

Onderzoek milieunormen windenergie

Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding

Gemeente Eemsdelta

716113 | v1.0

17/08/2021

Pondera

Hoofdvestiging Nederland
Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 – pondera (088-7663372)
info@ponderaconsult.com

Postadres
Postbus 919
6800 AX Arnhem

Vestiging South East Asia
Jl. Mampang Prapatan XV no 18
Mampang
Jakarta Selatan 12790
Indonesia

Vestiging North East Asia
Suite 1718, Officia Building 92
Saemunan-ro, Jongno-gu
Seoul Province
Republic of Korea

Colofon

Soort document
Onderzoek milieunormen windenergie

Projectnaam
Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding

Versienummer
v1.0

Datum
17-8-2021

Project nummer
716113

Opdrachtgever
Gemeente Eemsdelta

Auteur
Paul Janssen, Bouke Vogelaar, Stefan Flanderijn

Nagekeken door
Martijn ten Klooster

Disclaimer

In het onderzoek is gebruik gemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Pondera is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van Pondera afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera. Pondera is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond: uitspraak Afdeling Bestuursrecht Raad van State 30 juni 2021	1
1.2	Aanpak om te komen tot een normstelling	2
1.3	Leeswijzer rapportage	2
2	Geluid van windturbines	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Achtergrond Europese systematiek geluidsdosismaat L_{den} en L_{night}	4
2.3	Effecten van geluidbelasting	6
2.4	Beoordeling van windturbinegeluid	9
2.5	Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding	10
2.6	Normstelling voor geluid windpark DZU	17
3	Slagschaduw en lichtschittering van windturbines	20
3.1	Inleiding	20
3.2	Achtergrond: inzichtelijk maken van slagschaduw	20
3.3	Beoordelingskader voor slagschaduw	25
3.4	Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding	26
3.5	Naar een normstelling voor slagschaduw	32
3.6	Lichtschittering	34
4	Externe veiligheid	35
4.1	Inleiding: plaatsgebonden risico als beoordelingsmaat	35
4.2	Achtergrond: veiligheid en kansen	35
4.3	Berekening- en beoordelingssystematiek	37
4.4	Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding	38
4.5	Naar een normstelling voor externe veiligheid	42
5	Overige windturbinenormen Activiteitenbesluit	44
5.1	Bouw- en ontwerpnormen IEC	44
5.2	Bodem	44

Bijlage 1 – Eigenschappen windturbines i.r.t. externe veiligheid en toetspunten

Bijlage 2 – Instellingen geluidmitigatie

Bijlage 3 – Aantal (ernstig) gehinderden

1 Inleiding

1.1 Achtergrond: uitspraak Afdeling Bestuursrecht Raad van State 30 juni 2021

Op 30 juni 2021 heeft de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (de ABRvS) een uitspraak gedaan in de zaak Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (DZU) over -samengevat - de vraag of voor het vastleggen van milieunormen voor windturbines in het Activiteitenbesluit milieubeheer en de Activiteitenregeling milieubeheer een plan-MER-plicht bestaat op grond van de Europese SMB-richtlijn¹. De Afdeling is in die uitspraak tot het oordeel gekomen dat op grond van het Europese recht inderdaad een dergelijke beoordeling moet worden gemaakt van de gevolgen voor het milieu. Die beoordeling zal in eerste instantie door het Rijk worden opgesteld. Totdat die beoordeling is gemaakt mogen de algemene normen uit het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling niet zonder meer worden gebruikt bij de beoordeling van de ruimtelijke aanvaardbaarheid van een nieuw bestemmingsplan en/of vergunbaarheid van een omgevingsvergunning vanuit het oogpunt van de bescherming van het milieu.

De ABRvS geeft echter ook aan dat in de tussentijd het bevoegd gezag bij het beoordelen van de ruimtelijke aanvaardbaarheid van een windplan ten behoeve van het vaststellen van een bestemmingsplan voor een concreet project eigen normen kan stellen ter vervanging van de normstelling uit het Activiteitenbesluit en de -regeling². Ook voor de omgevingsvergunning voor het oprichten van een windpark (conform art 2.1 lid 1 e Wabo) is een beoordeling nodig van de vergunbaarheid. Beoordeeld moet worden conform art 2.14 lid 3 Wabo of de vergunning kan worden verleend vanuit het oogpunt van het beschermen van het milieu. Op grond van art. 2.22 lid 2 Wabo kunnen daartoe voorschriften worden verbonden aan de vergunning. Voor de besluitvorming geldt dat de te hanteren normen moeten worden voorzien van een actuele, deugdelijke, op zichzelf staande en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden motivering.

Dit document geeft een onderbouwing voor vaststelling van dergelijke normen voor Delfzijl Zuid Uitbreiding.

¹ ECLI:NL:RVS:2021:1395

² Overweging 65 uit de uitspraak ECLI:NL:RVS:2021:1395

Kader 1.1 bescherming tegen hinder versus ruimtelijke ontwikkelingen: ALARA

Het primaire doel van de Wet milieubeheer (Wm), de bijbehorende uitvoeringsbesluiten en de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) is het beschermen van de leefomgeving tegen onaanvaardbare milieueffecten. Daarbij is het begrip milieu ruim gedefinieerd, maar wordt primair de focus gelegd op gevolgen voor mensen en hun directe leefomgeving. In een dichtbevolkt land waarin veel gebruiksfuncties op een beperkte oppervlakte samenkomen zijn enige gevolgen voor het milieu vaak niet volledig te vermijden. Daarom is het ALARA- (as-low-as-reasonably-achievable) beginsel opgenomen in de zorgplicht in artikel 1.1a Wm: "...een ieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat door zijn handelen of nalaten nadelige gevolgen voor het milieu kunnen worden veroorzaakt, verplicht is dergelijk handelen achterwege te laten voor zover zulks in redelijkheid kan worden gevergd, dan wel alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevergd teneinde die gevolgen te voorkomen of, voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen, deze zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken" en volgens artikel 2.14 lid 1 c 1° Wabo neemt het bevoegd gezag bij die beslissing in ieder geval in acht: "dat in de inrichting of het mijnbouwwerk ten minste de voor de inrichting of het mijnbouwwerk in aanmerking komende beste beschikbare technieken moeten worden toegepast".

Het doel van het ALARA-beginsel is dan ook een adequaat beschermingsniveau te bieden, waarbij duurzame energie projecten nog kunnen worden gerealiseerd. Die projecten hebben – als onderdeel van de energietransitie - per saldo namelijk positieve effecten, zo stelt het RIVM in het recente rapport: "Klimaatakkoord; effecten op veiligheid, gezondheid en natuur" (2019). Ook als die ontwikkelingen een beperkte, doch aanvaardbare mate van hinder, opleveren voor de omgeving. Uit jurisprudentie blijkt ook dat - gelet op het ALARA-beginsel - geen nul-hinder als uitgangspunt genomen hoeft te worden (zie o.a. ECLI:NL:RVS:2018:616; ECLI:NL:RVS:2015:1702; ECLI:NL:RVS:2010:BL6187).

1.2 Aanpak om te komen tot een normstelling

Als gevolg van de uitspraak van de ABRvS inzake het Activiteitenbesluit en -regeling als kader kan voor een beoordeling van de aanvaardbaarheid van een milieueffect van windturbines niet meer worden verwezen naar de in dit besluit daarover opgenomen normen (de windturbinebepalingen).

In onderhavige rapportage is voor de milieuthema's die genormeerd zijn in Activiteitenbesluit en -regeling (geluid, slagschaduw, externe veiligheid en lichtschittering):

- inzichtelijk gemaakt welke effecten verwacht kunnen worden bij realisatie van windturbines
- aangegeven aan de hand van welke criteria en (reken)methodieken deze effecten inzichtelijk kunnen worden gemaakt en beoordeeld
- inzichtelijk gemaakt hoe deze effecten zich lokaal manifesteren in het beoogde project en
- of de methodiek van de normstelling, rekening houdend met alle relevante aspecten, voldoende informatie geeft om te kunnen toetsen aan een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

Voor de behandeling van bovenstaande punten wordt gebruik gemaakt van de actuele stand van wetenschappelijke kennis op de verschillende milieuthema's.

1.3 Leeswijzer rapportage

Dit rapport bestaat uit een vijftal hoofdstukken. In hoofdstuk 2, 3 en 4 wordt per milieuthema (geluid, slagschaduw en lichtschittering en externe veiligheid) ingegaan op de beoordeling en

normstellingsystematiek en wordt een voorgestelde norm voor het project onderbouwd. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de overige in het Activiteitenbesluit en -regeling opgenomen regels rond de realisatie en exploitatie van windturbines, voor zover die relevant zijn voor de beoordeling van de ruimtelijke aanvaardbaarheid en vergunbaarheid vanuit de bescherming van het milieu.

2 Geluid van windturbines

2.1 Inleiding

Net als alle andere mechanische installaties produceren windturbines geluid. Dit geluid wordt deels veroorzaakt door de bewegende onderdelen in de gondel, maar is voornamelijk afkomstig van de bladen die door de lucht 'zoeven'. Het geluid van windturbines kan als hinderlijk worden ervaren. Net als voor andere geluidbronnen waaronder wegverkeersgeluid, industriegeluid, railverkeer- en luchtvaartgeluid is het wenselijk om normen vast te leggen voor de hoeveelheid geluid die mag optreden op de omgeving teneinde de hinder hiervan te beperken tot een aanvaardbaar niveau. Met het beperken van het geluid tot een aanvaardbaar niveau is tevens sprake van een beperking van gevolgen in het kader van de bescherming van het milieu. Om te komen tot een normstelling speelt het daadwerkelijk optredende geluidniveau, de betreffende omgeving en de hinderlijkheid van het specifieke geluid een rol.

2.2 Achtergrond Europese systematiek geluidsdosismaat L_{den} en L_{night}

Volgens richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement dient omgevingsgeluid in alle lidstaten op dezelfde wijze behandeld te worden. De geluidbelasting dient daarbij in decibel (dB) L_{den} of dB L_{night} te worden uitgedrukt. De geluidbelasting in dB L_{den} wordt ook wel de dag-avond-nacht-geluidsbelastingsindicator genoemd. L_{den} is een berekend gewogen jaargemiddelde van de geluidsbelasting tijdens de dag-, de avond- en de nachtperiode. De avond- en nachtperiode krijgen een opslag van respectievelijk +5 en +10 omdat in deze periode geluid hinderlijker wordt ervaren en deze periodes worden derhalve zwaarder meegewogen. De geluidbelasting in dB L_{night} de nacht-geluidsbelastingsindicator. Voor het bepalen van de hinder wordt gebruik gemaakt van L_{den} . L_{night} wordt gebruikt om effecten die kunnen leiden tot slaapverstoring te bepalen. Voor bijzondere geluidbelasting situaties zijn aanvullende indicatoren tevens mogelijk. Redenen hiervoor kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Combinatie van geluid uit verschillende bronnen;
- Relatief stille zones in het buitengebied;
- De lage frequentiecomponent (LFG) van het geluid is sterk;

Windturbinegeluid is, ten opzichte van andere geluidbronnen, relatief constant van karakter. De maximale optredende geluidniveaus die door een windturbine worden veroorzaakt zijn circa 2-4 dB(A) hoger dan het optredende jaargemiddelde geluidniveau van een windturbine³. Bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den} op een punt is het daadwerkelijk ervaren gemiddelde geluidniveau⁴ op de gevel (bij hoge windsnelheden op ashoogte) circa 43-45 dB(A).

De hoeveelheid geluid die een windturbine produceert is afhankelijk van het geluidsbronvermogen van de windturbine. Het geluid van een windturbine kan desgewenst worden beperkt door toepassing van een voorziening op de bladen of door het vermogen te reduceren. Dit leidt tot verlies van energieproductie. De hoeveelheid geluid heeft tevens een rechtstreeks verband met de optredende windsnelheid. Tot een bepaalde windsnelheid neemt de geluidsproductie toe, vanaf deze specifieke windsnelheid blijft de geluidsproductie gelijk. De windsnelheid is door het KNMI voor geheel Nederland op ashoogtes tussen 10 en 260 meter boven het maaiveld de windverdelingen beschikbaar gesteld. Met deze verdelingen kan een

³ Nederlandse geluidsnormen in internationaal perspectief, E. Koppen, Arcadis, Windnieuws nr 4 2015

⁴ De daadwerkelijk ervaren geluidniveaus zijn lager dan het gewogen L_{den} gemiddelde omdat de gewogen L_{den} waarde strafcorrecties heeft voor geluid in de avond en de nacht.

goede voorspelling per beoordelingsperiode worden gegeven van de te verwachten geluidbelasting op de omgeving.

Gezien het constante karakter van windturbinegeluid (de verschillen tussen dag-, avond- en nachtperiode zijn beperkt) is er op zichzelf geen aanleiding een L_{night} normering te stellen aanvullend op een L_{den} -normering. Bij constante geluidniveaus bedraagt het verschil tussen de geluidbelasting in dB L_{den} en dB L_{night} circa 6 dB en biedt een aparte norm voor L_{night} geen extra bescherming, tenzij deze 7 dB of meer lager is dan de L_{den} -normering. Daarnaast kan er op basis van onderzoeken nog geen conclusie worden getrokken over de samenhang tussen geluid van windturbines en slaapverstoring⁵. De WHO geeft in haar rapport van 2018 dan ook geen advies over een L_{night} -norm voor windturbines.

Kader 2.1 Laagfrequent geluid en infrageluid

Een terugkerend thema in de discussie rond de normen voor windturbinegeluid is laagfrequent geluid (LFG) en infrageluid. Dit betreft geluidemissie in het spectrum beneden de circa 100 Hz (laagfrequent) en beneden de 20 Hz (infrasoon). In het kennisbericht geluid van Windturbines (2015) is het volgende opgenomen:

“Omwonenden zijn bezorgd dat door een toename van de hoogte van windturbines meer laagfrequent geluid zal ontstaan. Op basis van metingen wordt dit verschil echter gering geacht. Daarnaast wordt de nadruk op het laagfrequente aandeel onterecht genoemd omdat het normaal geaccepteerde geluid van wegverkeer meer laagfrequent geluid bevat dan wat wettelijk is toegestaan bij windturbines.”

Windturbines produceren geluid over het hele spectrum van lage en hoge tonen, net als andere geluidbronnen. Wanneer gekeken wordt naar de spectrale verdeling van de geluidemissie van windturbines is er geen sprake van een specifiek groot aandeel in de frequenties beneden de 100 Hz. Dit aandeel is bij moderne grote windturbines (circa 250 meter tiphoogte) niet significant anders dan ten tijde van het opstellen van het kennisbericht en in het verleden bij windturbines van voor deze datum.

Ook het RIVM stelt in haar recente literatuurstudie uit 2020 dat laagfrequent geluid en infrageluid van windturbines niet voor andere effecten zorgt dan ‘normaal’ geluid. Er ontbreekt bewijs dat laagfrequent geluid en infrageluid ver onder de gehoordrempel tot enig effect kan leiden. Bij blootstelling aan windturbinegeluid vormt voornamelijk het geluidniveau en de amplitudemodulatie van het algehele windturbinegeluid de oorzaak van de hinder. Met amplitudemodulatie wordt het ritmisch variëren van de sterkte van het geluid van windturbines door het draaien van de wieken bedoeld. De frequentie van de amplitudemodulatie is bij grotere turbines kleiner en is daarmee minder hinderlijk.

Kortom: het aandeel laagfrequent geluid is niet onevenredig groot bij windturbines (in tegenstelling tot bijvoorbeeld compressoren of transformatoren), het aandeel LFG is niet significant toegenomen met het formaat van de windturbine en er is geen aanleiding om te veronderstellen dat specifiek LFG en infrageluid een effect op de volksgezondheid veroorzaken of tot additionele hinder leiden ten opzichte van dat wat reeds wordt beoordeeld. Het specifiek toevoegen van een norm voor LFG van windturbines leidt daarmee niet tot een betere beoordeling van de optredende effecten van geluid. Daarom volstaat het hanteren van een L_{den} en eventueel een L_{night} norm.

In de bijlage van deze notitie is een berekening bijgevoegd waarin contouren zijn berekend die laten zien waar de Vercammen-curve (boven deze drempel is hinder als gevolg van laagfrequent geluid te verwachten) kan worden overschreden in relatie tot de L_{den} -contour. De Vercammen-curve wordt door de Afdeling geschikt geacht om de aanvaardbaarheid van laagfrequent geluid te beoordelen (ECLI:NL:RVS:2021:1681 en ECLI:NL:RVS:2020:2308).

⁵ Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid, RIVM, augustus 2021

2.3 Effecten van geluidbelasting

2.3.1 Inleiding

Blootstelling aan geluid kan leiden tot hinder of stress gerelateerde klachten. Met name in de nachtperiode, wanneer dit kan leiden tot slaapverstoring. Een recent literatuuronderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)⁶ concludeert hierover specifiek voor windturbines dat *“wonen in de buurt van een windturbine of het horen van geluid van windturbines kan leiden tot chronische hinder onder omwonenden”*. Voor andere gezondheidseffecten (slaapverstoring, slapeloosheid en geestelijke gezondheidseffecten) ontbreekt consistent bewijs. Onderzoek van Hongisto et al⁷ toonde aan dat voor geluidbelastingen tot 40 dB $L_{A,eq}$ de mate van ernstige hinder van een vergelijkbaar geluidniveau van windturbines tussen de 3 en 5 megawatt (hierna: MW) opgesteld vermogen overeenkomt met die van kleinere windturbines (0,15 – 3 MW)⁸. Daarmee is er geen aanleiding dat met het toenemen van het vermogen en omvang van windturbines een andere mate van hinder zou optreden bij dezelfde geluidniveaus.

In 2018 heeft de Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) een rapport uitgebracht ten aanzien van geluidrichtlijnen voor verschillende geluidbronnen binnen de Europese Unie⁹. In aansluiting op de bevindingen van het RIVM volgt uit dit rapport ook dat er geen andere gezondheidseffecten dan hinder optreden als gevolg van de aanwezigheid van windturbinegeluid. Op basis van diverse onderzoeken wordt gesteld dat op basis van een geluidniveau van 45 dB L_{den} ongeveer 10% van de omwonenden ernstige hinder buitenshuis ervaart. Het bewijs hiervoor wordt echter aangemerkt als van lage kwaliteit. Er wordt geen percentage binnenshuis genoemd, noch wordt aangegeven welke percentages verwacht worden bij andere geluidbelastingen. Omdat de kwaliteit van dit bewijs als laag wordt beschouwd, is het advies wat hieruit voortkomt, door de WHO, aangeduid als voorwaardelijk (conditional)¹⁰. Zie ook kader 2.2. In het rapport wordt verder opgemerkt dat effecten veroorzaakt door de houding tegenover windturbines moeilijk zijn los te koppelen van de beleving van geluid, dat het percentage van de bevolking dat wordt gehinderd door windturbinegeluid beperkt is ten opzichte van gehinderden door andere geluidbronnen en dat wordt verwacht dat zorg voor communicatie, betrokkenheid en raadpleging van omwonenden tijdens het planningsproces een positieve invloed kan hebben op de beleving van de milieueffecten van windturbines.

⁶ RIVM-rapport 2020-0214, Gezondheidseffecten van windturbinegeluid, I. van Kamp & G.P. van den Berg

⁷ Hongisto, V., Oliva, D., & Keränen, J. (2017). Indoor noise annoyance due to 3–5 megawatt wind turbines—An exposure–response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4), 2185-2196

⁸ Vanwege het gebrek aan hoeveelheid data van hogere geluidniveaus kan dit voor geluidniveaus boven 40 dB $L_{A,eq}$ niet worden bevestigd of ontkend.

⁹ Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO, 2018,

¹⁰ In tegenstelling tot andere geluidbronnen, zoals wegverkeer, railverkeer en luchtvaart; voor deze bronnen is een veel sterker bewijs gevonden voor hinder en wordt de aanbevolen maximale geluidbelasting ‘sterk aanbevolen’ (strong recommendation)

Kader 2.2 WHO advies en RIVM review

De WHO heeft in 2018 een advies richtlijnen gepubliceerd voor milieugeluid, waaronder windturbinegeluid. Op basis van wetenschappelijk onderzoek naar blootstellingseffectrelaties adviseert de WHO een voorlopige drempelwaarde van 45 dB L_{den} . De blootstellingseffectrelaties zijn door de WHO bepaald op basis van wetenschappelijk onderzoek tot en met eind 2014. Gezondheidseffecten worden bij deze waarde, maar ook bij hogere waarden, niet verwacht. Voor gezondheidseffecten vanwege windturbinegeluid werd op basis van het onderzoek geconcludeerd dat (i) er nog onvoldoende bewijs bestaat, (ii) het bewijsmateriaal van lage kwaliteit is en (iii) hierdoor geen betrouwbare algemene blootstelling-effectrelatie kan worden vastgesteld. Desondanks heeft de WHO een conditioneel advies met drempelwaarde uitgebracht.

Het RIVM constateert in haar recente update van onderzoek naar gezondheidseffecten van windturbinegeluid “Health effects related to wind turbine sound: an update” (november 2020) het volgende: *“Bij de voor de WHO uitgevoerde review van Guski et al (2017) werd gekeken naar studies die tot aan eind 2014 waren gepubliceerd. In hun literatuuronderzoek hebben Van Kamp et al (2020a, 2020b) een update gegeven van de WHO-review op basis van publicaties die waren verschenen tot aan eind 2019. Hierin kwamen 9 nieuwe publicaties over windturbinegeluid en hinder naar voren (die betrekking hadden op 5 onderzoeken) die aan de inclusiecriteria voldeden. Enkele van deze onderzoeken waren al besproken in onze review uit 2017.”* Samengevat: de door de WHO gestelde voorlopige drempelwaarde is gebaseerd op het bewijsmateriaal van lage kwaliteit (beperkt en tot eind 2014) en niet alle actuele onderzoeken zijn meegenomen. Het RIVM heeft geconcludeerd dat er geen nieuwe informatie naar voren is gekomen uit latere onderzoeken die tot inzichten hebben geleid die tot andere conclusies zouden leiden.

2.3.2 Hinderlijkheid van windturbinegeluid

Dosis-hinder relatie voor windturbinegeluid

In de literatuur zijn twee dosishinderrelaties gevonden die de geluidbelasting in dB L_{den} relateren aan een percentage personen dat ernstige hinder ondervindt. Deze twee relaties zijn ook beschreven in het WHO-rapport uit 2018 (zie ook kader 2.1), Janssen¹¹ et al uit 2011 en Kuwano¹² et al uit 2014. De dosishinderrelatie van Janssen et al uit 2011 is dezelfde als het TNO-rapport uit 2008¹³ en is vastgesteld voor zowel hinder als ernstige hinder binnenshuis als buitenshuis. Tot op heden is deze dosishinderrelatie de enige die de ernstige hinder¹⁴ binnenshuis beschrijft. Er is geen aanleiding om aan te nemen dat de dosishinderrelatie bij modernere windturbines is veranderd. De dosishinderrelatie uit Kuwano et al, 2014 is gegeven voor de situatie “here at home”, wat door de WHO wordt geassocieerd met (ernstige) hinder buitenshuis^{15,16}. In onderstaande grafiek zijn de dosishinderrelaties (ernstige hinder, binnenshuis en

¹¹ Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E (2011). A comparison between exposure–response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am. 130(6):3746–53

¹² Kuwano S, Yano T, Kageyama T, Sueoka S, Tachibana H (2014). Social survey on wind turbine noise in Japan. Noise Control Eng J. 62(6):503–20

¹³ S.A. Janssen, H. Vos en A.R. Eisses, TMP-rapport, Hinder door geluid van windturbines: Dosis—effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens, 2008-D-R1051/B

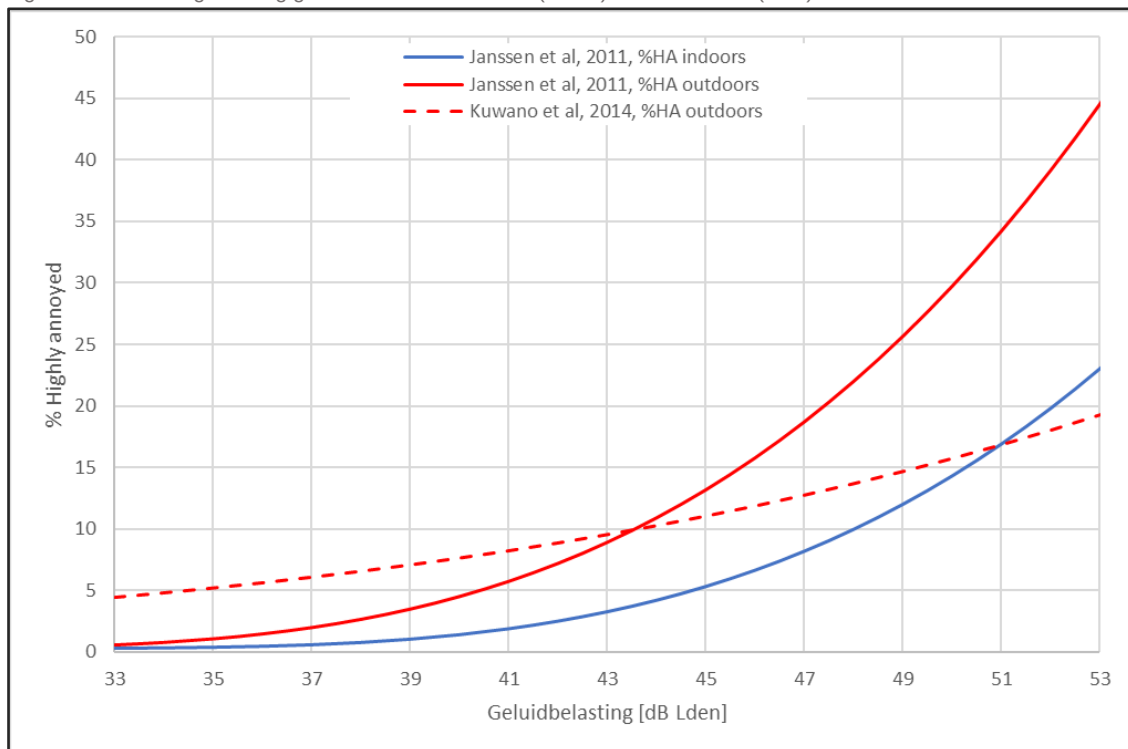
¹⁴ Volgens het TNO-rapport: “De verdeling van de hinderscores bij een gegeven geluidsniveau kan op verschillende manieren worden weergegeven. Vaak wordt het percentage antwoorden dat een zekere grens overschrijdt gerapporteerd. Als de grens 72 is op een 0-100 schaal, wordt het resultaat het percentage “ernstig gehinderde” personen (%HA: % Highly Annoyed) genoemd, de grens van 50 geeft het percentage “gehinderde” personen (%A: % Annoyed).”

¹⁵ Guski et al, 2017, Int. J. Environ. Res. Public Health 2017,: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance, 1539; doi:10.3390/ijerph14121539

¹⁶ Guski, R., Schreckenberg, D., & Schuemer, R. (2017). Supplementary Materials: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int. J. Environ. Res. Public Health, 14. <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/12/1539/s1>

buitenshuis) van Janssen et al (2011) en (ernstige hinder, buitenshuis) van Kuwano (2014) weergegeven voor geluidbelasting tussen 33 en 55 dB L_{den} .

Figuur 2.1 Percentage ernstig gehinderden binnenshuis (blauw) en buitenshuis (rood)



Vergelijking met andere geluidbronnen – bescherming binnenshuis

Er zijn in Nederland ook voor andere vormen van geluidproducerende activiteiten geluidnormen van toepassing. Bijvoorbeeld voor weg- en railverkeer, industrie en luchtvaart. Bij de vaststelling van de geluidnormen voor andere bronnen wordt vaak de maximaal toegestane geluidbelasting gerelateerd aan een percentage personen die bij deze geluidbelasting ernstige hinder ondervindt¹⁷. In Nederland wordt voor het beoordelen van geluidbronnen en gevolgen daarvan voor de omgeving altijd de situatie binnenshuis beoordeeld. Achterliggende reden is dat een bewoner in zijn eigen woning een goed- woon- en leefklimaat mag verwachten en daar ook optimale bescherming verdient. Ook voor windturbinegeluid wordt daarom gekeken naar de situatie binnenshuis. De volgende tabel geeft het geaccepteerde percentage potentieel ernstig gehinderden aan bij de normstelling in Nederland voor verschillende geluidbronnen. Voor windturbines ligt het verwachte percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting van L_{den} 47 dB op circa 9%¹⁸.

¹⁷ Brief van de minister van VROM, 31 209, nr 135, 28-9-2010

¹⁸ Zie o.a. Kamerbrief Staatssecretaris van EZK, 9 juni 2021; [DGKE-WO / 21119163](#)

Tabel 2.1 Verwacht percentage ernstig gehinderden voor verschillende geluidsbronnen¹⁹

Geluidveroorzakende activiteit/geluidsbron	Verwacht percentage ernstig gehinderden*
snelwegverkeer	14 %
railverkeer	16 %
industrie/bedrijvigheid	9 %
grote luchthavens	54 %

* bij het maximale toelaatbare geluidniveau

In absolute aantallen gaat het in Nederland bij wegverkeer om ca. 970.000 ernstig gehinderden, bij luchtvaartverkeer ruim 260.000, bij railverkeer om bijna 100.000 en windturbines ruim 7.000 ernstig gehinderden²⁰.

Wat geluidbelasting voor een individuele bewoner betekent, kan sterk verschillen: de meesten zullen weinig tot geen hinder ervaren, maar anderen kunnen er om meerdere redenen veel last van hebben. In het kennisbericht Geluid van windturbines uit 2015 wordt hierover nog het volgende gesteld:

“Het is niet goed mogelijk de beoordeling van geluid los te zien van andere factoren.

Bijvoorbeeld het zien van windturbines en de schaduwwerping kunnen invloed hebben op de mate van geluidhinder. Ook heeft de manier waarop een project tot stand is gekomen, invloed op de houding en waarneming van omwonenden. Dit is bij andere geluidsbronnen niet anders.”

2.4 Beoordeling van windturbinegeluid

Toepassing rekenmethodiek

Om de geluidsbelasting te berekenen is een rekenmethodiek vereist die rekening houdt met de specifieke eigenschappen van windturbinegeluid. De bijlage meten en rekenen uit het Activiteitenregeling is specifiek opgesteld voor het berekenen van windturbinegeluid. De overdrachtsberekeningen van deze rekenmethode zijn integraal overgenomen van de “Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai” (HMRI), uitgave 1999 van het Ministerie van VROM, methode II.8. Het HMRI is op zijn beurt op vele fronten vergelijkbaar²¹ met ISO 9613-2, de volgens de EU-richtlijn aanbevolen methode voor overdrachtsberekeningen voor industriegeluid (windturbinegeluid wordt niet genoemd in de EU-richtlijn). Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is gebaseerd op het HMRI, maar is aangevuld met onderdelen die specifiek voor windturbines van belang zijn. Zo komt de beschreven methode om geluidbronmetingen uit te voeren grotendeels overeen met de methode die in IEC 61400-11 wordt beschreven. Daarnaast worden, om de jaargemiddelde geluidemissie van een windturbine te bepalen, windsnelheidsverdelingen beschikbaar gesteld²² op hoogtes tussen 10 en 260 meter. De betreffende bijlage is daarmee de best beschikbare methode voor het bepalen van windturbinegeluid. Het windturbinegeluid is berekend met het rekenprogramma Geomilieu v5.20, module IL-WT. Dit rekenprogramma volgt het Reken- en meetvoorschrift windturbines²³. Bij de beoordeling van geluid wordt primair gekeken naar de effecten op geluidgevoelige objecten zoals die zijn gedefinieerd in artikel 1 van de Wet geluidhinder. Overige objecten en terreinen worden niet beschermd tegen andersoortige

¹⁹ Brief van de minister van VROM, 31 209, nr 135, 28-9-2010

²⁰ Brief van de StaS van Economische Zaken en Klimaat d.d. 9 juni 2021, DGKE-WO/21119163,

²¹ CNOSSOS and industrial noise, R. Witte, DGMR, [Euronoise 2018](#)

²² <https://rekentool.mp.nl/informatie.php>

²³ Bijlage 4 bij Activiteitenregeling milieubeheer, <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0022830&bijlage=4&z=2020-07-08&q=2020-07-08>

geluidbronnen en worden daarom voor windturbinegeluid eveneens buiten beschouwing en normering gelaten.

Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is gebaseerd op het HMRI, maar is aangevuld met onderdelen die specifiek voor windturbines van belang zijn. Zo komt de beschreven methode om geluidbronmetingen uit te voeren grotendeels overeen met de methode die in IEC 61400-11 wordt beschreven. Daarnaast worden, om de jaargemiddelde geluidemissie van een windturbine te bepalen, windsnelheidsverdelingen beschikbaar gesteld op ashoogtes tussen 10 en 260 meter.

Op basis van voorgenoemde redenen wordt het Reken- en meetvoorschrift windturbines toepasbaar geacht om geluidberekeningen uit te voeren voor windturbinegeluid. De methodiek in het Reken- en meetvoorschrift is de best beschikbare methode waarmee de gevolgen voor het milieu inzichtelijk kunnen worden gemaakt.

Rekenmodel

Er is gebruik gemaakt van een rekenmodel dat is aangeleverd door de provincie Groningen. Dit rekenmodel bevat de bestaande windturbines, informatie over de bodemgebieden voor het berekenen van de geluidoverdracht en toetspunten ter plaatse van gevoelige objecten zoals gedefinieerd in de wet geluidhinder. In het model zijn tevens de inmiddels gerealiseerde windturbines van windparken Geefsweer en Oosterhorn opgenomen. De toetspunten ter plaatse van woningen binnen het plangebied van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding waarvan de woonbestemming vervalt, zijn verwijderd uit het model. Verder zijn er voor windpark Geefsweer vijf woningen aangemerkt als molenaarswoning (ook wel woning in de sfeer van de inrichting van het windpark) behorende bij windpark Geefsweer. Voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zijn dit zes woningen. De woningen die als molenaarswoning zijn aangemerkt worden voor het windpark waar zij onderdeel van uitmaken niet als geluidgevoelig beschouwd (zoals ook beschreven in de structuurvisie Eemsmond-Delfzijl). De geluidbelasting wordt wel inzichtelijk gemaakt. Bij de beoordeling van de cumulatieve geluidbelasting wordt het aandeel van windturbinegeluid op woningen in de sfeer van de windparken ingevolge de structuurvisie Eemsmond-Delfzijl niet betrokken. Deze wordt in dit rapport wel inzichtelijk gemaakt.

2.5 Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding

2.5.1 Referentiesituatie

Om de geluideffecten van de realisatie van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding inzichtelijk te maken, wordt naast enkel het initiatief ook het effect ten opzichte van de referentiesituatie bepaald. De referentiesituatie volgt uit genoemde provinciale model rekenmodel voor windturbines. Dit model is opgesteld door de provincie Groningen en bevat alle windturbine (bestaand en vergund) in en rond het plangebied. Er zijn enkele wijzigingen in dat model doorgevoerd om de daadwerkelijke situatie te beschrijven. Zo zijn de windturbines van windparken Geefsweer en Oosterhorn aangepast naar het windturbintype dat daadwerkelijk gebouwd wordt (Vestas V136-4.3MW STE op 145 meter ashoogte). Windpark Delfzijl Zuid bestaat uit windturbines van het type Enercon E-70 (2,0 of 2,3 MW) op 85 meter ashoogte. Windpark Delfzijl Noord bestaat uit 19 windturbines van het type Nordex N100/2500 op 100 meter ashoogte. Naast de nieuwe windparken Geefsweer en Oosterhorn zijn verder in de omgeving aanwezig de bestaande turbines van Delfzijl Zuid (E70 op 85 meter ashoogte) en de twee solitaire windturbines, een EWT DW54/900 (ashoogte: 40 meter) aan de Fam. Bronsweg 87 en een Bonus MKIV 600 (ashoogte: 40 meter) aan de Wartumerweg.

2.5.2 Gevolgen realisatie windpark DZU

Uitgangspunten berekening

Bij het bepalen van de gevolgen is gekeken naar geluidgevoelige objecten gelegen binnen de 37 dB L_{den} contour van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (Nordex N133-4.8MW STE zonder geluidvoorzieningen). Volgens het TNO-rapport is het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting lager dan 37 dB L_{den} nog slechts 0,5%. Dit wordt derhalve als zeker aanvaardbaar beschouwd (zie Kader 1.1). Bovendien zijn de daadwerkelijk optredende geluidniveaus in dB(A) binnenshuis bij een geluidbelasting op de buitengevel van L_{den} 37 dB zodanig laag (uitgaande van een gevelwering van 15-20 dB(A)) dat deze niet meer redelijkerwijs waarneembaar zijn en daarmee ook vanuit dit oogpunt zeker aanvaardbaar worden geacht. De beschouwde windturbine (Nordex N133-4.8MW STE) is de luidste van de op dit moment, voor dit project, in overweging zijnde windturbines. Dit windturbintype is minder luid dan de windturbintypes die in eerdere onderzoeken (in het kader van de m.e.r.-procedure en vergunningaanvraag) zijn beschouwd.

Er zijn 102 woningen gelegen binnen de voorgenoemde 37 dB L_{den} contour van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (met Nordex N133-4.8MW STE zonder geluidvoorzieningen). Van deze woningen zijn 11 woningen²⁴ vanwege hun binding met een windpark of windturbines aangemerkt als molenaarswoning. De ervaren hinder wordt sterk gereduceerd als mensen financieel voordeel hebben van een windturbine²⁵. Daarom worden de molenaarswoningen buiten beschouwing gelaten voor het bepalen van het aantal mensen dat ernstige hinder ervaart of kan ervaren. De normstelling voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zat wel van toepassing zijn voor molenaarswoningen die bij een andere inrichting behoren dan windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding.

Maximale en minimale geluidniveaus en reductieopties

De maximale geluidbelasting bij woningen in dB L_{den} als gevolg van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding bedraagt (zonder toepassing van geluidemissie reducerende voorzieningen) 48 dB L_{den} . Een hogere geluidbelasting wordt daarmee dus ook niet onderzocht. Door de (referentie)windturbines van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding in een stillere modus te laten draaien is het mogelijk om de geluidbelasting van WP DZU te reduceren tot waarden van bijv. 47, 46, 45 en 44 dB L_{den} . Deze verschillende configuraties worden vervolgens opgeteld bij de bestaande windturbines in de omgeving (WP Geefswear, Delfzijl Zuid, Oosterhorn, Delfzijl Noord en solitaire turbines).

Er is bewust gekozen om het minimale geluidniveau uit te werken tot niveaus van 44 dB L_{den} . Bij deze geluidbelasting bedraagt het percentage ernstig gehinderden binnenshuis circa 4%, wat overeenkomt met het percentage ernstig gehinderden voor snelwegverkeersgeluid bij de voorkeursgrenswaarde (het percentage bij de maximale grenswaarde ligt aanmerkelijk hoger). Daarnaast leidt verdere mitigatie (lager dan 44 dB L_{den}) voor dat windturbineposities onrendabel worden waarmee het totale windpark zoals dat nu voorligt niet realiseerbaar is. Vanzelfsprekend is voor het kunnen besluiten over het windpark relevant dat het uiteindelijke niveau dat aanvaardbaar wordt bevonden vanuit een goede ruimtelijke ordening of het belang van het milieu.

In de bijlage bij dit rapport zijn voor de verschillende waarden van normstellingen bij woningen voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding de configuratie van geluidvoorzieningen weergegeven om de

²⁴ Voor een overzicht, zie Tabel 2.5

²⁵ TNO-rapport: Hinder door geluid van windturbines, 2008-D-R1051/B, TNO, 2008

voorgenoemde waarden te halen. De energieproductieverliezen die het gevolg zijn van het hanteren van een bepaalde waarde zijn per scenario weergegeven in Tabel 2.2 voor windturbines van het type Nordex N133 4.8MW STE. Onderstaande verliezen zijn turbinetype specifiek, een ander turbinetype zou tot lagere óf hogere verliezen kunnen leiden. Eventuele optimalisatie per turbinetype is hier niet toegepast maar de gevolgen liggen in vergelijkbare orden van grootte.

Tabel 2.2 Verwachte productieverlies veroorzaakt door geluidmitigatie van WP DZU

Scenario	Opbrengstverlies veroorzaakt door geluidmitigatie	Opbrengstverlies veroorzaakt door geluidmitigatie (MWh)
Geen geluidmitigatie (max 48 dB L _{den})	0%	0
WP DZU tot 47 dB L _{den} mitigeren	0,8%	1.848
WP DZU tot 46 dB L _{den} mitigeren	2,4%	5.805
WP DZU tot 45 dB L _{den} mitigeren	5,4%	12.963
WP DZU tot 44 dB L _{den} mitigeren	8,6%	20.716

Bepaling aantal ernstig gehinderden binnenshuis

Volgens CBS²⁶ bedraagt de gemiddelde huishoudensgrootte in 2020 in gemeente Delfzijl (per 1 januari 2021 gemeente Eemshaven) en gemeente Oldambt 2,1 personen per huishouden. Per huishouden/woning is de geluidbelasting bepaald en op basis van de dosishinderrelatie uit het TNO-rapport het aantal ernstig gehinderden²⁷ binnenshuis bepaald (Highly annoyed) door het percentage te vermenigvuldigen met 2,1. Als voorbeeld: een woning ervaart een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Het percentage ernstig gehinderden dat hiermee correspondeert is 8,09%. Als 8,09% van 2,1 personen ernstige hinder ervaart van het windturbinegeluid, resulteert dat in 0,17 ernstig gehinderde personen. Door dit voor een groot aantal woningen te doen en bij elkaar op te tellen, wordt het totaal potentieel aantal ernstig gehinderden berekend.

Het plangebied en omgeving bevat 91 woningen van derden (niet-molenaarswoningen) binnen de 37 dB-contour zonder mitigatie. Vermenigvuldigd met de gemiddelde bezetting per huishouden betekent dit dat er circa 191 personen in en rond het plangebied wonen die geen directe relatie met het windpark hebben (verder: de populatie). De effecten op deze populatie worden in de beschouwing van de verschillende scenario's steeds vergeleken. In de referentiesituatie is er sprake van 1,6% ernstig gehinderden onder de populatie, op basis van de bestaande geluidbelasting aan windturbinegeluid (op basis van berekeningen) rondom het plangebied van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (3 van de 191 personen) ernstige hinder. Opgemerkt dient te worden dat het hier steeds gaat om een theoretische weergave van het aandeel van de bevolking dat ernstige hinder en dat de beleving van deze hinder niet continu aanwezig is maar zal optreden op de momenten met heersende weersomstandigheden die een effect veroorzaken wat als hinderlijk wordt ervaren (o.a. afhankelijk van windsnelheid en -richting).

De invloed van het reduceren van de toegestane geluidbelasting van WP DZU in stappen van 1 dB L_{den} op het aantal ernstig gehinderden binnenshuis, op basis van de dosishinderrelatie uit het TNO-rapport van 2008, is hieronder weergegeven in Tabel 2.3.

²⁶ CBS Statline, geraadpleegd op 14-7-2021, onderwerp: Regionale kerncijfers Nederland, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?dl=56247>

²⁷ TNO-rapport: Hinder door geluid van windturbines, 2008-D-R1051/B, TNO, 2008

Tabel 2.3 Verwacht aantal ernstig gehinderden binnenshuis in de referentiesituatie en na realisatie van WP DZU

Situatie	Ernstig gehinderd (binnenshuis)		Toename t.o.v. referentiesituatie	
	Aantal	% van de populatie	Aantal	% van de populatie
Referentiesituatie (191 personen)	3,0	1,6%	--	--
+ WP DZU zonder geluidmitigatie (max. 48 dB L _{den})	6,6	3,5%	+3,6	1,9%
+ WP DZU max 47 dB L _{den}	6,4	3,4%	+3,4	1,8%
+ WP DZU max 46 dB L _{den}	6,1	3,2%	+3,1	1,6%
+ WP DZU max 45 dB L _{den}	5,4	2,8%	+2,4	1,3%
+ WP DZU max 44 dB L _{den}	4,9	2,6%	+1,9	1,0%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat als windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding wordt toegevoegd aan de huidige situatie zonder toepassing van geluidvoorzieningen dan leidt dit tot een toename van circa 3,6 personen met ernstige hinder. Door WP DZU te limiteren tot 47 dB L_{den}, is deze toename 3,4 personen. Bij een limiet van 45 dB L_{den} bedraagt de toename 2,4 personen.

In de bijlage van dit onderzoek is een vergelijkbare berekening gedaan voor het aantal gehinderden.

2.5.3 Geluidbelasting ter plaatse van woningen

Woningen van derden

Voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zijn diverse geluidnormen onderzocht, variërend van maximaal 48 dB L_{den} (zonder toepassing van geluidvoorzieningen) tot 44 dB L_{den}. Voor deze verschillende scenario's is voor de 91 woningen in de omgeving die niet als molenaarswoning zijn aangeduid, de geluidbelasting in dB L_{den} bepaald en gecategoriseerd weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.4 Aantal woningen per geluidbelasting in dB L_{den}

Geluidbelasting dB L _{den}	Geen mitigatie max 48 dB L _{den}	Mitigatie naar 47 dB L _{den}	Mitigatie naar 46 dB L _{den}	Mitigatie naar 45 dB L _{den}	Mitigatie naar 44 dB L _{den}
<37	2	2	10	41	64
37	28	31	35	23	5
38	31	30	21	6	3
39	7	6	5	3	2
40	5	4	2	2	3
41	2	2	3	3	7
42	3	3	2	5	0
43	4	5	5	1	3
44	1	1	1	2	4
45	1	0	2	5	0

46	3	4	5	0	0
47	3	3	0	0	0
48	1	0	0	0	0
Totalen	91	91	91	91	91

Uit Tabel 2.4 kan worden opgemaakt dat zonder geluidvoorzieningen voor WP DZU er 7 van de 91 beschouwde woningen een geluidbelasting van meer dan 45 dB L_{den} ervaren. Wanneer een normstelling van 47 dB L_{den} wordt gehanteerd (zoals gehanteerd in de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl) zijn er eveneens 7 woningen met een geluidbelasting van meer dan 45 dB L_{den} . Ook laat de Tabel 2.4 zien dat er zonder geluidvoorzieningen 61 woningen een geluidbelasting van 38 dB L_{den} of hoger ervaren, dat er bij een normstelling van 47 dB L_{den} nog 58 woningen zijn met een geluidbelasting van 38 dB of hoger en bij een normstelling van 44 dB L_{den} nog 22 woningen zijn waar een geluidbelasting van 38 dB L_{den} of hoger wordt ervaren. De tabel laat tevens zien dat er bij een lagere getalsnorm voornamelijk 'winst' wordt behaald bij woningen die al een relatief lage geluidbelasting ervaren. Dit bleek ook al uit de berekeningen in paragraaf 2.5.2, waarbij het verschil tussen het hanteren van een norm van 47 en 45 dB L_{den} ca 0,5% ernstig gehinderden binnen de populatie is.

Molenaarswoningen

Om inzichtelijk te maken wat de effecten op de molenaarswoningen in de omgeving zijn, zijn de geluidbelastingen op deze 11 woningen berekend en weergegeven in Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Geluidbelasting molenaarswoningen rondom windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (inc. woningen behorende bij andere windparken dan windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding)

Adres	Geen mitigatie max 48 dB L_{den}	Mitigatie naar 47 dB L_{den}	Mitigatie naar 46 dB L_{den}	Mitigatie naar 45 dB L_{den}	Mitigatie naar 44 dB L_{den}
Zomerdijk 3 ^A	52	52	51	51	50
Kloosterlaan 21 B ^A	51	51	51	51	50
Kloosterlaan 23 ^A	53	53	52	51	50
Scheve Klap 6 ^A	53	52	50	49	48
Zomerdijk 7 ^A	53	52	52	51	50
Zomerdijk 4 ^A	53	53	52	51	51
Ideweesterweg 2 ^B	45	45	44	44	44
Ideweesterweg 1 ^B	45	45	45	45	44
Westerlaan 10 ^B	43	43	43	42	42
Ideweesterweg 4 ^B	42	42	42	42	41
Familie Bronsweg 87 ^C	39	39	39	38	38

A: molenaarswoning bij windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding

B: molenaarswoning bij windpark Geefswaer

C: heeft solitaire windturbine op eigen terrein

Uit de berekening kan worden opgemaakt dat voor de molenaarswoningen die geen onderdeel zijn van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding er maximaal een reductie van 2 dB L_{den} optreedt bij hanteren van een lagere normstelling. Voor de molenaarswoningen van WP DZU geldt dat de geluidbelasting varieert van

maximaal 53 dB L_{den} zonder geluidmitigatie tot maximaal 50 dB L_{den} wanneer 44 dB L_{den} als norm voor geluidgevoelige objecten wordt gehanteerd.

Cumulatief met referentiesituatie

Voor de diverse waarden voor een geluidnorm zijn eveneens de opgetelde geluidbelastingen²⁸ bepaald (windpark DZU samen met de reeds bestaande/vergunde windturbines). De resultaten zijn hieronder weergegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 Aantal woningen per geluidbelasting in dB L_{den} (ref. situatie en cumulatief met WP DZU)

Geluidbelasting dB L _{den}	Ref. situatie	+DZU geen miti	+DZU 47 dB L _{den}	+DZU 46 dB L _{den}	+DZU 45 dB L _{den}	+DZU 44 dB L _{den}
< 37	4	0	0	0	0	0
37	12	0	0	0	0	0
38	52	0	0	0	1	3
39	7	2	2	3	5	15
40	2	20	21	25	45	38
41	1	34	33	29	13	9
42	0	8	8	7	1	1
43	1	2	2	2	2	5
44	4	2	2	4	7	8
45	0	6	6	6	7	4
46	2	3	5	4	2	0
47	6	6	5	6	3	4
48	0	6	6	5	5	4
> 48	0	2	1	0	0	0

Uit Tabel 2.6 kan worden opgemaakt dat zonder WP DZU er 8 van de 91 beschouwde woningen een opgetelde geluidbelasting van meer dan 45 dB L_{den} ervaren. Wanneer WP DZU daaraan toe wordt gevoegd (zonder geluidvoorzieningen) stijgt dit aantal tot 17. Wanneer een normstelling voor WP DZU van 47 dB L_{den} wordt gehanteerd (zoals uitgangspunt in de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl) zijn er eveneens 17 woningen met een geluidbelasting van meer dan 45 dB L_{den}. Ook laat de Tabel 2.6 zien dat er bijvoorbeeld zonder WP DZU 13 woningen een opgetelde geluidbelasting van 42 dB L_{den} of hoger ervaren. Wanneer WP DZU (zonder toepassing van geluidvoorzieningen) daaraan wordt toegevoegd stijgt dat aantal tot 35. Bij een normstelling voor WP DZU van 45 dB L_{den} zijn er nog 27 woningen zijn waar een opgetelde geluidbelasting van 42 dB L_{den} of hoger wordt ervaren en bij 44 dB L_{den} nog 26 woningen met een geluidbelasting van 42 dB L_{den} of hoger.

Om inzichtelijk te maken wat de effecten op de molenaarswoningen in de omgeving zijn, zijn de geluidbelastingen op deze 11 woningen berekend en weergegeven in Tabel 2.7.

²⁸ Opgetelde geluidbelasting refereert naar al het windturbinegeluid, cumulatieve geluidbelasting is voor cumulatie met andersoortige geluidbronnen

Tabel 2.7 Geluidbelasting molenaarswoningen rondom windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding ref. situatie en cumulatief met WP DZU (inc. woningen behorende bij andere windparken dan windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding)

Adres	Ref. situatie	+DZU geen miti	+DZU 47 dB L _{den}	+DZU 46 dB L _{den}	+DZU 45 dB L _{den}	+DZU 44 dB L _{den}
Zomerdijk 3 ^A	45	52	52	52	51	51
Kloosterlaan 21 B ^A	45	52	52	52	51	51
Kloosterlaan 23 ^A	44	53	53	53	51	50
Scheve Klap 6 ^A	41	53	52	51	50	49
Zomerdijk 7 ^A	48	53	53	53	53	52
Zomerdijk 4 ^A	45	53	53	53	52	52
Ideweesterweg 2 ^B	51	52	52	52	52	52
Ideweesterweg 1 ^B	52	52	52	52	52	52
Westerlaan 10 ^B	50	51	51	51	51	51
Ideweesterweg 4 ^B	52	52	52	52	52	52
Familie Bronsweg 87 ^C	60	60	60	60	60	60

A: molenaarswoning bij windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding

B: molenaarswoning bij windpark Geefswaer

C: heeft solitaire windturbine op eigen terrein

De geluidbelasting neemt toe met maximaal 12 dB L_{den} wanneer WP DZU zonder geluidvoorzieningen wordt gerealiseerd. Wanneer 47 dB L_{den} als normstelling voor WP DZU wordt gehanteerd is de maximale toename 11 dB L_{den}. Een norm van 44 dB L_{den} voor WP DZU zorgt voor een maximale toename van 8 dB L_{den}.

2.5.4 Cumulatie met andersoortige geluidbronnen

Op basis van de geluidmodellen voor verkeersgeluid en industriegeluid die voor het MER van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zijn opgesteld is de cumulatieve geluidbelasting van de referentiesituatie bepaald en gecumuleerd met de diverse opties voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. De rekenregels voor cumulatie van geluid uit het Reken- en meetvoorschrift windturbines zijn daarbij gebruikt. De 11 woningen die als molenaarswoning zijn aangeduid, zijn in onderstaande tabel buiten beschouwing gelaten²⁹.

Tabel 2.8 Aantal woningen per cumulatieve geluidbelastingsklasse (ref. situatie en gecumuleerd met WP DZU)

Geluidbelasting dB L _{cum}	Ref. situatie	+DZU geen miti	+DZU 47 dB L _{den}	+DZU 46 dB L _{den}	+DZU 45 dB L _{den}	+DZU 44 dB L _{den}
46 – 50 dB	57	21	22	24	38	47
51 – 55 dB	16	42	41	39	27	21
56 – 60 dB	17	25	26	27	25	22
61 – 65 dB	1	3	2	1	1	1
> 65 dB	0	0	0	0	0	0

²⁹ In de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl is bepaald dat bij de bepaling van L_{cum} bij woningen die onderdeel zijn van een windpark de bijdrage van windturbinegeluid niet wordt betrokken.

De cumulatieve geluidbelasting overschrijdt ter plaatse van woningen die niet als molenaarswoning zijn aangeduid niet de waarde van 65 dB L_{cum} (deze waarde wordt als maximum gezien volgens de Structuurvisie Eemmond-Delfzijl). De categorie 61-65 dB L_{cum} bevat 1 woning in de referentiesituatie en tussen de 1 en de 3 na toevoeging van WP DZU, afhankelijk van de hoeveelheid geluidmitigatie. De categorie 56-60 dB L_{cum} gaat van 17 woningen in de referentiesituatie naar 22-25 woningen na toevoeging van WP DZU. De toename van woningen binnen categorie 51-55 dB L_{cum} (waar in de referentiesituatie 16 woningen zijn) bedraagt tussen de 5 en 26 woningen.

Tabel 2.9 Cumulatieve geluidbelasting ter plaatse van molenaarswoningen rondom windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding ref. situatie en cumulatief met WP DZU (inc. woningen behorende bij andere windparken dan windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding)

Adres	Ref. situatie	+DZU geen miti	+DZU 47 dB L _{den}	+DZU 46 dB L _{den}	+DZU 45 dB L _{den}	+DZU 44 dB L _{den}
Zomerdijk 3 ^A	54	66	66	66	65	64
Kloosterlaan 21 B ^A	54	66	65	65	65	64
Kloosterlaan 23 ^A	53	67	67	67	65	63
Scheve Klap 6 ^A	47	68	66	64	63	61
Zomerdijk 7 ^A	59	68	68	68	67	65
Zomerdijk 4 ^A	55	68	68	67	66	66
Ideweesterweg 2 ^B	65	67	67	67	67	67
Ideweesterweg 1 ^B	65	67	67	67	67	67
Westerlaan 10 ^B	63	64	64	64	64	64
Ideweesterweg 4 ^B	66	66	66	66	66	66
Familie Bronsweg 87 ^C	80	80	80	80	80	80

A: molenaarswoning bij windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding

B: molenaarswoning bij windpark Geefswaer

C: heeft solitaire windturbine op eigen terrein

2.6 Normstelling voor geluid windpark DZU

Windturbinegeluid kan hinderlijk zijn en dat maakt dat het wenselijk is geluidniveaus bij geluidsgevoelige objecten te beperken tot een aanvaardbaar niveau, teneinde een goed woon- en leefklimaat voor omwonenden te kunnen garanderen en daarmee effecten op het welbevinden te kunnen minimaliseren. Uit de beschikbare wetenschappelijke onderzoeken van het RIVM, WHO en TNO komen inzichten naar voren over de hinderlijkheid van windturbinegeluid bij verschillende niveaus. In de huidige situatie vooraf aan de ontwikkeling van windpark DZU is reeds sprake van een geluidbelasting op de omgeving en geluidsgevoelige objecten als gevolg van aanwezige geluidbronnen, waarmee circa 3 ernstig gehinderden gemoeid zijn.

Na realisatie van windpark DZU zal dit windpark – zonder het nemen van mitigerende maatregelen – een maximale geluidbelasting van L_{den} 48 dB veroorzaken op omliggende geluidsgevoelige objecten. De geluidsbelasting die daarna zonder mitigerende maatregelen optreedt leidt tot een toename van het aantal ernstig gehinderden van circa 3,6 (van 3,0 in de referentiesituatie naar 6,6 na realisatie van WP DZU) in de beschouwde populatie in de invloedssfeer van het park. Wanneer een geluidnorm zoals gehanteerd in de eerdere besluitvorming wordt toegepast (L_{den} 47 dB) geeft dit een verschil van +0,1% ernstig

gehinderden binnen de populatie. Het verder verlagen van de normstelling tot bijvoorbeeld L_{den} 45 dB leidt tot maximaal 1 ernstig gehinderde minder (de toename neemt af van 3,4 naar 2,4 ernstig gehinderden) dan bij een normstelling van L_{den} 47 dB (een verschil van +0,52% binnen de populatie).

Om een lagere geluidbelasting op de gevel van omliggende woningen te kunnen realiseren zijn mitigerende maatregelen nodig. Die bestaan uit het in een andere geluidmodus laten draaien van een of meerdere windturbines gedurende een of meerdere periodes van de dag, avond en/of nacht. Dit leidt tot een lagere MWh productie van de betreffende windturbines. In onderstaande tabel is weergegeven welke gevolgen er optreden voor de verwachte energieproductie van het windpark bij verschillende geluidnormen.

Tabel 2.10 Energieopbrengstverlies als gevolg van mitigerende maatregelen bij verschillende normstelling

Geluidbelasting dB L_{den}	Verwachte energieopbrengst per jaar (MWh)	Jaarlijks verlies als gevolg van mitigerende maatregelen (MWh)	Percentage verlies t.o.v. situatie zonder mitigatie
Zonder mitigatie	241.066	-	-
L_{den} 47 dB	239.218	1.848	0,8%
L_{den} 46 dB	235.261	5.805	2,4%
L_{den} 45 dB	228.103	12.963	5,4%
L_{den} 44 dB	220.350	20.716	8,6%

Tabel 2.3 toont dat bij het hanteren van een normstelling van L_{den} 47 dB circa 3,4 ernstig gehinderden extra optreden ten opzichte van de referentiesituatie (een verschil van 1,7% binnen de populatie van 191 personen binnen de invloedssfeer van het windpark, die niet in molenaarswoningen wonen). In totaal zijn er volgens de dosis-responsrelaties van het TNO-rapport van 2008, in het gebied circa 6,6 ernstig gehinderde personen na realisatie van het windpark, bij een norm van L_{den} 48 dB. Bij een norm van 47 dB L_{den} is het aantal ernstig gehinderden 0,2 lager dan bij 48 dB (een verschil van 0,1% van de populatie).

Indien een norm van 45 dB L_{den} wordt gehanteerd, is de potentiële winst maximaal circa één ernstig gehinderde minder dan bij L_{den} 47 dB L_{den} (een verschil van 0,5% binnen de populatie aan ernstig gehinderden), waarbij dit echter ten koste gaat van circa 5,4 procent (12.963 MWh) van de energieopbrengst. Dit is vergelijkbaar met de jaarlijkse energieproductie van circa 1 windturbine. Gezien de doelstellingen vanuit de Klimaatwet is het aannemelijk dat die windturbines dan op een andere locatie zullen worden gerealiseerd om de doelstelling te kunnen bereiken. Het is tevens aannemelijk dat ook op een andere locatie woningen in de omgeving aanwezig zijn en daarmee ook daar een aantal ernstig gehinderden zullen optreden als gevolg van de geluidbelasting daar. De milieuwinst van het vaststellen van een lagere geluidnorm op de locatie Delfzijl Zuid Uitbreiding is daarmee verwaarloosbaar, aangezien dit aantal gehinderden dan redelijkerwijs op een andere locatie zal optreden. Er is bovendien door de provincie beleidsmatig aangegeven dat het gebied waarin het windpark zich bevindt als concentratiegebied voor windenergie is aangemerkt teneinde de effecten van windenergie te clusteren, zodat elders andere gebruiksfuncties (wonen, natuur, recreatie, etc.) kunnen prevaleren.

Daarbij komt dat vanuit wetenschappelijk perspectief (zie 2.3) er geen aanleiding is om te veronderstellen dat er sprake is van onaanvaardbare hinder of het optreden van gezondheidseffecten bij het stellen van

een norm van L_{den} 47 dB, en dat er geen wetenschappelijke gronden zijn om te stellen dat een lagere norm vanuit het oogpunt van gezondheid noodzakelijk is.

Cumulatie

Om te voorkomen dat cumulatieve geluideffecten in individuele gevallen tot een onaanvaardbaar niveau kunnen oplopen is beoordeling van de maximale cumulatieve geluidbelasting voor geluidgevoelige objecten (die niet als molenaarswoning bij één van de windparken zijn aangemerkt) wel noodzakelijk. Het windpark ligt in het gebied van de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl (SV-ED). In dit gebied geldt een grens voor het cumulatieve blootstellingsniveau van 65 dB L_{cum} . Aangezien een cumulatieve geluidbelasting gelijk kan worden gesteld aan een geluidbelasting door wegverkeersgeluid, kan windturbinegeluid worden bestempeld met maximaal GES-score van 5. Met de normen van de SV-ED is er in de omgeving van het onderhavige windpark een bijzondere situatie; met de begrenzing van de gecumuleerde geluidbelasting worden bewoners beschermd tegen geluid dat zij in totaal kunnen ervaren. Dit betekent (theoretisch) ook dat er bij een lagere normstelling voor windturbinegeluid ruimte ontstaat voor meer geluid door andere geluidbronnen. De norm voor het gecumuleerde geluid is bij het MER voor de SV-ED met een gezondheidskundige beoordeling, met toepassing van het Handboek Gezondheidseffectscreening van de GGD, tot stand gekomen. Uit berekeningen blijkt dat bij het hanteren van een norm van L_{den} 47 dB voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding het cumulatieve blootstellingsniveau in de toekomstige situatie (met alle met de SV-ED voorziene ontwikkelingen) bij niet-molenaarswoningen niet boven 65 dB L_{cum} uit zal komen (Tabel 2.8).

3 Slagschaduw en lichtschittering van windturbines

3.1 Inleiding

De draaiende rotorbladen van windturbines kunnen een bewegende schaduw op hun omgeving werpen op het moment dat de zon schijnt. Deze zogenaamde 'slagschaduw' kan onder bepaalde omstandigheden als hinderlijk worden ervaren door personen in de omgeving. Daarnaast kan (zon)licht reflecteren van onderdelen van de windturbine, dit wordt 'lichtschittering' genoemd. Beide fenomenen kunnen zich alleen voordoen indien er sprake is van zonneschijn. In bewolkte weersomstandigheden treden deze effecten niet op. De impact van slagschaduw op de omgeving verschilt sterk, afhankelijk van de locatie van de windturbine, de locatie van de plek waar een waarnemer verblijft, de afmetingen van de windturbine en de windrichting en zonneschijnduur.

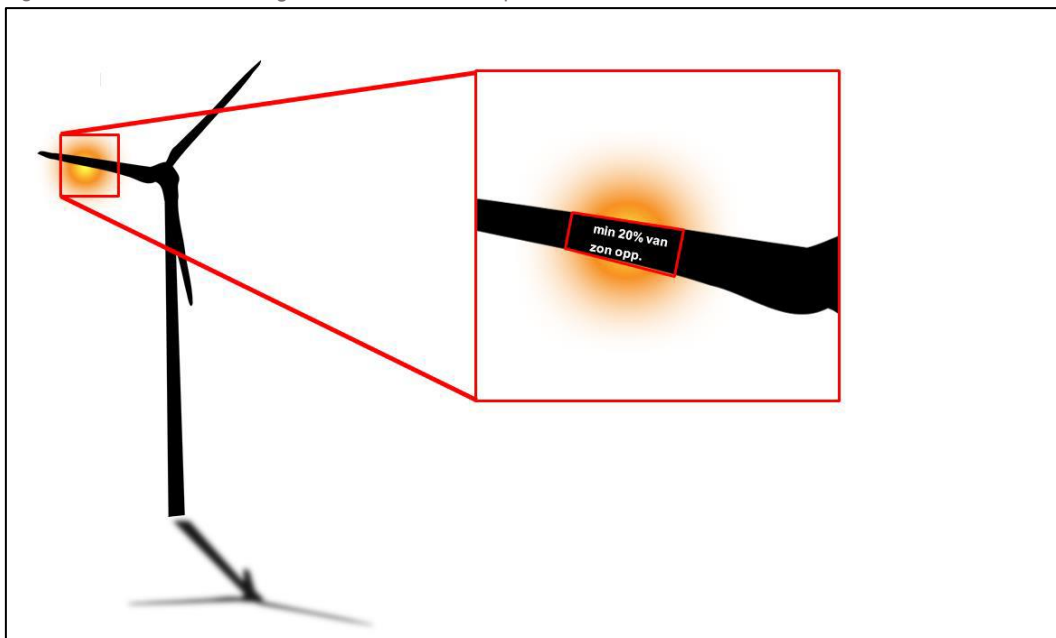
3.2 Achtergrond: inzichtelijk maken van slagschaduw

3.2.1 Wanneer is sprake van slagschaduw?

Om te kunnen spreken van slagschaduw(hinder) op de omgeving moet aan een paar voorwaarden worden voldaan:

1. er is sprake van een minimale afdekking van de lichtbron (in dit geval de zon) van 20% van het oppervlak van bron (zie figuur 3.1). Indien dit minder is, zal zoveel licht rond het object – in dit geval het windturbineblad - buigen dat van een effectieve schaduw geen sprake is. Hoe kleiner de afdekking, hoe 'diffuser' de schaduw³⁰;

Figuur 3.1 Minimale afdekking als voorwaarde voor optreden 'schaduw'



³⁰ De afstand waarbij 20% afscherming van de zon optreedt kan berekend worden met: Max. distance = $(5 \cdot w \cdot 150.000.000) / 1.097.780$ waarbij w staat voor de gemiddelde dikte van een rotorblad gebaseerd op de maximale dikte en de dikte op 90% rotorbladlengte. Alternatief kan ook $w / \text{bgtan}((0,2 \cdot \pi \cdot (0,531/2)^2) / 0,531)$ gebruikt worden.

2. Er moet sprake zijn van een minimale stralingsintensiteit van 120 Watt/m² om het voor een hinderervaring benodigde contrast (schaduw) te kunnen laten optreden³¹;
3. De windturbine moet in bedrijf zijn (draaien) om te kunnen spreken van hinderlijke slagschaduw;
4. Er dient sprake te zijn van een ruimte met een beperkt aantal lichtbronnen die significant kunnen worden afgeschermd door een bewegende slagschaduw. De ervaring van een bewegende schaduw in de buitenlucht wordt niet als hinderlijk ervaren.
5. De schaduw moet daadwerkelijk de gevel van het gevoelige object kunnen bereiken en dus niet afgeschermd worden door obstakels zoals gebouwen of bomen ('line of sight').

3.2.2 Wanneer is een object of terrein 'slagschaduwgevoelig'?

Niet op alle plekken waar slagschaduw theoretisch kan optreden is er sprake van een milieu- of hindereffect. In een weiland of op open water, waar geen of zeer weinig mensen aanwezig (kunnen) zijn leidt de slagschaduw immers niet tot een waarneembare hinder. In zoverre is dit vergelijkbaar met geluid, waar de beoordeling plaatsvindt op geluidgevoelige objecten (zie 2.4). Voor slagschaduw is er echter aanleiding dit te verfijnen omdat er ook verschillen bestaan tussen de effecten van geluid en slagschaduw. Bijvoorbeeld in een gebouw zonder ramen in de gevel in de richting van de windturbine kan geluid nog steeds een effect veroorzaken, echter een effect van slagschaduw is per definitie uitgesloten omdat er geen licht door een dichte gevel kan dringen.

Voor de definitie van een slagschaduw gevoelig object of terrein maken we onderscheid tussen objecten of terreinen bedoeld voor permanent verblijf van personen (o.a. woningen) en objecten of terreinen waar gedurende een langere tijdsduur (bijvoorbeeld een werkdag) mensen aanwezig zijn, maar niet permanent wonen. Daarvoor hanteren we de volgende definities:

Een slagschaduwgevoelig object of terrein:

Ieder object bedoeld voor bewoning of anderszins voor permanent verblijf van personen (woningen, woonboten of woonwagens en zorginstellingen) en voor zover de gevel of het dakvlak voorzien is van één of meerdere lichtdoorlatende vlakken in de richting van de windturbine(s).

Overige slagschaduwgevoelige objecten:

Overige objecten voor zover personen in een ruimte binnen dit object gedurende langere aaneengesloten tijd verblijven tijdens de daglichtperiode, en voor zover dit een gebouw of bouwwerk betreft, de gevel of het dakvlak voorzien is van één of meerdere lichtdoorlatende vlakken in de richting van de windturbine(s).

Voorbeelden van overige slagschaduwgevoelige objecten (anders dan woningen en zorginstellingen) zijn dan onder andere: scholen, kantoorgebouwen, horecagelegenheden en kampeerterrainen. Een stal, opslagloods, landbouwgrond, sportveld of parkeerterrein zijn voorbeelden van niet-slagschaduwgevoelige objecten of terreinen. Voor zover slechts een deel van een object als slagschaduwgevoelig kan worden aangemerkt (bijvoorbeeld een bedrijfspand met bijbehorend kantoorgedeelte), hoeft alleen dat deel als slagschaduwgevoelig te worden beschouwd.

³¹ World Meteorological Organization, 2021; Chapter 8 Measurement of sunshine duration:
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3154

Kader 3.1 Slagschaduwgevoeligheid terrassen en balkons (buitenruimte)

Bescherming is primair gericht op locaties waar personen gedurende langere tijd verblijven. Daarom zijn onder andere woningen en zorginstellingen als slagschaduwgevoelig aangemerkt. Buitenruimte behorende bij deze gebouwen (zoals terrassen of balkons) is niet afzonderlijk als slagschaduwgevoelig aangemerkt. Reden hiervoor is tweeledig: enerzijds is het voor een persoon die zich in een binnenruimte bevindt waarop slagschaduw optreedt niet eenvoudig mogelijk om naar een andere plek te vertrekken om daarmee de schaduwhinder te voorkomen. Dat is in de buitenruimte wel eenvoudig(er) mogelijk. Bovendien is buiten het aanwezige licht per definitie afkomstig van een grote hoeveelheid bronnen (reflecties, omgevingslicht) waardoor de hinderlijkheid van de slagschaduw in een buitenruimte zeer beperkt is. Anderzijds wordt door het gebouw zelf te beschermen tegen eventuele hinder de aangrenzende buitenruimte in de nabijheid van een gebouw al automatisch meegenomen in een groot deel van de stilstandvoorziening. De schaduw zal in de praktijk namelijk verplaatsen en dus niet alleen op het gebouw of alleen op de aangrenzende buitenruimte plaatsvinden, maar vrijwel altijd in combinatie. Er is daarom geen reden om de buitenruimte rondom een slagschaduwgevoelig object als afzonderlijk schaduwgevoelig aan te merken.

3.2.3 Hinderlijkheid van slagschaduw

Gevolgen van slagschaduw

Het menselijk oog is gevoelig voor optredende verschillen tussen licht en donker en voor snelle bewegingen. Dit trekt aandacht en leidt af, waardoor dit als hinderlijk kan worden ervaren door de waarnemer. De mate van hinder van een passerende schaduw wordt onder meer bepaald door de frequentie van het passeren (rotortoerental), door de blootstellingsduur en door de intensiteit van de wisselingen in lichtsterkte.

Uit onderzoek dat in 1999 in Duitsland is verricht blijkt dat omwonenden van windturbines die een netto slagschaduwduur van meer dan 15 uur per jaar ervaren een hogere mate van dagelijkse hinder ervaren in hun leefomgeving³². Herhaaldelijke of langdurige blootstelling hieraan kan bovendien leiden tot stress en concentratieverlies. Onderzoekers van de Universiteit van Kiel vonden in dezelfde laboratoriumstudie een duidelijke relatie tussen blootstellingsduur aan slagschaduw en de ervaren hinder voor de testpersonen. Uit het laboratoriumonderzoek komt specifiek naar voren dat in de eerste 20 minuten dat contrastrijke slagschaduw optreedt een fysieke reactie worden veroorzaakt, die bij langere blootstelling daarna door het lichaam wordt gecompenseerd. De onderzoekers hebben aanbevolen de slagschaduwduur te beperken om effecten op langere termijn te voorkomen vanwege de energie die deze compensatie kost.

Bij frequenties hoger dan 2,5 Hz (aantal passeringen per seconde) kan als gevolg daarvan sprake zijn een fysiologisch effect in de vorm van een kans op een epileptische aanval bij personen die gevoelig zijn voor licht³³. Bij grote moderne windturbines treedt dit niet op aangezien de frequentie veel lager dan 2,5 Hz (veelal beneden de 1 Hz) is, omdat de rotorbladen relatief weinig omwentelingen per minuut maken.

Er is geen bewijs gevonden dat directe blootstelling aan slagschaduw bij frequenties beneden de 2,5 Hz an sich gezondheidseffecten veroorzaakt. In de periode sinds dit onderzoek zijn in Europa vele duizenden windturbines gerealiseerd waaruit geen wetenschappelijk vastgestelde gevallen van gezondheidseffecten als gevolg van slagschaduw bekend zijn en er zijn ook geen andere onderzoeken gepubliceerd die een

³² Pohl, J, Faul, F, & Mausfeld, R; Belästigung durch periodischen schattenwurf von Windenergieanlagen, 1999.

³³ Parsons Brinckerhoff, 2006; Update of UK Shadow flicker Evidence Base

andere conclusie geven op dit punt. Directe gevolgen voor de gezondheid als gevolg van blootstelling aan slagschaduw – mits frequenties beneden 2,5 Hz blijven - zijn daarmee niet aannemelijk. Slagschaduw wordt echter wel als hinderlijk beschouwd en dit is aanleiding de slagschaduw te normeren.

Kader 3.2 Toegenomen afmetingen windturbines in relatie tot bruikbaarheid onderzoeksresultaten

Hoewel het uitgevoerde laboratoriumonderzoek uit 1999 stamt gaat het in op de effecten van slagschaduw op het menselijke welbevinden. Hoewel windturbines sinds die tijd veel groter zijn geworden heeft dat geen effect op de bruikbaarheid van de resultaten van het onderzoek, omdat de slagschaduw op zichzelf van een kleine windturbine niet anders is dan die van een grote windturbine. Alleen de afstand waarop het fenomeen zich kan voordoen wordt groter met de toenemende afmetingen van de windturbines.

Hinder beperken in de tijd

Uit een vergelijkende literatuurstudie uit 2017 van Koppen et al³⁴, blijkt dat in veel landen een maximale slagschaduwduur op een slagschaduwgevoelig object wordt gehanteerd van 8 uur per jaar, in sommige gevallen aangevuld met een maximum per dag van 30 minuten. Jaarlijks schijnt de zon, volgens de KNMI, gemiddeld zo'n 1.550 uur in Nederland (minimaal circa 1.400 uur en maximaal circa 1.700 uur). Een jaar telt 8.760 uren en de daglichtperiode is ongeveer de helft daarvan (4.380 uur). Dit betekent dat ongeveer 15% van het jaar de zon schijnt. Er is dus slechts een beperkt deel van het jaar dat slagschaduw kan optreden. In onderstaande tabel is deze verhouding tussen de totale zonneschijn en daglichtduur per jaar afgezet tegen een bepaalde slagschaduwduur.

Tabel 3.1 Percentage tijd i.r.t. slagschaduwduur

Netto slagschaduw duur per jaar	Percentage van de totale daglichtperiode per jaar	Percentage van het totaal aantal zonuren per jaar
25 uur	0,57%	1,61%
20 uur	0,46%	1,29%
15 uur	0,34%	0,97%
10 uur	0,23%	0,65%
8 uur	0,18%	0,52%
6 uur	0,14%	0,39%
2 uur	0,05%	0,13%

In Nederland wordt nu veelal een maximale slagschaduwduur van 6 uur op een slagschaduwgevoelig object gehanteerd. Als uitgegaan wordt van maximaal 6 uur slagschaduw per jaar, dan bedraagt dit circa 0,4% van het gehele maximale percentage aan zonuren per jaar. Vervolgens wordt er ook vanuit gegaan dat gedurende deze 6 uur slagschaduw daadwerkelijk iemand zich bevindt in een ruimte waarop de slagschaduw optreedt. In praktijk kan iemand op dat moment niet thuis zijn of zich ergens in huis bevinden waar de slagschaduw niet merkbaar is. Blootstelling aan slagschaduw volgens deze beoordelingssystematiek is op jaarbasis dus zeer beperkt.

³⁴ Koppen, E, et al, 2017; International Legislation and Regulations for Wind Turbine Shadow Flicker Impact

Er is internationaal beperkt onderzoek beschikbaar naar de relatie tussen blootstellingsduur aan slagschaduw effecten hiervan op personen. In 2016 heeft Health Canada³⁵ aanvullend onderzoek gedaan naar variabelen die de hoogte van de ervaren hinder beïnvloeden. Hieruit is gebleken dat wanneer de aaneengesloten blootstellingsduur van slagschaduw onder de 10 minuten is, de hinder beperkt is tot 3,8% van de blootgestelde personen. Indien de blootstellingsduur meer dan 30 aaneengesloten minuten bedraagt, ervaart 21,1% van de personen ernstige hinder. Deze en de tussenliggende waardes zijn uiteengezet in Tabel 3.2. Dit is voor zover bekend de enige dosis-effectrelatie studie die bekend is in relatie tot slagschaduw van windturbines³⁶.

Tabel 3.2 Mate van ernstige hinder bij verschillende aangesloten blootstellingsduren³⁷

Blootstelling slagschaduw	≥ 0 minuten en ≤10 minuten	≥ 10 minuten en ≤20 minuten	≥ 20 minuten en ≤30 minuten	≥ 30 minuten
Mate van ernstige hinder	3,8%	5,2%	13,5%	21,1%

Tot slot wordt opgemerkt dat verscheidene landen een bruto slagschaduwnorm³⁸ hanteren. Omdat de dosis-effectrelatie gaat over de daadwerkelijke blootstelling aan slagschaduw wordt een netto blootstellingsduur als een betere beoordelingsmaat gezien. Bij een bruto beoordelingsmaat is namelijk nog steeds onduidelijk welke netto belasting en dus welke effecten op de omgeving dit daadwerkelijk oplevert.

Hinder beperkt tot afstand

In theorie kan een slagschaduw bij een heel lage zonnestand en een vrij blikveld zeer ver reiken. Echter, er is een beperking aan de afstand waarop nog gesproken kan worden van enige mate van invloed³⁹. Specifiek voor slagschaduw geldt dat de schaduw minder scherp wordt naarmate de afstand toeneemt, omdat op grotere afstanden de afdekking van de zon door het windturbineblad nog maar beperkt is. In Figuur 3.1 is eerder weergegeven dat een minimale afdekking moet bestaan van 20% om te spreken van enige waarneembare schaduw. Bij moderne windturbines is dit – afhankelijk van de afmeting van de windturbine - op afstanden van circa 1.800 – 2.000 meter niet meer aan de orde (zie Figuur 3.2 voor een voorbeeld windturbine). De afstand geldt van een punt op ashoogte van de windturbine tot de gevel van het slagschaduwgevoelige object.

³⁵ <https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.4942403>

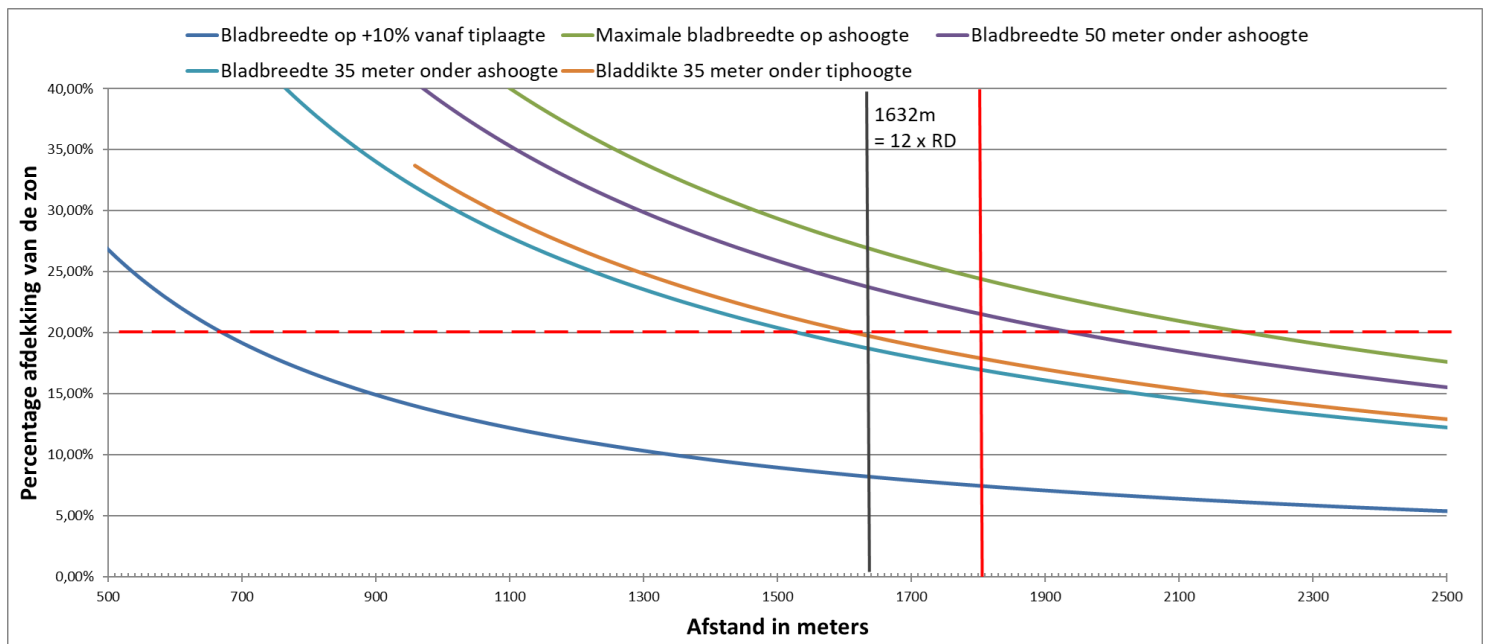
³⁶ De onderzoekers geven aan dat de gepresenteerde dosis effectrelatie is, wanneer enkel naar slagschaduw onafhankelijk van geluidbelasting wordt gekeken.

³⁷ Voicescu, et al. 2016; Estimating annoyance to calculated wind turbine shadow flicker is improved when variables associated with wind turbine noise exposure are considered, The Journal of the Acoustical Society of America 139, 1480 (2016); doi: 10.1121/1.4942403

³⁸ In dit geval wordt de maximale theoretische slagschaduwduur bedoeld, gebaseerd op een situatie dat de zon altijd schijnt gedurende de daglichtperiode, de windturbine altijd draait en de wind vanuit een (on)gunstige richting waait.

³⁹ ECLI:NL:RVS:2018:616, waarin wordt gesproken van tien keer de tiphoogte als afstand waarop in beginsel geen gevolgen van enige betekenis zijn te verwachten van een windpark.

Figuur 3.2 Grafiek afstand en schaduwafdekking



3.3 Beoordelingskader voor slagschaduw

Blootstellingsduur

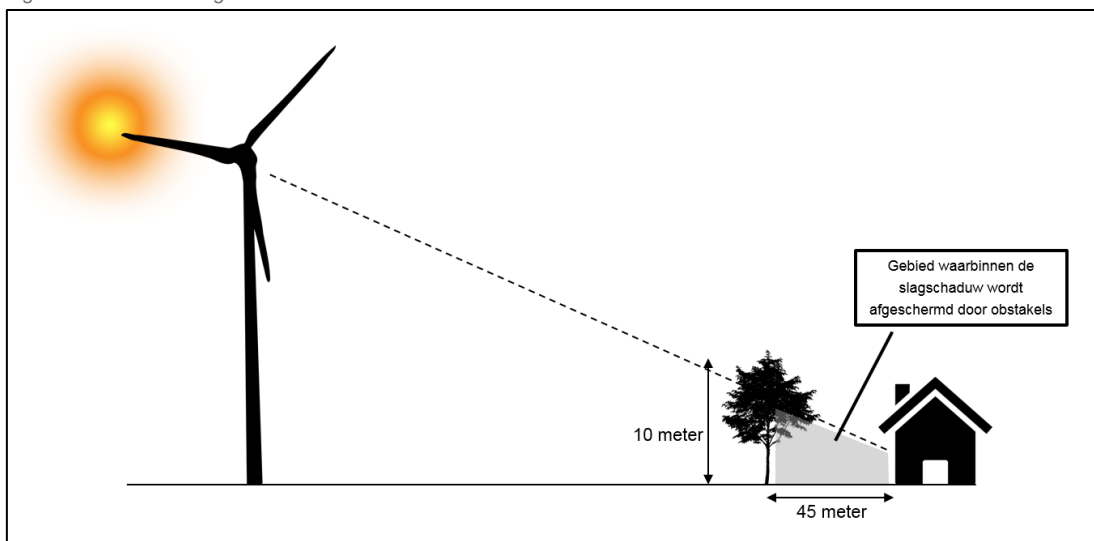
Zoals onder 3.2 is aangegeven is met name de blootstellingsduur de belangrijkste parameter om de effecten van optredende slagschaduw te beoordelen. Daarom dient in slagschaduwonderzoeken de optredende cumulatieve slagschaduw op gevoelige objecten of terreinen van alle windturbines in een omgeving gezamenlijk inzichtelijk te worden gemaakt. Dit kan visueel worden verbeeld in slagschaduwduurcontouren (in uren per jaar) op kaart. De uiterste contour waarbuiten slagschaduw als verwaarloosbaar kan worden beschouwd (de '0 uur per jaar contour') ligt maximaal op een afstand waarbij de zon voor minimaal 20% (of meer) kan worden afgeschermd. Daarnaast wordt per individueel schaduwgevoelig object inzichtelijk gemaakt wat de verwachte jaarlijks optredende slagschaduwduur zal zijn.

Afscherming

In de rekenmodellen die worden gehanteerd om slagschaduw te bepalen wordt ervan uitgegaan dat er altijd een 'line of sight' bestaat tussen de windturbine en de gevel van een gevoelig object of het schaduwgevoelige terrein. Dit betekent dat afscherming door bijvoorbeeld andere gebouwen of bomen niet wordt meegenomen. Deze afscherming speelt echter wel een belangrijke rol in het al dan niet optreden van slagschaduw op de gevel of het terrein. Ter illustratie: wanneer een object met een hoogte van 10 meter zich binnen circa 45 meter van de gevel van het gevoelige object bevindt tussen de windturbine en het object, zal de schaduw geblokkeerd worden (zie figuur 3.3). Uiteraard geldt dit voor (loof)bomen alleen in de zomerperiode, echter voor gebouwen geldt deze afscherming het gehele jaar.

Deze afscherming wordt in de rekenmodellen niet meegenomen, echter kan in voorkomende gevallen wel een belangrijke factor van betekenis zijn. Met name op grotere afstanden en lage zonnestanden zal dit in het algemeen snel optreden. Door de afstand waarop slagschaduw wordt beoordeeld te begrenzen is echter al deels rekening gehouden met dit effect.

Figuur 3.3 Afscherming effect



3.4 Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding

3.4.1 Onderzoeksopzet

De slagschaduwberekeningen zijn uitgevoerd met het softwareprogramma windPRO versie 3.4.415⁴⁰. Voor de windturbines van WP DZU is een windturbine met een rotordiameter van 136 meter en een ashoogte van 136 meter gehanteerd⁴¹. De tiphoogte bedraagt 204 meter. Met een maximale rotatiesnelheid van de V136-4.2MW van 10,8 rpm⁴² is de frequentie van slagschaduw (lichtflikkering) maximaal 0,5 Hz.

Voor de slagschaduwberekeningen is de slagschaduw meegenomen die optreedt bij een zonnestand van minimaal 5 graden boven de horizon. In de uitgevoerde analyses is een minimale zonnestand hoogte van 5 graden gebruikt als uitgangspunt voor de berekeningen. Dit betekent dat resultaten met een zonnestand onder de 5 graden niet worden opgenomen in de beoordeling. De achterliggende argumentatie is dat de schaduweffecten onder deze zonnestand te veel gereduceerd zijn om hinderlijke effecten te veroorzaken. Er zijn vier redenen waarom slagschaduw effect bij zonnestanden onder de 5 graden een beperkte vorm van slagschaduw veroorzaken:

- Schaduwaafstand bij laagstaande zon (zie paragraaf 3.2.3);
- Slagschaduwcontrast door percentuele afdekking van de zon (zie paragraaf 3.3);
- Intensiteit van de zon bij lage zonnestanden;
 - o Bij lage zonnestanden is de instralingsintensiteit veelal zodanig laag dat er geen sprake is van een contrastrijke slagschaduw.
- Invloed van obstakels bij lagere zonnestanden (zie paragraaf 3.3).

⁴⁰ Dit programma wordt wereldwijd gehanteerd voor slagschaduwberekeningen en bevat een nauwkeurig model voor het voorspellen van de optredende slagschaduw, gebaseerd op de baan van de aarde om de zon, de locatie van de windturbines (op coördinaat niveau) ten opzichte van de slagschaduwgevoelige objecten en langjarige weerdata.

⁴¹ Voor analyse van de breedte van het rotorblad en toerentallen is aangesloten bij de gegevens van een Vestas V136-4.2 MW.

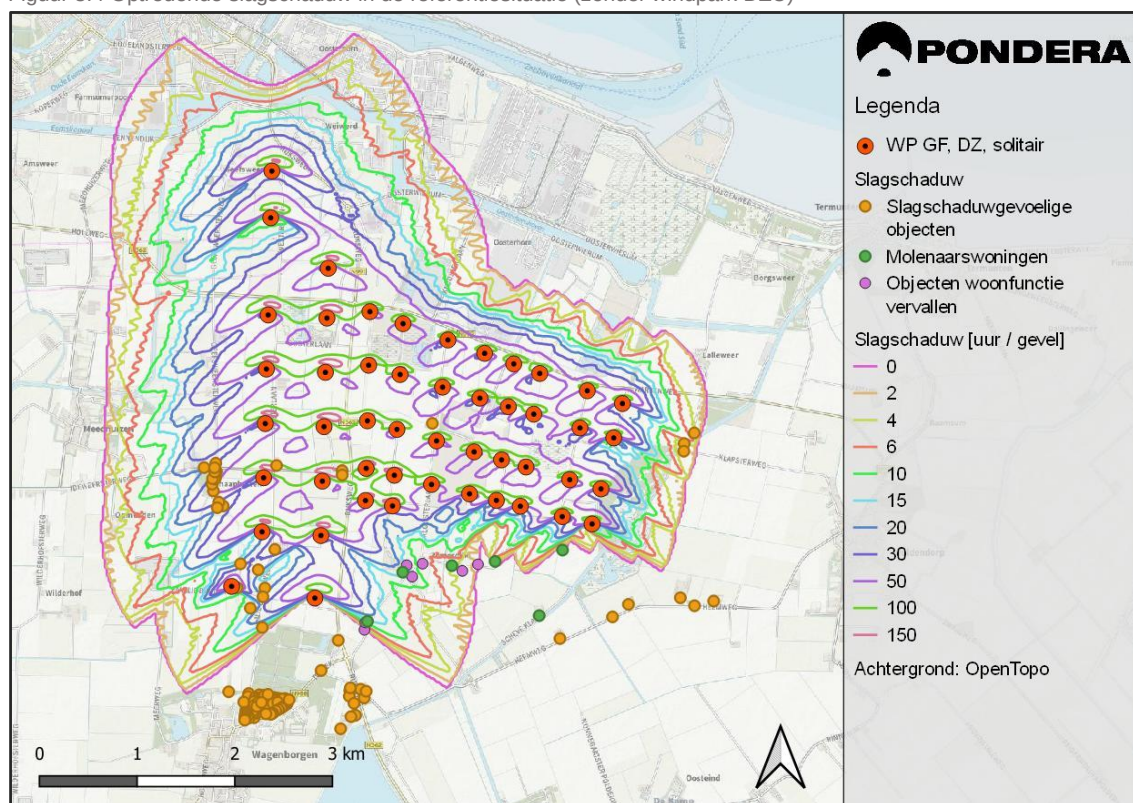
⁴² 4MW RPM curves: V117 – 4.0/4.2MW, V136 – 4.0/4.2MW, V150 – 4.0/4.2MW, Vestas, 27-5-2020.

Bij de beoordeling van slagschaduwhinder ter plaatse van toetspunten wordt uitgegaan van de worst-case aanname dat de gehele gevel van een woning boven een hoogte van 50 cm uit lichtdoorlatend materiaal (glas) bestaat. Daarbij is aangenomen dat de gevelhoogte bij woningen 5 meter bedraagt en voor de geprojecteerde breedte van het gevelvlak is 8 meter aangehouden. De berekende slagschaduwduren zijn gegeven in netto gemiddelde slagschaduwduur per jaar. Voor de meteorocorrecties (zonneshijn en windrichting) wordt gebruik gemaakt van gegevens van het nabijgelegen KNMI-meteostation Nieuw-Beerta.

3.4.2 Referentiesituatie

In de referentiesituatie staan er reeds windturbines in het gebied van Windpark Geefsweer, windpark Delfzijl Zuid en solitaire windturbines. In de referentiesituatie wordt ter plaatse van 28 van de 137 woningen in het gebied rondom windpark DZU slagschaduw ondervonden. De netto jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van deze woningen bedraagt in totaal ongeveer 1.245 uur, indien er geen slagschaduwmitigatie wordt toegepast.

Figuur 3.4 Optredende slagschaduw in de referentiesituatie (zonder windpark DZU)



3.4.3 Resultaten berekeningen na toevoeging Windpark DZU

Het gebied waarin slagschaduw veroorzaakt door WP DZU als hinderlijke waarneembaar kan zijn, ligt binnen een afstand van 1.810 meter van de windturbines. In totaal liggen in dit gebied 150 objecten die als slagschaduwgevoelig worden aangemerkt (woningen). Van deze woningen zijn 6 vanwege hun binding

met WP DZU aangemerkt als molenaarswoning.⁴³ Deze woningen worden apart beschouwd van de 'reguliere woningen' in het bepalen van de toename in slagschaduwduur. Tevens zijn er 7 woningen binnen het plangebied waarvan de woonfunctie komt te vervallen. Deze woningen worden conform het beoogde bestemmingsplan in de toekomst gebruikt als agrarische bouwvlakken zonder woningen of bedrijfsbestemmingen zonder woningen. De slagschaduwgevoeligheid van de specifieke toekomstige functieuitvoering is nog niet te bepalen en het is dus niet duidelijk of dit slagschaduwgevoelige objecten zullen zijn in de toekomst. Om deze reden wordt de slagschaduwduur wel inzichtelijk gemaakt, maar worden deze objecten apart beschouwd van overige woningen. Voor de 137 overgebleven woningen is de significante toevoeging van de jaargemiddelde slagschaduwduur ten opzichte van de referentiesituatie bepaald. Binnen het slagschaduwgebied liggen tevens twee overige slagschaduwgevoelige objecten (een bedrijfsverzamelgebouw en een camping) waarvoor de slagschaduwduur afzonderlijk is bepaald. In onderstaand overzicht wordt dit weergegeven.

Tabel 3.3 Aantal slagschaduwgevoelige objecten naar aard in het plangebied

Type	Aantal
Slagschaduwgevoelige objecten (woningen)	137
Overige slagschaduwgevoelige objecten	2
Molenaarswoningen	6
Woningen waarvan de woonfunctie vervalt	7

In Figuur 3.5 is met isolijnen aangegeven wat de toevoeging in jaargemiddelde slagschaduwduur per gevel is als gevolg van WP DZU t.o.v. de referentiesituatie. In Figuur 3.6 is met isolijnen de cumulatieve jaargemiddelde slagschaduwduur per gevel weergegeven die wordt veroorzaakt door de referentiesituatie (Windpark Geefswaer, windpark Delfzijl Zuid en solitaire windturbines) en WP DZU tezamen.

Tabel 3.4 Aantal slagschaduwgevoelige objecten waar slagschaduw optreedt

Type	Referentiesituatie	Referentiesituatie + WP DZU
Slagschaduwgevoelige objecten waar daadwerkelijk slagschaduw optreedt	28	114

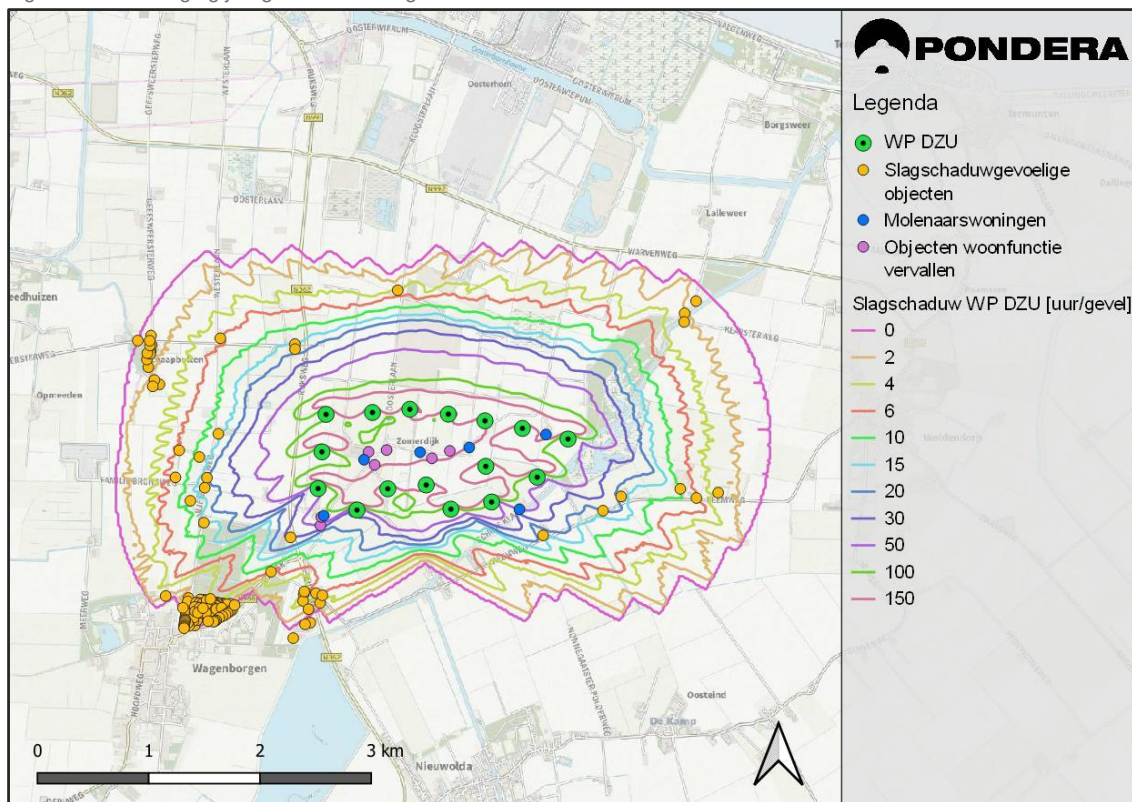
Gevolgen voor woningen

Met toevoeging van slagschaduw als gevolg van WP DZU wordt bij 114 van de 137 woningen⁴⁴ slagschaduw ondervonden, een toevoeging van 86 woningen ten opzichte van de referentiesituatie. De maximale toevoeging van totale jaarlijkse slagschaduwduur bedraagt ongeveer 423 uur.

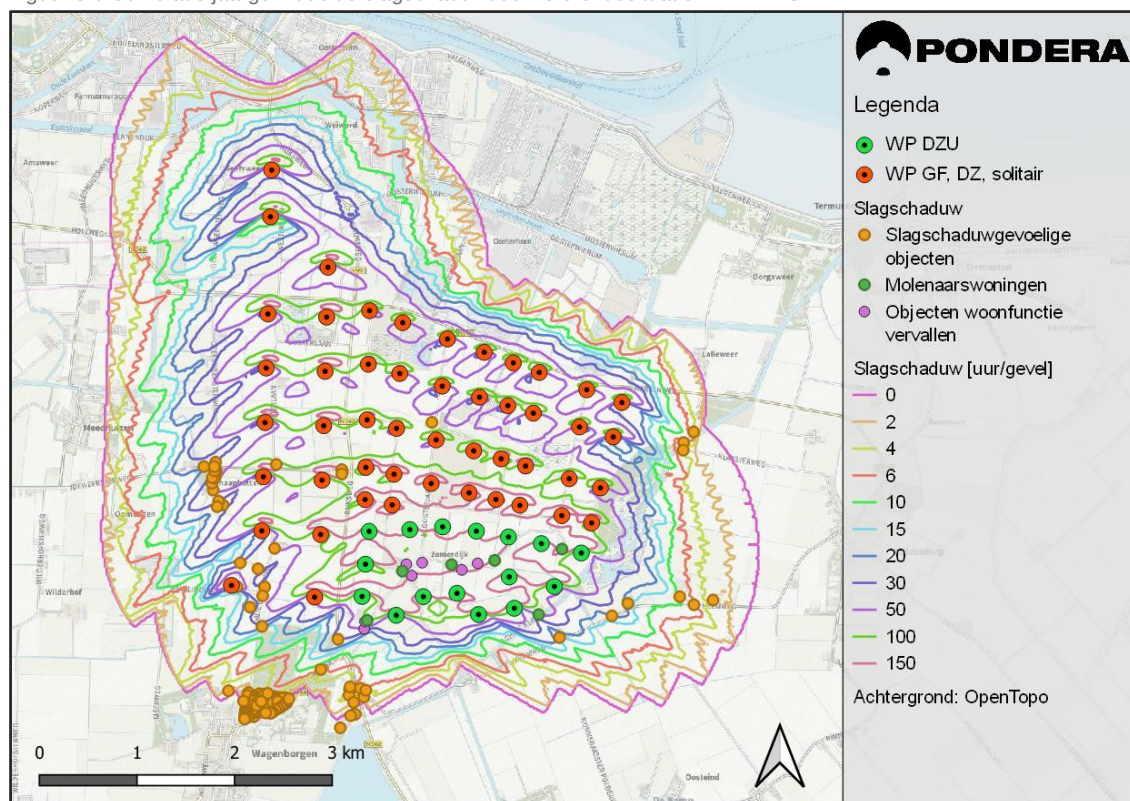
⁴³ Er zijn tevens vijf woningen die als molenaarswoning zijn aangemerkt voor windpark Geefswaer. Deze zijn wel als slagschaduwgevoelig object beschouwd voor windpark DZU.

⁴⁴ Aan de noordzijde wordt het schaduwgebied begrensd omdat de zon in het zuiden tijdens de middaguren altijd hoog staat. Direct aan de zuidzijde treedt nooit schaduw op omdat de zon nooit in het noorden staat.

Figuur 3.5 Toevoeging jaargemiddelde slagschaduwduur WP DZU t.o.v. referentiesituatie



Figuur 3.6 Cumulatie jaargemiddelde slagschaduwduur referentiesituatie + WP DZU



Wanneer gekeken wordt naar de slagschaduwduur per dag per object valt op dat de meeste woningen maximaal tussen de 0 - 20 min slagschaduw per dag ontvangen, slechts 19 woningen hebben een verwachte maximale slagschaduw van > 20 minuten per dag.

Tabel 3.5 Aantal slagschaduwgevoelige objecten met bepaalde slagschaduwduur per dag na toevoeging WP DZU

Type	>0 min en ≤10 min	> 10 min en ≤20 min	> 20 min en ≤30 min	> 30 min
Slagschaduwgevoelige objecten waar daadwerkelijk slagschaduw optreedt	21	61	6	13

Overige slagschaduwgevoelige objecten

Er zijn twee objecten die worden aangeduid als overig slagschaduwgevoelig object. Ten eerste is er het object aan Familie Bronsweg 22A waarin onder andere een fitnesscentrum en kapper zijn gehuisvest. Het andere slagschaduwgevoelig object is camping 'Klein Finland' aan Boslaan 7. Ook voor deze twee objecten is de toevoeging in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse inzichtelijk gemaakt.

Voor de camping is de slagschaduwduur op verschillende locaties op het terrein bepaald. De toevoeging in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van Familie Bronsweg 22A en camping 'Klein Finland' zijn gegeven in respectievelijk Tabel 3.6 en Tabel 3.7. Op de camping zal, zonder toepassing van slagschaduwmitigatie, gedurende 0 tot 4 uur aan slagschaduw per jaar van WP DZU ondervonden worden, afhankelijk van de specifieke locatie op het campingterrein. Afgezien van de totale jaarlijkse slagschaduwduur zal de hoeveelheid hinder die daadwerkelijk wordt ondervonden op de camping sterk

afhankelijk zijn van het moment waarop slagschaduw optreedt, aangezien de bezetting op de camping voor het overgrote deel seizoensgebonden is.

Tabel 3.6 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van Familie Bronsweg 22A

Toetspunt	Toename jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
Familie Bronsweg 22A	0:21

Tabel 3.7 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van camping 'Klein Finland'

Toetspunten camping	Toename jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
c1	4:05
c2	3:50
c3	1:10
c4	0:00
c5	0:00
c6	0:00

Daarnaast zijn er nog 4 woningen waarvan de woonfunctie komt te vervallen en in het nieuwe bestemmingsplan de functie Bedrijf 1 krijgen toegewezen. Dit zijn de panden aan de Kloosterlaan 25, Kloosterlaan 26, Kloosterlaan 27 en Zomerdijk 2. Op grond van de bestemde functie zouden deze vier panden als slagschaduwgevoelig kunnen worden beschouwd. In Tabel 3.8 zijn de verwachte slagschaduwduren per jaar voor de 4 panden weergegeven.

Tabel 3.8 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van panden met voormalige woonfunctie

Toetspunt	Toename jaargemiddelde slagschaduw t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
Kloosterlaan 25	78:20
Kloosterlaan 26	158:53
Kloosterlaan 27	46:51
Zomerdijk 2	146:11

Het wegnemen van alle slagschaduw ter plaatse van deze 4 gebouwen (een norm van 0 uur per jaar) zorgt voor een extra stilstand van in totaal 447:33 u per jaar voor windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Dit betekent een gemiddelde stilstand van 0,3% per windturbine. Een deel van dit stilstandverlies kan optreden indien een bepaalde mate van normstelling wordt gesteld voor 'overige slagschaduwgevoelige objecten'.

Molenaarswoningen

In het plangebied bevinden zich tot slot nog 6 molenaarswoningen. Voor deze objecten is de toevoeging van jaargemiddelde slagschaduwduur van WP DZU gegeven in Tabel 3.9. Hierin is weer de totale toename van slagschaduwduur gegeven zonder toepassing van mitigatie.

Tabel 3.9 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van molenaarswoning

Situatie	Toename jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
+ WP DZU zonder slagschaduwmitigatie	790:38

Voor de 3 gebouwen die voorheen een woonbestemming hadden en in het nieuwe bestemmingsplan geen bestemming “Bedrijf – 1” hebben (en niet als slagschaduwgevoelig worden beschouwd) is de toename in jaargemiddelde slagschaduwduur hieronder in Tabel 3.11 weergegeven.

Tabel 3.10 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van te vervallen woningen binnen het plangebied

Situatie	Toename jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
+ WP DZU zonder slagschaduwmitigatie	466:54

3.4.4 Effecten van lagere maximale slagschaduwduur

Vervolgens kan worden bepaald in hoeverre de totale jaarlijkse slagschaduwduur afneemt bij het hanteren van een maximale slagschaduwbelasting per gevoelig object. Dit is in een aantal stappen gedaan. Hierbij is als laagste waarde 2 uur per jaar gehanteerd, aangezien het in werking stellen van een stilstandvoorziening altijd enige vertraging oplevert, waardoor het technisch vrijwel niet uitvoerbaar is om terug te gaan naar 0 uur per jaar.

In onderstaande tabel is het effect op de totale jaarlijks optredende slagschaduwduur nabij gevoelige objecten aangegeven, bij verschillende toelaatbare maximale belastingen per object.

Tabel 3.11 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van woningen

Maximaal optredende slagschaduwduur per object als gevolg van windpark DZU	Toename totale jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
+ WP DZU zonder slagschaduwmitigatie	423:03
+ WP DZU – 20 uur/jaar	411:24
+ WP DZU – 14 uur/jaar	377:26
+ WP DZU – 10 uur/jaar	334:29
+ WP DZU – 8 uur/jaar	308:29
+ WP DZU – 6 uur/jaar	282:11
+ WP DZU – 4 uur/jaar	247:02
+ WP DZU – 2 uur/jaar	179:12

3.5 Naar een normstelling voor slagschaduw

Uit de (beperkt) beschikbare wetenschappelijke onderzoeken blijkt dat – hoewel er geen directe gevolgen voor de gezondheid te verwachten zijn als gevolg van slagschaduw van windpark DZU – het wel wenselijk is de totale optredende hoeveelheid slagschaduw ter plaatse van gevoelige objecten te beperken.

In de referentiesituatie wordt ter plaatse van 28 van de 137 woningen in het gebied slagschaduw ondervonden. De netto jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van deze woningen bedraagt in totaal ongeveer 1.245 uur.

Na realisatie van windpark DZU zal dit windpark – zonder het nemen van mitigerende maatregelen – bij 114 van de 137 woningen enige vorm van slagschaduw optreden en neemt het totaal aantal uur toe met 423 uur. Bij de helft van de woningen waar slagschaduw optreedt (57) is dit minder dan 2 uur per jaar (zonder mitigatie). Circa 100 woningen ontvangen jaarlijks meer dan 6 uur slagschaduw zonder mitigatie. In de nieuwe situatie is bij 19 woningen sprake van een slagschaduwbelasting van meer dan 20 minuten per dag (worst case). Voor de overige woningen is dit 20 minuten per dag of minder.

Tabel 3.12 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van woningen en energieopbrengstverliezen

Situatie (grens aantal uren per woning per jaar)	Toename totale jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]	Energie-opbrengstverlies in uren bij volledige stilstand	Percentage verlies draaiuren in % van 1x jaar ⁴⁵ en in % t.o.v. windpark	Verlies in MWh**	Aantal woningen waarbij de grens wordt overschreden zonder stilstandvoorziening
+ WP DZU zonder slagschaduwmitigatie	423:03	0	0%	--	0
+ WP DZU – 20 uur/jaar	411:24	60 u	0,04%	103	2
+ WP DZU – 14 uur/jaar	377:26	180 u	0,13%	310	9
+ WP DZU – 10 uur/jaar	334:29	227 u	0,16%	390	13
+ WP DZU – 8 uur/jaar	308:29	227 u	0,16%	390	13
+ WP DZU – 6 uur/jaar	282:11	228 u	0,16%	392	14
+ WP DZU – 4 uur/jaar	247:02	251 u	0,18%	432	21
+ WP DZU – 2 uur/jaar	179:12	260 u	0,19%	447	57
+ WP DZU – ~0* uur/jaar	~0:00*	271 u	0,19%	466	114

* In de praktijk is terug regeling naar 0 uur per jaar niet mogelijk. Tijdens afwisselende zonnige momenten kan er gedurende kortstondige duur slagschaduw aanwezig zijn. Deze perioden zijn nooit zodanig langdurend dat er sprake kan zijn van een significante hinderbeleving. Deze categorie dient dus gelezen te worden als 'zoveel reductie als mogelijk'.

** Ingeschat op basis van procentueel verlies van 241.066 MWh van het totale windpark

NB: Indien de 'overige slagschaduwgevoelige objecten' worden beschermd tot ~0 uur (Tabel 3.8) dan neemt de benodigde stilstandduur verder toe met 447 uur aan stilstand en circa respectievelijk +0,3% extra energieopbrengstverlies voor het hele windpark.

In Tabel 3.12 is inzichtelijk gemaakt welke gevolgen het beperken van de maximale blootstellingsduur heeft voor het windpark en de woningen in verschillende stappen. Hierbij is telkens een de maximale blootstellingsduur per woning als uitgangspunt gehanteerd.

⁴⁵ Uitgaande dat afhankelijk van de zonneshijn stilstand van circa 25% van de brutokalender benodigd is. En dat de opbrengst evenredig is verdeeld over het beschikbare aantal uren per jaar van 8.760 uur.

Uit deze tabel kan worden afgeleid dat het reduceren van de optredende slagschaduwduur per jaar tot een relatief beperkt productieverlies leidt voor het windpark. Daar staat echter tegenover dat de daarmee voorkomen hinder ter plaatse van slagschaduwgevoelige objecten ook relatief beperkt is.

Het ligt daarmee vanuit het waarborgen van een goed woon- en leefklimaat – voor de hand om de norm zodanig te stellen dat voor de 19 woningen waar een slagschaduwduur van > 20 minuten per dag mogelijk is er – de optredende hoeveelheid slagschaduw wordt beperkt. Voor de overige woningen is de slagschaduwbelasting per dag minder dan 20 minuten en is ook de totale jaarlijkse slagschaduwbelasting gering (tussen de 2 minuten en circa 5,5 uur per jaar).

3.6 Lichtschittering

Gladde en glimmende oppervlakken (bijvoorbeeld glas, maar ook geschilderde oppervlakken) kunnen invallend zonlicht reflecteren. Wanneer dit licht bij de ontvanger aankomt kan dit een hinderlijk (verblindend) effect hebben of tot gevaarlijke situaties leiden, bijvoorbeeld voor wegverkeer. Dit effect kan echter eenvoudig worden voorkomen door de betreffende objecten en oppervlakken te voorzien van een anti-reflecterende coating of gebruik te maken van niet reflecterende materialen. Voor windturbines is dit standaardpraktijk en wordt dit geborgd door reflectiewaarden te controleren via de certificering en de NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.

Er is daarmee geen noodzaak tot het opnemen van nadere voorschriften of normen, anders dan hierboven beschreven om gevolgen van lichtschittering te beperken.

4 Externe veiligheid

4.1 Inleiding: plaatsgebonden risico als beoordelingsmaat

Hoewel het risico zeer klein is, kunnen windturbines omvallen of kunnen er onderdelen afbreken. Het risico van de windturbines op de omgeving wordt beoordeeld aan de hand van een aantal criteria, die zijn afgeleid uit wet- en regelgeving en adviezen voor toetsing van beheerders van infrastructurele werken⁴⁶.

Een risicocontour (ofwel plaatsgebonden risico) geeft aan hoe groot in de omgeving de overlijdenskans is door een ongeval met een risicobron: binnen de contour is het risico groter, buiten de contour is het risico kleiner. Voor windturbines is buiten de identificatieafstand (werpafstand bij overtoeren) risico in het geheel uit te sluiten.

Het plaatsgebonden risico is de berekende kans per jaar, dat een persoon overlijdt als rechte reeks gevolg van een ongeval bij een risicobron, aangenomen dat hij op die plaats in de omgeving permanent (24 uur voor 365 dagen) en onbeschermd verblijft. Het plaatsgebonden risico rekent daarmee de maximale trefkans uit voor een individueel persoon wat permanent aanwezig is en is daarmee niet geschikt voor beoordeling van voorbijgangers / passanten. Het risico wordt uitgedrukt in een kans op overlijden waarbij de conservatieve aanname wordt gedaan dat treffen door een windturbineonderdeel gelijk staat aan 100% kans op overlijden. De kans wordt tevens conservatief berekend zonder rekening te houden met vluchtgedrag of actieve actie van de te raken persoon om risico's te vermijden of uit de weg te gaan. Het plaatsgebonden risico is daarmee een conservatieve maat voor het maximale risico wat in de omgeving kan worden ervaren op een bepaalde locatie.

4.2 Achtergrond: veiligheid en kansen

Omgaan met risico's in een drukbevolkt land

De doelstelling van het externe veiligheidsbeleid op rijksniveau luidt: "Het uitvoeren van een veiligheids- en risicobeleid om mens en milieu te beschermen tegen maatschappelijk onaanvaardbaar geachte gezondheids- en milieurisico's" ⁽⁴⁴⁾. Het beleid is erop gericht een zogenaamd basisbeschermingsniveau voor externe veiligheid te bieden aan personen die wonen, werken of recreëren in de omgeving van risicovolle activiteiten.

Uitgangspunt van het landelijke risicobeleid in zijn algemeenheid is dat het gevaar van een activiteit acceptabel is wanneer op een bepaalde plaats een daar aanwezig individu geen hogere kans op overlijden heeft dan maatschappelijk is geaccepteerd. Deze basisbescherming, die veelal een limiet kent van 10^{-6} tot 10^{-4} per jaar⁴⁷, wordt uitgedrukt in het plaatsgebonden risico ^{48,49}. Dit geldt voor onder andere industrie, transport en opslag van gevaarlijke stoffen zoals toxische of brandbare stoffen maar is ook toepasbaar voor windturbines.

Het externe veiligheidsbeleid van alle risicobronnen is met introductie van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) in 2004 gelijkgetrokken. Het hanteren van 10^{-5} en 10^{-6} voor een aanvaardbaar risico

⁴⁶ Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020)

⁴⁷ Deze risico's komen overeen met een kans op overlijden van 1 op 1.000.000 en 1 op 100.000 per jaar.

⁴⁸ Nota Modernisering omgevingsveiligheid (Tweede Kamer, vergaderjaar 2013-2014, 29517, nr. 92)

⁴⁹ Roels, J.M., et al, 2018; Bewust Omgaan met Veiligheid: doelen en effectmaten in het risico- en veiligheidsbeleid, RIVM Rapport 2018-0029

dateert al van eerder, zo wordt het onder andere genoemd in het Nationaal milieubeleidsplan 4 (juni 2001) maar ook daarvoor werd deze norm als aanvaardbaar gehanteerd. In het kader van de vuurwerkramp in Enschede (2000) en het daaropvolgende rapport van de commissie Oosting heeft er toe geleid dat het gehele externe veiligheidsbeleid in Nederland tegen het licht is gehouden en er uiteindelijk maatschappelijk aanvaardbare normen in het Bevi zijn vastgelegd.

Er is geen aanleiding om te twifelen aan de ruimtelijke aanvaardbaarheid op basis van het hanteren van het plaatsgevonden risico's niveau van respectievelijke 10^{-5} en 10^{-6} die optreden voor andere risicobronnen. Ook zijn de gevolgen voor het milieu hiermee beperkt. Weliswaar is er een kans op een effect, maar het hanteren van een andere kans als beoordelingsniveau leidt niet tot een afname van het gevolg maar alleen van de kans dat dit effect kan optreden. Het feit dat een zekere mate van risico, alhoewel zeer beperkt, wordt geaccepteerd is inherent aan het feit dat Nederland een drukbevolkt land is en multifunctioneel ruimtegebruik toegepast wordt.

Aanvaardbaar beschermingsniveau

In 2014 heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties een rapport laten opstellen over het in perspectief zetten van risico's⁵⁰. Uit dit rapport kunnen geen cijfermatige conclusies worden getrokken maar het geeft wel aan waarom een mate van bescherming voor windturbines leidt tot maatschappelijk aanvaardbare risico's in vergelijking met risico's bij andere activiteiten. Op stadsniveau (generieke stad van 50.000 personen) is de kans op een vergelijkbaar aantal verloren levensjaren voor reizen met het vliegtuig vergeleken met een windturbineongeluk circa 1.000x hoger, het wonen in laaggelegen gebieden (overstromingsrisico) geeft circa een 10x hogere kans en voor autorijden ligt de kans op een vergelijkbaar aantal verloren levensjaren bijna 10.000x hoger dan bij een windturbineongeluk.

Hieruit kan worden geconstateerd dat het toepassen van risicocriteria in de orde van grote van $PR10^{-05}$ en $PR10^{-06}$ bij windturbines een maatschappelijk geaccepteerd risico kan opleveren. Overigens blijkt uit literatuur en ook navraag bij een externe veiligheidsdeskundige dat wereldwijd het geaccepteerde plaatsgebonden risico over het algemeen ligt op een niveau tussen 10^{-4} en 10^{-6} . Zo geeft in het Verenigd Koninkrijk de Health and Safety Executive (HSE)⁵¹ aan dat de jaarlijkse acceptabele letaliteitskans voor een lid van de maatschappij circa 1 : 100.000 ($= 10^{-5}$) is als gevolg van een nucleaire installatie en bij een niveau van 1 : 1.000.000 ($= 10^{-6}$) is er ook geen verdere verbetering van de situatie meer benodigd.

Bescherming van objecten

In het Besluit externe veiligheid Inrichtingen (Bevi) worden mogelijk te beschermen objecten onderverdeeld in beperkt kwetsbare objecten en kwetsbare objecten, waarbij bij de indeling rekening is gehouden met de mogelijke verblijfsduur van personen, de hoeveelheid aanwezige personen en de zelfredzaamheid van personen die normaliter in het type vermelde objecten kunnen voorkomen. Er is geen aanleiding van deze indeling af te wijken.

Groepsrisico en maatschappelijk risico

De bescherming van personen is naast het hanteren van een maximale eis per persoon ook afhankelijk van de hoeveelheid personen die een bepaald risico ondervinden. Hoe meer personen een risico kunnen ondervinden hoe minder geaccepteerd het risico wordt. Dit komt tot uiting in beoordeling van normen die worden omschreven voor het groepsrisico (GR) alsook het totale maatschappelijk risico (MR) dat kan

⁵⁰ Risico's in perspectief – Risicovergelijking, HaskoningDHV Nederland B.V, november 2014 i.o.v. Ministerie BZK

⁵¹ Reducing risks, HSE's decision-making process, Health and Safety Executive, 2001.

optreden. Voor andere risicovolle inrichtingen en risicovolle transporten geldt voor het groepsrisico geen harde normstelling maar wordt wel een oriëntatiewaarde gebruikt om de totale effecten te kunnen beoordelen⁵². Het maatschappelijk risico is een maat die aangeeft wat het 'totale cumulatieve risico voor de maatschappij' bedraagt. Dit is de optelsom van de plaatsgebonden risico's voor alle potentiële personen in het gebied.

4.3 Berekening- en beoordelingssystematiek

4.3.1 Plaatsgebonden risico

De risico's van de windturbines op de omgeving worden berekend met behulp van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid module IV – De Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020). Deze handreiking en handleiding hebben in 2020 een uitgebreide actualisatie ondergaan en voldoen aan de actuele stand van de wetenschappelijke kennis op dit punt. Ze zijn daarmee goed bruikbaar voor het berekenen en bepalen van risico's van moderne grote windturbines.

Voor de beoordeling worden alle objecten waar mensen zich in kunnen bevinden binnen de maximale effectzone in kaart gebracht. Buiten de maximale effectzone (bladworp bij overtoeren) kunnen geen onderdelen van de windturbine meer terechtkomen, waardoor hier ook geen effecten meer kunnen optreden. Daarnaast wordt het maximale plaatsgebonden risico (PR) dat binnen een object kan optreden per windturbine berekend. De maximale PR-waarden worden opgeteld per object om het maximale optredende PR te berekenen. Eén adreslocatie kan uit meerdere gebouwen (objecten) bestaan

Om het aantal aanwezige personen in te schatten wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor of relatieve verblijfstijden. Voor woningen wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor van 2,1 personen per object. In het beoogde bestemmingsplan zijn zeven woonfuncties vervallen en zijn vier van deze woonfuncties omgezet in bedrijfsfuncties. Voor de bedrijfsfuncties is ervan uitgegaan dat hier kleinschalige bedrijvigheid in plaatsvindt en is gerekend met een aanwezigheidsfactor van 1,19⁽⁵³⁾. Voor de schuren behorende bij agrarische bedrijven en overige objecten zonder toegewezen functie, wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor⁵⁴ van 0,125 en specifiek voor de sluisgebouwen in het gebied met een aanwezigheidsfactor van 0,025. Het aantal personen dient om een inschatting te maken van de groepsrisico's en het maatschappelijk risico.

Passanten op infrastructurele transportroutes (wegen, waterwegen en spoorwegen) kunnen ook risico's ondervinden door de aanwezigheid van windturbines. De verblijfstijden van passerende personen binnen de risicozones van de windturbines zijn echter zodanig klein dat dit geen significante risico's oplevert in vergelijking met permanent aanwezige personen. Voor wegen met significante hoeveelheden personenverkeer (bijv. snelwegen of provinciale hoofdwegen) kunnen de cumulatieve risico's significant worden. De risico's voor passanten kunnen worden uitgerekend in een Individueel Passanten Risico (IPR) en een Maatschappelijk Risico (MR). Naast een direct risico op personen in de omgeving kunnen windturbineonderdelen bij een calamiteit terechtkomen op risicovolle buisleidingen en risicovolle inrichtingen in de omgeving. Door dit treffen kan er schade ontstaan en kunnen er gevaarlijke stoffen vrijkomen of kunnen er risico's optreden die op zichzelf weer een gevaar vormen voor de omgeving. Dit

⁵² Zie Besluit externe veiligheid Transporten, artikel 1 lid 1 en Besluit externe veiligheid Inrichtingen artikel 12 lid 1 b

⁵³ Deze aanwezigheidsfactor staat voor circa 5 personen continu aanwezig voor 40 uur per week.

⁵⁴ Deze aanwezigheidsfactor staat voor circa 1 persoon voor 3 uur per dag en respectievelijk één persoon gedurende 24 minuten per dag.

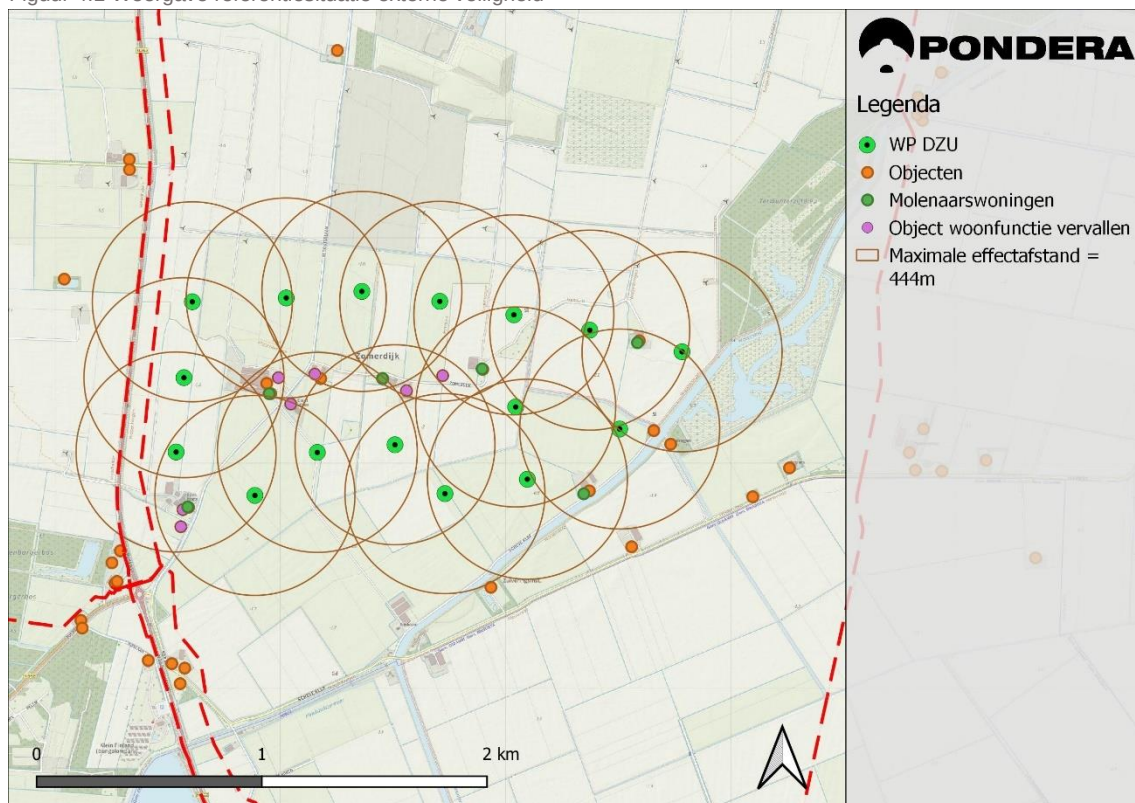
wordt een indirect risico of domino-effect genoemd. Daarbij is altijd de toevoeging van het risico door de windturbine(s) van belang bij de beoordeling. De beoordeling van risico's voor infrastructuur en overige installaties zijn vastgelegd in beleidsregels van betrokken instanties zoals Rijkswaterstaat, Gasunie en TenneT. Deze regels blijven gelden en zijn reeds beschouwd in de milieueffectrapportage voor Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Er treden in de beoordelingen van deze infrastructuur en installaties geen wijzigingen op als gevolg van de uitspraak over de windturbinebepalingen in het Activiteitenbesluit.

4.4 Lokale situatie in project Delfzijl Zuid Uitbreiding

4.4.1 Referentiesituatie

In de huidige situatie treden er op de objecten binnen de maximale effectafstand van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding geen veiligheidsrisico's op. De bestaande windturbines ten noorden (Windpark Delfzijl Zuid) en ten westen van de locatie (Windpark Geefswaer) veroorzaken geen veiligheidsrisico's voor de bestaande objecten. Ten westen van het windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding bevinden zich twee buisleidingen van Gasunie (N-590-90 en N-590-40). Deze zijn in Figuur 4.1 weergegeven als rode stippellijnen. In de huidige situaties veroorzaken deze buisleidingen geen significante risico-effecten op de aanwezige objecten.

Figuur 4.1 Weergave referentiesituatie externe veiligheid



4.4.2 Effecten plaatsgebonden risico als gevolg van windpark DZU

Door de komst van de windturbines ontstaan er gebieden rondom de windturbineposities waar een verhoogd risico optreedt. De ligging van de PR10⁻⁶ contouren liggen volgens vuistregels maximaal op een afstand gelijk aan de tiphoogte (204m) en de PR10⁻⁵ contouren liggen volgens vuistregels maximaal op

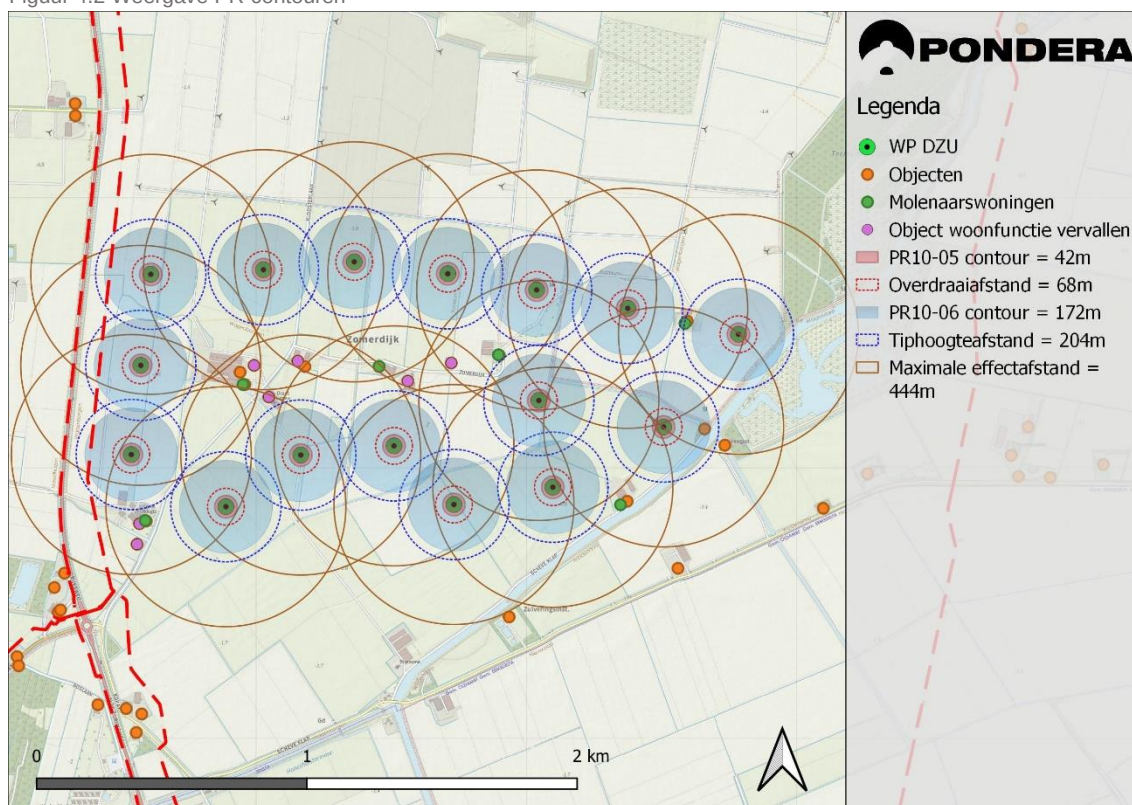
een afstand gelijk aan een halve rotordiameter (68m). Voor deze specifieke analyse zijn de PR-contouren specifiek berekend van een drietal mogelijke windturbinetypes:

- Nordex N133 op 136 meter ashoogte;
- Vestas V136-4.2 op 136 meter ashoogte;
- Vestas V136-4.3 op 136 meter ashoogte.

Enkele analyses en resultaten zijn ter verduidelijking enkel weergegeven voor de Nordex N133 op 136 meter.

De PR-contouren zijn berekend met behulp van de formules 2.18 tot en met 2.25b en 3.1 tot en met 3.3 uit de Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020). De gebruikte uitgangspunten zijn te vinden in de tabel in de bijlage 1.

Figuur 4.2 Weergave PR-contouren



Vervolgens kan gekeken worden welke objecten zich bevinden binnen bepaalde plaatsgebonden risicocontouren om inzicht te krijgen in het optredende risico voor aanwezige bebouwing.

Tabel 4.1 Aantal objecten binnen PR-contouren van windpark DZU bij toepassing Nordex N133 windturbine

Risico maat	Aantal panden / beperkt kwetsbare objecten			Aantal kwetsbare objecten*	Aantal personen per risicomaat		
	N133	V136-4.2	V136-4.3		N133	V136-4.2	V136-4.3
PR10-04	0	0	0	0	0	0	0
PR10-05	0	0	0	0	0	0	0
PR10-06	4	4	4	0	2,38	2,38	2,38
PR10-07	7	7	7	0	3,92	3,92	3,92
PR10-08	1	0	0	0	0,13	0	0
PR10-09	35	35	35	0	15,37	15,37	15,37
PR10-10	-	-	-	0	-	-	-

* Door de vervallen woonfuncties in het gebied zijn alle woonfuncties verspreid liggende woningen (<3 woningen per hectare) en daarmee te definiëren als beperkt kwetsbare objecten conform het Bevi artikel 1.

Maatschappelijk risico

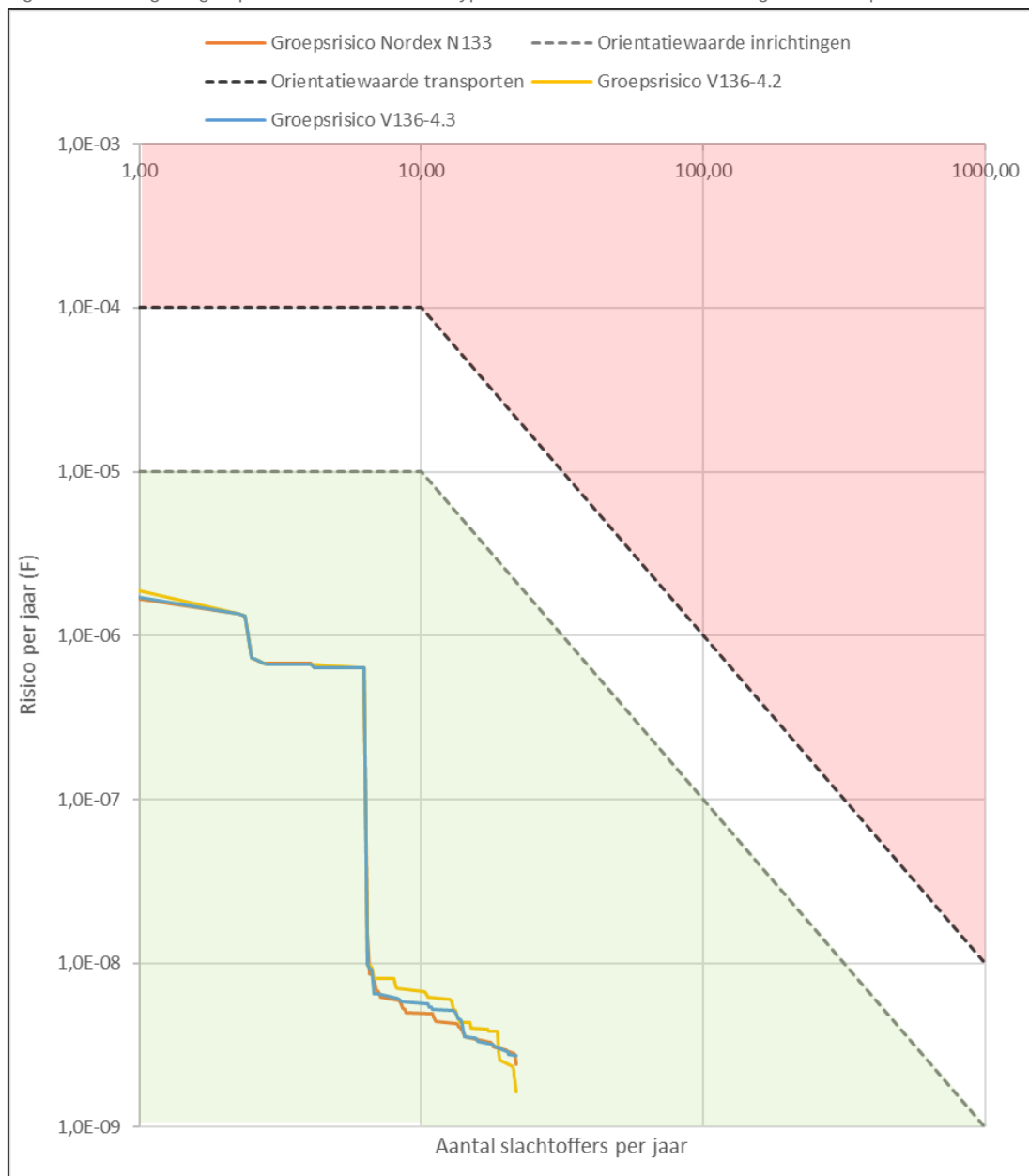
Per object kan het optredende plaatsgebonden risico in een gebouw vermenigvuldigd worden met het aantal verwachte personen in dat gebouw om tot het totale maatschappelijk risico van het windpark te komen. Dit betreft maximaal $6,3 \times 10^{-6}$ per jaar. Ter referentie: Rijkswaterstaat en ProRail hanteren als beheerders van infrastructurele werken een toetsingsnorm van maximaal 2×10^{-3} per jaar.

4.4.3 Effectbeoordeling via groepsrisico benadering

Naast de bescherming van het maximaal optredende risico per object kan de situatie rondom de externe veiligheid van een windpark ook beoordeeld worden aan de verhouding van de hoeveelheid personen die een bepaald risico kunnen ondervinden. Een dergelijke beoordeling kan plaatsvinden door te kijken naar de berekenmethodiek van het optredende groepsrisico (GR). Een groepsrisicoberekening is opgesteld door de te verwachte persoonsbezetting per pand en het maximaal optredende plaatsgebonden risico in kaart te brengen. Voor de bepaling van de persoonsbezetting van de verschillende gebruiksfuncties wordt hierbij wederom aangesloten bij de kengetallen zoals genoemd in 4.3.1.

In onderstaande grafieken is het optredende groepsrisico als gevolg van het windpark afgezet tegen de oriëntatiewaardes zoals die voor groepsrisico van andere activiteiten (risicovolle inrichtingen en gevaarlijke transporten) worden gehanteerd. Het groene gebied geeft het gebied aan waarbij het optredende groepsrisico beneden de oriëntatiewaardes blijft.

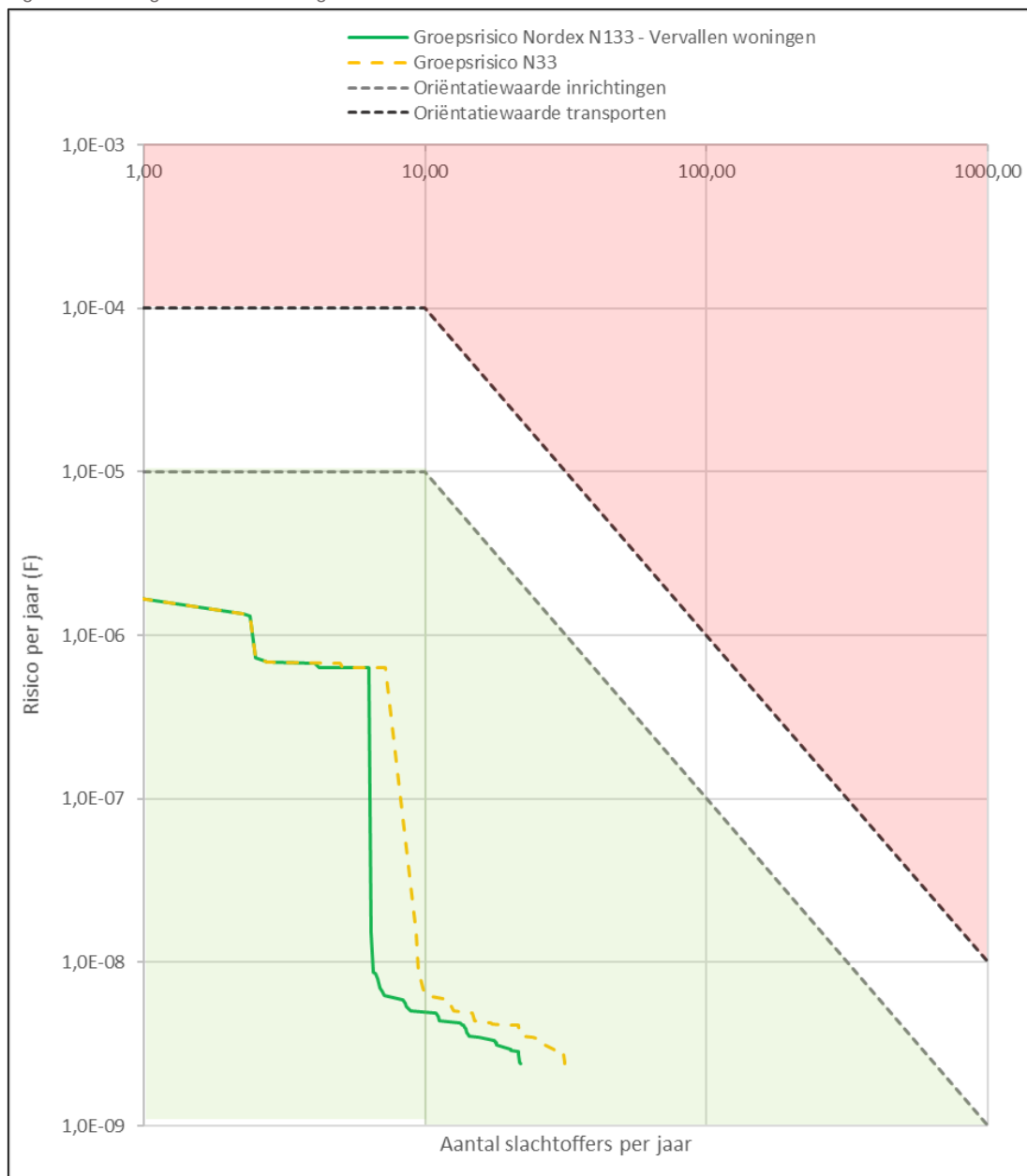
Figuur 4.3 Weergave groepsrisico drie windturbinetypes en oriëntatiewaarde inrichtingen en transporten



4.4.4 Effecten wegbestemmen woonfuncties in plangebied

In het bestemmingsplan “Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (2020)” zullen enkele woonfuncties vervallen. Het wegbestemmen en herbestemmen van de woonfuncties is integraal onderdeel van deze analyse. Om het effect van de verwijdering van de woonfuncties inzichtelijk te maken is in onderstaande grafiek het resultaat hiervan inzichtelijk gemaakt. Dit geeft aan hoe een wijziging van de persoonsbezetting de grafiek kan verplaatsen.

Figuur 4.4 Weergave effect van wegbestemmen woonfuncties



4.5 Naar een normstelling voor externe veiligheid

In navolging van andere risicobronnen ligt het voor de hand om ook voor windturbines uit te gaan van een basisbeschermingsniveau voor de omgeving aangezien er een risico optreedt voor de omgeving. Daarbij is het eveneens logisch om aan te sluiten bij het beleidskader voor externe veiligheid door onderscheid te maken tussen beperkt kwetsbare objecten en kwetsbare objecten en deze te beoordelen aan de hand van de plaatsgebonden risicocontouren. Er is geen aanleiding om hiervan af te wijken bij de beoordeling van windturbinerisico's. Zoals uit de berekeningen onder 4.4 blijkt geeft dit tevens voldoende bescherming tegen het optreden van onaanvaardbare groepsrisico's.

Met een kans van 1 de 100.000 jaar bij continue jaarlang onbeschermd verblijf op de $PR10^{-5}$ contour bij (beperkt) kwetsbare objecten en 1 op de miljoen bij continue jaarlang onbeschermd verblijf op de $PR10^{-6}$ contour bij kwetsbare objecten is daarmee sprake van een risico dat aanmerkelijk lager ligt dan andere algemeen aanvaarde (maatschappelijke) risico's en gelijk is aan andere risicobronnen van externe veiligheid.

Het opstellen van een normstelling in de vorm van een bepaalde PR-contour waarde kan gezien worden als het trekken van een horizontale streep in Figuur 4.3. De hoeveelheid personen die een risico van meer dan $PR10^{-6}$ kunnen ondervinden is voor deze projectlocatie zeer beperkt. Om te voorkomen dat een grotere hoeveelheid personen dit risico kunnen ervaren kan voor kwetsbare objecten een norm worden gesteld op een bepaalde PR-waarde. Om te voorkomen dat enige personen een groter risico van meer dan $PR10^{-5}$ kunnen ervaren kan ook voor objecten met minder personen (beperkt kwetsbare objecten) een norm worden gesteld op een bepaalde PR-waarde.

5 Overige windturbinenormen Activiteitenbesluit

5.1 Bouw- en ontwerpnormen IEC

Het ontwerp van windturbines voldoet aan de internationale norm (IEC-61400-1). Op grond van deze norm bevat de windturbine diverse veiligheidssystemen om ervoor te zorgen dat bij falen van onderdelen of bij extreme weersomstandigheden de windturbine niet wordt beschadigd. Onder andere bevat de windturbine een remsysteem welke ervoor zorgt dat de rotorbladen uit de wind worden gedraaid bij te hoge windsnelheden. Daarnaast is een bliksembeveiliging voorgeschreven die ervoor zorgt dat inslaande bliksem buiten kwetsbare delen van de windturbine naar de grond leidt.

5.2 Bodem

Het in werking hebben van een windturbine is een activiteit in hoofdstuk 3 waarop ook afdeling 2.4 (Bodem) van het Activiteitenbesluit van toepassing is. In artikel 2.11 van afdeling 2.4 staat zowel een nulsituatiebodemonderzoek als eindonderzoek voorgeschreven. Door het treffen van bodembeschermende voorzieningen wordt een verwaarloosbaar risico voor bodemverontreiniging als bedoeld in de Nederlandse richtlijn bodembescherming bedrijfsmatige activiteiten (NRB) behaald.

In de hydraulische installaties van een windturbine zijn bodembedreigende vloeistoffen zoals smeeroliën, vetten e.d. aanwezig. Deze vloeistoffen zitten in de gondel dan wel in de windturbine en worden bij lekkage of als ze vrijkomen bij jaarlijkse onderhoudswerkzaamheden opgevangen door het omhulsel (gondel).

Volgens de NRB is hier sprake van een 'gesloten proces of bewerking'. Uitgangspunt bij een gesloten proces of bewerking is dat tijdens de gangbare bedrijfsvoering de stoffen niet buiten de procesomhulling treedt. Deze gondel heeft voldoende capaciteit om de totale hoeveelheid vloeistoffen op te vangen. In geval er lekkage optreedt zal dit onmiddellijk wordenesignaleerd omdat er dan storingen aan de windturbine optreden. Hieruit mag worden geconcludeerd dat voor emissie van bodembedreigende stoffen naar de bodem of het grondwater een verwaarloosbaar risico bestaat.

In de aanvraag is aangegeven dat voorafgaand aan de bouw een bodemonderzoek wordt uitgevoerd naar de nulsituatie. De resultaten van dit onderzoek worden uiterlijk acht weken voor de start van de bouw aan het bevoegd gezag verstrekt. Dit is niet opgenomen als voorschrift omdat het Activiteitenbesluit hier rechtstreeks op van toepassing is. Overigens zal dit onderzoek, na positieve beoordeling, aangemerkt worden als nulsituatie-onderzoek.

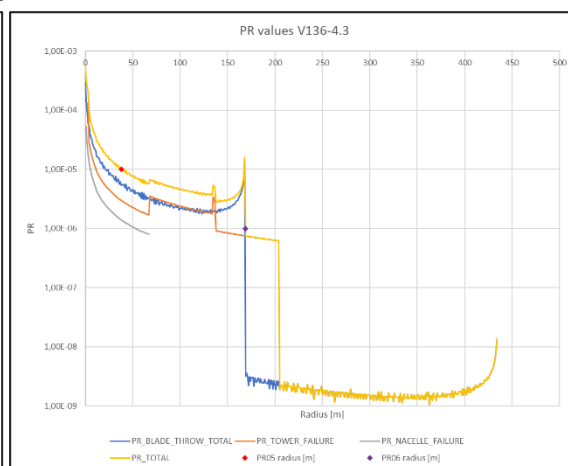
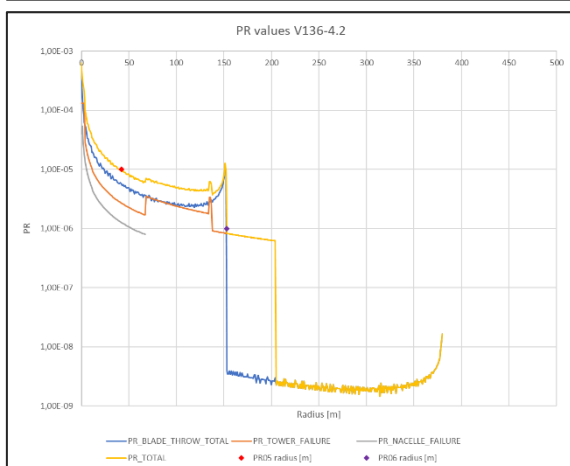
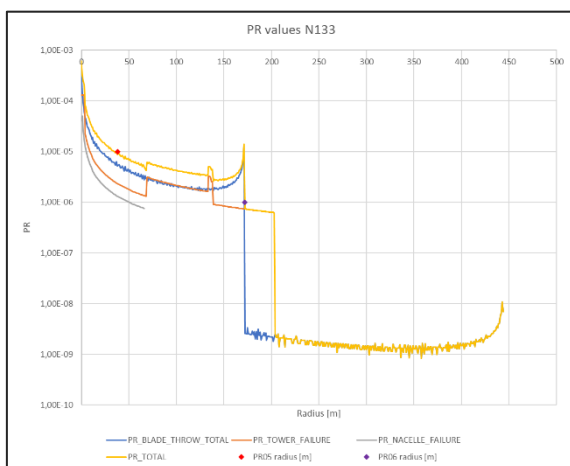
Bijlage 1 – Eigenschappen windturbines i.r.t. externe veiligheid en toetspunten

Tabel 5.1 Turbine eigenschappen windturbines

Manu- facturer	Model	Hub height tower [m]	Throw height [m]	Rotor diameter [m]	Nominal rotor speed [RPM]	Blade COG from rotor axis [m]	Nacelle height [m]	Nacelle width [m]	Maximum tower width [m]	Nacelle length (incl. hub) [m]	Maximum blade width [m]
Vestas	V136-4.3 MW	136	136	136	11,78	22,67	3,9	3,9	5,5	17	4,2
Vestas	V136-4.2 MW	136	136	136	10,79	22,67	3,9	3,9	5,5	17	4,2
Nordex	N133/4.8	136	136	133	12,2	22,20	4,4	4,4	4,3	17	3,935

NB. Data afkomstig van Datasheets, WindPRO Database en generieke formules.

Dit resulteert in onderstaande grafieken van het plaatsgebonden risico. Voor de bepaling van de bladworptrefkansen is gebruik gemaakt van de formules: 2.5 t/m 2.13 van de Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020). De PR-contouren zijn berekend met behulp van de formules 2.18 tot en met 2.25b en 3.1 tot en met 3.3



In onderstaande tabel zijn de gebruikte gegevens van de aanwezige objecten binnen de maximale effectafstand (faalscenario bladworp bij overtoeren) weergegeven. Voor de bepaling van de PR-contour is gerekend met de betrokken minimale afstanden tot de randen van de panden per windturbinelocatie.

Adres	Pandnr (vanaf N)	Objecttype	Aantal personen	Verblijfsduur/we	Verblijfstijdfactor	Status	Afstand - 1	Afstand - 2	Afstand - 3	Afstand - 4	Afstand - 5
Kloosterlaan 27	1	Pand	1	21	0,125		313	347			
Kloosterlaan 27	2	Woonfunctie;industrie functie	5	40	1,190	Woonfunctie --> Bedrijfsfunctie	322	352			
Kloosterlaan 25	1	Pand	1	21	0,125		201	392			
Kloosterlaan 25	2	Pand	1	21	0,125		209	384			
Kloosterlaan 25	3	Pand	1	21	0,125		208	369			
Kloosterlaan 25	4	Woonfunctie;industrie functie	5	40	1,190	Woonfunctie --> Bedrijfsfunctie	212	320			
Kloosterlaan 25	5	Pand	1	21	0,125		226	358			
Kloosterlaan 25	6	Pand	1	21	0,125		232	369			
Kloosterlaan 23	1	Pand	1	21	0,125		140	367			
Kloosterlaan 23	2	Pand	1	21	0,125		175	332			
Kloosterlaan 23	3	Pand	1	21	0,125		187	287			
Kloosterlaan 23	4	Pand	1	21	0,125		208	282			
Kloosterlaan 23	5	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	201	295			
Kloosterlaan 26	1	Woonfunctie;industrie functie	5	40	1,190	Woonfunctie --> Bedrijfsfunctie	190	407	442		
Kloosterlaan 21B	1	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	328	372			
Kloosterlaan 21C	1	Pand	1	21	0,125		333	365	259		410
Kloosterlaan 21C	2	Pand	1	21	0,125		348	375	256		401
Kloosterlaan 21C	3	Pand	1	21	0,125		364	387	249	420	358
Kloosterlaan 21C	4	Pand	1	21	0,125		406	415	249	415	397
Kloosterlaan 21C	5	Pand	1	21	0,125		418	417	230	382	346
Kloosterlaan 21A	1	Woonfunctie;industrie functie	1	21	0,125	Woonfunctie vervallen	344	411	369		
Zomerdijk 1	1	Pand	1	21	0,125		318	384	354		
Zomerdijk 1	2	Pand	1	21	0,125		344	375	354		
Zomerdijk 1	3	Woonfunctie	1	21	0,125	Woonfunctie vervallen	357	413	339		
Zomerdijk 1A	1	overige gebruiksfunctie	1	21	0,125		386	426	326	438	
Zomerdijk 3	1	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	262	390	403		
Zomerdijk 3	2	Pand	1	21	0,125		283	412	394		
Zomerdijk 3A	1	Pand	1	21	0,125		259	388			
Zomerdijk 3A	2	Woonfunctie;industrie functie	1	21	0,125	Woonfunctie vervallen	207	419		443	
Zomerdijk 3A	3	Pand	1	21	0,125		215	419			
Zomerdijk 3A	4	Pand	1	21	0,125		189	474	440	441	
Zomerdijk 2	1	Pand	1	21	0,125		315	374	408	357	
Zomerdijk 2	2	Pand	1	21	0,125		316	381	405	354	
Zomerdijk 2	3	Woonfunctie	5	40	1,190	Woonfunctie --> Bedrijfsfunctie	320	370	407	349	
Zomerdijk 2	4	Pand	1	21	0,125		353	342	438	350	
Zomerdijk 4	1	Pand	1	21	0,125		251	282	257		
Zomerdijk 4	2	Pand	1	21	0,125		272	305	240		
Zomerdijk 4	3	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	271	346	216		
Zomerdijk 7	1	Pand	1	21	0,125		188	197	423		
Zomerdijk 7	2	Pand	1	21	0,125		180	209	401		
Zomerdijk 7	3	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	174	201	376		
Scheve Klap 7	1	Pand (sluis / overige gebruiksfunctie)	1	4,2	0,025		147	369			
Heemweg 22	1	Pand (sluis / overige gebruiksfunctie)	1	4,2	0,025		230	408			
Scheve Klap 6	1	Pand	1	21	0,125		228	269	435		
Scheve Klap 6	2	Pand	1	21	0,125		271	233			
Scheve Klap 6	3	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100	Molenaarswoning	284	252			
Heemweg 23	1	Pand	1	21	0,125		437				
Heemweg 23	2	Woonfunctie;industrie functie	2,1	168	2,100		514				

Bijlage 2 – Instellingen geluidmitigatie

In onderstaande tabel is per windturbine weergegeven in welke modus de windturbine het gehele etmaal zou moeten draaien om de verschillende normstellingen te behalen

Windturbine	geen mitigatie	miti naar 47 dB Lden	miti naar 46 dB Lden	miti naar 45 dB Lden	miti naar 44 dB Lden
1	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 2
2	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 1
3	mode 0	mode 0	mode 2	mode 8	mode 9
4	mode 0	mode 0	mode 0	mode 1	mode 6
5	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 1
6	mode 0	mode 0	mode 0	mode 1	mode 3
7	mode 0	mode 0	mode 0	mode 7	mode 8
8	mode 0	mode 5	mode 8	mode 11	mode 11
9	mode 0	mode 0	mode 2	mode 7	mode 9
10	mode 0	mode 6	mode 10	mode 11	mode 11
11	mode 0	mode 0	mode 0	mode 4	mode 8
12	mode 0	mode 0	mode 0	mode 1	mode 6
13	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 2
14	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0
15	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0
16	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0	mode 0

Bijlage 3 – Aantal (ernstig) gehinderden

In paragraaf 2.5.2 is berekend hoeveel ernstig gehinderden er worden verwacht na realisatie van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Dezelfde aanpak is gebruikt om het aantal gehinderden vast te stellen. De dosishinderrelatie voor hinder binnenshuis uit het TNO rapport uit 2008 (percentages zijn weergegeven in bijlage C van het TNO rapport).

Toename aantal ernstig gehinderden

Situatie	# ernstig gehinderd (binnenshuis)	Toename t.o.v. referentiesituatie
Referentiesituatie (191 personen)	3,0	--
+ WP DZU zonder geluidmitigatie (max. 48 dB L _{den})	6,6	+3,6
+ WP DZU max 47 dB L _{den}	6,4	+3,4
+ WP DZU max 46 dB L _{den}	6,1	+3,1
+ WP DZU max 45 dB L _{den}	5,4	+2,4
+ WP DZU max 44 dB L _{den}	4,9	+1,9

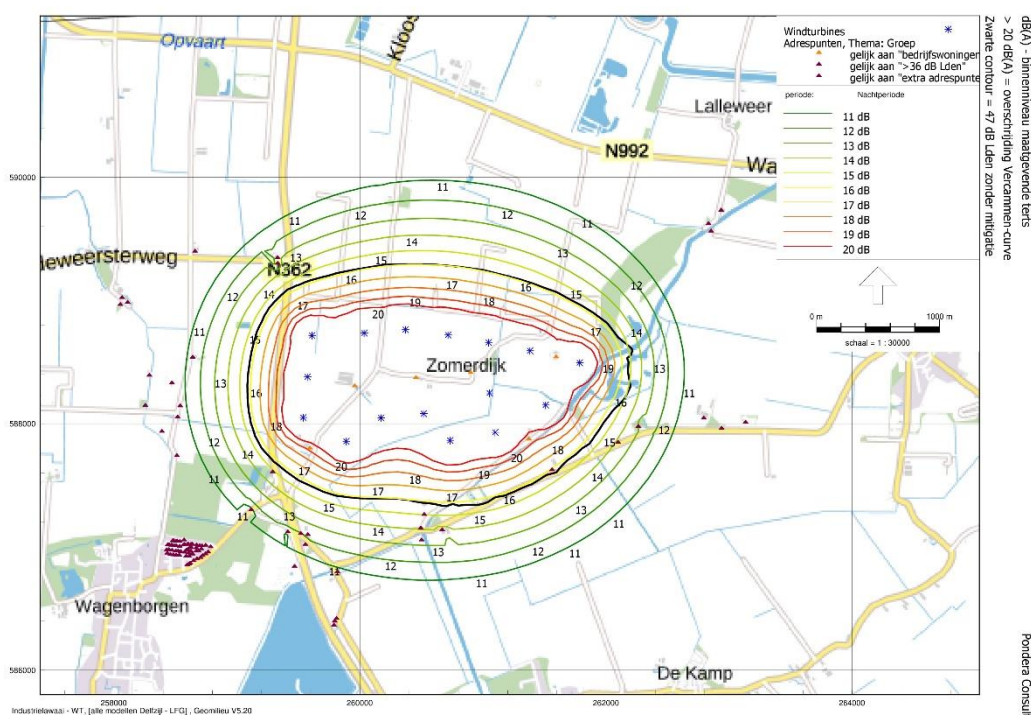
Toename aantal gehinderden

Situatie	# gehinderd (binnenshuis)	Toename t.o.v. referentiesituatie
Referentiesituatie (191 personen)	7,8	--
+ WP DZU zonder geluidmitigatie (max. 48 dB L _{den})	15,5	+ 7,7
+ WP DZU max 47 dB L _{den}	15,3	+ 7,5
+ WP DZU max 46 dB L _{den}	14,7	+ 6,9
+ WP DZU max 45 dB L _{den}	13,2	+ 5,4
+ WP DZU max 44 dB L _{den}	12,2	+ 4,4

Bijlage 4 – Laagfrequent geluid

Om een inschatting te krijgen van of er overschrijding van de Vercammen-curve wordt verwacht is een extra berekening uitgevoerd. Voor de maatgevende tertsband (tussen 20 en 100 Hz) worden de contouren berekend die het binnenniveau representeren (dat wil zeggen dat de geveldemping⁵⁵ al is verdisconteerd in het bronvermogen). De maatgevende tertsband, van de windturbines die zijn beschouwd, is de 63 Hz tertsband van de V136-4.2MW met STE bij 20 m/s. De Vercammen-curve ligt op 20 dB(A).

Binnen de 20 dB(A)-contour kan er onder specifieke omstandigheden sprake zijn van overschrijding van de Vercammen-curve. De contouren zijn hieronder weergegeven. Omdat de 20 dB(A)-contour (rood) ruimschoots binnen de 47 dB L_{den} contour (zwart) is gelegen, zal er bij woningen die een geluidbelasting van 47 dB L_{den} of minder ervaren de Vercammen-curve niet worden overschreden.



⁵⁵ Volgens Hoffmeyer, D., Jakobsen, J (2010) Sound insulation of dwellings at low frequencies, J. of LFN, Vib and Active control, p:15-23, 22-03-2010