 - Het afwerpen van een enkel rotorblad tijdens operatie met een nominaal toerental of in een overtoerensituatie³.
- Vallende kleine onderdelen
 - Het naar beneden vallen van kleine onderdelen zoals bouten en moeren. Dit scenario veroorzaakt vrijwel geen schade of risico voor de externe omgeving door de kleine kans van voorkomen en het relatief beperkte gevolg. Dit scenario wordt niet verder onderzocht in deze analyse.
- Het afwerpen of neervallen van ijsvorming
 - Bij significante ijsvorming aan de bladen kunnen brokstukken van ijs worden afgeworpen. In Hoofdstuk 8 worden over dit scenario adviezen gegeven voor de betrokken locaties.

Per faalscenario hoort een maximale effectafstand. Buiten deze maximale effectafstand is er geen sprake van een significant risico voor het betrokken faalscenario. Voor mastfalen is de maximale effectafstand de afstand van tiphoogte wat in deze analyse maximaal 220 meter is. Voor gondelfalen omschrijft het HRW een maximale afstand van een halve rotordiameter die in dit geval 75 meter bedraagt. De maximale effectafstanden bij bladworp worden berekend met behulp van:

- de gegeven nominale toerentallen en;
- een generieke zwaartepuntsafstand van $1/3^e$ bladlengte tot het centrum van de as.

Hiervoor worden de formules 2.1.1 t/m 2.1.9 uit pagina C-10 van het HRW gebruikt. Tabel 1.3 geeft de verschillende werpafstanden voor de onderzochte windturbintypes weer.

Tabel 1.3 Werpafstanden windturbines onderzocht op potentiële effecten (maximale waarden zijn dikgedrukt)

Windturbintype	Werpafstand bij nominaal toerental in meters	Werpafstand bij overtoeren toerental in meters
Vestas V150-4.2	169	424
Enercon E-147 EP5	165	413
Siemens SWT-DD-142	174	440
GE 3.4-137	172	434
Vestas V136-3.45	174	441
Siemens SWT-DD-130	179	455
GE 3.2-130	172	433
Vestas V126-3.3	177	450
Vestas V117-3.6	180	460

³ Conform het HRW wordt de overtoeren situatie omschreven als bladworp bij 2x het nominale toerental. Dit is een overschatting van de werkelijk optredende toerentallen bij een overtoeren situatie, welke eerder 1,25x het nominaal toerental bedragen.

Om de maximale effecten goed weer te geven wordt de werpafstand genomen van een fictieve windturbine met een maximale werpafstand van 180 meter bij nominaal toerental en 460 meter bij overtoeren. Er wordt voor het te werpen blad wel uitgegaan van de maximale bladlengte van 75 meter. Hiermee wordt een worst-case situatie inzichtelijk gemaakt en kunnen de effecten in werkelijkheid enkel kleiner zijn dan berekend, mits de uiteindelijk te bouwen windturbine binnen de genoemde bandbreedte blijft.

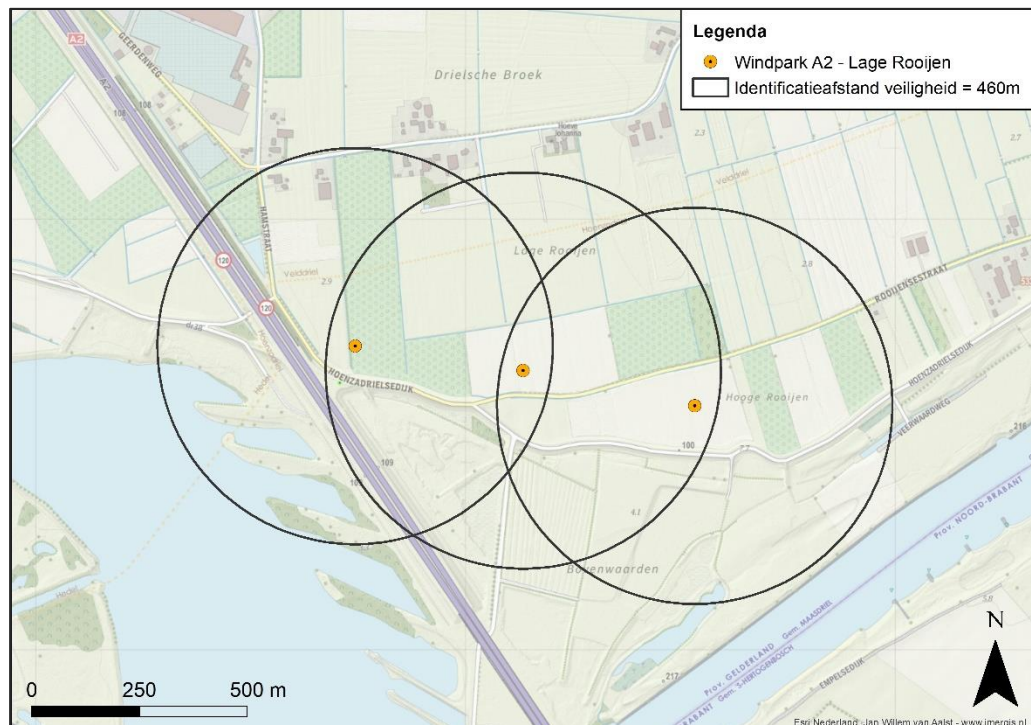
1.2 Posities windturbines

In deze analyse worden drie windturbineposities onderzocht: WT01, WT02 en WT03. De coördinaten van de windturbines staan weergegeven in Tabel 1.4 en de posities zijn zichtbaar in Figuur 1.1. Conform de maximale effectafstanden in paragraaf 1.1.2 is de identificatieafstand voor het veiligheidsonderzoek gesteld op 460 meter. Objecten buiten deze afstand zullen volgens de methodiek in het Handboek risicozonering geen risico ondervinden en hoeven niet te worden beschouwd onder het thema externe veiligheid.

Tabel 1.4 Onderzochte windturbineposities (coördinaten in Rijksdriehoekstel)

Windturbinepositie	X-coördinaat	Y-coördinaat
WTG 1	148.743	417.706
WTG 2	149.134	417.649
WTG 3	149.533	417.567

Figuur 1.1 Weergave windturbineposities en identificatieafstand



De volgende hoofdstukken volgen de opbouw van het Handboek risicozonering.

2 BEBOUWING

2.1 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Windturbines vallen qua toetsing van externe veiligheid onder het Activiteitenbesluit milieubeheer. Hierin is naast algemene regels over onderhoud, inspectie en veiligheid in artikel 3.15a opgenomen dat:

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

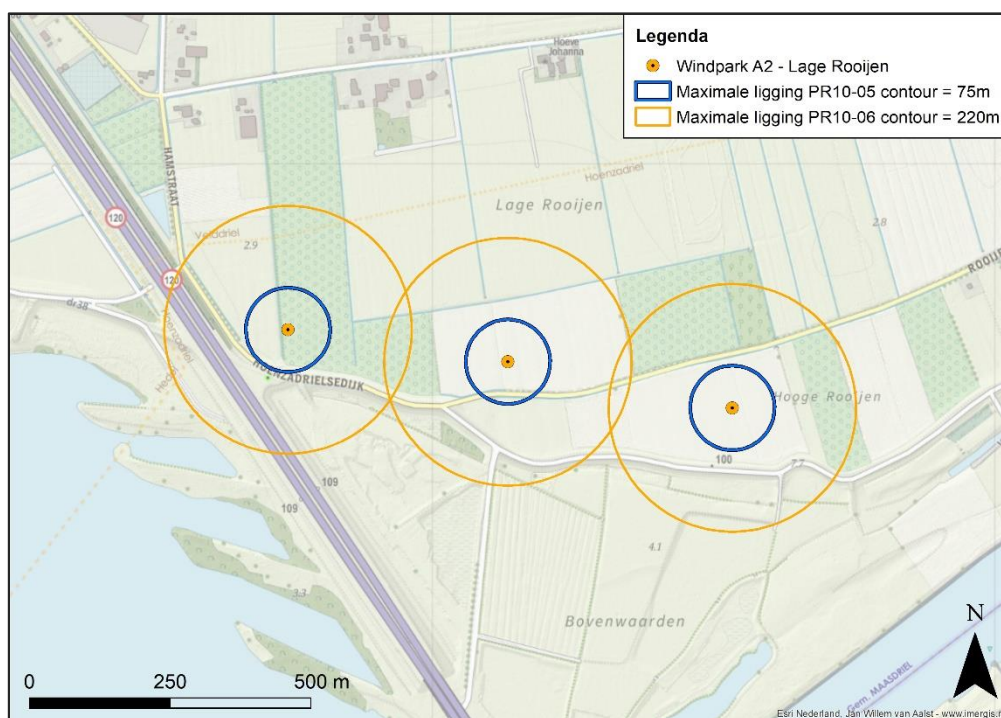
Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10^{-5} per jaar.

Op het moment dat de toekomstige omgevingswet wordt ingevoerd vallen windturbines onder het Besluit activiteiten leefomgeving (BAL) in artikel 3.13 geldt een vergunningplicht, waarbij de PR 10^{-5} en 10^{-6} afstanden moeten worden berekend.

De plaatsgebonden risicocontouren liggen conform de vuistregels uit het HRW nooit verder dan de volgende afstanden:

- De PR 10^{-5} contour ligt maximaal op een afstand van een halve rotordiameter (hier: 75 meter) en;
- de PR 10^{-6} contour ligt maximaal op de grootste afstand van of de tiphoogte (220 meter) of de werpafstand bij nominaal toerental (180 meter).

Figuur 2.1 Weergave maximale ligging PR-contouren uit vuistregels HRW



Voor windturbines binnen de bandbreedte is de PR10⁻⁰⁶ volgens de vuistregel nooit verder gelegen dan 220 meter. Voor specifieke windturbines kan de werkelijke specifieke PR10⁻⁰⁶ contour kleiner zijn.

Er zijn geen objecten aanwezig binnen een afstand van 220 meter. Het eerste gebouw (object) van derden is gelegen op een minimale afstand van circa 345 meter. Er kan met zekerheid worden voldaan aan artikel 3.15a lid 1 van het activiteitenbesluit milieubeheer.

Voor windturbines binnen de bandbreedte is de PR10⁻⁰⁵ volgens de vuistregel nooit verder gelegen dan 75 meter. Voor specifieke windturbines kan de werkelijke specifieke PR10⁻⁰⁵ contour kleiner zijn.

Er zijn geen objecten aanwezig binnen een afstand van 75 meter. Het eerste gebouw (object) van derden is gelegen op een minimale afstand van circa 345 meter. Er kan met zekerheid worden voldaan aan artikel 3.15a lid 2 van het activiteitenbesluit milieubeheer.

2.2 Bestemmingsplanmogelijkheden

Naast invloed op bestaande objecten kunnen windturbines een invloed hebben op de mogelijkheden van bestemmingen⁴ in de nabije omgeving. Binnen de maximale ligging van de PR10-05 en PR10-06 contour zijn bestemmingen aanwezig die vallen onder:

- Agrarisch met waarden;
 - Voor deze bestemming geldt dat er buiten de aanwezige bouwvlakken geen gebouwen mogen worden gebouwd. Er zijn geen bouwvlakken aanwezig binnen de maximale ligging van de PR-contouren.
- Verkeer;
 - Voor deze bestemmingen geldt dat enkel gebouwen ten behoeve van de bestemming verkeer. Deze bestemmingen zijn enkel opgenomen gelegen over de lokale wegen zonder voldoende breedte om een andere invulling van de bestemming verkeer te kunnen geven. Er kunnen hier geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Water;
 - Op deze bestemming mogen geen gebouwen worden gerealiseerd.
- Natuur.
 - Op deze bestemming mogen enkel zeer kleine gebouwen worden gerealiseerd ten behoeve van de bestemming natuur zoals bijvoorbeeld: vogeluitkijkposten en fietsersschuilhutten. Dergelijke objecten kunnen worden gezien als beperkt kwetsbare objecten. Deze bestemming is niet gelegen binnen de PR10⁻⁰⁵ contour waardoor er vanuit de windturbines geen belemmering ontstaat voor beperkt kwetsbare objecten op deze bestemming.

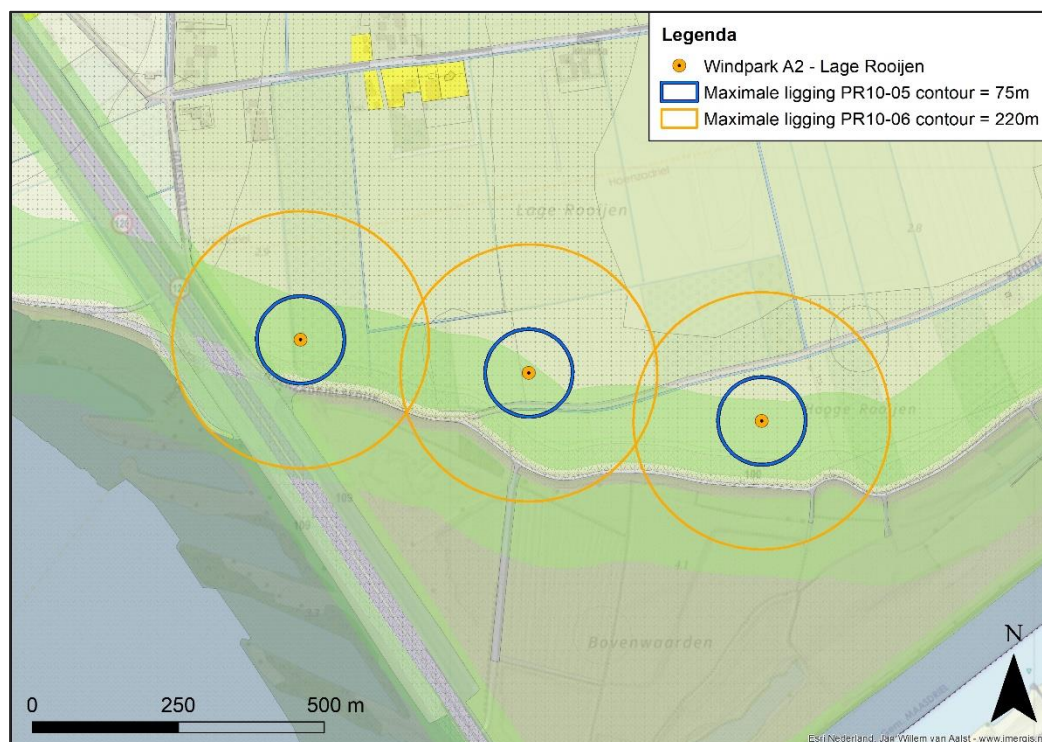
Voor de dubbelbestemmingen of relevante aanduidingen in het bestemmingsplan geldt dat er geen aanduidingen of dubbelbestemmingen zijn geïdentificeerd die de bouw van beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten mogelijk maakt. De windturbines veroorzaken door hun komst geen additionele belemmering voor objecten. Ten behoeve van duidelijkheid en helderheid

⁴ Bestemmingen geraadpleegd in: Bestemmingsplan Buitengebied herziening 2016 vastgesteld op 2019-06-26

verdient het aanbeveling om bij het ruimtelijk mogelijk maken van de windturbines een zone rond de windturbines op te nemen waarin de ontwikkeling van beperkt kwetsbare objecten wordt uitgesloten met een maximale maat gelijk aan de $PR10^{-05}$ contour. Deze is maximaal gezien gelegen op een afstand van 75 meter.

Bij de inwerkingtreding van de omgevingswet dient ook rekening te worden gehouden met de definities voor Beperkt kwetsbare gebouwen, Beperkt kwetsbare locaties, Kwetsbare gebouwen, Kwetsbare locaties en Zeer kwetsbare gebouwen uit bijlage VI het Besluit kwaliteit leefomgeving. De huidige bestemmingen geven geen aanleiding om een verandering van de analyse te verwachten. Wel dienen er binnen de maximale maat van de $PR10^{-05}$ contour naast beperkt kwetsbare objecten ook geen beperkt kwetsbare gebouwen en geen beperkt kwetsbare locaties mogelijk te zijn. De plaatsing van kwetsbare gebouwen, zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare locaties is niet mogelijk in de huidige bestemmingsplanmogelijkheden.

Figuur 2.2 Weergave geldend bestemmingsplan t.o.v. maximale ligging PR-contouren



3 WEGEN

3.1 Rijkswegen

Het HRW stelt dat Rijkswaterstaat een vergunning afgeeft indien windturbines worden geplaatst op, in of over rijkswaterstaatwerken. Voor het verlenen van de vergunning hanteert Rijkswaterstaat een afstandseis van ten minste 30 meter of een halve rotordiameter. Ook dient bij plaatsing binnen een afstand van de werpafstand bij nominaal toerental (180 meter) het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) te worden berekend. Windturbine WT01 is gelegen op een afstand van 83 meter vanaf de grens van percelen (perceel 567) die worden geacht te behoren bij de snelweg A2 en in eigendom zijn van Rijkswaterstaat en voldoet daarmee aan de gestelde afstandseisen waardoor geen vergunning benodigd lijkt te zijn. De afstand tot de rand van de verharding van de snelweg is 112 meter waardoor een IPR en MR berekening benodigd is. Windturbines WT02 en WT03 bevinden zich op grotere afstanden, voor deze windturbines is geen analyse benodigd.

Voor de berekening van het IPR en het MR worden de formules uit het HRW gebruikt uit bijlage C : 3.1.1 t/m 3.2.4 en formules 5.2.1. t/m 5.2.5 voor een geheel voertuig. Het IPR en het MR uitgerekend worden voor een onbeschermd persoon. Het berekenen van het gehele voertuig is daarmee een worst-case benadering (25x).

Tabel 3.1 Eigenschappen voor IPR en MR berekeningen

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Afstand tot hart weg	112	[m]
Lengte van voertuig (lo)	12	[m]
Remweg van voertuig	100	[m]
Breedte van voertuig (bo)	3,5	[m]
Snelheid van voertuig	80	[km/uur]
Snelheid van voertuig (2)	22,2	[m/s]
Lengte wegdeel bladworp GIS	281	[m]
Aantal passages max individu	500	[#/jaar]
Personen per voertuig	1,6	[#/voertuig]
Aantal voertuigen per tijdseenheid ⁵	23.498.550	[#/tijdseenheid]
Aantal tijdseenheden per jaar	1	[Tijdseenheid/jaar]
Aantal persoonspassages totaal	37.597.680	[#/jaar]
Ashoogte	150	[m]
Lengte van rotorblad (1/2e RD)	75	[m]
Trefkans op h.o.h. afstand (Pzwpt per m)	4,99E-09	[#/m2]

⁵ Getal bepaald op basis van INWEVA 2019 voor een werkdag met een intensiteit van 71.100 vte/etmaal met 250 werkdagen en 115 weekenddagen met 70% intensiteit.

De trefkans voor een passerend voertuig bedraagt $2,3 \times 10^{-11}$ per passage. Dit leidt tot een IPR van $1,1 \times 10^{-08}$. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1×10^{-06} per jaar. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op $8,6 \times 10^{-04}$ per jaar. Ook dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2×10^{-03} . De jaarlijkse verkeersintensiteit op de snelweg zou moeten toenemen van 23,5 miljoen voertuigen tot 55 miljoen voertuigen voordat het MR overschreden zou worden. Van deze groei is met zekerheid geen sprake op dit tracé.

Voor overige lokale wegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing. De eerste openbaar toegankelijke lokale wegen zijn gelegen buiten de eigen inrichting zijn de Hoenzadrielsedijk en de Rooijensestraat. Dit zijn lokale wegen waar geen significante hoeveelheden verkeer wordt verwacht. Er zijn geen logische stopmomenten aanwezig langs deze wegen waarmee er geen langdurige verblijfstijd op deze wegen wordt verwacht. Gezien de zeer beperkte hoeveelheid verkeersbewegingen en de korte verblijfstijd nabij de windturbines zullen de risico's voor passanten minimaal zijn en is nadere analyse van deze lokale wegen niet benodigd. Ter informatie is het IPR en het MR uitgerekend voor een fietsende passant op de minimale afstand van 53 meter. Het IPR bedraagt $6,3 \times 10^{-09}$ bij 500 passages van een individu per jaar en zelfs bij 1.000 fietsers per dag is het MR nog $4,1 \times 10^{-06}$. Ook voor lokale wegen kan er ruim worden voldaan aan de eisen die Rijkswaterstaat stelt voor passanten.

3.1.1 Verbreding rijksweg A2

Naast de huidige rijksweg is sprake van een reserveringszone van Rijkswaterstaat voor de eventuele toekomstige verbreding van de rijksweg A2. Deze zone loopt tot op een minimale afstand van 83 meter vanaf het hart van de windturbine. Om de effecten van de windturbine op de situatie met een maximale verbreding inzichtelijk te maken is de berekening opnieuw uitgevoerd met een afstand tot de rand van de verharding van de snelweg van 83 meter.

De trefkans voor een passerend voertuig bedraagt $2,7 \times 10^{-11}$ per passage. Dit leidt tot een IPR van $1,4 \times 10^{-08}$. Dit is ruim beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal IPR van 1×10^{-06} per jaar. Het Maatschappelijk Risico (MR) is bepaald op $1,0 \times 10^{-03}$ per jaar. Ook dit is beneden de normstelling van Rijkswaterstaat van maximaal MR van 2×10^{-03} . De jaarlijkse verkeersintensiteit op de snelweg zou moeten toenemen van 23,5 miljoen voertuigen tot 45 miljoen voertuigen voordat het MR overschreden zou worden.

3.2 Gevaarlijke transporten

De snelweg A2 kan ook gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. De risico's die dit vervoer met zich meebrengt zouden kunnen worden verhoogd door de aanwezigheid van een windturbine. Om te analyseren of hier sprake van is wordt het huidige risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen vergeleken met het additionele risico wat de windturbine veroorzaakt. Uit de berekeningen in paragraaf 3.1 blijkt dat het risico van de windturbine voor een vrachtwagen per passage circa $2,3 \times 10^{-11}$ bedraagt over een weglengte van 375 meter (binnen tiphoogteafstand). Conform de Handleiding risicoanalyse transport (HART) v1-2 is de huidige ongevalsrequentie van een tankwagen onder druk op een snelweg gelijk aan $4,3 \times 10^{-09}$. Dit betekent dat het extra risico van de windturbine +1,4% bedraagt. Een dergelijke risicotoevoeging ruim onder de 10% kan als verwaarloosbaar worden gezien ten opzichte van

het aanwezige risico. Dit toegevoegde risico is zodanig klein dat er geen nieuwe risicoanalyse van de transporten op de snelweg hoeft plaats te vinden.

3.3 Waterwegen

Ook voor waterwegen geldt dat er enkel algemene beleidsregels beschikbaar zijn voor rijkswaterwegen. Voor overige waterwegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

Het hart van de waterwegen in de omgeving (Maas) zijn gelegen op meer dan 550 meter afstand en de rand van het water is gelegen op 480 meter afstand. Er zijn geen waterwegen die een risico ondervinden.

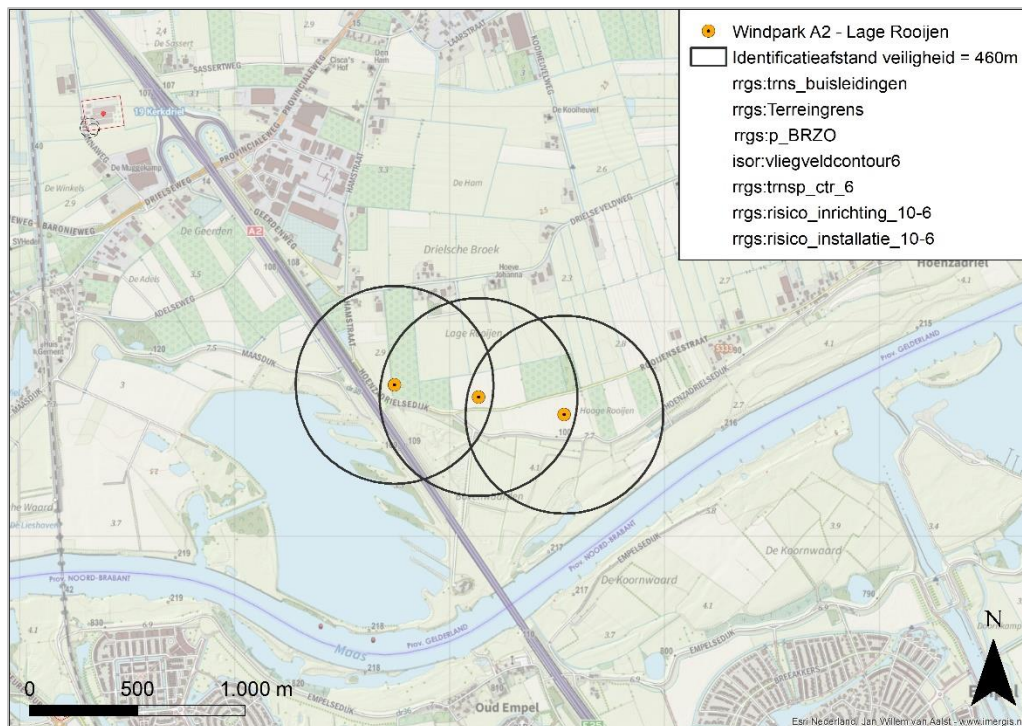
3.4 Spoorwegen

De eerste spoorweg in de omgeving ligt op circa 1,5 kilometer afstand ruim buiten de maximale effectafstand. Er is geen sprake van enig risico.

4 RISICOVOLLE INRICHTINGEN EN INSTALLATIES

Er zijn volgens de risicokaart (risicokaart.nl), geraadpleegd op 29 april 2020) geen risicovolle installaties of risicovolle inrichtingen aanwezig binnen de maximale identificatieafstand van 460 meter. De eerste risicovolle inrichting is gelegen op ruim 1,7 kilometer afstand.

Figuur 4.1 Weergave maximale effectafstand t.a.v. risicovolle installaties



5 ONDERGRONDSE BUISLEIDINGEN EN BOVENGRONDSE GASNETWERK

Er is volgens de risicokaart geen gasnetwerk behorende onder het Besluit externe veiligheid buisleidingen (BevB) aanwezig in de nabijheid van het beoogde windpark. De afstand is meer dan 4 kilometer tot het eerste gasnetwerk.

6 HOOGSPANNINGSINFRASTRUCTUREN

Er is geen netwerk behorende bij de hoogspanningsinfrastructuur aanwezig in de nabijheid van het plangebied van het beoogde windpark. Het eerste netwerk is aanwezig op een afstand van meer dan 3 kilometer.

7 WATERKERINGEN

7.1 Inleiding

Dijkbeheerders in Nederland moeten ervoor zorgen dat primaire waterkeringen voldoen aan de veiligheidseisen die hieraan worden gesteld. Dit betekent dat elke waterkering in Nederland dient te voldoen aan een bepaalde norm waarmee de kans op economische schade zo klein mogelijk wordt gehouden. In het Nationaal Basisbestand Primaire waterkeringen zijn de normen te vinden waaraan elk dijktraject dient te voldoen. Dit bestaat uit een signaleringswaarde en een maximaal toelaatbare faalkans voor een waterkering. Door de trefkans van een windturbine te vergelijken met deze waarden kan inzicht worden verleend in wat de additionele faalkans is van een dijklichaam in relatie tot het risico wat de aanwezigheid van de windturbines hieraan toevoegt.

De signaleringswaarde voor een dijktraject is, samen met de ondergrens, als norm in de wet opgenomen. De waarde betreft een overstromingskans. Alle primaire waterkeringen in Nederland hebben een signaleringsnorm gekregen tussen de 1:300 en de 1:1.000.000. Voor het hier betrokken dijktraject 38-2 is de signaleringswaarde gelijk aan 1:10.000 jaar en de ondergrens is 1:3000 jaar.

Een windturbine kan op verschillende manieren een effect veroorzaken aan de functionele werking van een waterkering welke grofweg is onder te verdelen in twee categorieën:

- Bovengrondse effecten;
 - Effecten afkomstig van de kans op schade doordat windturbineonderdelen tijdens het falen van een windturbine op of tegen een waterkering aan vallen en daarmee een gat slaan in de waterkering. Dit zijn effecten die tijdens exploitatie optreden.
- Ondergrondse effecten.
 - Effecten afkomstig van ondergrondse effecten zoals trillingen, lokale en interne erosie, zetting, afschuiven of zettingsvloeiing. Dit zijn effecten die zowel deels tijdens exploitatie of voornamelijk tijdens de bouw (trillingen) kunnen optreden.

Deze analyse beschouwd enkel de mogelijke bovengrondse effecten volgens het Handboek risicozonering.

7.2 Toetsafstand

Rijkswaterstaat dient een vergunning af te geven voor de bouw van windturbines indien de windturbines op of boven gronden van Rijkswaterstaat wordt geplaatst. Dit betekent dat indien de rotor draait over een dijk of waterkering in eigendom van Rijkswaterstaat dat er een vergunning benodigd is. De betrokken terrein van de dijk is in eigendom van het Waterschap Rivierenland. Het eigendom van Rijkswaterstaat is gelegen rondom de snelweg A2. De afstand tot dit perceel bedraagt 83 meter waarmee er geen sprake is van rotoroverdraai (75 meter) over eigendom van Rijkswaterstaat.

Er is daarmee geen vergunning benodigd voor de bouw van de windturbines van Rijkswaterstaat maar er is wel sprake van overdraai over het terrein in beheer van Waterschap Rivierenland. De dijkbeheerders dienen in Nederland zorg te dragen voor de veiligheid van de

waterkeringen en er dient contact met de dijkbeheerders op te treden om de effecten inzichtelijk te maken. Als een eerste analyse wordt hier de trefkans van de bovengrondse effecten inzichtelijk gemaakt.

7.3 Trefkans dijklichaam

Om de trefkans van het dijklichaam inzichtelijk te maken wordt de kans op het landen van gewichten van windturbineonderdelen tussen de binnenteenlijn en de buitenteenlijn zoals opgenomen in de legger van het Waterschap Rivierenland. Deze zone geeft een goede weergave van de trefkans van zowel de kruin van de dijk als een beperkte zone eromheen waar nog significante schade aan de functionele werking van de dijk zou kunnen plaatsvinden als daar een gat in wordt geslagen.

Er worden drie faalscenario's van de windturbine onderzocht:

- Gondelfalen;
 - Gondel en rotorbladen vallen langs de mast naar beneden.
- Mastfalen;
 - De windturbine faalt vanaf de voet van het fundament en valt in zijn geheel om.
- Bladworp bij nominaal toerental.
 - Een enkel blad wordt tijdens nominaal toerental in zijn geheel weggegooid.

Voor deze faalscenario's wordt bepaald wat de kans is dat een vallend gewicht op de waterkering valt. De trefkans die hieruit volgt kan vervolgens gebruikt worden om te analyseren wat het risico is maar hierbij dient dan nog rekening te worden gehouden met de hoeveelheid schade en wat de kans is op hoogwater tijdens de reparatietijd. Om deze punten af te stemmen en om het beoordelingskader te bepalen is nadere afstemming met de dijkbeheerder benodigd.

7.3.1 Trefkans Gondelfalen

Bij gondelfalen blijft de mast staan en valt de gondel inclusief de rotorbladen van de toren af. De gondel valt langs de mast naar beneden. Dit betekent dat het gewicht van de gondel zelf op maximaal een mastbreedte + de maximale afmeting van een gondel de grond zal treffen. De maximale mastbreedte bedraagt circa 16 meter --> 8 meter + 20 meter = 28 meter. De binnenteen van de waterkering bevindt zich op meer dan 68 meter bij alle drie de windturbines. Het gondelgewicht zal bij het gondelfaalscenario niet de waterkering treffen. De rotorbladen vallen ook nog mee naar beneden met de gondel maar blijven wel vast zitten aan de gondel. Dit betekent dat het gewicht van een rotorblad nog op 1/3^e bladlengte (25m) aan afstand vanaf de gondel de grond kan treffen. Bij gondelfalen valt het bladgewicht tot op 28 + 25 meter = 53 meter afstand. Overige delen van het blad zullen geen significante schade aan de waterkering veroorzaken. Het bladgewicht zal bij het gondelfaalscenario niet de waterkering treffen.

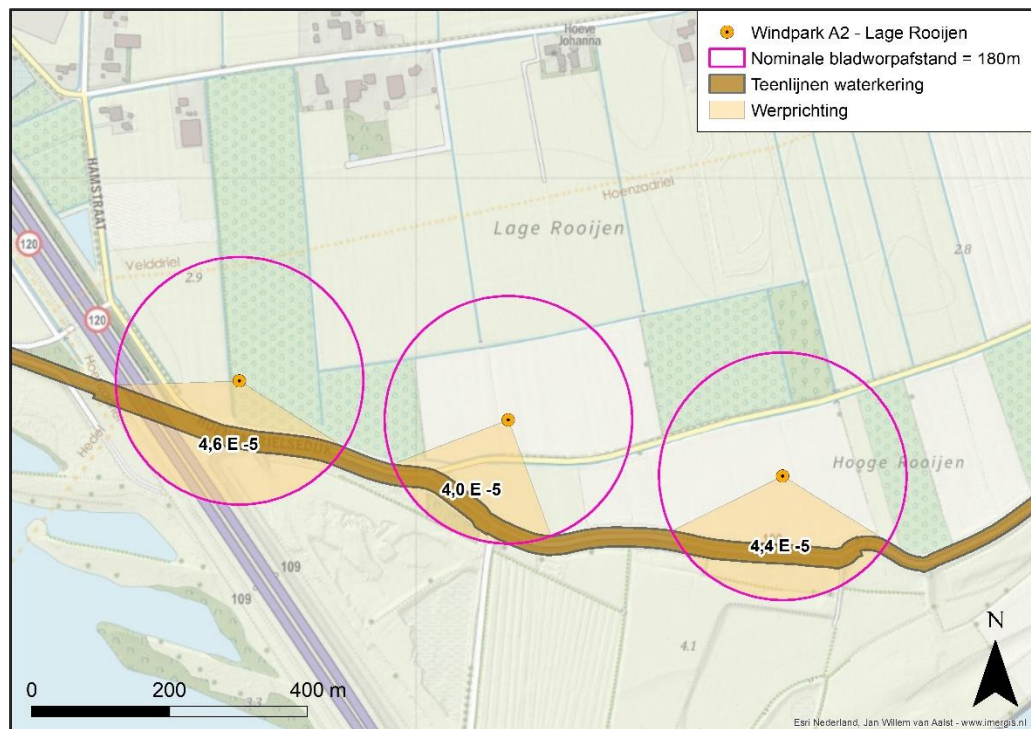
7.3.2 Trefkans Bladworp bij nominaal toerental

Als een blad afbreekt tijdens nominaal toerental dan kan dat maximaal geworpen worden tot op een afstand van 180 meter. Dit betekent dat de waterkering bij alle drie de windturbines getroffen kan worden bij bladworp. Door in het bladworp model voor elke windturbine elke 10 meter aan waterkering te modelleren als een trefzone kan specifiek bepaald worden wat de kans op bladworp is van de waterkering delen. Voor windturbine één geldt een trefkans van het

bladgewicht in de zone tussen de binnenteen en de buitenteen bij bladworp van $4,6 \times 10^{-05}$ per jaar.

Voor windturbine twee geldt een trefkans van het bladgewicht in de zone tussen de binnenteen en de buitenteen bij bladworp van 4×10^{-05} per jaar. Voor windturbine drie geldt een trefkans van het bladgewicht in de zone tussen de binnenteen en de buitenteen bij bladworp van $4,4 \times 10^{-05}$ per jaar.

Figuur 7.1 Weergave bladworp trefkansen waterkering



7.3.3 Trefkans mastfalen

Bij mastfalen zijn er drie verschillende zones te identificeren. Een zone waarbij het gondelgewicht op de waterkering zal vallen, een zone waarbij het mastgewicht op de waterkering zal vallen en een zone waarin een bladgewicht op de zone kan vallen. Met een uniforme verdeling van valrichtingen kan gekeken worden wat de kans is op welke valrichting.

Tabel 7.1 Kans op mastfalen windturbine 01

Windturbine 01	Vanaf graden	Tot graden	Valhoek	%-Valrichting
Valrichting bladgewicht west	274	264	10	2,8%
Valrichting gondelgewicht west	264	250	14	3,9%
Valrichting mastgewicht	250	139	111	30,8%
Valrichting gondelgewicht oost	139	126	13	3,6%
Valrichting bladgewicht oost	126	116	10	2,8%
Cumulatief				43,9% = $5,7 \times 10^{-05}$

Totaal % gondelgewicht = 7,5%; mastgewicht = 30,8% en bladgewicht = 5,6%

Tabel 7.2 Kans op mastfalen windturbine 02

Windturbine 02	Vanaf graden	Tot graden	Valhoek	%-Valrichting
Valrichting bladgewicht west	243	254	11	3,1%
Valrichting gondelgewicht	224	243	19	5,3%
Valrichting mastgewicht	211	224	13	3,6%
Valrichting gondelgewicht oost	180	211	31	8,6%
Valrichting bladgewicht oost	161	180	19	5,3%
Cumulatief				25,8% = $3,4 \times 10^{-05}$

Totaal % gondelgewicht = 13,9%; mastgewicht = 3,6% en bladgewicht = 8,3%

Tabel 7.3 Kans op mastfalen windturbine 03

Windturbine 03	Vanaf graden	Tot graden	Valhoek	%-Valrichting
Valrichting bladgewicht west	234	247	13	3,6%
Valrichting gondelgewicht west	216	234	18	5,0%
Valrichting mastgewicht	152	216	64	17,8%
Valrichting gondelgewicht oost	126	152	26	7,2%
Valrichting bladgewicht oost	115	126	11	3,1%
				36,7% = $4,8 \times 10^{-05}$

Totaal % gondelgewicht = 12,2%; mastgewicht = 17,8% en bladgewicht = 6,7%

7.4 Bepaling gevolgschade door treffen

De schade aan de waterkering zal variëren aan de hand van welk onderdeel met welk gewicht en vanaf welke hoogte vallend de waterkering treft.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het vallen van gewichten en het werpen van gewichten omdat bij bladworp een gewicht omhoog gegooit kan worden en daardoor met grotere kracht kan neervallen dan bij de andere twee vallende faalscenario's. Dit betekent dat bij mastfalen de gewichten van de onderdelen tot de volgende kraterdieptes zouden kunnen zorgen.

Formule bepaling kraterdiepte

- Bovengrens: $0,030 \times ([\text{Gewicht in ton}] \times [\text{Ashoogte in meters}])^{0,5} = [\text{Kraterdiepte in m}]$

Dit resulteert in de volgende kraterdieptes bij vallende gewichten:

- Mastgewicht⁶: $0,03 \times (1200 \times 4 / 140 \times 140)^{0,5} = 2,1 \text{ meter};$
- Gondelgewicht⁷: $0,03 \times (300 \times 0,75 \times 140)^{0,5} = 5,3 \text{ meter};$
- Bladgewicht: $0,03 \times (24 \times 0,75 \times 140)^{0,5} = 1,5 \text{ meter}.$

⁶ Voor het mastgewicht wordt uitgegaan van een lijnelement omdat de krachten over de gehele toren verspreid zijn. Om de berekening worst-case te houden wordt het gewicht van 4 meter toren over 1 vierkante meter verdeeld.

⁷ Voor de val van het gondelgewicht en bladgewicht wordt ervanuit gegaan dat 25% van het gewicht wordt opgenomen door vervorming van de gondel bij treffen.

Bij bladworp kan de valhoogte worden aangepast aan de top van de parabool om de extra impact te bepalen. Dit is afhankelijk van de snelheid bij bladworp. De geldende formule is: $2 \times \pi \times [\text{Rotatiesnelheid} / 60] \times [\text{Zwaartepuntsafstand rotorblad}] = 2 \times \pi \times 14 / 60 \times 19,5 = 28,6 \text{ m/s}$.

De formule om de hoogste top van de worp te bepalen is $\frac{\text{Werpsnelheid}^2 \times \sin(90)^2}{2 \times 9,81} + \text{ashoogte} = 191,7 \text{ meter}$.

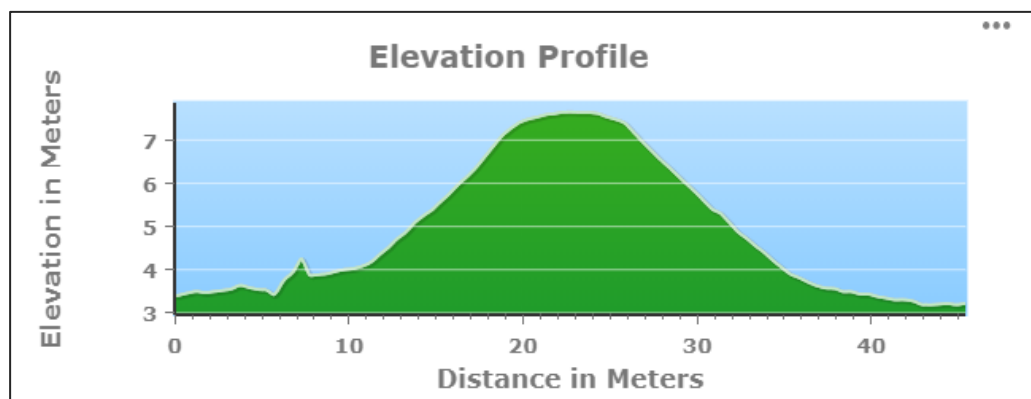
Dit resulteert in de volgende kraterdieptes bij een vallend bladgewicht:

- Bladgewicht: $0,03 \times (24 \times 1 \times 191,7)^{0,5} = 2,0 \text{ meter}$.

7.5 Restprofiel en inschatting waterstanden

Om een eerste inschatting van de mogelijke effecten te maken is de hoogte van de waterkering en de kans op voorkomen van een te keren waterstand van belang. De waterkering heeft binnen de effectzones van de windturbines een minimale kruinhoogte vanaf 7,6 meter.

Figuur 7.2 Weergave kruinhoogte binnen effectzone



Dit kan worden gebruikt als een eerste inschatting van de te keren waterstanden indien er sprake is van het treffen van een windturbineonderdeel. Dit betekent dat bij het treffen van een rotorblad er in het ergste geval een hoogte overblijft van circa 5,6 tot 6,1 meter. Bij het treffen door het mastgedeelte blijft er een hoogte over van 5,4 meter en bij het treffen door een gondelgedeelte blijft er nog circa 2,1 meter hoogte over. Het binnendijkse deel (uiterwaarden) heeft echter een minimale hoogte van minstens 3,0 meter waardoor het totale restprofiel niet lager kan zijn dan 3,0 meter.

Waterstanden boven de 5,4 meter zijn niet voorgekomen en de kans daarop tijdens een herstelperiode wordt daarmee gezien het trefrisico van de windturbine verwaarloosbaar klein geacht.

Waterstanden boven het restprofiel van 3,0 meter komen circa 0,5% van de tijd voor uitgaande van de waterstanden zoals opgetreden tussen 18-04-2016 en 31-12-2019 bij het meetpunt Empel Beneden volgens de Waterwebservice van Rijkswaterstaat. Het aantal dagen waarmee er daarmee sprake is van een directe overstroming als gevolg van directe schade aan de waterkering bij een resterend restprofiel van 3,0 meter hoog is gemiddeld maximaal 2 dagen per jaar.

Bij schade door het treffen van een windturbineonderdeel wordt verwacht dat de herstelwerkzaamheden circa 7 dagen in beslag nemen. De kans dat er daarmee sprake is van hoogwater binnen deze 7 dagen hersteltijd is circa 3,8% ($(1 - 2 / 365)^7$)

7.6 Risico inschatting bovengrondse effecten waterkering

Het gondelgewicht is het enige effect wat zorgt voor een significante hoeveelheid schade aan de huidige waterkering. De resterende kruinhoogte bedraagt minimaal 2,1 meter boven NAP maar het voorliggende binnendijkse land heeft een minimale hoogte van 3,0 meter boven NAP waarmee dit de minimale waterhoogte is waarbij sprake kan zijn van een overstroming.

De trefkans van het gondelgewicht bedraagt:

- Windturbine 01 – $9,8 \times 10^{-6}$ per jaar;
- Windturbine 02 – $1,8 \times 10^{-5}$ per jaar;
- Windturbine 03 – $1,6 \times 10^{-5}$ per jaar.

De kans op een niet te keren hoogwaterstand bedraagt circa 3,8% waarmee de totale trefkansen uitkomen op:

- **Windturbine 01 – $3,7 \times 10^{-7}$ per jaar;**
- **Windturbine 02 – $6,8 \times 10^{-7}$ per jaar;**
- **Windturbine 03 – $6,0 \times 10^{-7}$ per jaar.**

De signaleringswaarde van het betrokken dijktraject was gelijk aan 1:10.000 jaar en de ondergrens is 1:3000 jaar.

Dit betekent dat de toevoeging van risico voor de maximale windturbine 02 gelijk is aan +0,7% van de signaleringswaarde en 0,2% van de gestelde ondergrens.

Voor het cumulatieve risico van alle drie de windturbines geldt dat dit gelijk is aan +1,6% van de signaleringswaarde en +0,5% van de gestelde ondergrens.

7.7 Vervolg contact waterschap

In overleg met het waterschap dient vastgesteld te worden wat het beoordelingskader is voor de beoordeling van de veiligheid van de waterkering en de effecten van de windturbines op de functionele werking van de waterkering. Deze analyse geeft een eerste inschatting van de mogelijke effecten en risicoinschattingmethodiek voor bovengrondse effecten. Er dient afgestemd te worden of de ondergrondse effecten ook geanalyseerd dienen te worden in het kader van dijkveiligheid.

8 KWALITATIEVE ANALYSE IJSWORP SCENARIO

Op 1 tot 2 dagen per jaar kunnen de weeromstandigheden in Nederland zodanig zijn dat er sprake is van significante ijs aangroei aan de windturbinebladen. Bij het loskomen van deze ijsblokken kunnen gevaarlijke situaties ontstaan voor onbeschermden personen of door schrikreacties tijdens transport. Moderne windturbines zijn veelal voorzien van systemen die kunnen detecteren of er sprake is van aangroeiend ijs en/of weersomstandigheden waarbij ijsaangroei kan worden verwacht. Bij het merendeel van de aanwezige windturbines in Nederland hoeven geen specifieke maatregelen te worden genomen om ijsaangroei te voorkomen of het vallen van ijs te voorkomen doordat de meeste windturbines worden geplaatst in open agrarische gebieden waar weinig aanwezigheid van personen wordt verwacht. Om ijsworp te voorkomen dient de windturbine te worden stilgezet indien significante ijsaangroei aanwezig is. Het voorkomen van gevaarlijke situaties en het verplicht moeten stilzetten van windturbines is reeds geregeld in de regels van het activiteitenbesluit.

Om te analyseren of de omgeving gevoelig kan zijn voor ijsworp of ijsval wordt gekeken naar de directe omgeving van de windturbines tot aan een afstand gelijk aan de tiphoogte. Binnen deze afstand zijn geen objecten of terreinen aanwezig die gevoelig zijn voor ijsval (zoals parkeerplaatsen of kassen). Wel dient ijsworp / ijsval op de snelweg A2 te worden geminimaliseerd dan wel voor zover mogelijk te worden voorkomen. De afstand tot de verharde rand van de snelweg bedraagt circa 112 meter. Dit betekent dat er vanaf de punt van de rotor circa $(112 - 75 =) 37$ meter aan extra ruimte beschikbaar is. Indien de rotor niet draait wordt ijsval verwacht tot een zone van circa een halve rotordiameter plus 11 meter als afglij / dwarrel zone. Het grootste deel van vallend ijs valt binnen een afstand van circa 11 meter vanaf de buitenkant van de rotorbladen tot aan de masttoeren van de windturbine. Dit betekent dat de uitvoering van een goed ijsdetectiesysteem wat ijsaanvorming aan de bladen detecteert en de windturbine stilzet bij significante aangroei een afdoende systeem is om de risico's op ijsval op de snelweg te minimaliseren door het werpen van ijs te voorkomen. Het verdient aanbeveling om de rotor van de windturbine bij het gecontroleerd afwerpen of weer opstarten van de windturbine na ijsaangroei zodanig te positioneren dat er niet in de richting van de snelweg kan worden geworpen. Indien de verbreding van de snelweg A2 plaatsvindt tot op een afstand van halve rotordiameter + 11 meter dan wordt geadviseerd om naast het voorkomen van ijsworp ook een ijsprotocol op te stellen zodat tijdens ijsomstandigheden de gondel en rotorbladen zodanig worden gedraaid dat ze parallel aan de weg blijven tot op een afstand van circa 70 meter.

Het gebruik van de lokale wegen door passanten wordt zodanig laag geacht dat hiervoor geen maatregelen genomen hoeven te worden. Daar komt nog bij dat onbeschermden personen (niet in een auto) tijdens dergelijke winterse omstandigheden nog veel minder vaak aanwezig zullen zijn op de betrokken lokale weg.