

PlanMER windturbinebepalingen leefomgeving

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

2 december 2022

Inhoudsopgave

FUNDAMENT	8
1 Inleiding	9
1.1 Over dit planMER	9
1.2 Aanleiding voor dit planMER	9
2 Probleem- en doelstelling	11
2.1 Probleemstelling inzake windturbinebepalingen	11
2.1.1 Procedurele tekortkoming	11
2.1.2 Mogelijke herziening nodig van windturbinebepalingen	11
2.2 Doelstelling van dit planMER	11
2.2.1 Procedurele tekortkoming oplossen	11
2.2.2 Onderbouwing van AMvB windturbinebepalingen	11
2.2.3 Begrippen 'milieu' en 'leefomgeving'	12
2.2.4 SMB-richtlijn	12
3 Planmer-procedure en windturbinebepalingen	14
3.1 De planmer-procedure	14
3.2 Hoe worden windturbinebepalingen vastgelegd in wet- en regelgeving (nu en straks)?	15
3.3 Afstemming procedures planmer en windturbinebepalingen	15
AFBAKENING	17
4 Beleidskaders, bestaande kennis en onderzoeken	18
4.1 Relevante beleidskaders	18
4.2 Stand van kennis en ontwikkelingen	20
4.2.1 Beschikbare kennis vanuit relevante en recente onderzoeken	21
4.2.2 Lopende onderzoeken, beschikbaar ná dit planMER	25
5 Afbakening alternatieven en varianten	27
5.1 Inleiding	27
5.2 Over de nationale windturbinebepalingen	27
5.2.1 Stellen van Rijksregels	27
5.2.2 Trechtering van type windturbinebepalingen	29
5.2.3 Geselecteerde aspecten in windturbinebepalingen en in dit planMER	30
5.3 Alternatief ongewijzigde regels	30
5.3.1 Geluid	31

5.3.2	Externe veiligheid	31
5.3.3	Slagschaduw	32
5.3.4	Lichtschittering	33
5.4	Geluid: varianten en sub-varianten	33
5.4.1	Varianten geluidnormen	33
5.4.2	De methode: Relatie tussen L_{den} en L_{Aeq} bij maximale geluidbelasting	33
5.4.3	Sub-varianten: Laagfrequent geluid, tonaal geluid en binnenwaarde	34
5.4.4	Sub-variant: Differentiatiemogelijkheid geluidnorm voor bevoegde gezagen	34
5.5	Externe veiligheid: varianten	34
5.6	Slagschaduw: varianten	36
5.7	Afstandsnormen: varianten	36
5.8	Lichtschittering: geen varianten	36
5.9	Obstakelverlichting: variant	37
5.10	Overige onderwerpen	38
5.11	Overzicht te onderzoeken alternatieven, varianten en sub-varianten	40
6	Beoordelingskader & methodiek	41
6.1	Aanpak & methodiek	41
6.1.1	Schaalniveau, plan- en studiegebied	41
6.1.2	Eén of twee windturbines	41
6.1.3	Wijze van beoordeling	41
6.1.4	Puntenschaal	41
6.2	Beoordelingskader	42
6.2.1	Variantenmatrix	43
6.2.2	Niet beoordeelde criteria	43
6.3	Beoordelingsschaal beoordelingscriteria	45
6.3.1	Gezondheid	45
6.3.2	Zicht- en lichthinder	49
6.3.3	Externe veiligheid	53
6.3.4	Landschap & cultuurhistorie	55
6.3.5	Natuur	56
6.3.6	Ruimtegebruik	61
6.3.7	Energieopbrengst	62
6.4	Grensoverschrijdende milieugevolgen	64
7	Referentiesituatie	65
7.1	Definitie referentiesituatie	65

7.2	Beschrijving huidige situatie leefomgeving & autonome ontwikkelingen	65
7.2.1	Gezondheid: geluidhinder	65
7.2.2	Zicht- en lichthinder	70
7.2.3	Externe veiligheid	75
7.2.4	Landschap & Cultuurhistorie	80
7.2.5	Natuur	85
7.2.6	Ruimtegebruik	101
7.2.7	Energieopbrengst	106
7.3	Autonome ontwikkeling: decentrale normering	110
7.4	Referentieturbine	114

BEOORDELING **116**

8 Beoordeling alternatief ongewijzigde regels **117**

8.1	Inleiding	117
8.2	Effectbeoordeling	117
8.2.1	Zicht- en lichthinder	118
8.2.2	Ruimtegebruik	118
8.2.3	Energieopbrengst	118
8.2.4	Grensoverschrijdende milieugevolgen	119
8.3	Mitigerende maatregelen	120
8.4	Leemten in kennis	120

9 Beoordeling geluidvarianten **121**

9.1	Inleiding	121
9.2	Effectbeoordeling	121
9.2.1	Gezondheid	121
9.2.2	Landschap & Cultuurhistorie	124
9.2.3	Natuur	125
9.2.4	Ruimtegebruik	126
9.2.5	Energieopbrengst	126
9.2.6	Grensoverschrijdende milieugevolgen	129
9.3	Mitigerende maatregelen	129
9.4	Leemten in kennis	129
9.5	Subvarianten laagfrequent geluid, tonaal geluid, binnenwaarde en gedifferentieerde normen	130
9.5.1	Laagfrequent geluid	131
9.5.2	Tonaal geluid	131
9.5.3	Binnenwaarde voor geluid	133

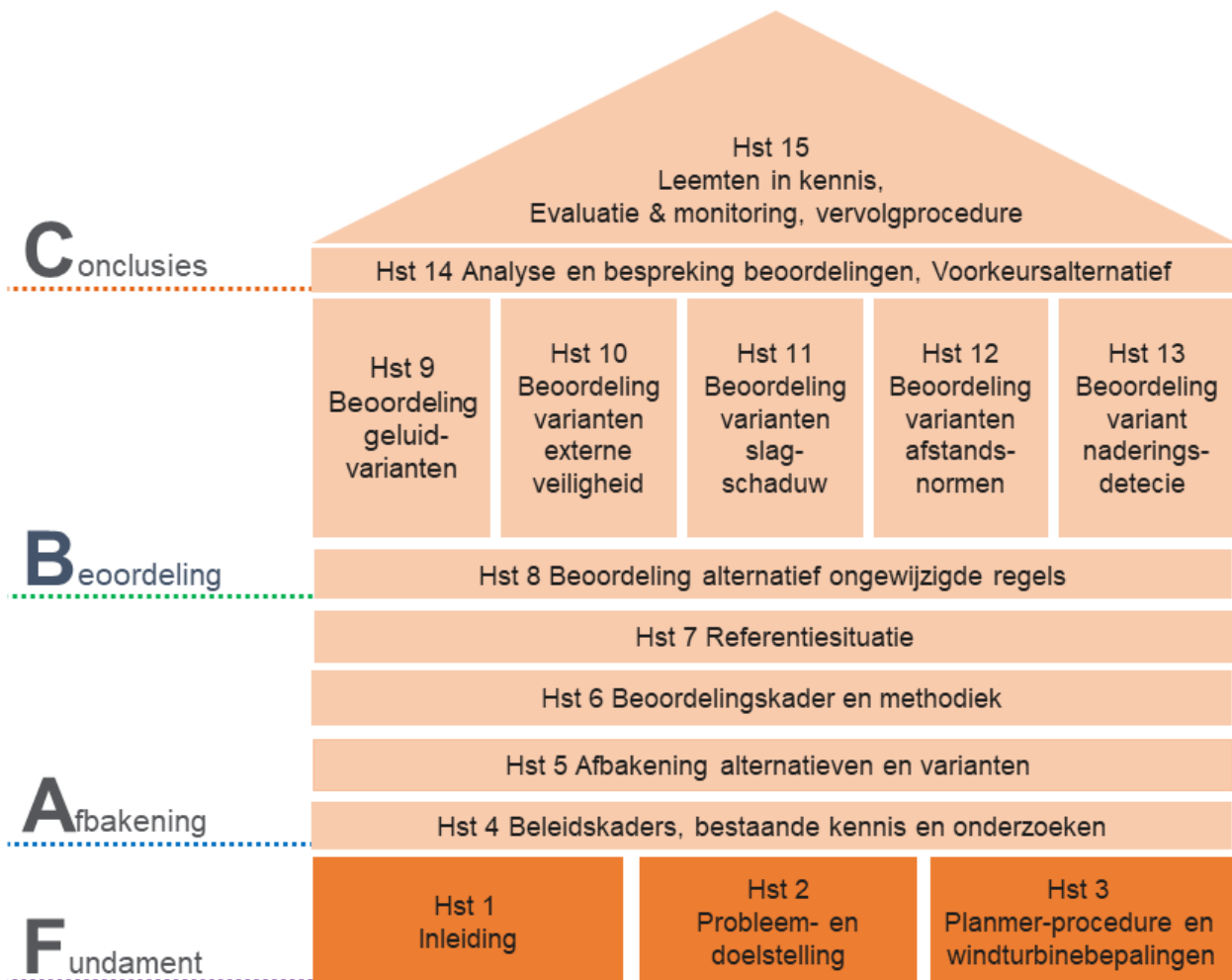
9.5.4	Gedifferentieerde normen	134
10	Beoordeling varianten externe veiligheid	135
10.1	Inleiding	135
10.2	Effectbeoordeling	135
10.2.1	Externe veiligheid	136
10.2.2	Ruimtegebruik	137
10.2.3	Energieopbrengst	137
10.2.4	Grensoverschrijdende milieugevolgen	138
10.3	Mitigerende maatregelen	138
10.4	Leemten in kennis	139
11	Beoordeling varianten slagschaduw	140
11.1	Inleiding	140
11.2	Effectbeoordeling	140
11.2.1	Zicht- en lichthinder	140
11.2.2	Ruimtegebruik	141
11.2.3	Energieopbrengst	141
11.2.4	Grensoverschrijdende milieugevolgen	142
11.3	Mitigerende maatregelen	142
11.4	Leemten in kennis	142
11.5	Aandachtspunten voor slagschaduw	142
12	Beoordeling varianten afstandsnormen	145
12.1	Inleiding	145
12.2	Effectbeoordeling	145
12.2.1	Gezondheid	146
12.2.2	Zicht- en lichthinder	149
12.2.3	Externe veiligheid	150
12.2.4	Landschap & Cultuurhistorie	151
12.2.5	Natuur	152
12.2.6	Ruimtegebruik	153
12.2.7	Energieopbrengst	153
12.2.8	Grensoverschrijdende milieugevolgen	155
12.3	Mitigerende maatregelen	155
12.4	Leemten in kennis	155
13	Beoordeling variant naderingsdetectie	157

13.1	Inleiding	157
13.2	Effectbeoordeling	157
13.2.1	Zicht- en lichthinder	157
13.2.2	Natuur	158
13.2.3	Grensoverschrijdende milieugevolgen	158
13.3	Mitigerende maatregelen	158
13.4	Leemten in kennis	158
CONCLUSIES		159
14 Analyse en bespreking beoordelingen, Voorkeursalternatief		160
14.1	Overzicht beoordelingen, analyse en synthese	160
14.2	Toelichting beoordelingen alternatieven en (sub)varianten	161
14.3	Toelichting beoordeling effecten	163
14.4	Doorkijk naar 2050	164
14.5	Voorkeursalternatief	165
15 Leemten in kennis, evaluatie & monitoring, vervolprocedure		166
15.1	Leemten in kennis	166
15.2	Evaluatie en monitoring	167
15.3	Vervolgprocedure	168
Literatuurlijst		169
Bijlage 1 Afkortingen en begrippen		178
Bijlage 2 Stand van kennis en ontwikkelingen		181
Bijlage 3 Relatie tussen L_{den} en L_{Aeq}		187
Bijlage 4 Beoordeling subvarianten laagfrequent geluid, tonaal geluid, binnenwaarde en gedifferentieerde normen		193
	Overzicht beoordelingen meerwaarde subvarianten geluid	193
	Laagfrequent geluid	193
	Tonaal geluid	197
	Binnenwaarde voor geluid	200
	Gedifferentieerde normen	204
Bijlage 5 Contourafstanden voor geluid		207

Bijlage 6 Literatuuronderzoek zichthinder als gevolg van windturbines	211
Bijlage 7 Begeleidingscommissie en expertsessies	212

FUNDAMENT

In dit deel wordt het fundament voor dit planMER gelegd. In Hoofdstuk 1 wordt een introductie gegeven op voorliggend planMER Windturbinebepalingen Leefomgeving en waarom het PlanMER is opgesteld. In Hoofdstuk 2 worden de probleem- en doelstelling nader toegelicht. Hoofdstuk 3 beschrijft de wijze waarop de planmer-procedure wordt doorlopen en geeft de relatie aan tussen de planmer en de procedure voor windturbinebepalingen. Ook is beschreven hoe het participatieproces is vormgegeven.



1 Inleiding

1.1 Over dit planMER

Dit is het plan-milieueffectrapport Windturbinebepalingen Leefomgeving (hierna: planMER Windturbinebepalingen Leefomgeving of dit planMER).

Voor windturbinebepalingen doorloopt het Rijk de procedure voor de milieueffectrapportage uit de Wet milieubeheer voor plannen en programma's, afgekort planmer-procedure. Doel van het planMER is om het milieubelang een volwaardige plek te geven in de bestuurlijke besluitvorming met betrekking tot de vast te stellen windturbinebepalingen. Dit planMER maakt de gevolgen van deze windturbinebepalingen inzichtelijk. De nadruk ligt op die windturbinebepalingen die invloed kunnen hebben op de leefomgeving, zoals geluid, externe veiligheid, slagschaduw en lichtschildering, alsook op de mogelijkheden die geboden worden om bij concrete projecten af te wijken van die bepalingen.

Dit planMER bouwt verder op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD)¹. De eerste drie hoofdstukken van dit planMER zijn gebaseerd op de NRD en geactualiseerd voor zover daartoe aanleiding bestond, onder andere naar aanleiding van het advies van de Commissie voor de milieueffectrapportage² en de naar voren gebrachte zienswijzen³. De overige hoofdstukken vormen verdieping ten opzichte van de NRD of zijn geheel nieuw, met name waar het effectbeoordelingen betreft van de diverse varianten die zijn onderzocht en waaruit conclusies en aanbevelingen volgen.

Terminologie: MER en mer

Bij milieueffectrapportage worden verschillende termen gehanteerd:

- Milieueffectrapportage = mer = de procedure.
- Milieueffectrapport = MER = het rapport dat wordt opgesteld.

Er wordt in de praktijk onderscheid gemaakt in milieueffectrapportage voor plannen en voor projecten:

- Een planMER is een MER voor een plan.
- Een projectMER is een MER voor een project.

1.2 Aanleiding voor dit planMER

Op 30 juni 2021 heeft de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (hierna: de Afdeling) uitspraak gedaan in een zaak over de uitbreiding van Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding 2020 (ECLI:NL:RVS:2021:1395).

In die uitspraak van 30 juni 2021⁴ heeft de Afdeling geoordeeld dat voor de windturbinebepalingen in paragraaf 3.2.3 Activiteitenbesluit milieubeheer en paragraaf 3.2.3 Activiteitenregeling milieubeheer (hierna: de windturbinebepalingen) een strategische milieubeoordeling had moeten worden uitgevoerd, waarvoor in Nederland de term milieueffectrapportage wordt gehanteerd op grond van de richtlijn 2001/42/EG van het Europees Parlement en de Raad van 27 juni 2001 betreffende de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's (hierna: SMB-richtlijn). De uitspraak van de Afdeling is gebaseerd op het door het Hof van Justitie van de Europese Unie op 25 juni 2020⁵ gewezen arrest in zaak C-24/19 over Vlaamse milieunormen en een ruimtelijk afwegingskader voor windturbines (afdeling 5.20.6 van het Vlarem II en de Omzendbrief). Het Hof van Justitie EU heeft geconcludeerd dat voor die Vlaamse milieunormen een planMER moet worden gemaakt op grond van de SMB-richtlijn. De Raad van State heeft geoordeeld dat de windturbinebepalingen grote gelijkenissen vertonen met de Vlaamse milieunormen en dat er om die reden ook voor de Nederlandse windturbinebepalingen een planmer-plicht geldt.

¹ Voor de NRD voor het planMER Windturbinebepalingen Leefomgeving (22 december 2021), zie:

<https://www.platformparticipatie.nl/windturbinebepalingen/voornemen+windturbinebepalingen/default.aspx>

² Het advies staat op: <https://www.commissiemer.nl/adviezen/3615>.

³ Zie ook: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/submenu/nieuws/reactienota-zienswijzen-nrd-milieuregels/>.

⁴ ABRvS 30 juni 2021, ECLI:NL:RVS:2021:1395. Deze uitspraak is te vinden op <https://www.raadvanstate.nl/@125875/202003882-1-r3/>.

⁵ Hof van Justitie EU 25 juni 2020, ECLI:EU:C:2020:503 (arrest Nevele).

Dit heeft de volgende gevolgen voor windparken op land⁶:

- Omdat voor de windturbinebepalingen op dit moment geen planMER is gemaakt, zouden die bepalingen buiten toepassing moeten blijven voor windparken op land (parken met 3 of meer windturbines). Echter, is door het Rijk een Tijdelijke overbruggingsregeling windturbineparken gepubliceerd.⁷ Voor bestaande windparken vervangt de overbruggingsregeling vanaf 1 juli 2022 de niet meer geldende regels. Voor nieuwe windparken op land moeten bevoegde gezagen een eigen afweging maken over welk milieubeschermingsniveau zij aanvaardbaar achten.⁸
- Inrichtingen met 1 of 2 windturbines zijn geen windparken in de zin van de mer-regelgeving⁹. Voor deze inrichtingen heeft de uitspraak van de Afdeling geen consequenties en blijven de windturbinebepalingen gelden.^{10 11}

Om bevoegde gezagen te ondersteunen om te komen tot nieuwe normen en over hoe om te gaan met huidige windprojecten, heeft het Rijk het Actieprogramma Verankering milieubescherming na Nevele gestart. Het actieprogramma ondersteunt bijvoorbeeld door het organiseren van bijeenkomsten voor kennisdeling, via informatie op een website en een helpdesk.¹²

⁶ Onder windparken op land worden windparken verstaan die op land en binnenwateren gerealiseerd worden en niet vergund worden op grond van de Wet windenergie op zee.

⁷ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2022-181.html>.

⁸ Zie ook de informatie van Infomil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/submenu/nieuws/overbruggingsregeling-milieueregels/>.

⁹ Zie r.o. 18.1 van de uitspraak en de definitie 'windturbinepark' in bijlage A, artikel 1, bij het Besluit milieueffectrapportage.

¹⁰ ABRvS 30 juni 2021, ECLI:NL:RVS:2021:1395, r.o. 18.1. Windparken die vallen onder bijlage II van Richtlijn 85/337/EEG, zoals gewijzigd bij Richtlijn 2011/92/EU en Richtlijn 2014/52/EU (de MER-richtlijn) zijn mer-plichtig of mer-beoordelingsplichtig.

¹¹ Ministerie EZK, 6 juli 2021, Kamerbrief: Gevolgen van de uitspraak van de Raad van State over de milieubeoordeling voor windturbinenormen.

¹² Zie: Verslag vaste commissie voor Infrastructuur en Waterstaat van 9 september 2021 (nummer 32 861).

2 Probleem- en doelstelling

2.1 Probleemstelling inzake windturbinebepalingen

De probleemstelling voor de herziening van windturbinebepalingen en dit planMER laat zich schetsen op zowel procedureel als inhoudelijk niveau. In deze paragraaf worden beide toegelicht.

2.1.1 Procedurele tekortkoming

De kern van de uitspraak van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State betreffende de uitbreiding van Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding 2020 is dat de windturbinebepalingen buiten toepassing moeten worden gelaten bij besluitvorming over windparken op land omdat voor deze windturbinebepalingen niet de juiste procedure is gevolgd.¹³ Deze uitspraak is toepasselijk voor alle huidige en toekomstige windparken op land en is van kracht totdat er een planMER is uitgevoerd voor de windturbinebepalingen. Zoals gezegd in paragraaf 1.2 kunnen bevoegde gezagen nog steeds een eigen afweging maken, zonder zich op de windturbinebepalingen te baseren en geldt er voor bestaande windturbineparken de overbruggingsregeling.

2.1.2 Mogelijke herziening nodig van windturbinebepalingen

Er leven zorgen onder omwonenden van windparken op land over de effecten van windturbines op de gezondheid, met name, maar niet alleen, vanwege geluidsoverlast. Deze zorgen leiden ertoe dat het Rijk er belang in stelt om snel op een zorgvuldige manier een planMER te maken. Op basis van dit planMER zullen afgewogen voorstellen worden gedaan voor de (nieuwe) landelijk geldende windturbinebepalingen voor windturbines op land. Dit betekent voor het planMER enerzijds dat de actuele bestaande kennis over gezondheidseffecten en andere effecten zal worden bijeengebracht, en anderzijds dat er zinvolle, relevante varianten/alternatieven voor de oorspronkelijke windturbinebepalingen zullen worden opgesteld en beoordeeld. Er is voor gekozen om dit niet alleen te doen voor windparken (drie of meer windturbines), maar ook voor solitaire windturbines en twee windturbines.

2.2 Doelstelling van dit planMER

De doelstelling laat zich, net als de probleemstelling, ook op twee niveaus toelichten.

2.2.1 Procedurele tekortkoming oplossen

Doel van het planMER is om het milieubelang een volwaardige plek te geven in de bestuurlijke besluitvorming met betrekking tot toekomstige windturbinebepalingen, die zullen worden uitgewerkt in een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB).¹⁴ Het planMER maakt de milieueffecten van deze windturbinebepalingen inzichtelijk. De planmer-procedure wordt conform de wettelijke vereisten van de Wet milieubeheer doorlopen.

2.2.2 Onderbouwing van AMvB windturbinebepalingen

Het planMER draagt bij aan het ontwikkelen van windturbinebepalingen voor de leefomgeving die:

- Gebaseerd zijn op de nieuwste inzichten in de veiligheids- en gezondheidseffecten van windturbines.
- Onderbouwd zijn met een afweging van de milieubelangen¹⁵.
- Toepasbaar en naleefbaar zijn in de praktijk voor ontwikkelaars en exploitanten van windparken en in het geval van overtreding handhaafbaar zijn door het bevoegd gezag.

Om te voldoen aan deze doelstelling zijn meerdere alternatieven en (sub-)varianten onderzocht. De alternatieven en (sub-)varianten worden in dit planMER verder toegelicht in het onderdeel Afbakening in Hoofdstuk 5.

¹³ 30 juni 2021, ECLI:NL:RVS:2021:1395. Deze uitspraak is te vinden op <https://www.raadvanstate.nl/@125875/202003882-1-r3/>

¹⁴ Hierbij is het nadrukkelijk niet de bedoeling om het planMER Structuurvisie Wind op Land over te doen (zie voor meer informatie: <https://www.commissiener.nl/adviezen/2636>).

¹⁵ Voor dit planMER is dat niet alleen gebaseerd op de mer-gerelateerde bepalingen daaromtrent vanuit de Wet milieubeheer die in hoofdstuk 7 staan, maar ook de bepalingen voor het stellen van regels via een AMvB die staan in artikel 8.40 van de Wet milieubeheer

2.2.3 Begrippen ‘milieu’ en ‘leefomgeving’

Dit planMER richt zich op de windturbinebepalingen voor windturbines ten behoeve van de leefomgeving. In de zienswijzen naar aanleiding van de NRD is aangegeven dat er definities ontbreken van de gebruikte begrippen ‘milieu’ en ‘leefomgeving’. Hierdoor is het onduidelijk wat precies onder deze begrippen wordt verstaan en is ook onvoldoende duidelijk welke milieugevolgen betrokken worden in het milieubelang als doel van het planMER. Zo ontbreekt volgens veel indieners het onderwerp gezondheid geheel als onderdeel van, of naast het begrip milieu. Aan de andere kant is onduidelijk hoe de gevolgen voor de energietransitie (uitgedrukt in op te wekken energie) zich verhouden tot het begrip milieu. Daarnaast roept het begrip leefomgeving vragen op bij indieners. Wat wordt hiermee bedoeld, wordt hier de fysieke leefomgeving mee bedoeld? En hoe verhoudt dat begrip zich tot het begrip milieu?

Het begrip (gevolgen voor het) milieu is nu nog gedefinieerd in de Wet milieubeheer. Die definitie is overgenomen van de mer-richtlijn en betreft de gevolgen voor het fysieke milieu, gezien vanuit het belang van de bescherming van de menselijke gezondheid, de biodiversiteit, het land, de bodem, het water, de lucht, het klimaat, het cultureel erfgoed en het landschap (artikel 7.1, zesde lid, Wet milieubeheer). In de NRD werd met de effecten voor het milieu dus automatisch ook de effecten op de gezondheid bedoeld. Om dezelfde reden wordt ook berekend welke energieopbrengsten met windenergie worden behaald, omdat deze energie dan niet met fossiele brandstoffen wordt opgewekt. Hiermee zijn de energieopbrengsten onderdeel van de effecten voor klimaat.

Onder de Omgevingswet is geen definitie meer opgenomen van het begrip milieu. De reikwijdte van «milieu» in milieueffectrapportage wordt bepaald door de twee Europese richtlijnen: de smb-richtlijn en de mer-richtlijn. Deze reikwijdte is heel breed en omvat bijvoorbeeld ook gezondheid. Het begrip fysieke leefomgeving komt uit de Omgevingswet. In de naamgeving van de AMvB's onder de Omgevingswet wordt ook alleen leefomgeving gebruikt, maar hier wordt inderdaad de fysieke leefomgeving bedoeld. In de Omgevingswet wordt geen uitputtende definitie gegeven van het begrip, maar wordt bepaald dat de fysieke leefomgeving in ieder geval bestaat uit bouwwerken, infrastructuur, watersystemen, water, bodem, lucht, landschappen, natuur, cultureel erfgoed, werelderfgoed. Het begrip fysieke leefomgeving is breder dan het begrip milieu, omdat aspecten als bouwwerken en infrastructuur er ook onder vallen.

Samenvattend betekent dit dat de beoordeelde thema's voor het opstellen van windturbinebepalingen in dit planMER zowel passen binnen de definitie van ‘milieu’ als ‘(fysieke) leefomgeving’. De thema's zijn gezondheid, zicht- en lichthinder, externe veiligheid, landschap en cultuurhistorie, natuur, ruimtegebruik en energieopbrengst. Deze thema's worden onderverdeeld in beoordelingscriteria. Een verdere toelichting van de thema's en beoordelingscriteria wordt gegeven in het beoordelingskader (hoofdstuk 6).

Omgevingswet of Wet milieubeheer?

De invoering van de Omgevingswet is in het najaar van 2022 uitgesteld tot 1 juli 2023. Bij de opstelling van dit planMER was het uitgangspunt dat de windturbinebepalingen deel gaan uitmaken van het stelsel van de nieuwe Omgevingswet. In geval de Omgevingswet later wordt ingevoerd dan de windturbinebepalingen, zullen de nieuwe windturbinebepalingen wederom deel gaan uitmaken van het stelsel van de Wet milieubeheer (het Activiteitenbesluit milieubeheer en de Activiteitenregeling milieubeheer).

Voor de milieueffecten heeft de juridische inbedding van windturbinebepalingen geen gevolgen. Met andere woorden, of windturbinebepalingen vallen onder de Omgevingswet of onder de Wet milieubeheer maakt voor de milieueffecten, en daarmee voor dit planMER, niet uit.

2.2.4 SMB-richtlijn

Aangezien de uitspraak van de Afdeling bestuursrechtspraak spreekt over het moeten opstellen van een planMER op grond van de SMB-richtlijn¹⁶, zal in deze paragraaf ingegaan worden op de eisen van deze richtlijn.

Doelstelling

De SMB-richtlijn verplicht overheden om een milieueffectrapportage uit te voeren voor overheidsplannen en -programma's die aanzienlijke milieueffecten kunnen hebben. De SMB-richtlijn beperkt zich tot die plannen en programma's, die wettelijk of bestuursrechtelijk voorgeschreven zijn. Ook moeten deze plannen en programma's het kader vormen voor de toekenning van toekomstige vergunningen voor de projecten die onder de mer-richtlijn vallen, of

¹⁶ SMB = Strategische Milieubeoordeling. De Nederlandse versie van deze EU-richtlijn 2001/42/EG betreffende de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's is te vinden op <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0042&from=NL>.

er moet een passende beoordeling nodig zijn vanuit de Vogelrichtlijn en/of Habitatrichtlijn (geïmplementeerd in de Wet natuurbescherming).

Procedurele verplichtingen

De volgende stappen dienen minimaal te worden doorlopen volgens de SMB-richtlijn:¹⁷

1. Raadpleging van overheidsorganen die te maken krijgen met de milieueffecten door uitvoering van het plan/programma.
2. Het opstellen van een milieurapport, met daarin onder andere informatie over de bestaande toestand van het milieu en autonome ontwikkelingen en redelijke alternatieven voor het plan/programma,
3. Openbaarmaking van het ontwerp-plan/programma met het milieurapport, gevolgd door inspraak door publiek (te bepalen door de overheid), overheden die te maken krijgen met de milieueffecten. Tevens grensoverschrijdende inspraak indien van toepassing.
4. Bij het maken van het plan rekening houden met het milieurapport en hetgeen uit de inspraak naar voren is gekomen.
5. Kennisgeving van de vaststelling van het plan en beschikbaar stellen van de stukken. Hierin moet ook een motivering gegeven worden wat met de resultaten van het milieurapport en met de inspraak is gedaan, en de monitoring waartoe is besloten.
6. De aanzienlijke gevolgen voor het milieu monitoren.

¹⁷ Waar in de SMB-richtlijn gesproken wordt over milieurapport, is de term in Nederland geïmplementeerd als 'milieueffectrapport'.

3 Planmer-procedure en windturbinebepalingen

3.1 De planmer-procedure

Het planMER maakt integraal deel uit van het proces om te komen tot het opnieuw vaststellen van windturbinebepalingen. De planmer-procedure wordt uitgevoerd op grond van de Wet milieubeheer¹⁸. Dit planMER vormt stap 4 van de 7 stappen:

Stap 1. NRD

Een mer-procedure start met het definiëren van de reikwijdte en het detailniveau voor het op te stellen planMER door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (verder ministerie van IenW genoemd). In de Notitie reikwijdte en detailniveau (NRD) is een eerste introductie gegeven van de Windturbinebepalingen Leefomgeving en een globaal overzicht van de mogelijke alternatieven en varianten en aanpak van de effectbeoordeling. De NRD beschrijft de reikwijdte van het planMER en het proces om het planMER op te stellen.

Stap 2. Openbare kennisgeving en raadpleging over reikwijdte en detailniveau

Door een kennisgeving in de Staatscourant en een advertentie in twee landelijke dagbladen door het bevoegd gezag (ministerie van IenW) is eenieder geïnformeerd over het voornemen om een planMER op te stellen.¹⁹ De openbare kennisgeving heeft daarbij de formele start van de planmer-procedure gevormd. De NRD heeft ter visie gelegen van 23 december 2021 t/m 16 februari 2022. Er zijn drie informatiebijeenkomsten gehouden (voor bevoegde overheden voor planologie en vergunningverlening, voor het maatschappelijke belangenveld en voor de windenergiesector), waar achtergronden en voorgestelde aanpak van het planMER zijn toegelicht. Er zijn verduidelijkende vragen beantwoord en er is beperkt discussie gevoerd, waarbij benadrukt is dat men tevens een formele zienswijze zou kunnen indienen.

Geraadpleegd zijn: de wettelijke adviseurs (ministerie van I&W; de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed namens het ministerie OCW en het ministerie LNV) en betrokken bestuursorganen (relevante ministeries, provincies, gemeenten en waterschappen en de relevante overheden in Duitsland en België) over de reikwijdte en het detailniveau voor het planMER. De Commissie voor de m.e.r. heeft advies uitgebracht over de reikwijdte en het detailniveau voor het planMER Windturbinebepalingen (zie: <https://www.commissiemer.nl/adviezen/3615>). Het Rijk heeft 328 zienswijzen op de NRD ontvangen. Deze behandelen een breed scala aan onderwerpen.

Stap 3. Verwerking zienswijzen en adviezen

Nadat eenieder en de geraadpleegde partijen de mogelijkheid hebben gehad om hun zienswijze en advies te geven, heeft het ministerie van IenW in een reactienota aangegeven op welke wijze deze zienswijzen en adviezen worden meegenomen in dit planMER.²⁰ Dit heeft samen met de Notitie Reikwijdte en Detailniveau het kader gevormd voor dit planMER. In hoofdstuk 5 staat het overzicht wat er aanvullend op de NRD is uitgewerkt in dit planMER.

Stap 4. Opstellen planMER

Na de raadpleging over reikwijdte en detailniveau is voorliggend planMER opgesteld.

In het planMER zijn de alternatieven en (sub-)varianten verder uitgewerkt (zie Hoofdstuk 5). Ook is per beoordelingscriterium een toetsingskader uitgewerkt, op basis waarvan de effectbeoordeling van varianten in het planMER is uitgevoerd. Afhankelijk van het thema zijn de varianten kwantitatief of kwalitatief beoordeeld. Er is waar mogelijk gebruik gemaakt van kwantitatieve vuistregels voor een kwalitatieve beoordeling. Deze beoordelingen hebben onder andere plaatsgevonden aan de hand van themasessies met experts. Ook is in het planMER aandacht voor leemten in kennis en mitigerende maatregelen, zoals monitoringsaanbevelingen. Gedurende het opstellen van het planMER is er nauwe afstemming met de opstellers van de Windturbinebepalingen Leefomgeving.

¹⁸ Weliswaar komen de windturbinebepalingen naar verwachting te staan in een AMvB die valt onder de Omgevingswet, maar deze wet geldt nu nog niet. Verder voldoet de mer-procedure zoals die nu wordt gevolgd ook aan de vereisten onder de Omgevingswet.

¹⁹ Zie Stcrt 2021, 50265. Dezelfde kennisgeving is op 22 december 2021 geplaatst in De Telegraaf en in het Algemeen Dagblad.

²⁰ Zie <https://www.platformparticipatie.nl/windturbinebepalingen/voornemen+windturbinebepalingen/default.aspx>.

Stap 5. Openbare kennisgeving planMER

Het planMER wordt gedurende zes weken ter inzage gelegd, tezamen met het ontwerp van de windturbinebepalingen (zie paragraaf 3.2). De terinzagelegging zal gecombineerd worden met de internetconsultatie²¹, waarbij tegelijkertijd dezelfde stukken zullen voorliggen. Hierop kan door eenieder zienswijzen naar voren worden gebracht.

De buurlanden (België en Duitsland) worden over het planMER geraadpleegd. Daarvoor wordt de samenvatting vertaald in het Duits, Frans en Engels.

Tegelijkertijd met de terinzagelegging wordt de Commissie voor de m.e.r. om een toetsingsadvies gevraagd over het planMER.

Stap 6. Opstellen en vaststellen definitieve regels windturbines

Op basis van de zienswijzen en de internetconsultatiereacties op de ontwerp windturbinebepalingen en op het planMER en de adviezen die zijn verkregen gedurende de terinzagelegging wordt bepaald of het planMER voldoende inzicht biedt om verder te gaan met de procedure voor de windturbinebepalingen. Zo nodig wordt nog aanvullende informatie uitgewerkt.

In de nota van toelichting bij de windturbinebepalingen wordt vermeld op welke wijze rekening is gehouden met het milieueffectrapport, met de zienswijzen en internetconsultatie uit stap 5 en met het toetsingsadvies van de Commissie voor de m.e.r. De volgende stappen vinden vervolgens nog plaats tot aan de vaststelling windturbinebepalingen:

- De ontwerp windturbinebepalingen worden gepubliceerd in de Staatscourant.
- Naar aanleiding hiervan wordt in de Eerste en Tweede Kamer bepaald of hierover een debat wordt gevoerd.
- Als de politieke behandeling is afgerond worden de ontwerp windturbinebepalingen voor advies neergelegd bij de Afdeling Advisering van de Raad van State (AARvS).
- De AARvS maakt dit advies bekend, en de regering reageert daarop met een zogenoemd nader rapport.
- Na de vaststelling (ondertekening door de bewindspersoon en door de koning) volgt de bekendmaking van de dan definitieve AMvB met de inwerkingstredingsdatum in het Staatsblad.

Stap 7. Evaluatie milieueffecten

De verwachte milieueffecten, die zijn opgenomen in het planMER, worden gemonitord en gerapporteerd. In de toekomst zouden de uitkomsten kunnen leiden tot eventuele aanpassingen van de windturbinebepalingen.

3.2 Hoe worden windturbinebepalingen vastgelegd in wet- en regelgeving (nu en straks)?

De windturbinebepalingen die met de Raad van State-uitspraak buiten werking zijn gesteld, staan in paragraaf 3.2.3 Activiteitenbesluit milieubeheer en paragraaf 3.2.3 Activiteitenregeling milieubeheer.

De Omgevingswet vervangt de regelgeving over de fysieke leefomgeving zoals nu bijvoorbeeld is opgenomen in de Wet milieubeheer, de Wet ruimtelijke ordening en de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Afhankelijk van de inwerkingtreding van de Omgevingswet, worden de windturbinebepalingen vastgelegd:

- in het Besluit activiteiten leefomgeving en/of in het Besluit kwaliteit leefomgeving, onder de Omgevingswet;
- of in het Activiteitenbesluit milieubeheer onder de Wet milieubeheer.

3.3 Afstemming procedures planmer en windturbinebepalingen

Voor het tot stand komen van de windturbinebepalingen geldt dat de procedure voor een AMvB gevolgd dient te worden. Er is in Nederland nog nooit een planMER voor algemene regelgeving in een AMvB opgesteld.

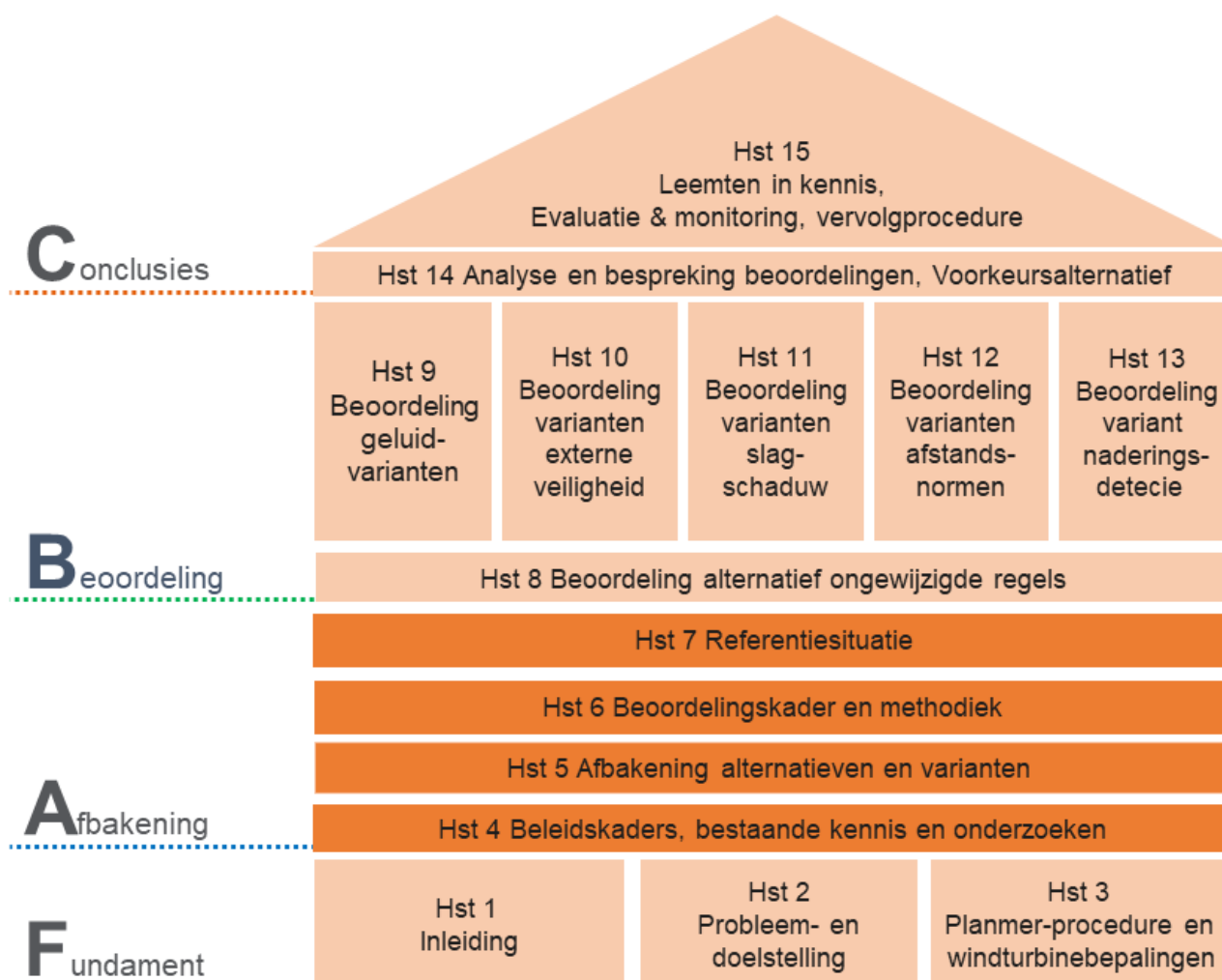
De planmer-procedure is naar verwachting gereed in het eerste kwartaal van 2023, de AMvB-procedure duurt langer. De internetconsultatie over de ontwerp-windturbinebepalingen en het planMER is gepland in de eerste maanden van 2023 en duurt zes weken. De volgende koppelingen bestaan tussen de planmer-procedure en de AMvB-procedure:

²¹ Voor veel gestelde vragen over internetconsultatie, zie: <https://www.internetconsultatie.nl/veelgestelde vragen>

- De NRD is separaat ter inzage gelegd, nog zonder informatie over de AMvB zelf. Voor de startnotitie voor de AMvB is er een consultatie binnen de AMvB-procedure met andere overheden zoals de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG), het Interprovinciaal Overleg (IPO) en de Unie van Waterschappen (UvW).
- Het opstellen van het planMER en de windturbinebepalingen is een parallel, iteratief en interactief proces. Er zijn diverse ambtelijke afstemmingen gepland om (tussen-)resultaten vanuit het planMER in de AMvB op te nemen.
- Het planMER wordt tezamen met de ontwerp-AMvB zes weken ter visie gelegd. Tegelijkertijd zal voor de regelgeving internetconsultatie worden gehouden. Conform de wettelijke vereisten worden verschillende mogelijkheden voor het indienen van inbreng en zienswijzen geboden, zoals mondelinge en schriftelijke zienswijzen.
- Eventueel volgt na de toetsing van de Commissie voor de m.e.r. van het planMER en de zienswijzen nog aanvullende informatie.
- Daarop volgt de verdere ambtelijke en politieke besluitvorming.

AFBAKENING

Dit deel bevat de afbakening van voorliggend planMER op grond van de eerder gepubliceerde NRD en de daarover verkregen adviezen en ontvangen zienswijzen.²² Eerst worden in hoofdstuk 4 de beleidskaders en de bestaande kennis en onderzoeken toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 een overzicht gegeven van de te onderzoeken alternatieven en varianten. In hoofdstuk 6 wordt het beoordelingskader beschreven. Tot slot wordt in hoofdstuk 7 de referentiesituatie toegelicht.



²² Zie voor documentatie: <https://www.platformparticipatie.nl/windturbinebepalingen/default.aspx>.

4 Beleidskaders, bestaande kennis en onderzoeken

4.1 Relevante beleidskaders

In deze paragraaf wordt beschreven hoe het planMER zich verhoudt tot relevant beleid en regelgeving voor windturbines op land. Hierbij ligt de focus op beleid en regelgeving op nationaal niveau, indien relevant aangevuld met beleid en regelgeving op internationale schaal. Een overzicht van het beleid en de regelgeving is weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Relevante beleidskaders

Beleids of regelgeving	Thema	Inhoud
Nationale Omgevingsvisie (Ministerie BZK, 2020)	Algemeen	De Nationale Omgevingsvisie (NOVI) vermeldt dat er ingezet wordt op duurzame energie met oog voor kwaliteit van de omgeving. De grootte van windturbines is van invloed op het ruimtelijk beeld. In de NOVI wordt eveneens aandacht besteed aan geluid en slagschaduw van windturbines. Wat betreft locaties van windturbines vermeldt de NOVI dat ruimte nodig is rondom voor voldoende windvang. Er dient voldoende rekening gehouden te worden met de afstand tot woningen en bedrijven en/of andere mitigerende maatregelen dienen te worden getroffen. Bovendien dient rekening gehouden te worden met belangrijke foerageergebieden en trekroutes van vogels en vleermuizen.
Activiteitenbesluit milieubeheer & Activiteitenregeling milieubeheer	Algemeen	Het Activiteitenbesluit milieubeheer (Abm) stelt per activiteit regels vast waaraan de windturbine-exploitant zich moet houden. De voorschriften zijn vastgelegd in de Activiteitenregeling milieubeheer (Arm) per milieubelastende activiteit en milieubelasting. Het Activiteitenbesluit milieubeheer maakt onderscheid in drie typen inrichtingen (A, B en C) waarvoor regels worden gesteld. Windturbines vallen onder een inrichting type B of C, waarbij bij type B melding gedaan moet worden aan bevoegd gezag of een omgevingsvergunning beperkte milieutoets nodig is. Inrichtingen in type C hebben een omgevingsvergunning nodig.
Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) en Regeling algemene regels ruimtelijke ordening (Rarro)	Algemeen	Het Barro voorziet in de juridische borging van het nationaal ruimtelijk beleid. De Rarro werkt op sommige punten het Barro nader uit. Het Barro bevat regels die de beleidsruimte van andere overheden ten aanzien van de inhoud van ruimtelijke plannen inperken, daar waar nationale belangen dat noodzakelijk maken. Deze zijn kustfundament, grote rivieren, Waddenzee, buisleidingen, IJsselmeergebied, erfgoederen, Voor windparken relevante onderwerpen zijn Natuurnetwerk Nederland (NNN)-gebieden, radarposten en (water)wegen.
Wet geluidhinder (Wgh)	Geluid	Deze wet biedt geluidgevoelige functies (zoals woningen) bescherming tegen geluidhinder van wegverkeerlawaai, spoorweglawaai en industrielawaai door middel van zonering. De Wet geluidhinder is een wettelijk beoordelingskader bij vooral het vaststellen van bestemmingsplannen en het verlenen van Omgevingsvergunningen "Afwijken bestemmingsplan". Het Activiteitenbesluit milieubeheer sluit aan bij het begrippenkader uit de Wet geluidhinder.
Programma Bewust Omgaan met Veiligheid²³	Externe veiligheid	Het programma Bewust Omgaan met Veiligheid geeft een aantal uitgangspunten voor het risico en veiligheidsbeleid.
Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi)	Externe veiligheid	Het doel van het Bevi is een landelijk uniform beschermingsniveau voor burgers in kwetsbare objecten in de omgeving van risicovolle inrichtingen te waarborgen (basis beschermingsniveau plaatsgebonden risico). Het bevoegd gezag moet de bij dat minimumniveau behorende waarde of de daarmee overeenkomende afstand tot kwetsbare objecten in acht nemen. Daarnaast geldt de verplichting om met die waarde rekening te houden voor beperkt kwetsbare objecten en rekening te houden met het groepsrisico, de kans dat een groep personen komt te overlijden door een ongewoon voorval bij de risicovolle activiteit. Ter uitvoering van het Bevi geldt de Revi. Bij een omgevingsvergunning milieu of een ruimtelijk besluit voor het gebied rond zo'n bedrijf moet het bevoegd gezag de afstanden voor het plaatsgebonden risico uit de Revi in acht nemen respectievelijk daarmee rekening houden. Voor de

²³ Voor het Programma Bewust Omgaan met Veiligheid, zie: [Bewust omgaan met veiligheid | Gezonde en veilige leefomgeving | Rijksoverheid.nl](#)

Beleid of regelgeving	Thema	Inhoud
		beoordeling van het groepsrisico moet het bevoegd gezag uitgaan van de aanwezige en geprojecteerde kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten binnen het invloedsgebied. De afstand tot de grens van het invloedsgebied is voor bepaalde inrichtingen in de Revi vastgesteld. Tevens wordt voor de bepaling van de kwetsbaarheid van objecten verwezen naar de definities uit het Bevi.
Besluit risico's zware ongevallen 2015	Externe veiligheid	Dit besluit gaat over de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken. Het besluit bevat bepalingen om het aantal zware ongevallen te verkleinen en de gevolgen daarvan voor de menselijke gezondheid en het milieu te beperken. Er gelden regels voor de naleving van toezicht en de omgang met wijzigingen. Windparken vallen niet onder dit besluit. De regelgeving is relevant omdat windparken de aanwezige risico's bij BRZO 2015 bedrijven kunnen vergroten.
Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb)	Externe veiligheid	Dit besluit bevat naar analogie van het Bevi en het Besluit risico's zware ongevallen regels met het oog op het waarborgen van de veiligheid van buisleidingen met gevaarlijke stoffen in relatie tot de omgeving van de buisleiding. Het Bevb bevat ook regels over het toelaten van een risicoverhogend bouwwerk zoals een windturbine in de omgeving van een buisleiding. Het Bevb regelt de taken en verantwoordelijkheden van de leidingexploitant en de gemeenten. De bijbehorende Revb wijst onder andere de rekenmethodieken aan voor de verschillende buisleidingen.
Handreiking Risicozonering Windturbines en Handleiding risicoberekeningen	Externe veiligheid	Voor een toelichting op de regelgeving op het gebied van veiligheid van windturbines is er een Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW 2020) Windturbines - Kenniscentrum InfoMil . Hierin wordt ook verwezen naar de Handleiding risicoberekeningen windturbines, ook aangeduid als module IV van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV versie okt 2020 Omgevingsveiligheid (rivm.nl) Voorheen werd gewerkt met het Handboek uit 2014, waarin de toelichting op de regelgeving en de rekenmethodiek waren gecombineerd. In verband met de komst van de Omgevingswet en het bundelen van rekenvoorschriften, is het Handboek 2014 opgesplitst in de genoemde handreiking (HRW 2020) en de handleiding risicoberekeningen (module IV).
Waterwet	Bescherming waterkerende functie van de waterkering & ruimtegebruik en overige gebruiksfuncties	De Waterwet regelt in hoofdzaak het beheer van watersystemen, waaronder waterkeringen, oppervlaktewater- en grondwaterlichamen. De wet is gericht op het voorkomen dan wel beperken van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste, de bescherming en verbetering van kwaliteit van watersystemen en de vervulling van maatschappelijke functies door watersystemen. Plaatsing van windturbines in de kern- of beschermingszone van een waterkering in beheer van het Rijk, wordt slechts toegestaan indien door het ministerie van IenW voldoende kan worden aangetoond dat deze geen negatieve gevolgen heeft voor de waterkerende functie van de waterkering conform de veiligheidsnorm bij of krachtens de Waterwet.
Nationale Omgevingsvisie (specifiek voor landschap & cultuurhistorie)	Landschap & cultuurhistorie	In de Nationale Omgevingsvisie uit 2020 wordt het behouden en versterken van cultureel erfgoed en landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten van (inter)nationaal belang als nationaal belang benoemd (nationaal belang 19). Het gaat hierbij om waardevolle landschappen, werelderfgoedgebieden en nationale parken. Daarbij gelden de verplichtingen die voortvloeien uit het verdrag van Granada, het verdrag van Valletta, het Europees landschapsverdrag en het Werelderfgoedverdrag.
UNESCO werelderfgoed	Landschap & cultuurhistorie	Werelderfgoed is cultureel en natuurlijk erfgoed dat wordt beschouwd als onvervangbaar, uniek en eigendom van de hele wereld. Op basis van het Werelderfgoedverdrag uit 1972 plaatst UNESCO erfgoederen op de Werelderfgoedlijst. Het verdrag heeft als doel om erfgoed dat van unieke en universele waarde is voor de mensheid, beter te kunnen bewaren voor toekomstige generaties. In de effectbeoordeling wordt getoetst aan UNESCO werelderfgoed.
Wet natuurbescherming (Wnb)	Natuur	De Wet natuurbescherming beschermt Nederlandse natuurgebieden en planten- en diersoorten. Vanuit de gebiedsbescherming noemt de Wnb verschillende soorten gebieden, namelijk: Natuurnetwerk Nederland (NNN), Bijzondere provinciale natuurgebieden of landschappen, Natura 2000-gebieden en bijzondere nationale

Beleid of regelgeving	Thema	Inhoud
		natuurgebieden. Enkel voor Natura 2000-gebieden kent de Wnb een toetsingskader. Vanuit de soortenbescherming kent de Wnb vogelrichtlijnsoorten, habitatrichtlijnsoorten en andere soorten. In de effectbeoordeling wordt getoetst aan de Wnb.
Europese Green Deal	Energieopbrengst	De Europese Green Deal is een reeks beleidsinitiatieven van de Commissie-Von der Leyen met als overkoepelende doelstelling om Europa tegen 2050 klimaatneutraal te maken. Op 14 juli 2021 heeft de Europese Commissie een groot pakket aan maatregelen gepresenteerd, genaamd 'Fit for 55', waarmee deze doelstellingen behaald moeten worden. Maatregelen hebben betrekking tot het klimaat-, energie-, vervoers- en belastingbeleid. Dit moet het mogelijk maken om in 2030 netto 55% minder broeikasgassen uit te stoten dan in 1990. Ook windenergie maakt onderdeel uit van het maatregelenpakket.
Klimaatwet	Energieopbrengst	Het doel van de Klimaatwet is om de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO ₂ te verminderen. In de Klimaatwet is vastgelegd dat Nederland in 2030 49% minder broeikasgassen moet uitstoten en in 2050 95% minder ten opzichte van 1990. Windenergie (op land) is één van de maatregelen om de doelstellingen te halen.
Klimaatakkoord²⁴ (Rijksoverheid, 2019)	Energieopbrengst	Het Klimaatakkoord is een doorvertaling van de Klimaatwet. Het Klimaatakkoord beoogt een set maatregelen welke CO ₂ -uitstoot verminderen. In het Klimaatakkoord het doel opgenomen om ten minste 35 terawattuur (TWh) aan hernieuwbare elektriciteit (wind en zon) op land te realiseren in 2030. De uitwerking van deze doelstelling van 35 TWh zal uitgevoerd worden in de regionale energiestrategieën (RES). Windenergie (op land) is één van de maatregelen om de doelstellingen te halen.
Structuurvisie Windenergie op Land (SWOL)²⁵	Energieopbrengst	De Structuurvisie Windenergie op Land is een uitwerking van de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (inmiddels vervangen door de NOVI, zie eerder in deze tabel): een ruimtelijk plan voor de doorgroei van windenergie op het grondgebied van Nederland. Het kabinet wijst concrete gebieden aan die geschikt zijn voor grootschalige windturbineparken. Om de doelstelling van 6000 MW te halen wordt daarnaast ruimte geboden aan kleinere windturbineparken, waarvoor provincies locaties aanwijzen. In de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte zijn 'kansrijke gebieden' aangewezen voor grootschalige windenergie. De meeste van deze gebieden zijn ontginnings- en inpolderingslandschappen, grote wateren en zeehavengebieden; ze liggen in het Deltagebied, in het IJsselmeergebied en in Noordoost-Nederland. De SWOL wordt opgevolgd door Programma Energiehoofdstructuur (PEH) ²⁶ .
Bekendmaking wijziging Informatieblad aanduiding van windturbines en windparken op het Nederlandse vasteland²⁷	Zicht- & lichthinder	Het informatieblad, door de Minister van Infrastructuur en Waterstaat, geeft aan in welke gevallen en op welke manier windturbines en windparken, op grond van internationale burgerluchtvaartseisen en -aanbevelingen worden voorzien van markering en obstakellichten ten behoeve van de luchtvaartveiligheid. Het al dan niet synchroon knippen of vast branden van deze obstakellichten is van belang voor het aspect visuele verstoring.

4.2 Stand van kennis en ontwikkelingen

In deze paragraaf wordt de huidige stand van zaken van kennis samengevat op basis van onderzoeken die passen bij het schaalniveau en de afbakening van dit planMER. In paragraaf 4.2.1 worden de resultaten van afgeronde onderzoeken toegelicht. Ook vinden er onderzoeken plaats die nog niet afgerond zijn op het moment dat het planMER is opgesteld. Dit wordt toegelicht in paragraaf 4.2.2.

²⁴ Voor het Klimaatakkoord, zie: [Klimaatakkoord hoofdstuk Elektriciteit | Publicatie | Klimaatakkoord](#)

²⁵ Voor SWOL, zie: [Structuurvisie Windenergie op land \(33.612\) - Eerste Kamer der Staten-Generaal](#)

²⁶ Voor PEH, zie: [Programma Energiehoofdstructuur \(rvo.nl\)](#)

²⁷ [Staatscourant 2020, 31428 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen \(officielebekendmakingen.nl\)](#)

4.2.1 Beschikbare kennis vanuit relevante en recente onderzoeken

In deze paragraaf wordt de huidige stand van zaken van beschikbare kennis toegelicht. Bij het beoordelen van de kwaliteit en betrouwbaarheid van een informatiebron is nagegaan of de informatiebron een wetenschappelijke kwaliteit heeft, wie de auteur is, wat de intentie is van de informatiebron (indien bekend) en of het niveau van de bronnen voldoende is (zoals verwijzingen in de informatiebron). Ook is er contact geweest met het RIVM over de huidige stand van kennis over windturbines in relatie tot gezondheid.

In Tabel 4-2 is een overzicht gegeven van relevante en recente studies. In de tabel is per onderzoek aangegeven wat de implicaties van de onderzoeksresultaten zijn voor dit planMER. In Bijlage 2 is een uitgebreidere samenvatting gegeven van een aantal onderzoeken. De in de tabel weergegeven onderzoeken vormen geen limitatieve opsomming, maar geven wel de onderzoeken weer die een goed beeld geven van de huidige stand van kennis. Indien bij effectbeoordelingen van specifieke onderwerpen aanvullende informatiebronnen nodig waren in dit planMER, dan zijn deze informatiebronnen ook getoetst op betrouwbaarheid alvorens ze geciteerd worden. In Bijlage 6 is een Literatuuronderzoek zichthinder als gevolg van windturbines opgenomen. De literatuur die specifiek daarvoor is gebruikt staat daarin. Na de tabel volgt een overzicht over beschikbare kennis over gezondheid.

Tabel 4-2 Overzicht beschikbare kennis

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Betekenis voor planMER windturbinebepalingen leefomgeving
Hinder door geluid van windturbines (Janssen, Vos, & Eisses, 2008)	TNO heeft in 2008 onderzoek verricht naar de relatie tussen de blootstelling aan geluid door windturbines en verwachte hinder. Hiervoor is gekeken naar bestaande gegevens uit eerder verrichte onderzoeken in Zweden en Nederland. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	De dosis-effectrelaties uit het rapport van TNO worden gehanteerd als uitgangspunt en onderbouwing bij de beoordeling van geluidvarianten in hoofdstuk 9.
Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid (Verheijen, et al., 2009)	In dit RIVM-rapport wordt een evaluatie voor nieuwe normstelling van windturbinegeluid verricht. Het RIVM heeft de mogelijke consequenties bij verschillende grenswaarden onderzocht. Gekeken is naar de kans op geluidhinder, plaatsingsruimte voor nieuwe windturbines in relatie tot energiedoelstellingen en risico's op extra hinder door laagfrequent geluid. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In het planMER is een breed scala aan geluidvarianten onderzocht. Zie hiervoor de afbakening in paragraaf 5.4. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 9. De resultaten van het RIVM-onderzoek zijn gebruikt als uitgangspunt bij de effectbeoordeling.
Geluid van windturbines Pilot Kennisplatform Windenergie (RIVM, 2015)	In het kennisbericht wordt de stand van kennis uiteengezet, waarbij onder andere aandacht wordt besteed aan (geluid)hinder en het al dan niet verband houden met gezondheidsklachten. Uit het bericht blijkt dat er geen duidelijk wetenschappelijk bewijs is dat geluid van windturbines leidt tot slaapverstoring, vermoeidheid, hoge bloeddruk of 'het windturbinesyndroom'. Bekend is wel, ook uit onderzoek bij andere geluidbronnen, dat chronische hinder of het gevoel dat de kwaliteit van de leefomgeving afneemt, een negatieve invloed kan hebben op de gezondheid en het welbevinden. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is geluidhinder onderzocht aan de hand van meerdere geluidvarianten. Zie hiervoor de afbakening in paragraaf 5.4. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 9. De in het kennisbericht beschreven stand van kennis vormt het uitgangspunt voor de effectbeoordeling.
Environmental Noise Guidelines for the European Region (WHO, 2018)	In dit WHO-onderzoek is aanbevolen om de gemiddelde blootstelling aan geluid veroorzaakt door windturbines te verlagen tot minder dan 45 dB L _{den} . Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is na deze tabel meer informatie gegeven over dit onderzoek. In dit planMER is een breed scala aan geluidvarianten onderzocht, waaronder de 45 dB L _{den} , maar ook varianten met een lager geluidniveau. Zie hiervoor de afbakening in paragraaf 5.4. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 9.

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Betekenis voor planMER windturbinebepalingen leefomgeving
Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (Welkers, van Kempen, Helder, Verheijen, & van Poll, 2018)	Dit onderzoek van het RIVM borduurt voort op het hiervoor beschreven WHO-onderzoek (WHO, 2018). In het onderzoek beschrijft het RIVM de achtergronden van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse beleid. Vervolgens is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om het beleid te verbeteren.	In dit planMER is een breed scala aan geluidvarianten onderzocht, waaronder de 45 dB L_{den} , maar ook varianten met een lager geluidniveau. Zie hiervoor de afbakening in paragraaf 5.4. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 9.
Windturbines, zonneparken en woningprijzen (Dröes & Koster, 2019)	In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat worden in dit rapport de effecten van windturbines en zonneparken op woningprijzen onderzocht. Om deze vragen te beantwoorden is o.a. een literatuurstudie uitgevoerd. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is het effect op huizenprijzen niet onderzocht. Dit valt buiten de scope van dit planMER, omdat het alleen milieueffecten in beeld brengt.
Gezondheidseffecten van windturbinegeluid (van Kamp & van den Berg, 2020)	Het RIVM heeft wetenschappelijke literatuur omtrent door windturbines veroorzaakte gezondheidseffecten bij omwonenden tussen 2017 en medio 2020 op een rij gezet. Hieruit blijkt dat hinder optreedt als gevolg van geluid: hoe sterker het geluid (in dB) van windturbines, hoe groter de hinder. Voor andere gezondheidseffecten, zoals slaapverstoring, slapeloosheid en mentale gezondheidseffecten, zijn de resultaten van wetenschappelijk onderzoek niet eenduidig, oftewel: de gezondheidseffecten hangen niet duidelijk samen met het geluidniveau, maar soms wel met de ervaren hinder. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In het planMER wordt de hinder veroorzaakt door geluid beoordeeld. Eventuele andere gezondheidseffecten, zoals slaapverstoring of mentale gezondheidseffecten, worden niet beoordeeld. Er is geen eenduidig verband tussen deze gezondheidseffecten en het geluidniveau, maar dat betekent niet dat er geen gezondheidseffecten kunnen optreden als gevolg van windturbines.
Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek (White, et al., 2021)	In dit onderzoek doet het RIVM-aanbevelingen welk onderzoek nodig is om mogelijke gezondheidseffecten beter te begrijpen, ook omdat het aantal bronnen naar verwachting toeneemt. Ook blijkt dat niet alle betrokkenen (GGD'en, gemeenten, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, kno-artsen) goed samenwerken. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is een breed scala aan geluidvarianten onderzocht. Ook wordt aandacht besteed aan laagfrequent geluid (LFG), zie paragraaf 5.4. Bij de beoordeling wordt gebruik gemaakt naar de bestaande stand van kennis.
Ruimtelijke effecten van een strengere geluidnorm voor windturbines (Generation Energy, 2021)	RVO heeft Generation.Energy gevraagd om te berekenen wat het effect is op de plaatsingsmogelijkheden voor windturbines, wanneer de geluidnorm zou worden aangescherpt naar 45 dB. Het gaat daarbij om een landelijk beeld. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER zijn de resultaten van deze studie gebruikt voor de effectbeoordeling van het plaatsingspotentieel van een geluidnorm van 45 dB. Zie hiervoor Hoofdstuk 9.
Consequenties van het verlagen van de norm voor windturbinegeluid voor plaatsbaarheid en energieopbrengst (M+P, 2021)	In deze quickscan is bekeken wat het effect is van de vergroting van de geluidscontour van een windturbine als in plaats van L_{den} 47 dB een geluidnorm van L_{den} 45 dB aangehouden wordt. Hierbij wordt gekeken naar een windpark in lijnopstelling. Uit de quickscan blijkt dat de (aan te houden) afstand van de windturbine tot een geluidgevoelig object dan met circa 35% toeneemt. Dit betekent dat windturbines bij die lagere geluidnorm verder van een geluidgevoelig object af moeten staan (35%). Er is geen direct verband tussen de grootte van de windturbine en de grootte van de geluidscontour. Wel zijn er stillere en minder stille windturbines.	In dit planMER zijn de resultaten van deze studie gebruikt voor de effectbeoordeling van het plaatsingspotentieel van een geluidnorm van 45 dB. Zie hiervoor Hoofdstuk 9.

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Betekenis voor planMER windturbinebepalingen leefomgeving
Beleving windenergie op land (Peuchen, Kox, Klösters, & Straver, 2022)	In dit onderzoek van TNO wordt onderzoek verricht naar welke factoren bepalen hoe omwonenden (de ontwikkeling van) een windpark in hun directe leefomgeving ervaren aan de hand van 4 casussen. Uit dit onderzoek blijkt een verband tussen de afstand tot de windturbines, de ervaren overlast door de windturbines en de houding ten opzichte van het windpark. Hoe dichter men bij de windturbines woont, hoe meer overlast men ervaart en hoe negatiever men over het windpark is. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is voor zichthinder een literatuurstudie uitgevoerd, te vinden in Bijlage 6. Paragraaf 6.3.2.1 geeft nadere informatie over de uitkomst en wat dat betekent voor de effectbeoordeling in dit planMER.
Advies expertgroep gezondheidseffecten windturbines (Koeman, van den Berg, & Breugelmans, 2022)	In opdracht van de Gemeente Amsterdam is een advies rapport opgesteld door een expertgroep over de mogelijke gezondheidseffecten van windturbines, naar aanleiding van discussie over de voorgenomen plaatsing van windturbines in het kader van de Regionale Energiestrategie (RES). Geadviseerd wordt om uit te gaan van een grenswaarde die niet mag worden gepasseerd en een standaardwaarde waarvan alleen onderbouwd kan worden afgeweken. Het hanteren voor een afstandsnorm voor geluid wordt afgeraden. Uit het rapport blijkt ook dat het waardevol is als er ruimte is tussen grens- en standaardwaarde, waarbinnen het bevoegd gezag een expliciete afweging maakt over de effecten van de plaatsing van windturbines voor de omwonenden en de mogelijkheden om deze te mitigeren. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is geluidhinder onderzocht aan de hand van meerdere geluidvarianten. Zie hiervoor de afbakening in paragraaf 5.4. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 9. Ook wordt aandacht besteed aan tonaal en laagfrequent geluid (zie Bijlage 4 en Hoofdstuk 9). Door de effecten van een breed scala aan varianten inzichtelijk te maken, kan later in de besluitvorming besloten worden hoe om te gaan met richtwaarden en standaardwaarden of straffactoren.
De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland (Mulder, Boonman, & Sterkenburg, 2022)	In deze studie van TNO is de impact van toekomstige windturbines op huizenprijzen in Nederland onderzocht voor de periode tot 2030. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In dit planMER is het effect op huizenprijzen niet onderzocht. Dit valt buiten de scope van dit planMER. In het kader van dit planMER zijn geen Rijksregels opgesteld met betrekking tot huizenprijzen.
Onderzoek effecten verschillende afstandsnormen (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022)	In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat is onderzoek verricht om gedeeltelijk invulling te geven aan de op 22 juni 2021 aangenomen motie Erkens/Leijten ²⁸ en aan het in het coalitieakkoord 2021-2025 opgenomen voornemen om heldere afstandsnormen voor de bouw van windturbines vast te stellen. Zie voor meer uitleg bijlage 2.	In het planMER zijn drie varianten onderzocht voor afstandsnormen, namelijk twee keer de tiphoogte, drie keer de tiphoogte en vier keer de tiphoogte. De afbakening van varianten wordt toegelicht in paragraaf 5.7. De beoordeling van deze varianten is weergegeven in hoofdstuk 12. Ook doet het onderzoek aanbevelingen voor een duidelijkere, eenduidige regeling voor slagschaduw. Hiervoor zijn in dit planMER meerdere varianten onderzocht, welke zijn toegelicht in paragraaf 5.6 en worden beoordeeld in hoofdstuk 11.
Ruimtelijke effecten van alternatieve afstandsnorm voor windturbines en een effect voor de RES zoekgebieden	Het Rijk werkt aan het vaststellen van nieuwe algemene milieuregels op basis van een planMER. In het coalitieakkoord is opgenomen dat er heldere afstandsnormen komen voor de bouw van windturbines op land.	De resultaten van deze studie zijn meegenomen als input voor de effectbeoordeling van het plaatsingspotentieel voor windturbines in Hoofdstuk 12.

²⁸ Voor motie Erkens/Leijten (22 juni 2021), zie: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z10842&did=2021D23600> Voor aanvullende informatie en beantwoording vragen over uitvoering onderzoek motie Erkens/Leijten, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/11/22/antwoorden-kamervragen-over-uitvoering-motie-onderzoek-afstandsnormen-windturbines-op-land>

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Betekenis voor planMER windturbinebepalingen leefomgeving
(Generation Energy, 2022)	Generation Energy voerde, in opdracht van RVO, een verkenning uit wat de effecten van afstandsnormen zijn op de RES-plannen in de energieregio's en de plaatsingsmogelijkheden van windturbines.	
Actualisatie faalfrequenties windturbines (Versluis, Pompe, & Manuel, 2022)	De huidige rekenmethodiek maakt gebruik van data die inmiddels deels verouderd zijn. Zo zijn windturbines de laatste jaren technisch verder ontwikkeld en zijn er recentere data over ongevallen. Dit was aanleiding om opnieuw te kijken naar faalkansen en -scenario's. Uit dit RIVM-onderzoek blijkt dat nieuw berekende kansen iets kleiner zijn dan eerder ingeschat.	Voor het PlanMER heeft dit nog geen betekenis omdat er eerst een effectmodellering zal plaatsvinden en vervolgens het formele rekenvoorschrift moet worden aangepast. Deze vervolgstappen zullen naar verwachting eind 2023 worden afgerond.

Actuele inzichten gezondheidseffecten windturbines

De laatste jaren is er een toename in het aantal publicaties over de relatie tussen windturbines en gezondheid. In 2021 heeft het RIVM het rapport 'Gezondheidseffecten van windturbinegeluid' gepubliceerd (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2021). In opdracht van het Zwitserse Federale Milieubureau hebben het RIVM en Mundonovo sound research de wetenschappelijke literatuur over het effect van windturbines op de ervaren hinder, slaapverstoring, het hart- en vaatstelsel en de stofwisseling verzameld en bestudeerd.

De focus van het onderzoek is het geluid van windturbines, maar er is ook gekeken naar de invloed van trillingen, slagschaduw, obstakelverlichting en andere visuele aspecten. Ook niet-akoestische factoren zijn beschouwd, zoals persoonlijke factoren en maatschappelijke en economische aspecten.

Hinder is het meest beschreven en onderzochte effect van wonen nabij windturbines. Gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt, zijn beschrijvingen van hinder. Stressor is een beschrijving van chronische hinder en kan op lange termijn tot gezondheidsklachten leiden (indirect gezondheidseffect). Er is een direct verband tussen hinder en het geluidniveau van windturbines: de hinder neemt toe bij toenemende geluidniveaus van windturbines.

Wingturbinegeluid wordt bij een gelijke geluidbelasting in vergelijking met andere geluidbronnen, zoals industrie, weg- of railverkeer, als hinderlijker ervaren en de hinder treedt al bij lagere geluidniveaus op. Dit komt mogelijk door specifieke factoren die bij windturbines een rol spelen, zoals het ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie), slagschaduw door de roterende bladen, knipperende lichten op de windturbines en de houding ten aanzien van de windturbines. Ook speelt het bij de hinder een rol dat in de avond- en nachtperiode het achtergrondgeluid over het algemeen afneemt en het windturbinegeluid gelijk blijft of juist toeneemt.

Het laagfrequente geluid van windturbines is vergelijkbaar met dat van andere bronnen van geluid, zoals verkeer. Ook voor infrason geluid van windturbines geldt dat het niet sterker is dan infrason geluid van andere geluidbronnen als verkeer en de wind zelf, de natuurlijke luchtbewegingen van de atmosfeer. Hinder en mogelijk slaapverstoring zijn gezondheidseffecten van laagfrequent geluid van windturbines. Laagfrequent geluid en infrason geluid hebben echter geen andere effecten op omwonenden dan gewoon geluid van windturbines. De totale sterkte en het ritmische karakter van het windturbinegeluid lijken belangrijke factoren voor de ervaren hinder. Laagfrequent geluid dempt over grote afstanden minder uit dan geluid met hogere frequenties waardoor het laagfrequente deel van de geluidbron op grotere afstand hoorbaar kan zijn. Dit geldt echter ook voor andere bronnen zoals wegverkeer.

Er kan geen eenduidige conclusie worden getrokken uit de meest recente internationale onderzoeken over slaapverstoring door windturbines. Dat geldt voor zowel onderzoeken waar bewoners zelf slaapverstoring rapporteren, als voor onderzoeken met gemeten slaapindicatoren. Er is wel een indirect verband aangetoond tussen hinder door windturbinegeluid en zelf gerapporteerde slaapverstoring. Voor weg-, vlieg- en railverkeergeluid is er in de nacht wel een direct verband aangetoond tussen geluid en slaapverstoring (World Health Organization (WHO), 2018).

Er is onvoldoende bewijs voor andere gezondheidseffecten (bijv. hart- en vaatziekten, stofwisselingsstoornissen, cognitieve effecten en effecten op de mentale gezondheid) als direct effect van het wonen in de nabijheid van een windturbine of het geluid van windturbines. Er zijn echter indirecte gezondheidseffecten aangetoond, tussen hinder

(van geluid, slagschaduw en knipperende lichten) enerzijds en gezondheidsklachten zoals als chronische pijn, migraine/hoofdpijn, tinnitus, duizeligheid en misselijkheid anderzijds.

Naast fysieke aspecten van windturbines hebben niet-akoestische factoren invloed op de hinder die ervaren wordt. Omwonenden kunnen al zonder dat een windturbine aanwezig is overlast of bezorgdheid ervaren, bijvoorbeeld door berichten over gezondheidsschade. Persoonlijke en contextuele factoren spelen bij windturbines een naar verhouding grote rol. Zo kan een goede lokale betrokkenheid bij het planningsproces of een gedeeld eigenaarschap de ervaren hinder verminderen en de sociale acceptatie van windenergieprojecten vergroten.

In opdracht van Wind Wiki heeft D. Bijl het RIVM-rapport van 2021 geanalyseerd (Bijl, 2021). In zijn rapportage wordt kritiek geuit op de wetenschappelijke waarde en methodologische kwaliteit van het RIVM-rapport. Het RIVM heeft in een reactie hierop de kritiek weerlegd. Het RIVM steunt wel de aanbevelingen voor nader onderzoek die door D. Bijl zijn gedaan (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Ministerie van Volksgezondheid, 2021).

4.2.2 Lopende onderzoeken, beschikbaar ná dit planMER

In een Kamerbrief van 6 juli 2022²⁹ is terugkoppeling gegeven over de stand van zaken van aanvullend onderzoek naar de gezondheidseffecten van windturbines. De twee hoofdpunten omtrent lopende onderzoeken worden hieronder samengevat.

Verkenning naar gezondheidsonderzoek rond windturbines

Het RIVM heeft recent onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden voor een praktijkonderzoek die de wetenschappelijke inzichten over de gezondheidseffecten van windturbines in Nederland met nieuw empirische gegevens kan aanvullen (Zock, Reedijk, van Kempen, & Devilee, 2022). Het RIVM onderzoek biedt handvatten om aanvullend gezondheidsonderzoek uit te vragen. Op basis van de kennisbasis zijn twee verschillende onderzoeksrichtingen relevant, namelijk:

1. Voor de Nederlandse situatie aanvullende inzichten verkrijgen in de al bekende effecten "hinder en mogelijke slaapverstoring", vooral in de context van steeds hoger wordende windturbines;
2. Onderzoeken of er aanwijzingen zijn voor andere gezondheidseffecten die soms in verband worden gebracht met windturbinegeluid, maar die niet wetenschappelijk zijn aangetoond.

Op basis van de verkenning en een bespreking met belanghebbenden zal het ministerie van EZK in overleg met de ministeries van IenW en VWS twee verschillende onderzoeken uitvragen, namelijk:

1. Een uitgebreide dosis-effectstudie, waarbij zowel verschillende factoren/kenmerken van windturbine(geluid) worden meegenomen (de 'dosis'), als waarbij op verschillende manieren de effecten worden gemeten. Dit gebeurt met vragenlijsten, eventueel aangevuld met fysiologische metingen en met interviews. Dit onderzoek kan een aanvullend beeld geven van de mate waarin hinder en mogelijk slaapverstoring als gevolg van windturbinegeluid in Nederland vóórkomen, waarbij verschillende co-determinanten ook een plek krijgen in het onderzoek, bijvoorbeeld de afstand tussen windturbines en omwonenden en de mate waarin participatie en communicatie hebben plaatsgevonden.
2. Een historisch cohortonderzoek waarbij bestaande gezondheidsregistraties van omwonenden van windturbines worden onderzocht en vergeleken. Op deze manier kan in kaart worden gebracht welke gezondheidsklachten vaker voorkomen in de buurt van windturbines.

Voor beide onderzoeken zijn de resultaten pas beschikbaar ná publicatie van dit planMER.

Expertisepunt Windenergie en Gezondheid

In de kamerbrief van 6 juli 2022 (voetnoot 29) wordt ook een toelichting gegeven van het expertisepunt Windenergie en Gezondheid. Het RIVM houdt systematisch bij welke onderzoeken er wereldwijd verschijnen met betrekking tot windmolens en gezondheidseffecten. Met het Expertisepunt Windenergie en Gezondheid vergroot het RIVM de reeds doorlopende inzet op het verzamelen, duiden en verspreiden van kennis over windenergie en gezondheid. Elke drie maanden stelt het RIVM een lijst met nieuw gevonden relevante literatuur op en deelt deze met de ministeries van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en IenW. Daarnaast werkt het RIVM aan een update van de literatuurreview uit 2020, waarin een systematisch overzicht en analyse zal worden gegeven van de relevante wetenschappelijke

²⁹ Voor meer informatie over de Kamerbrief van 6 juli 2022, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/07/06/hernieuwbare-energie-op-land-en-regionale-energiestrategieen>

literatuur verschenen vanaf medio 2020. Naar verwachting wordt in de eerste helft van 2023 een nieuwe review gepubliceerd.

Samenvattend is de verwachting dat er op basis van de verkenning naar gezondheidsonderzoek rond windturbines en door het expertisepunt meer onderzoeksresultaten beschikbaar komen in de toekomst. Als er nieuwe wetenschappelijke onderzoeksresultaten in binnen- of buitenland beschikbaar komen, dient bekeken te worden of dit moet leiden tot een beleidswijziging en daarmee samenhangend tot wijziging, ofwel actualisering, van de toepasselijke regelgeving. Dit is gebruikelijk bij onder meer milieuregelgeving en dus ook van toepassing op de regelgeving voor windturbines. Het RIVM besteedt in haar adviezen over het algemeen ook aandacht aan internationaal uitgevoerde onderzoeken.

5 Afbakening alternatieven en varianten

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft het overzicht van alternatieven, varianten en sub-varianten die in dit planMER onderzocht zijn. Het vertrekpunt was de NRD, welke ter inzage heeft gelegen. Het advies van de Commissie voor de m.e.r. en de zienswijzen zijn in aanvulling daarop besproken in de begeleidingscommissie en in de stuurgroep van het Rijk. Hierbij is duidelijk geworden dat het nuttig is om -in aanvulling op de NRD- een aantal ingebrachte punten over te nemen in het planMER. Dit leverde een set aan alternatieven, varianten en sub-varianten op, die in dit planMER zijn behandeld. Daarbij is het volgende in acht genomen:

- Het moet gaan om realistische alternatieven, varianten en sub-varianten.
- De variatie is op thema's die mogelijk een plek gaan krijgen in nieuwe Rijksregels windturbinebepalingen en die relevant zijn voor de leefomgeving. Dit is nader gemotiveerd in paragraaf 5.2.
- De alternatieven, varianten en sub-varianten moeten voldoende onderscheidend van elkaar zijn en de bandbreedte omvatten waarbinnen de keuze voor de windturbinebepalingen zal vallen.
- De alternatieven, varianten en sub-varianten gaan over de normstelling in de nieuwe windturbinebepalingen. Onderhoudsbepalingen (artikel 3.14 van het Activiteitenbesluit milieubeheer) e.d. worden niet beschouwd in dit planMER, maar zullen worden gemotiveerd in de nieuwe AMvB.
- De windturbinebepalingen bevatten geen locatiekeuzes, dus richt het planMER zich niet op het in beeld brengen van effecten op specifieke locaties en projectniveau.

Alternatieven, varianten en sub-varianten

In dit planMER onderscheiden we alternatieven, varianten en sub-varianten. Het onderscheid tussen deze drie is als volgt:

- **Alternatieven:** Vormen een complete set aan normen voor verschillende thema's en worden beoordeeld op alle criteria van het beoordelingskader. In dit planMER gaat het om de referentiesituatie, het alternatief ongewijzigde regels en om het voorkeursalternatief. Het voorkeursalternatief wordt opgenomen in de AMvB.
- **Varianten:** Variëren voor een specifiek aspect, zoals geluid, externe veiligheid of afstandsnorm. De effecten voor relevante criteria worden in dit planMER in beeld gebracht. Er vindt dus een selectie plaats op de totale set aan criteria, zodat niet-relevante criteria niet aan bod komen.
- **Sub-varianten:** Variëren voor een specifiek aspect. Middels een gevoeligheidsanalyse voor dat betreffende aspect wordt het effect bepaald van de sub-variant. Een gevoeligheidsanalyse houdt in dit planMER in dat voor een specifiek criterium bekeken wordt wat een aanpassing/aanvulling van het alternatief of van de variant aan meerwaarde zou opleveren.

5.2 Over de nationale windturbinebepalingen

Dit planMER ondersteunt het stellen van windturbinebepalingen op Rijksniveau voor die situaties waarvoor de mer-plicht of mer-beoordelingsplicht geldt, maar het is óók de bedoeling om de nieuwe nationale windturbinebepalingen van toepassing te laten zijn op één of twee windturbines. De informatie in het planMER moet volledig bijdragen aan de besluitvorming over de vaststelling van de nationale windturbinebepalingen. Het is van belang om maatschappelijke discussie en wetenschappelijke inzichten volwaardig mee te nemen. Het procedurele gebrek aan de bestaande nationale windturbinebepalingen wordt daarom niet zonder meer 'gerepareerd'. De nationale windturbinebepalingen worden opnieuw vastgesteld, met inbreng van voortschrijdend inzicht in technieken, effecten en ervaringen. Daarvoor is de eerste stap om te bepalen waarvoor het stellen van Rijksregels wenselijk is.

5.2.1 Stellen van Rijksregels

Windturbines wekken energie op en dragen daarmee bij aan een schoner Nederland. Ze kunnen echter ook verschillende nadelige gevolgen voor de leefomgeving hebben, waaronder:

- Geluidhinder.
- Slagschaduwhinder.
- Lichtschittering.
- Extern veiligheidsrisico voor kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten.

- Extern veiligheidsrisico door domino-effecten, als een ongeval met een windturbine een domino-effect bij een andere risicovolle activiteit kan veroorzaken.
- Aantasting van landschappen.
- Aantasting van cultuurhistorie, waaronder Unesco Werelderfgoed.
- Aantasting archeologie.
- Aantasting van natuur, waaronder Natura 2000-gebieden, (trek)vogels en vleermuizen.
- Aantasting van oppervlaktewater.
- Effect op recreatie en toerisme, glastuinbouw en visserij.
- Beperken van bepaalde functies, zoals radarverstoring en luchtvaart.

Voorts kunnen specifieke emissies ontstaan tijdens aanleg, gebruik, onderhoud en verwijderen van een windpark.

Het reguleren van nadelige gevolgen voor de leefomgeving kan met algemene regels op nationaal niveau, op regionaal niveau (omgevingsverordening) of op lokaal niveau (omgevingsplan of waterschapsverordening). Een andere mogelijkheid is regulering op het moment van toestemming voor een individueel project, in het kader van een omgevingsvergunning (milieubelastende activiteit, maar mogelijk ook omgevingsplanactiviteit, Natura 2000-activiteit of een beperkingengebiedactiviteit). Daar waar het Besluit activiteiten leefomgeving geen algemene Rijksregels stelt, zijn dus regels in de vergunningprocedure te stellen. Regels in het omgevingsplan, waterschapsverordening of de omgevingsverordening heten maatwerkregels.

Gelet op deze mogelijkheden kunnen de regels steeds op het meest geëigende niveau worden gesteld. Het is dus niet zo dat voor alle nadelige gevolgen voor het milieu die een windpark op een bepaalde locatie zou kunnen veroorzaken windturbinebepalingen moeten komen. Dat is alleen aan de orde als het stellen van windturbinebepalingen voor een bepaald onderwerp het meest aangewezen is, vergeleken met de andere mogelijkheden.

Naast algemene regels, kan het Rijk ook instructieregels opnemen, die in de aangewezen gevallen doorwerken in decentrale besluiten. Daarnaast kan het Rijk beoordelingsregels opnemen waaraan moet worden getoetst bij het verlenen van een omgevingsvergunning milieu of het toelaten van activiteiten in een omgevingsplan (omgevingsplanactiviteit).

Bij de beslissing of algemene Rijksregels worden gesteld, of juist niet worden gesteld, speelt het type regel een belangrijke rol. In lijn met de uitgangspunten van het Nederlandse en Europese milieubeleid van de afgelopen decennia geldt:

- Het primaat van de preventieve aanpak, waarbij in beginsel onafhankelijk van de locatie maatregelen worden genomen gebaseerd op gezond verstand en de “stand der techniek” (in terminologie van de wet: passende preventieve maatregelen en beste beschikbare technieken). Dit nog los van de exacte omvang van de gevolgen, die de activiteit voor de specifieke omgeving zou kunnen hebben.
- Aanvullend daarop is er aandacht voor de gevolgen die na toepassing van de preventieve aanpak nog kunnen optreden voor de fysieke leefomgeving. Beoordeeld moet worden, of deze “restgevolgen” acceptabel zijn, gelet op de beschikbare gebruiksruimte.

Deze twee invalshoeken komen ook bij de windturbinebepalingen terug. Algemene Rijksregels zijn uitermate geschikt om locatieonafhankelijke preventieve maatregelen en best beschikbare technieken vast te leggen. Daarmee kan ook een bijdrage worden geleverd aan het “level playing field”, inhoudende dat in gelijke omstandigheden voor eenieder gelijke regels gelden. Juist omdat preventieve maatregelen en best beschikbare technieken grotendeels los van de locatie van de activiteit kunnen worden geformuleerd, kan met landelijk geldende regelgeving worden bereikt dat voor eenieder gelijke regels gelden.

De algemene Rijksregels voor milieubelastende activiteiten lenen zich veel minder voor het reguleren van de “restgevolgen” die na de toepassing van de preventieve aanpak nog kunnen optreden. Dat heeft ermee te maken dat de algemene Rijksregels primair kijken vanuit een activiteit en niet vanuit de specifieke locatie met lokale omstandigheden. De algemene Rijksregels kunnen op zich wel regels bevatten, die de gevolgen van één activiteit op een bepaald (in die algemene regels omschreven) punt of object limiteren, maar kunnen geen rekening houden met cumulatieve gevolgen van meerdere activiteiten op datzelfde punt of object. Het rekening houden met de milieugebruiksruimte op een bepaalde locatie is in algemene Rijksregels slechts ten dele mogelijk.

Bij de voorbereiding van het Besluit activiteiten leefomgeving heeft de regering zich de vraag gesteld, of het voor de activiteiten en effecten waarvoor de regels in grote mate afhankelijk zijn van de lokale situatie en dus ook lokaal verschillen doelmatig en doeltreffend is om toch Rijksregels met maatwerk mogelijkheden te stellen, of dat het beter is het stellen van die regels door de gemeenten en waterschappen te laten plaatsvinden. Gelet op het uitgangspunt “decentraal, tenzij” heeft de regering gekozen voor het stellen van regels primair in het omgevingsplan en de waterschapsverordening. Belangrijke reden daarbij is, dat de gemeente en het waterschap naast de mogelijkheid om in het omgevingsplan en de waterschapsverordening regels voor het hele grondgebied te stellen (zoals het Rijk het doet in algemene Rijksregels), ook de mogelijkheid heeft om regels aan specifieke locaties te koppelen en direct op die locaties toe te spitsen.

5.2.2 Trechtering van type windturbinebepalingen

Bij windparken speelt zowel het toepassen van preventieve maatregelen en beste beschikbare technieken als toetsing aan milieugebruiksruimte een rol.

In het planMER wordt voor alle mogelijke nadelige gevolgen voor het milieu die windparken kunnen veroorzaken allereerst beschouwd, of voor het desbetreffende onderwerp landelijke passende preventieve maatregelen of regels afgeleid van beste beschikbare technieken kunnen worden gesteld.

Vervolgens wordt beschouwd of voor het stellen van regels voor de “restgevolgen”, ofwel het reguleren van de milieugebruiksruimte, het stellen van regels op Rijksniveau voor de hand ligt, en zo ja, op welke wijze. De volgende vier situaties staan in de nota van toelichting³⁰ bij het Besluit activiteiten leefomgeving:

- **Situatie 1:** preventieve maatregelen zijn toereikend: Als de preventieve aanpak dusdanig succesvol is, dat van “restgevolgen” voor het milieu niet of nauwelijks sprake is, vervalt het belang van het regelen van die restgevolgen. De Rijksregels hoeven dan geen concrete regeling van restgevolgen te bevatten. Mocht het in een individueel geval toch nodig zijn een aanvullende regel te stellen, dan kan dat als onderdeel van de vergunning, bij maatwerkvoorschrift, of als een locatie specifieke regel in het omgevingsplan (maatwerkregel).
- **Situatie 2:** aan de restgevolgen kunnen per activiteit landelijk regels worden gesteld, locatiespecifieke aspecten spelen niet of nauwelijks een rol: De algemene Rijksregels kunnen in deze situatie in aanvulling op de uitwerking van de preventieve aanpak een concrete regeling van de restgevolgen bevatten. Deze kan worden vertaald in een individuele verhouding tussen de activiteit en het te beschermen deel van de fysieke leefomgeving, en vervolgens vastgelegd in algemene regels van het Besluit activiteiten leefomgeving of instructieregels van het Besluit kwaliteit leefomgeving.
- **Situatie 3:** locatiespecifieke aspecten spelen een rol in een deel van de gevallen. De individuele regeling (situatie 2) kan wel als basis dienen, waarop maatwerk voortborduurt: Ook in deze situatie kunnen de Rijksregels in aanvulling op de uitwerking van de preventieve aanpak een concrete regeling van de restgevolgen bevatten. Deze is vertaald in een individuele verhouding tussen de activiteit en het te beschermen deel van de fysieke leefomgeving. Het is duidelijk dat met die regeling in een deel van de gevallen geen adequate bescherming kan worden geboden, of de regels juist onnodig streng zijn. Voor de aanpak daarvan is het gewenst dat in bepaalde gevallen maatwerk kan worden toegepast. Dat kan, als die individuele regeling in het Besluit activiteiten leefomgeving is opgenomen, via vergunningvoorschriften, maatwerkvoorschriften of maatwerkregels. Het is ook mogelijk die individuele regeling via het Besluit kwaliteit leefomgeving vorm te geven, met ruimte in instructieregels.
- **Situatie 4:** locatiespecifieke aspecten spelen een dusdanig belangrijke rol, dat een regeling gebaseerd op individuele verhouding nauwelijks zin heeft: In deze situatie beperkt de preventieve aanpak de restgevolgen onvoldoende. Het lukt ook niet om tot een uitwerking van de restgevolgen (vertaald in een individuele verhouding tussen activiteit en te beschermen deel van de fysieke leefomgeving) te komen, waarmee een substantieel deel van de problematiek zou worden gedekt. De aanpak van restgevolgen is aangewezen op maatwerk en loopt volledig via maatwerkregels in het omgevingsplan, in de waterschapsverordening of in de omgevingsverordening, dan wel via de vergunningprocedure.

³⁰ Besluit activiteiten leefomgeving: <https://iplo.nl/publish/pages/191119/besluit-activiteiten-leefomgeving-stb-versie-03-06-2022.pdf>

5.2.3 Geselecteerde aspecten in windturbinebepalingen en in dit planMER

De uitkomst van de raadpleging van de Commissie voor de m.e.r. en van de zienswijzen van de NRD is besproken in de begeleidingscommissie. Er is besloten om de volgende aspecten te onderzoeken in dit planMER, waarbij wordt gevarieerd met alternatieven, varianten of sub-varianten:

- Geluid, waaronder ook tonaal en laagfrequent geluid (zie verder paragraaf 5.4)
- Externe veiligheid (zie verder paragraaf 5.5)
- Slagschaduw (zie verder paragraaf 5.6)
- Afstandsnormen (zie verder paragraaf 5.7)
- Lichtschittering (zie verder paragraaf 5.8)
- Obstacleverlichting (zie verder paragraaf 5.9)

Definities objecten

In het planMER wordt gesproken over verschillende soorten objecten, zoals: geluidgevoelige objecten, beperkt kwetsbare objecten, kwetsbare objecten en slagschaduwgevoelige objecten. In dit tekstvak worden de definities samengevat.

Geluid

Geluidgevoelige objecten zijn gebouwen en terreinen waaraan de regels van de Wet geluidhinder bijzondere bescherming bieden door middel van normstelling met betrekking tot de aanvaardbare geluidbelasting. De wet maakt onderscheid tussen woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Gebouwen en terreinen die onder de sfeer van de inrichting (in dit geval het windpark of de windturbine) vallen, worden niet als geluidgevoelig beschouwd.³¹

Externe veiligheid³²

Kwetsbare objecten zijn woningen (met uitzondering van verspreid liggende woningen), gebouwen waarin zich veel mensen kunnen bevinden of gebouwen waar niet-zelfredzame mensen aanwezig zijn, zoals zieken, ouderen en kinderen. Voorbeelden zijn scholen, ziekenhuizen, grotere kantoren en hotels.

Beperkt kwetsbare objecten zijn alle overige objecten waar personen aanwezig kunnen zijn, maar niet in grote aantallen. Dit zijn bijvoorbeeld verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, restaurants en kleinere kantoorgebouwen. In paragraaf 5.3.2 wordt verder ingegaan op de definitie van kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten.

Slagschaduw

Voor *slagschaduwgevoelige objecten* wordt aangesloten bij de definitie van geluidgevoelige objecten.

5.3 Alternatief ongewijzigde regels

Het Alternatief ongewijzigde regels in het planMER wordt gevormd door het uitgangspunt dat de windturbinebepalingen ongewijzigd terugkomen, dus zoals deze waren vóór de Delfzijl Zuid-uitspraak van de Afdeling.³³

De belangrijkste windturbinebepalingen die voorheen voor windparken van toepassing waren bevatten de volgende normstellingen:

- Een geluidbelasting van ten hoogste 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} op gevoelige objecten.
- Voor externe veiligheid een plaatsgebonden risico toestaan van ten hoogste 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10^{-6} voor kwetsbare objecten.

³¹ Voor meer informatie over de definitie van geluidgevoelige objecten, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/wet-geluidhinder/wgh-geluidsgoelinge/>

³² Voor meer informatie over de definitie van beperkt kwetsbare objecten en kwetsbare objecten, zie: [https://www.infomil.nl/onderwerpen/veiligheid/bevi-revi/vragen-antwoorden/\(beperkt\)-kwetsbare/](https://www.infomil.nl/onderwerpen/veiligheid/bevi-revi/vragen-antwoorden/(beperkt)-kwetsbare/)

³³ Dit betreft de windturbinebepalingen van paragraaf 3.2.3 van het Activiteitenbesluit milieubeheer en paragraaf 3.2.3 van de Activiteitenregeling milieubeheer.

- Op gevoelige objecten mag gemiddeld niet meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw optreden.
- Lichtschittering voorkomen.

Hierop waren nog afwijkingsbevoegdheden mogelijk in het Activiteitenbesluit milieubeheer. De voormalige regels zijn hieronder per aspect nader toegelicht.

5.3.1 Geluid

Vóór de Delfzijl Zuid-uitspraak waren de geluidnormen voor windturbines en windparken vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer. De beoordelingsmethode is vastgelegd in het 'Reken- en meetvoorschrift windturbines' zoals opgenomen in de Activiteitenregeling milieubeheer.

Voor een windturbine of een combinatie van windturbines geldt de eis dat het geluidniveau op de gevel van geluidgevoelige gebouwen³⁴, tenzij deze zijn gelegen op een gezoneerd industrieterrein, en op de grens van gevoelige terreinen, niet hoger mag zijn dan 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} .

L_{den} ³⁵ is het gewogen jaargemiddelde van het equivalente geluidniveau³⁶ met een toeslag van 5 dB op het niveau in de avond- en 10 dB in de nachtperiode³⁷. L_{night} is het equivalente geluidniveau gemiddeld over alle nachtperiodes in een jaar. De reden van de toeslag op het geluidniveau in de avond- en nachtperiode bij de bepaling van het L_{den} -niveau is dat in het algemeen het niveau van omgevingsgeluid in de avond- en nachtperiode lager is dan overdag. Daarnaast is de nachtperiode extra gevoelig omdat mensen dan gewoonlijk slapen. Hierdoor zal een bepaald geluidniveau in de avond- en nachtperiode in het algemeen als hinderlijker worden ervaren dan eenzelfde geluidniveau overdag.

Bij de bepaling van de L_{den} - en de L_{night} -waarden, op de gevel van gevoelige gebouwen en op de grens van gevoelige terreinen, wordt in de ontwikkelingsfase conform het 'Reken- en meetvoorschrift windturbines' voor de windturbines uitgegaan van de gemiddelde geluidsemisatie op basis van de langjarige windverdeling op ashoogte van de windturbines zoals vastgesteld door het KNMI, tenzij wordt aangetoond dat er gegevens beschikbaar zijn die een beter beeld geven van de geluidsemisatie van de windturbines. In de operationele fase van de windturbines dient de exploitant de jaargemiddelde geluidsemisatie te registreren op basis van de effectieve werking van de windturbines gedurende het afgelopen kalenderjaar.

Het bevoegd gezag kan voor een windturbine of een windpark een maatwerkvoorschrift met een lagere geluidnorm vaststellen om rekening te houden met de cumulatie van het geluid van verschillende windturbines of windparken. Hierbij wordt geen rekening gehouden met windturbines die op 1 januari 2011 reeds vergund waren. Daarnaast kan het bevoegd gezag in uitzonderlijke situaties zoals in wettelijk aangewezen stiltegebieden vanwege bijzondere lokale omstandigheden een maatwerkvoorschrift met een andere geluidnorm vaststellen. Als een woning zodanig bij een windpark is betrokken dat deze tot de sfeer van de inrichting hoort, is deze op grond van het Activiteitenbesluit milieubeheer niet beschermd tegen het geluid van de windturbines die deze inrichting omvat.³⁸

5.3.2 Externe veiligheid

Vóór de Delfzijl Zuid-uitspraak waren de externe veiligheidsnormen voor windturbines en windparken vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Nederlandse overheid, 2021) met een verwijzing naar het Besluit omgevingsrecht (Bor). Regelgeving voor externe veiligheidsnormen van andere risicovolle inrichtingen is vastgelegd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb), Besluit en regeling risico's zware ongevallen (Brzo 2015, Rrzo) of het vuurwerkbesluit. Voor het stellen van normen op het gebied van externe veiligheid voor windturbines wordt in Nederland gebruik gemaakt van de systematiek van het begrenzen van risico's op basis van het plaatsgebonden risico (PR). Deze systematiek wordt in het algemeen ook voor inrichtingen en buisleidingen met gevaarlijke stoffen in Nederland gehanteerd. Voor complexe activiteiten moeten de risico's worden

³⁴ Zie definities van geluidgevoelige objecten en terreinen in paragraaf 5.2.3

³⁵ Level day-evening-night

³⁶ Dat wil zeggen het energetisch gemiddelde geluidniveau. Dit is een logaritmisch gemiddelde waarde.

³⁷ De dagperiode is van 07:00 tot 19:00 uur, de avondperiode van 19:00 tot 23:00 uur en de nachtperiode van 23:00 tot 07:00 uur.

³⁸ Zie de uitspraken met zaaknummer 200900794/1/M1 d.d. 16 september 2009, 201001213/1/R4 d.d. 11 januari 2012 en 201204281/1/A1 d.d. 14 november 2012 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State, maar ook de meer recente uitspraken met zaaknummer 201709490/1/R6 d.d. 19 december 2018 en 201706086/3/R1 d.d. 1 april 2020 die nadere duiding stellen aan de woningen die tot de sfeer van de inrichting kunnen worden gerekend.

berekend; voor minder complexe activiteiten gelden vaste afstanden voor het plaatsgebonden risico op basis van een standaard risicoanalyse. Windturbines vallen als risico veroorzakende bron niet onder deze twee categorieën van risicovolle activiteiten en dienen daarom te worden voorzien van een eigen regelgeving. Voor het stellen van normen voor windturbines op het gebied van externe veiligheid wordt voor risicovolle installaties en inrichtingen in Nederland gebruik gemaakt van de systematiek op basis van het plaatsgebonden risico of worden vaste veiligheidsafstanden gehanteerd.

Tot de uitspraak Delfzijl-Zuid golden de normen voor het plaatsgebonden risico van windturbines voor beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten zoals die zijn vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer. De normstelling is ruimtelijk vertaald in de volgende risicocontouren:

- PR 10^{-6} contour: Plaatsgebonden Risicocontour waarbinnen geen kwetsbare objecten mogen liggen.
- PR 10^{-5} contour: Plaatsgebonden Risicocontour waarbinnen geen beperkt kwetsbare objecten mogen liggen.

Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten zijn woningen (met uitzondering van verspreid liggende woningen), gebouwen waarin zich veel mensen kunnen bevinden of gebouwen waar niet-zelfredzame mensen aanwezig zijn, zoals zieken, ouderen en kinderen. Voorbeelden zijn scholen, ziekenhuizen, grotere kantoren en hotels. Onder de Omgevingswet wordt de terminologie aangepast. Kwetsbare objecten worden daarin verder opgesplitst in **zeer kwetsbare gebouwen** en **kwetsbare gebouwen en locaties**. Zeer kwetsbare gebouwen zijn dan de gebouwen voor mensen die zichzelf niet op tijd in veiligheid kunnen brengen (ziekenhuizen, basisscholen etc) en kwetsbare gebouwen en locaties zijn de gebouwen waar grote groepen personen aanwezig kunnen zijn (grote kantoren) en/of sprake is van langdurig verblijf (meerdere woningen).

Beperkt kwetsbare objecten

Beperkt kwetsbare objecten zijn alle overige objecten waar personen aanwezig kunnen zijn, maar niet in grote aantallen. Dit zijn bijvoorbeeld verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, restaurants en kleinere kantoorgebouwen. In de referentiesituatie geldt een grenswaarde van maximaal PR 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten. Dit betekent dat kleinere aantallen personen, tijdelijk aanwezige personen en/of zelfredzame personen worden blootgesteld aan een plaatsgebonden risico met een kans van treffen van minder dan 1 per 100.000 per jaar. Een risico van ten hoogste PR 10^{-5} treedt volgens de rekenregels nooit op buiten de effectafstand van gondelfalen (halve rotordiameter). De specifieke eigenschappen van een windturbine bepalen waar de ligging van de PR 10^{-5} contour werkelijk ligt.

Daarnaast waren in het Activiteitenbesluit milieubeheer en de Activiteitenregeling milieubeheer normen ten aanzien van certificering en onderhoud van windturbines opgenomen. Zoals in paragraaf 5.1 is aangegeven, zijn deze niet relevant voor het voorliggende planMER voor de windturbinebepalingen.

5.3.3 Slagschaduw

Vóór de Delfzijl Zuid-uitspraak was de slagschaduwnorm voor windturbines en windparken vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer (Nederlandse overheid, 2021) en de Activiteitenregeling milieubeheer (Nederlandse overheid, 2018). Op grond van deze norm is het verplicht om de windturbine van een automatische stilstandsvoorziening te voorzien die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voor zover de afstand tussen de windturbine en de gevoelige objecten minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw kan optreden. Deze afstand geldt van een punt op ashoogte van de windturbine tot de gevel van het gevoelige object. Voornoemde norm is niet van toepassing als zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige scheidingsconstructie van gevoelige gebouwen of woonwagens geen ramen bevinden. Het bevoegd gezag kan aanvullend een maatwerkvoorschrift stellen als voornoemde norm in een specifiek geval niet toereikend is.

5.3.4 Lichtschittering

Vóór de Delfzijl Zuid-uitspraak was de norm voor lichtschittering voor windturbines en windparken vastgelegd in Activiteitenregeling milieubeheer (Nederlandse overheid, 2018). Op grond van deze regeling dient lichtschittering vanwege een windturbine zoveel mogelijk te worden voorkomen of beperkt door toepassing van niet-reflecterende materialen of coatinglagen op de betreffende onderdelen.

5.4 Geluid: varianten en sub-varianten

5.4.1 Varianten geluidnormen

In de NRD was voorgesteld om de geluidvarianten 47 dB L_{den} en 45 dB L_{den} te onderzoeken. In diverse zienswijzen zijn voorstellen gedaan om in het planMER een ruimere bandbreedte aan geluidnormen te behandelen. Met name zijn er voorstellen gedaan om strengere normen te onderzoeken, dan de 45 dB L_{den} die de WHO adviseert. In dit planMER zijn de volgende geluidnormen als varianten onderzocht: 37, 40, 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} . De beoordeling van deze varianten staat in hoofdstuk 8 (als onderdeel van het alternatief ongewijzigde regels) en in hoofdstuk 9 (de verschillende geluidvarianten).

Er zijn ook strengere geluidnormen voorgesteld dan de 37 dB L_{den} . Een strengere geluidnorm dan 37 dB L_{den} is niet realistisch gevonden, omdat daarmee in feite wind op land onmogelijk wordt gemaakt, hetgeen niet strookt met de Structuurvisie Wind op Land, en is in dit planMER niet onderzocht. Het is voor de besluitvorming ook niet nodig geacht om meer varianten binnen de uiterste varianten te onderzoeken, zoals in stappen van 1 dB. Het doel van dit planMER is ondersteuning van de besluitvorming, waarbij dus handig is als de te bekijken varianten voldoende onderscheidend zijn. De gekozen range 37, 40, 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} van varianten voor de geluidnormering geeft een duidelijk beeld om de besluitvorming op te kunnen baseren.

Deze geluidnormvarianten sluiten aan bij de normstellingsvarianten die in 2009 door het RIVM zijn onderzocht (Verheijen, et al., 2009).

5.4.2 De methode: Relatie tussen L_{den} en L_{Aeq} bij maximale geluidbelasting

Naar aanleiding van de NRD zijn veel zienswijzen ingediend die de beoordelingsmaten L_{den} en L_{night} voor geluid van windturbines ter discussie stellen. Daarom is in Bijlage 3 van dit planMER een nadere verdieping opgenomen inzake deze methodiek en hoe de beoordelingsmaat L_{den} zich verhoudt tot het equivalente geluidniveau bij maximale geluidsemissie van de windturbines ($L_{Aeq, max}$). Tevens wordt ingegaan op de handhaafbaarheid van de beoordelingsmaten L_{den} en L_{night} . In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven.

L_{den} en L_{night} zijn jaargemiddelde geluidswaarden. Het idee bestaat dat het systeem van jaarmiddeling toelaat dat windturbines zo nu en dan zeer hoge geluidniveaus mogen veroorzaken, omdat die momenten weggestreept zouden kunnen worden tegen (wind)stillere perioden in het jaar. Dit is echter niet hoe windturbinegeluid in de praktijk werkt. Normen voor L_{den} en L_{night} begrenzen indirect het geluidniveau dat optreedt als de windturbine maximaal geluid produceert en daarnaast ook het deel van de tijd waarin het geluid maximaal is. Hierbij geldt hoe luider het maximale geluid, hoe korter het mag optreden. Voor het Nederlandse windklimaat geldt dat het maximale equivalente geluidniveau 2 tot 4 dB hoger is dan de jaargemiddelde geluidbelasting in de nachtperiode.

De methodiek van handhaving van L_{den} / L_{night} is in de ogen van omwonenden niet redelijk. Dit houdt geen verband met het gebruik van de dosismaten L_{den} en L_{night} , maar met mogelijke misvattingen over de interpretatie van de regels. Bijlage 3 bevat voorstellen voor verbetering, zoals:

- de frequentie van optreden van $L_{Aeq, max}$ inzichtelijk maken in het akoestisch onderzoek;
- gebruik van een langjarig windgemiddelde in plaats van een kalenderjaar of -uitgaande van blijvend gebruik van de werkelijke windtoestand- de toetsfrequentie verhogen;
- de procedure van aanlevering van geluidgegevens door de exploitant.

Bij verduidelijking van de regels zal handhaving van L_{den} / L_{night} even adequaat zijn als handhaving van een L_{Aeq} norm.

5.4.3 Sub-varianten: Laagfrequent geluid, tonaal geluid en binnenwaarde

Mede gezien de maatschappelijke discussie over deze aspecten van windturbinegeluid zijn subvarianten beschouwd voor laagfrequent geluid, tonaal geluid en voor de binnenwaarde in woningen. Hierbij is met name nagegaan of een norm voor laagfrequent geluid, tonaal geluid en/of de binnenwaarde een toegevoegde waarde biedt en in hoeverre de aanvullende bescherming afhankelijk is van de te stellen grenswaarde op de gevel van gevoelige objecten.

5.4.4 Sub-variant: Differentiatiemogelijkheid geluidnorm voor bevoegde gezagen

Tot slot gaat dit planMER voor het thema geluid in op de mogelijkheden en gevolgen van het differentiëren van normen tussen stedelijke en landelijke gebieden. Hierbij wordt specifiek ingegaan op de vraag of die differentiatie aan de orde zou moeten zijn en wat dit betekent voor een mogelijke normstelling. Hierbij kan twee kanten op worden geredeneerd:

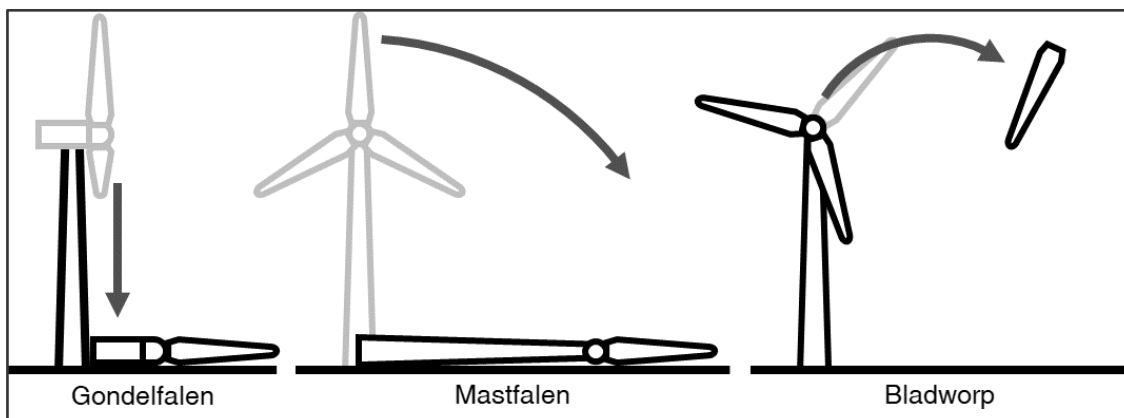
- In stedelijk gebied ligt doorgaans het (achtergrond) geluidniveau hoger dan in landelijk gebied, zodat hier een soepelere geluidnorm voor windturbines acceptabel is dan in landelijk gebied.
- In landelijk gebied is de woonconcentratie kleiner dan in stedelijk gebied, waardoor hier een soepelere geluidnorm voor windturbines acceptabel is, dan in stedelijk gebied.

De volgende geluidvarianten en sub-varianten zijn onderzocht in dit planMER (zie hoofdstuk 9):

- Varianten: 37, 40, 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} . De 47 dB L_{den} variant maakt deel uit van het Alternatief ongewijzigde regels.
- Sub-varianten: laagfrequent geluid, tonaal geluid, binnenwaarde, differentiatiemogelijkheid geluidnorm voor bevoegde gezagen.

5.5 Externe veiligheid: varianten

Specifiek voor windturbines gaat externe veiligheid over de risico's voor mensen als gevolg van een calamiteit aan de windturbines. Die calamiteiten worden uitgedrukt in faalscenario's, zoals ijsafwerping, mastbreuk en het afbreken van een windturbineblad (bladworp) of het naar beneden vallen van de gondel (zie Figuur 5-1). Wanneer een windturbine faalt kunnen er ook risico's ontstaan doordat risicovolle inrichtingen, installaties en infrastructuren in de omgeving beschadigd raken door onderdelen van de windturbine. Deze schade op zichzelf levert een vergroot risico op de omgeving op (zie Figuur 5-2 voor een schematisch voorbeeld). Dit worden domino-effecten genoemd.



Figuur 5-1 Weergave faalscenario's



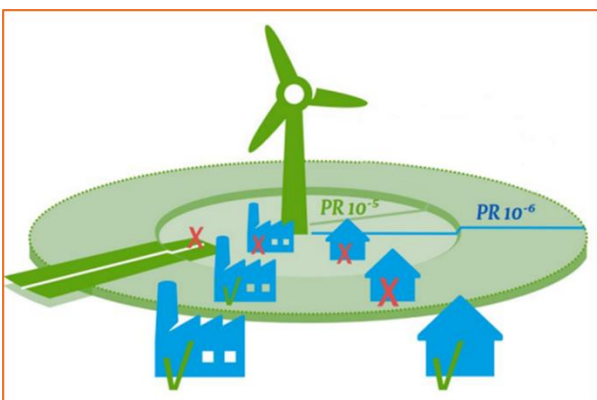
Figuur 5-2 Optreden van een domino-effect en blootstelling omgeving. (Anteagroup, 2020)

Voor het stellen van normen voor windturbines op het gebied van externe veiligheid wordt voor risicovolle activiteiten in Nederland gebruik gemaakt van de systematiek op basis van het plaatsgebonden risico (PR) of worden vaste veiligheidsafstanden gehanteerd (bijv. voor vuurwerkopslag) (zie ook paragraaf 5.3.2). De normen in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) voor andere risicovolle activiteiten zijn niet effectgericht maar gebaseerd op een kansbenadering. De bescherming die wordt geboden houdt rekening met de kans om te overlijden als direct gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Gezondheidsschade, kans op verwonding of materiële schade tellen daarbij niet mee.

Tot voor kort gold voor de normstelling van windturbines voor het plaatsgebonden risico (PR) voor kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten het Activiteitenbesluit milieubeheer. De normstelling is ruimtelijk vertaald in de volgende risicocontouren:

- PR 10^{-6} contour: Plaatsgebonden Risicocontour waarbinnen geen kwetsbare objecten mogen liggen.
- PR 10^{-5} contour: Plaatsgebonden Risicocontour waarbinnen geen beperkt kwetsbare objecten mogen liggen.

Zie voor de toelichting op kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten paragraaf 5.3.2. In Figuur 5-3 is een visuele weergave van de werking van deze twee PR contouren opgenomen.



Figuur 5-3 Visuele weergave PR-contouren (Bron: Bosch en van Rijn, dec 2020 met beeldbewerking Pondera)

Voor externe veiligheid worden twee varianten onderzocht. Het opnemen van varianten heeft als doel om voor te sorteren op de integratie van toekomstig beleid over externe veiligheid en om voor de regelgeving over windturbines beter aan te sluiten bij het beleid op het gebied van externe veiligheid wat geldt voor andere risicovolle activiteiten. Het gaat bij deze varianten respectievelijk om het hanteren van een standaardwaarde³⁹ voor beperkt kwetsbare objecten en om de beoordeling van de toelaatbaarheid van nieuwe windturbines bij risicovolle bedrijven en buisleidingen.

³⁹ Hierbij dient vermeld te worden dat in het Besluit kwaliteit leefomgeving onder de Omgevingswet in plaats van het begrip "richtwaarde" het begrip "standaardwaarde" wordt gehanteerd. Een standaardwaarde betekent dat voor beperkt kwetsbare objecten bevoegde gezagen rekening moeten houden met deze waarde. 'Rekening houden met' betekent dat het bevoegd gezag een eigen afweging maakt en dus gemotiveerd van de instructieregel kan afwijken. De instructieregel over de standaardwaarde geeft wel inhoudelijk sturing aan de belangenafweging.

De volgende varianten voor externe veiligheid zijn onderzocht in dit planMER (zie hoofdstuk 10):

- Een plaatsgebonden risico toestaan van ten hoogste 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten en 10^{-6} voor kwetsbare objecten. Deze variant maakt deel uit van het Alternatief ongewijzigde regels.
- Grenswaarde PR 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten wijzigen in richtwaarde/ standaardwaarde 10^{-6} . Deze variant sluit aan bij het overige externe veiligheidsbeleid voor risicovolle inrichtingen. Deze variant is genoemd "Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten".
- Windturbines mogen er niet toe leiden dat de PR 10^{-6} contour van risicovolle bedrijven of buisleidingen over kwetsbare objecten komt te liggen. Deze variant is genoemd "Variant tegengaan domino-effect".

5.6 Slagschaduw: varianten

In de NRD was voorgesteld om voor slagschaduw niet te variëren, maar een duidelijke instructie te geven hoe met de norm om te gaan. Conform het voorstel van de Commissie voor de m.e.r. en diverse zienswijzen over de NRD is gekozen om naast de oorspronkelijke slagschaduwnorm, waarbij het om gevoelige objecten gaat, meer varianten te onderzoeken. De varianten die in beeld worden gebracht betreffen maximaal 0, 6 en 16 uur slagschaduw per jaar. De beoordeling van deze varianten staat in hoofdstuk 8 (als onderdeel van het alternatief ongewijzigde regels) en in hoofdstuk 11 (de verschillende slagschaduwvarianten).

De volgende varianten voor slagschaduw zijn onderzocht in dit planMER (zie Hoofdstuk 11):

- Gemiddeld niet meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw. Dit als onderdeel van het Alternatief ongewijzigde regels (hoofdstuk 8).
- Maximaal 0, 6 en 16 uur slagschaduw per jaar (zie hoofdstuk 11).

5.7 Afstandsnormen: varianten

Conform het voorstel van de Commissie voor de m.e.r., vanwege diverse zienswijzen, naar aanleiding van het afstandsnormenonderzoek dat na de NRD is beschikbaar gekomen (zie paragraaf 4.2.1) en omdat het in het regeerakkoord is aangekondigd, zijn afstandsnormen onderzocht in dit planMER. Het onderzoek naar afstandsnormen (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) heeft hiervoor meer informatie en inzicht opgeleverd. Op grond hiervan zijn drie varianten voor afstandsnormen beschouwd: 2 keer, 3 keer en 4 keer de tiphoogte vanaf geluidgevoelige objecten. Voor het bepalen van de absolute afstand worden de twee referentieturbines gebruikt uit paragraaf 7.4 met een tiphoogte van 235 meter en 280 meter. Deze worden in dit planMER beoordeeld in hoofdstuk 12.

De volgende varianten voor afstandsnormen zijn onderzocht in dit planMER (zie hoofdstuk 12):

- Twee keer de tiphoogte (470 meter tot 560 meter), drie keer de tiphoogte (705 meter tot 840 meter) en vier keer de tiphoogte (940 meter tot 1120 meter) vanaf geluidgevoelige objecten.

5.8 Lichtschittering: geen varianten

Lichtschittering wil zeggen dat gladde en glimmende oppervlakken (bijvoorbeeld glas, maar ook geschilderde oppervlakken) invallend zonlicht kunnen 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 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 als onderdeel van het alternatief ongewijzigde regels om gevolgen van lichtschittering te beperken. Deze varianten worden in dit planMER daarom niet opgenomen.

5.9 Obstakelverlichting: variant

Obstakelverlichting op bouwwerken met een hoogte van 150 meter of meer ten opzichte van maaiveld is een internationale verplichting.⁴⁰ Het doel van obstakelverlichting (knipperend of vastbrandend) is om hoge objecten goed zichtbaar te laten zijn voor luchtvaart. Dit geldt onder andere voor windturbines (uitgaande van tiphoogte >150 meter) buiten de hindernisbeperkende gebieden rond luchthavens.⁴¹ De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) bepaalt welke verlichting een windpark moet hebben. Hier zijn internationale ICAO-richtlijnen voor. De doorwerking van internationale normen voor windturbines zijn in Nederland samengevat in het “Informatieblad aanduiding van windturbines en windparken op het Nederlandse vasteland” (zie voetnoot 40). Zowel overdag (wit licht) als in de nachtperiode (rood licht) is obstakelverlichting verplicht.

De rood knipperende verlichting bij windturbines wordt door veel omwonenden van windparken als hinderlijk ervaren. Met de toename van het aantal windturbines hoger dan 150 meter, neemt ook de hinder van obstakelverlichting op windturbines toe. Om de hinder te verminderen kan gedacht worden aan de volgende maatregelen (RVO, 2018):

1. Vast brandende verlichting: Omwonenden van windparken ervaren het knipperen van obstakelverlichting als onprettig. Het toepassen van vast brandende verlichting kan dit negatieve effect verminderen.
2. Dimmen van verlichting: hierbij wordt de lichtintensiteit van obstakelverlichting verlaagd wanneer het zicht in de omgeving goed is. Dit gebeurt door het toepassen van sensoren die de zichtafstand meten.
3. Minder obstakelverlichting: Niet alle windturbines in een windpark hoeven verlicht te worden, mits de onderlinge afstand tussen windturbines niet meer is dan 900 meter én de windturbines op de hoeken van het windpark verlicht zijn. Bij het toepassen van deze maatregelen mag geen vast brandende verlichting toegepast worden.
4. Toepassen van naderingsdetectie: Hierbij schakelt de rode verlichting 's nachts alleen in als een luchtvaartuig een windturbine nadert. Hiervoor zijn verschillende technieken mogelijk, zoals:
 - a. Radardetectie: Bij deze techniek wordt een kleine radarinstallatie in de buurt van het windpark geplaatst. In Nederland zijn meerdere pilots uitgevoerd met deze techniek.
 - b. Transponderdetectie: Bij deze techniek herkent een ontvanger bij een windpark de transponder van een luchtvaartuig. Deze techniek wordt tot op heden met name in Duitsland toegepast.

De eerste drie maatregelen worden toegelicht in de informatiebladen. Ook wordt in het informatieblad verwezen naar de mogelijkheid om naderingsdetectie toe te passen. De juridische basis van de specificaties van het genoemde Informatieblad ontbreekt nog, waardoor de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) geen bevoegdheid heeft de goede werking van het systeem te toetsen en handhaving niet mogelijk is, zoals ook blijkt uit de Monitor Wind op Land 2020⁴². Daarnaast blijkt uit de Monitor Wind op Land 2020 dat het voornemen is om het gebruik van naderingsdetectiesystemen te verankeren in de Omgevingswet in het Besluit bouwwerken leefomgeving. Ook is een motie aangenomen in de Tweede Kamer om (transponder gestuurde) naderingsdetectie wettelijk verplicht te stellen⁴³. Op die motie is geantwoord dat er op dit moment wordt ingezet op een vrijwillige plaatsing van naderingsdetectie voor nieuw te ontwikkelen windparken en niet op een verplichting⁴⁴. Redenen die geschetst worden voor deze vrijwillige toepassing zijn dat vrijwel alle nieuw te bouwen windparken naderingsdetectie willen toepassen en nieuwe verplichtingen bij bestaande windparken leiden tot financiële vraagstukken en daarmee mogelijke vertraging van de invoering van naderingsdetectie. Op een later moment wordt bekeken of de eventuele regeling meegaat in het traject voor de nieuwe windturbinebepalingen of in een separaat AMvB-traject. In dit planMER is het effect van de obstakelverlichting conform de internationale verplichting met (vrijwillig) hanteren van naderingsdetectie als BBT onderzocht.

⁴⁰ Zie voor meer informatie het Informatieblad aanduiding van windturbines en windparken op het Nederlandse vasteland (16-06-2020): <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2016/11/15/aanduiding-van-windturbines-en-windparken-op-het-nederlandse-vasteland> en <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-31428.html>.

⁴¹ Voor windturbines binnen hindernisbeperkende gebieden gelden aanvullende regels welke toegelicht zijn in het Informatieblad aanduiding van windturbines en windparken op het Nederlandse vasteland (16-06-2020).

⁴² Monitor Wind op Land 2020 met op pagina 5 aandacht voor naderingsdetectie, zie: https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2021Z13681&did=2021D29159

⁴³ Voor de Motie van het lid Moorlag over de lichthinder van hoge windturbines wegnemen (25 februari 2021), zie: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z03765&did=2021D08254>

⁴⁴ Voor de reactie op de Motie van het lid Moorlag over de lichthinder van hoge windturbines wegnemen (18 augustus 2021), zie: https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2021Z14379&did=2021D30686

De volgende variant voor obstakelverlichting is onderzocht in dit planMER:

- Obstakelverlichting conform de internationale verplichting met (vrijwillig) hanteren van naderingsdetectie als BBT.

5.10 Overige onderwerpen

In aanvulling op de onderwerpen in de paragrafen hiervoor, is in de advisering en in de zienswijzen van de NRD een aantal andere onderwerpen voorgedragen om op te nemen in de windturbinebepalingen leefomgeving, en dus om hiervoor alternatieven en (sub-)varianten op te nemen in het planMER. In Tabel 5-1 is een overzicht opgenomen met een toelichting of, en zo ja op welke manier, de onderwerpen behandeld worden in dit planMER.

Tabel 5-1 Overige onderwerpen voor varianten

Onderwerp	Toelichting
Ecologie	In de beoordeling van varianten wordt aandacht besteed aan ecologische effecten, zoals Natura 2000-gebieden, NNN-gebieden, vogels en vleermuizen (zie hoofdstuk6). In het planMER zijn geen varianten onderzocht met als doel de bescherming van vogels en/of vleermuizen, omdat met de Rijksregels niet wordt beoogd te voorzien in soortenbescherming. Het primaat hiervoor ligt bij de natuurbeschermingswetgeving, zoals de Wet natuurbescherming (Wnb). Conclusie: op dit aspect wordt niet gevarieerd, maar het aspect wordt wel meegenomen in de effectbeoordeling van dit planMER.
Circulariteit	In diverse zienswijzen is gesuggereerd om in de windturbinebepalingen - en dus ook in het planMER - in te gaan op de totale levenscyclus van de windturbines en vanuit algemene Rijksregels hieraan eisen te verbinden, vanwege het nastreven van circulariteit en het sluiten van grondstofstromen. De Commissie voor de m.e.r. heeft in haar advies opgenomen om kwalitatief de (on)mogelijkheden van de herbruikbaarheid van materialen waaruit onderdelen van windturbines zijn opgebouwd te beschrijven ⁴⁵ . Circulariteit krijgt aandacht in het Rijksbrede programma Circulaire Economie; Nederland circulair in 2050 ⁴⁶ . De windturbines krijgen hierin ook nadrukkelijk aandacht. Er wordt in het programma ingezet op meer gebruik van kunststof recycalaat, een hoogwaardiger recycling en een langere levensduur van producten. Onderkend is dat de energietransitie leidt tot groei in het gebruik van kritieke materialen voor generatoren, bijvoorbeeld in windturbines. Onderzocht is of hiervoor een (circulaire) roadmap op te stellen is. Het programma heeft vooralsnog aangaande windturbines nog geen concrete resultaten opgeleverd die kunnen worden vertaald in aanvullende Rijksregels voor windturbines. Bovendien is er een algemeen streven in het Nederlandse beleid naar 50% minder gebruik van abiotische grondstoffen in 2030 in de sector voor hernieuwbare energie. ⁴⁷ Geconcludeerd wordt dat er in het kader van dit planMER geen Rijksregels worden gesteld voor circulariteit van windturbines en dat circulariteit niet bepalend is voor de keuze van andere normen, zoals geluid of externe veiligheid. Conclusie: circulariteit wordt niet meegenomen als variant of in de effectbeoordeling van dit planMER.
Niet-akoestische factoren	De Commissie voor de m.e.r. vestigt in haar advies de aandacht op de invloed die niet-akoestische determinanten hebben op de geluidsbeleving. Het gaat dan om demografische, persoonlijke, situationele en contextuele factoren. De Commissie voor de m.e.r. stelt voor om deze een plaats te geven in de alternatieven en varianten, bijvoorbeeld in de vorm van instructieregels. Gedacht zou bijvoorbeeld kunnen worden aan participatieverplichtingen opnemen in instructieregels voor andere overheden om een gunstiger attitude t.a.v. hinder te ontwikkelen. Alhoewel het zonder meer helder is dat niet-akoestische determinanten een rol spelen bij geluidsbeleving, is ervoor gekozen dit niet te gaan regelen in algemene Rijksregels. Derhalve vallen niet-akoestische determinanten buiten de alternatieven- en variantenvorming van het planMER. Wel wordt in dit planMER ingegaan op mogelijkheden om niet-akoestische determinanten te beïnvloeden, maar dan onder mitigerende maatregelen. Conclusie: niet-akoestische factoren worden niet meegenomen als variant of in de effectbeoordeling van dit planMER. Indien er aanleiding toe is kunnen niet-akoestische factoren wel onderdeel zijn van de mitigerende maatregelen.

⁴⁵ Voor het advies van de Commissie voor de m.e.r. met betrekking tot circulariteit, zie hoofdstuk 7 in het advies:

<https://www.commissiemer.nl/docs/mer/p36/p3615/a3615rd.pdf>

⁴⁶ Voor het programma Circulaire Economie - Nederland circulair in 2050, zie:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>

⁴⁷ Doelstelling Circulaire Economie 2030 – PBL, zie: [Doelstelling circulaire economie 2030. Operationalisering, concretisering en reflectie \(pbl.nl\)](#)

Instructieregels	De Commissie voor de m.e.r. stelt voor om instructieregels op te nemen binnen de scope van het planMER. Zij geeft enkele voorbeelden waar dat voor zou kunnen worden toegepast ⁴⁸ . In dit planMER zijn de beoordelingen van alternatieven en varianten geanalyseerd (zie hoofdstuk 14). In het kader van de AMvB wordt besloten over de vorm van de regels, dus of er een grenswaarde of standaardwaarde wordt gesteld, of er een instructieregel komt, e.d. Conclusie: dit aspect behoort tot de besluitvorming omtrent de AMvB.
Geen wind op land	Diverse insprekers geven aan dat de overheid geen extra windinitiatieven op land meer zou moeten toelaten, maar dat de toekomstige windparken alle op de Noordzee moeten worden gelokaliseerd. Hetgeen is voorgesteld betreft een ruimtelijk vraagstuk, dus niet een vraagstuk dat via windturbinebepalingen voor de leefomgeving zou moeten worden opgelost. Conclusie: “geen wind op land” wordt niet meegenomen in dit planMER. Wel wordt het effect op de energieopbrengst beoordeeld.
Nationale landschappen	Nationale Landschappen bestaan niet meer als nationale beleidscategorie. Voorgesteld is aan te sluiten bij de nationale belangen uit de Nationale Omgevingsvisie (NOVI), en wel nr. 19: Behouden en versterken van cultureel erfgoed en landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten van (inter)nationaal belang. Conclusie: de nationale belangen uit de NOVI worden beoordeeld onder het beoordelingscriterium ‘waardevolle landschappen’.

⁴⁸ Voor het advies van de Commissie voor de m.e.r. met betrekking tot instructieregels, zie hoofdstuk 3: <https://www.commissiener.nl/docs/mer/p36/p3615/a3615rd.pdf>. Als voorbeelden geeft de commissie het omgaan met participatie bij windturbineparken gelet op de gezondheidseffecten, hoe rekening te houden met cumulatieve gevolgen van windturbineparken en hoe met broedvogels en nesten daarvan om te gaan gelet op de landelijke staat van instandhouding van de desbetreffende soorten.

5.11 Overzicht te onderzoeken alternatieven, varianten en sub-varianten

In Tabel 5-2 is een samenvatting gegeven van de alternatieven, varianten en sub-varianten die onderzocht zijn in dit planMER.

Tabel 5-2 Te onderzoeken alternatieven en (sub)varianten

Referentiesituatie	
Onderwerp	Variant
Geluid	Verschillend per bevoegd gezag
EV	Verschillend per bevoegd gezag
Slagschaduw	Verschillend per bevoegd gezag
Lichtschittering	Geen lichtschittering
Alternatief ongewijzigde regels	
Onderwerp	Variant
Geluid	47 dB L _{den} / 41 dB L _{night}
EV	PR 10 ⁻⁶ kwetsbaar / PR 10 ⁻⁵ beperkt kwetsbaar
Slagschaduw	< 17 dagen/jaar max. 20 min.
Lichtschittering	Geen lichtschittering
Varianten in planMER	
Onderwerp	Variant
Geluid	37, 40, 43, 45, 50 dB L _{den}
Geluid	Subvariant: Binnennorm
Geluid	Subvariant: Laagfrequent geluid
Geluid	Subvariant: Tonaal (laagfrequent) geluid
Geluid	Subvariant: Differentiatiemogelijkheid geluidnorm voor bevoegde gezagen
Externe veiligheid	Standaardwaarde PR 10 ⁻⁶ beperkt kwetsbare objecten / grenswaarde PR10 ⁻⁶ kwetsbare objecten
Externe veiligheid	Grenswaarde PR 10 ⁻⁶ contour risicovolle bedrijven & buisleidingen (domino-effecten)
Slagschaduw	0, 6, 16 uur per jaar
Afstandsnorm	2, 3, 4 keer de tiphoogte
Obstakelverlichting	Naderingsdetectie

6 Beoordelingskader & methodiek

6.1 Aanpak & methodiek

6.1.1 Schaalniveau, plan- en studiegebied

Windturbinebepalingen zijn leefomgevingsregels op Rijksniveau voor de plaatsing en het gebruik van windturbines in Nederland. De effecten worden op nationaal schaalniveau bepaald. Nederland als geheel is het plangebied én studiegebied in het op te stellen planMER, ook wordt naar grensoverschrijdende milieugevolgen gekeken. De windturbinebepalingen bevatten geen locatiekeuzes, dus richt het planMER zich niet op het in beeld brengen van effecten op locaties. Passend bij het schaalniveau zal een effecteninschatting worden gegeven.

6.1.2 Eén of twee windturbines

Conform het voorstel van de Commissie voor de m.e.r. en diverse zienswijzen van de NRD is ervoor gekozen om in dit planMER als uitgangspunt te nemen dat de windturbinebepalingen ook gaan gelden voor één of twee windturbines. Daarmee vallen één of twee windturbines binnen de beoordeling van dit planMER.

6.1.3 Wijze van beoordeling

De beoordeling vindt plaats ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie is per thema beschreven in hoofdstuk 7. Afhankelijk van het thema zijn de varianten kwantitatief of kwalitatief beoordeeld door experts (zie ook Bijlage 7). Er is waar mogelijk gebruik gemaakt van kwantitatieve vuistregels voor een kwalitatieve beoordeling. In paragraaf 6.2 is aangegeven per thema hoe de beoordeling plaatsvindt. Het gehanteerde kaartmateriaal, zoals bijvoorbeeld is gepresenteerd in hoofdstuk 7, is gebaseerd op thema-informatie op nationaal niveau (bijvoorbeeld de ligging van werelderfgoed). Waar nodig wordt dit aangevuld met informatie uit afgeronde provinciale omgevingsvisies, RES-studies, bijbehorende MER-studies en afgeronde MER-studies voor afzonderlijke windparken. Voorwaarde hierbij is dat het materiaal bruikbaar (zoals vergelijkbaar) is voor de effectbeoordeling.

De beoordeling van de thema's vindt plaats bezien vanaf de windturbine. Dat wil zeggen dat gekeken wordt naar wat het gevolg is van een variant op de omgeving. Het effect van de omgeving op de windturbine (wederkerigheid) wordt niet belicht. De uitzondering hierop is de "Variant tegengaan domino-effect", omdat hier ook wordt gekeken naar het effect van de omgeving (in dat geval risicovolle bedrijven en buisleidingen, zie paragraaf 5.5) op de windturbines.

6.1.4 Puntenschaal

De toekenning van scores wordt kwalitatief uitgedrukt ten opzichte van de referentiesituatie met een 7-puntenschaal. In het planMER is per thema uitgewerkt wat de punten op de schaal betekenen.

De effecten van de varianten worden op basis van een plus en min-schaal per thema beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Hiervoor wordt de beoordelingschaal gehanteerd zoals weergegeven in Tabel 6-1. Deze beoordelingschaal is verder geconcretiseerd per beoordelingscriterium in paragraaf 6.2.

Tabel 6-1 Beoordelingschaal

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk merkbare positieve verandering
++	Positief	De variant leidt tot een merkbare positieve verandering
+	Licht positief	De variant leidt tot een zeer kleine positieve verandering
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie
-	Licht negatief	De variant leidt tot een marginale (zeer kleine) negatieve verandering
--	Negatief	De variant leidt tot een merkbare negatieve verandering
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk merkbare negatieve verandering

6.2 Beoordelingskader

In Tabel 6-2 is het beoordelingskader weergegeven. De varianten worden beoordeeld op basis van de effecten tijdens de exploitatiefase (gebruik, onderhoud en reparaties). De effecten tijdens de aanlegfase en verwijderingsfase worden op dit schaalniveau niet beoordeeld. Alle effecten in de gebruiksfase zijn permanent, oftewel treden op tijdens de levensduur van de windturbines (tussen aanleg- en verwijderingsfase).

Tabel 6-2 Beoordelingskader

Thema's	Beoordelingscriterium	Wijze van beoordeling	Aard van beoordeling
Gezondheid	Geluidhinder	Het aantal (ernstig) geluidgehinderden op basis van het aantal geluidgevoelige objecten. Hierbij wordt gekeken naar de daling of stijging van de statistische kans op ernstige hinder. In paragraaf 6.3.1 is het beoordelingskader beschreven.	Kwantitatief & kwalitatief
Zicht- en lichthinder	Hinder door obstakels	Zichthinder veroorzaakt door obstakels. In paragraaf 6.3.2 is een toelichting gegeven op de effectbeoordeling.	Kwalitatief
	Hinder door slagschaduw	Zichthinder veroorzaakt door slagschaduw, gebaseerd op het aantal uren slagschaduw per jaar. In paragraaf 6.3.2 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Lichthinder	Lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting op basis van de verwachte toe- of afname. In paragraaf 6.3.2 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwantitatief & Kwalitatief
Externe veiligheid	Kwetsbare objecten	Risico voor kwetsbare objecten, gebaseerd op een toe- of afname van het risico voor een klein of groot aantal kwetsbare objecten. In paragraaf 6.3.3 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Beperkt kwetsbare objecten	Risico voor beperkt kwetsbare objecten, gebaseerd op een toe- of afname van het risico voor een klein of groot aantal beperkt kwetsbare objecten. In paragraaf 6.3.3 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
Landschap & cultuurhistorie	Unesco Werelderfgoed	Effect op werelderfgoed, gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed. In paragraaf 6.3.4 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Waardevolle landschappen	Effect op waardevolle landschappen, gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen. In paragraaf 6.3.4 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
Natuur	Natura 2000-gebied	Effect op Natura 2000-gebieden, gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebieden. In paragraaf 6.3.5 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Natuurnetwerk Nederland (NNN)	Effect op Natuurnetwerk Nederland (NNN), gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden. In paragraaf 6.3.5 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Vogels	Effect op vogels, gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties. In paragraaf 6.3.5 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Vleermuizen	Effect op vleermuizen, gebaseerd op de toe- of afgenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties. In paragraaf 6.3.5 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwalitatief
	Stikstofemissie	Effect op stikstofemissie in aanlegfase en gebruiksfase, gebaseerd op kengetallen van veroorzaakte of vermeden stikstofemissie. In paragraaf 6.3.5 is dit toegelicht.	Kwantitatief (op basis van kerngetallen)
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	Effect op meervoudig ruimtegebruik, gebaseerd op toe- of afname voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik. In paragraaf 7.2.6 is dit verder toegelicht.	Kwalitatief
Energieopbrengst	Klimaatdoelstellingen	Het effect op de energieopbrengst als gevolg van een toe- of afname van het plaatsingspotentieel van windturbines op land. In paragraaf 6.3.7 is het beoordelingskader toegelicht.	Kwantitatief & kwalitatief

6.2.1 Variantenmatrix

In Tabel 6-3 zijn in een variantenmatrix de te onderzoeken alternatieven, varianten en sub-varianten weergegeven. Per beoordelingscriterium is aangegeven of de effecten van een alternatief of (sub-)variant worden beschreven in Hoofdstuk 8 tot en met 13. Beoordelingscriteria met een donkeroranje X hangen 1 op 1 samen met de variatie die de varianten vertegenwoordigen, met een directe relatie tussen variant en relevante beoordelingscriterium. Voor beoordelingscriteria met een licht oranje X worden de effecten ingeschat op basis van het resterende plaatsingspotentieel (de mogelijke locaties van toekomstige windturbines). De beoordeling van deze beoordelingscriteria hangt niet direct samen met de varianten, maar wel met het resterende plaatsingspotentieel als gevolg van een variant. Bijvoorbeeld: bij een strengere geluidnorm wordt de afstanden tot woningen groter, het plaatsingspotentieel kleiner, en de kans dat windturbines nabij natuurgebied worden geplaatst groter. Het resterende plaatsingspotentieel in de meest rechter kolom is ook licht oranje, deze beoordeling vindt plaats op basis van het onderzoek van RIVM en Generation Energy.

Tabel 6-3 Variantenmatrix

Thema's →		Beoordelingscriteria →															
		Gezondheid	Zicht- en lichthinder		Externe veiligheid	Landchap & Cultuurhistorie	Natuur			Ruimtegebruik	Energieopbrengst						
		Percentage ernstig gehinderden	Toegevoegde waarde sub-varianten geluid	Zichthinder door obstakels	Hinder door slagschaduw	Lichthinder	Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten	Unesco Werelderfgoed	Waardevolle landschappen	Natura 2000	MNN-gebieden	Vogels	Vleermuizen	Stikstofemissie	Meervouding ruimtegebruik	Plaatsingspotentieel
Alternatief ongewijzigde regels																	
Onderwerp																	
Geluid	47 dB Lden / 41 dB Lnlight	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X
Externe veiligheid	PR 10 ⁻⁶ kwetsbare objecten / PR 10 ⁻⁵ beperkt kwetsbare objecten						X	X								X	X
Slagschaduw	< 17 dagen/jaar max. 20 min.				X											X	X
Lichtschittering	Geen lichtschittering																
Varianten in PlanMER																	
Onderwerp																	
Variant																	
Geluid	37, 40, 43, 45, 50 dB Lden	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X
Externe veiligheid	Standaardwaarde PR10-6 beperkt kwetsbare objecten						X	X								X	X
Externe veiligheid	Tegengaan domino-effecten						X	X								X	X
Slagschaduw	0, 6, 16 uur per jaar				X											X	X
Afstandsnorm	2, 3, 4 keer de tiphoogte	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Obstakelverlichting	Naderingsdetectie					X								X			

6.2.2 Niet beoordeelde criteria

In Tabel 6-4 is een toelichting gegeven welke beoordelingscriteria niet zijn beoordeeld. Aangeraden wordt, indien relevant, om deze thema's te beoordelen bij een specifiek (project)MER bij windparken. De redenen om deze criteria nu niet te beoordelen zijn⁴⁹:

- Effecten die lokaal optreden of die een gedetailleerd karakter hebben.
- Het criterium is niet onderscheidend en levert dus geen toegevoegde waarde.
- Er is geen sprake van een effect of het is niet aangetoond.
- Er is te weinig informatie beschikbaar of is niet eenduidig of de kwaliteit van de informatie is (nog) te beperkt, om dit criterium te behandelen.

⁴⁹ Zie hiervoor ook de reactienota op de NRD.

- e. Het criterium betreft niet een milieucriterium, maar wordt zo nodig wel in de overwegingen bij de AMvB Windturbinebepalingen behandeld.
- f. Het onderwerp wordt middels ander beleid al ingevuld.

Tabel 6-4 Motivering voor het niet behandelen van beoordelingscriteria.

Thema of beoordelingscriterium	Motivering om deze niet mee te nemen in planMER
Rode lijst-soorten Flora en Fauna	a: Dit vraagt lokale detailinformatie.
Archeologie	a: Mogelijke archeologische vondsten spelen lokaal. b: Archeologische vondsten zijn zo nodig ex situ veilig te stellen of in situ te behouden. f: Er is gemeentelijk beleid voor archeologie. ⁵⁰
Lichtschittering	c: In de praktijk is lichtschittering geen leefomgevingseffect meer omdat dit met coating oplosbaar is. Uitgangspunt is dat de algemene regel, via een best beschikbare techniek (BBT) voor lichtschittering van toepassing blijft. Als zodanig wordt dit criterium wel meegenomen in de scope van het project, maar heeft beoordeling op lichtschittering geen toegevoegde waarde.
Beperkingen door veiligheidsaspecten van andere activiteiten	a: Beperkingen door – en effecten op – luchtvaart en radarverstoring zijn locatie- en projectspecifiek en vragen om detailinformatie over de plaatsing van windturbines ten opzichte van luchtvaartroutes of radars. b: Radarbeperkingen vanuit defensie, laagvlieggebieden, straalpaden e.d. zijn onderdeel van de referentiesituatie (dus daar beschreven), maar ze leiden niet tot onderscheidende mogelijkheden voor windturbines. f: Er is beleid voor radarzonerings en laagvliegzones, dat per project wordt toegepast (zie voor een uitleg paragraaf 7.2.67.2.6.1).
(nog) niet onderbouwde gezondheidseffecten	c, d, f: In veel zienswijzen wordt gewezen op slaapstoornis en indirecte gezondheidseffecten. In dit planMER is uitgegaan van de bestaande kennis over de relatie tussen windturbines en gezondheid (zie paragraaf 4.2.1). Het RIVM concludeert dat er een significant verband is tussen geluid van windturbines en hinder. Voor andere gezondheidsproblemen (zoals bijvoorbeeld hart- en vaatziekten, leerprestaties, overgewicht, diabetes, mentale gezondheid, of kanker) is geen verband aangetoond (Reedijk, van Kamp, & Hin, 2021). Dit betekent dat in sommige gevallen weinig onderzoeken beschikbaar waren, de kwaliteit van de onderzoeken onvoldoende was, de resultaten van de onderzoeken niet eenduidig waren of er geen effect is aangetoond. In lijn met de WHO-definitie voor gezondheid, wordt ernstige hinder door het RIVM als een gezondheidseffect beschouwd dat op langere termijn kan leiden tot ernstiger gezondheidseffecten. Inmiddels heeft dit geleid tot een aanvullende onderzoeksopdracht aan het RIVM, dat verder in paragraaf 4.2.2 als lopend onderzoek wordt uitgelegd. De resultaten van dit onderzoek zijn niet gereed voor afronding van dit planMER.
Erosie van de bladen	f: In diverse zienswijzen is gewezen op de stoffen die vrijkomen bij de erosie van de bladen, en dat dit als effect in het planMER behandeld dient te worden. Over de erosie van de bladen is nog weinig bekend, bijvoorbeeld wat de samenstelling is van de bladen en welke stoffen dan zouden kunnen vrijkomen bij de erosie. Windturbines worden gemaakt met verschillende (kunststof-)materialen en coatings. Gedurende de verschillende levensfasen van een windturbine (installatie, gebruik en onderhoud, ontmanteling, en recycling) zijn er verschillende emissies van stoffen die in het milieu terecht komen. Dit blijkt uit de resultaten van de quickscan m.b.t. chemische stoffen bij windturbines op zee (RIVM, 2021). Er is sprake van erosie van de “leading edge”, de voorste kant van de windturbinebladen tijdens gebruik. Uit deze quick scan voor wind op zee blijkt dat bij de windturbines op zee erosie van de windturbinebladen leidt tot de emissie van microplastics, echter is de mate van emissies onzeker (RIVM, 2021). Het gaat om ca. 60 kg per windturbine per jaar. Voor wind op land wordt momenteel ook zo'n quick scan uitgevoerd. Het stoffenbeleid gaat uit van ‘veilig gebruik’, er is een producentenverantwoordelijkheid om te zorgen dat er geen stoffen worden gebruikt voor toepassingen die niet zijn toegestaan. Afhankelijk van de stoffen die uit het onderzoek komen, kan bepaald worden of deze geregistreerd zijn voor dit type toepassing. Het bepalen van effecten voor de erosie van windturbinebladen is daarom niet opportuun. In het kader van een circulaire sector wordt stoffengebruik elders meegenomen. Conclusie: erosie van windturbinebladen wordt niet meegenomen als variant of in de effectbeoordeling van dit planMER. Dit wordt nog onderzocht en valt onder ander beleid.
Bodem- en luchtverontreiniging	f: In aanvulling op mogelijke stoffen die vrijkomen bij erosie van de bladen, is in de zienswijzen op een aantal mogelijke bodem- en luchtverontreinigingen gewezen: fijnstof, radon, stikstof en de CFK's die vrijkomen door het draaien van de windturbines. Motivering niet overnemen: Dit wordt nog onderzocht en valt onder ander beleid. Een uitgebreide toelichting over erosie van de wieken is te vinden in Tabel 5-1.
Netinfrastructuur	a: De mogelijkheden voor de netinpassing van windenergie is van meerdere lokale factoren afhankelijk. Voorbeelden zijn de afstand tussen afname (elektriciteitsvraag) en windprojecten (aanbod), de afstand tot bestaande en geplande stations en de concentratie van windprojecten. Op projectniveau dient bekeken te worden of er mogelijkheden zijn voor netinpassing.

⁵⁰ Voor meer informatie zie ook <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodembescherming/archeologie/archeologie-beleid-gemeentelijk>.

Thema of beoordelingscriterium	Motivering om deze niet mee te nemen in planMER
Niet milieu gerelateerde effecten	e: In de zienswijzen is een aantal niet milieu gerelateerde criteria voorgedragen voor het planMER. Hiervan heeft het Rijk besloten om deze niet in het planMER te behandelen, maar deze krijgen wel een plek in de nota van toelichting bij de AMvB Windturbinebepalingen. Deze betreffen onder andere de administratieve lasten, toezicht en handhaving, gevolgen voor de rechtspraak, economische gevolgen zoals woningwaardedaling.
Circulariteit	f: In de zienswijzen is gevraagd om preventieve regels over sloop en circulariteit van windturbines, zoals bij de vervanging van wieken. Het onderwerp circulariteit van windturbines is nog in ontwikkeling. Op het gebied van circulaire economie wordt ingezet op Rijksbrede programma's, zo wordt voor windturbines gewerkt aan een project rondom Circulaire Windparken. Dit vormt onderdeel van de transitieagenda Circulaire Maakindustrie.

6.3 Beoordelingschaal beoordelingscriteria

6.3.1 Gezondheid

Gezondheid is beoordeeld voor geluidnormen en afstandsnormen (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1). Voor afstandsnormen en geluidnormen ten opzichte van woningen is het beoordelingscriterium 'percentage ernstig gehinderden' beoordeeld. Zie de variantenmatrix (zie Tabel 6-3).

6.3.1.1 Beoordeling ernstige geluidhinder voor de beschouwde normen

Voor de beschrijving van de effecten is in het PlanMER uitgegaan van het percentage ernstig gehinderden en niet van het percentage gehinderden. De reden hiervoor is dat de WHO ernstige hinder beschouwt als een gezondheidseffect, maar hinder die niet ernstig is niet. In de 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' van 2018 baseert de WHO haar aanbevelingen dan ook op het percentage ernstig gehinderden (World Health Organization (WHO), 2018). Ook in beleidsstudies wordt meestal uitgegaan van het percentage ernstig gehinderden.

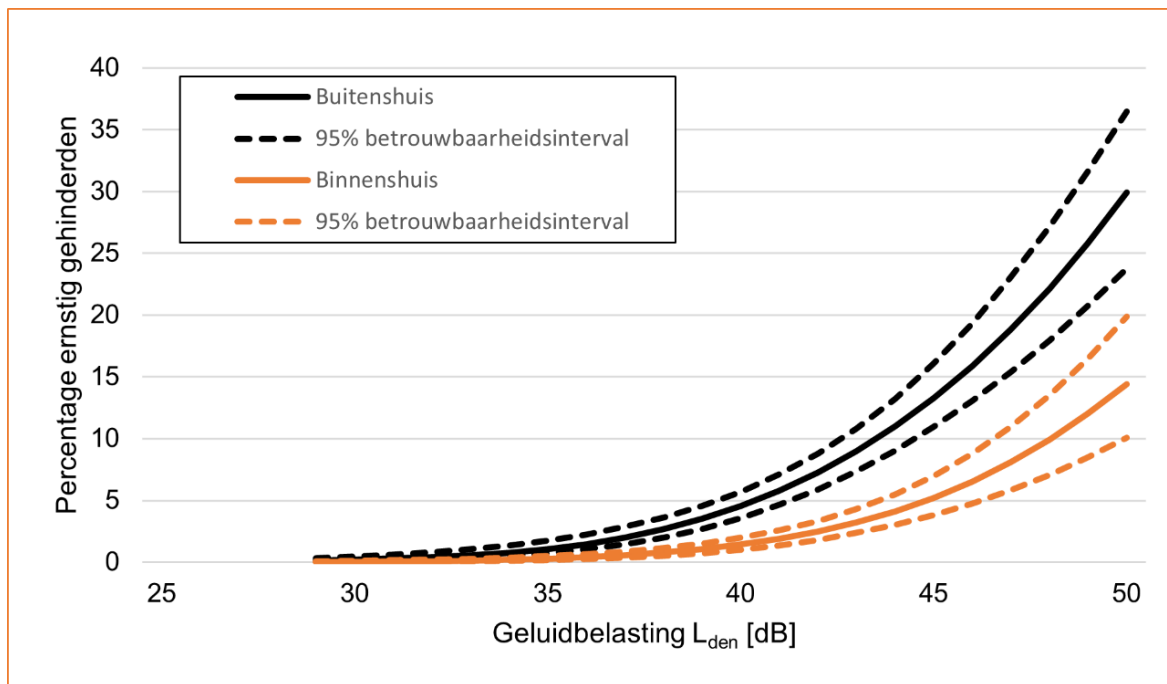
Voor de beoordeling van ernstige hinder door windturbinegeluid wordt in de regel uitgegaan van het rapport 'Hinder door geluid van windturbines' van TNO uit 2008. Dit is een inmiddels gedateerd onderzoek dat gebaseerd is op een andere generatie windturbines dan heden ten dage wordt geplaatst. Uit een vergelijking met meer recente studies naar de dosis-effectrelatie van windturbinegeluid blijkt dat de door TNO in 2008 afgeleide relatie tot een geluidbelasting van 40 dB L_{den} nog steeds actueel is. Voor een hogere geluidbelasting laten meer recente onderzoeken een lager hinderniveau zien dan de TNO-studie. De verschillen vallen echter binnen de betrouwbaarheidsintervallen van de onderzoeken. De TNO-studie is echter meer op de Nederlandse en Europese context gericht dan de andere, meer recente studies die ook windparken in Canada, de Verenigde Staten en Japan omvatten. De studies laten zien dat er grote verschillen bestaan in hoe verschillende gemeenschappen windturbinegeluid ervaren. Een studie die meer respondenten in meer verschillende gemeenschappen omvat hoeft daarom niet per se een beter beeld te geven van lokale effecten, juist omdat de lokale context een belangrijke rol speelt. Om deze reden is voor de effectbeoordeling zowel het percentage ernstig gehinderden beschouwd op basis van de door TNO afgeleide dosis-effectrelatie voor binnenshuis en buitenshuis als op de door Michaud et al. afgeleide dosis-effectrelatie. Hieronder is nader op voornoemde onderzoeken ingegaan.

Percentage ernstig gehinderden

Het percentage ernstig gehinderden betreft het percentage van het aantal volwassen personen dat zich gemiddeld genomen bij een specifieke geluidbelasting ernstig gehinderd voelt. Feitelijk is dit een indicator die de statistische kans op ernstige hinder bij een specifieke geluidbelasting weergeeft. Het kan gebruikt worden om een indicatie te krijgen van het aantal ernstig gehinderden rond een specifiek windpark uitgaande van het aantal blootgestelde personen en de specifieke geluidbelasting waaraan zij worden blootgesteld. Doordat ook persoonlijke, situationele en contextuele factoren een belangrijke rol spelen zal het feitelijke percentage voor een specifieke lokatie altijd van lokale omstandigheden afhangen.

In het TNO-onderzoek van 2008 naar de dosis-effectrelatie voor de hinder vanwege windturbinegeluid (Janssen, Vos, & Eisses, 2008) (Janssen S. , Vos, Eisses, & Pedersen, 2011) zijn gegevens gebruikt van onderzoeken naar de beleving van windturbinegeluid in Zweden in 2000 en 2005, en in Nederland in 2007. Het TNO-onderzoek uit 2008 omvat in totaal 1820 respondenten. Dit waren omwonenden van windturbines en -parken met een vermogen van 80

kW tot 2,75 MW per windturbine. TNO heeft dosis-effectrelaties uitgedrukt in de beoordelingsmaat L_{den} afgeleid voor het percentage gehinderden en het percentage ernstig gehinderden. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de buitenshuis en binnenshuis ervaren hinder. Op een schaal van 0-100 wordt een hinderscore van meer dan 50 aangemerkt als gehinderd en een hinderscore van meer dan 72 als ernstig gehinderd. De door TNO afgeleide dosis-effect relaties voor het percentage ernstig gehinderden buitenshuis en binnenshuis inclusief het 95% betrouwbaarheidsinterval van deze relaties zijn weergegeven in Figuur 6-1.



Figuur 6-1 Dosis-effectrelatie zoals vastgesteld door TNO in 2008 voor het aantal ernstig gehinderden buitenshuis en binnenshuis als functie van de geluidbelasting vanwege windturbinegeluid buiten op de gevel uitgedrukt in L_{den} en de 95% betrouwbaarheidsintervallen (Janssen S. , Vos, Eisses, & Pedersen, 2011)

WHO-studie 2018

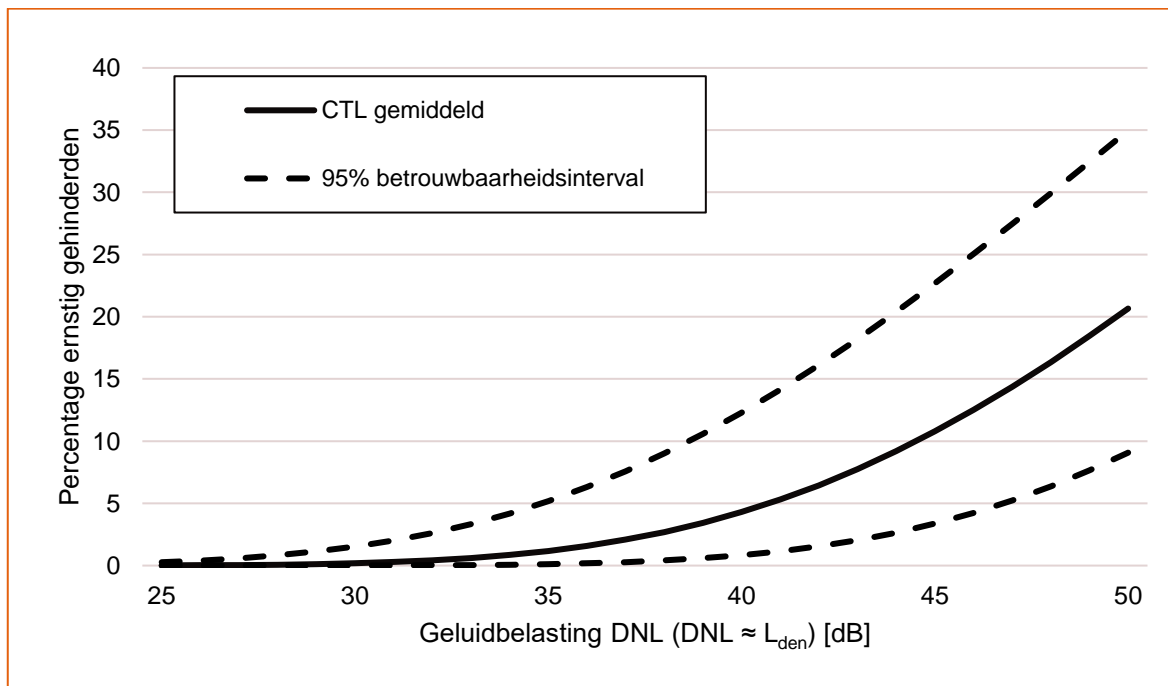
In de 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' van 2018 (World Health Organization (WHO), 2018) heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) de voorwaardelijke aanbeveling gedaan om het geluidniveau van windturbines tot onder 45 dB L_{den} te beperken. Deze aanbeveling is gebaseerd op het gemiddelde geluidniveau waarbij buitenshuis 10% van de blootgestelden ernstig gehinderd is. In het onderliggende onderzoek is naast voornoemd onderzoek van Janssen et al. van TNO uit 2008 waarin twee Zweedse studies en een Nederlandse studie zijn betrokken, ook een Japanse studie van Kuwano et al. uit 2014 betrokken. Laatstgenoemde studie omvat 651 respondenten van windturbines en -parken met een vermogen van 400 kW tot 3 MW per windturbine, maar voornamelijk groter dan 1,5 MW. De WHO concludeert dat de wijze waarop de dosis-effectrelaties in voornoemde studies zijn vastgesteld verschilt en dat deze niet zijn gecombineerd in een meta-analyse. De studies geven bewijzen voor een verband tussen windturbinegeluid en ernstige hinder. De bewijzen voor de vorm van de dosis-effectrelatie zijn echter van lagere kwaliteit.

Michaud et al 2016

In 2016 zijn door Michaud et al. (Michaud, Keith, Feder, Voicescu, & et al., 2016) de datasets van voornoemde studies van Janssen et al. van TNO en van Kuwano et al. wel gecombineerd in een meta-analyse. Daarnaast zijn in deze analyse ook door Health Canada uitgevoerde onderzoeken naar hinder betrokken. Vanwege de tijdstempel van de systematische reviews heeft de WHO de studie van Michaud et al. niet in haar analyse mee kunnen nemen. De Health Canada studie omvat in totaal 1238 respondenten. Deze studie was gericht op omwonenden van in totaal 18 windparken met windturbines met een vermogen van 660 kW tot 3 MW (gemiddeld $2 \pm 0,4$ MW), een rotordiameter van circa 80 meter en in de meeste gevallen een ashoogte van 80 meter (Feder, Michaud, Keith, Voicescu, & et al., 2015). De door Michaud et al. gecombineerde analyses van verschillende hinderonderzoeken omvatten in totaal 3692 respondenten. In de analyse wordt een andere methodiek gehanteerd dan door Janssen et al. van TNO (Janssen S. , Vos, Eisses, & Pedersen, 2011). In plaats van een regressiemodel is een zogenaamd Community Tolerance Level (CTL) model gebruikt. Het CTL-model is gebaseerd op de algemeen geaccepteerde aanname dat in een homogene gemeenschap het hinderniveau bij zeer lage geluidniveaus nihil of laag zal zijn en monotoon zal toenemen bij een

toename van het geluidniveau. Het voordeel van het CTL-model is dat het verschillen afkomstig van verschillende gemeenschappen in decibellen kwantificeert (Michaud, Keith, Feder, Voicescu, & et al., 2016). De verschillende studies laten namelijk verschillen in hinderbeleving zien en hoe de hinder als functie van het geluidniveau toeneemt. Dit komt door allerlei factoren die bij de hinderbeleving een rol spelen die met het CTL-model per gemeenschap in decibellen kunnen worden gekwantificeerd. De door Michaud et al. afgeleide Community Tolerance Levels laten zien dat bepaalde gemeenschappen 8 decibellen minder tolerant voor windturbinegeluid zijn dan andere gemeenschappen. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren, waaronder vele persoonlijke, situationele en contextuele factoren. Ook uit de TNO-studie bleek al dat er belangrijke verschillen zijn hoe gemeenschappen windturbinegeluid ervaren.

De analyse van Michaud et al. richt zich op de hinder vanwege windturbinegeluid die door de omwonenden thuis werd ervaren en maakt geen onderscheid tussen de hinder die binnenshuis en buitenshuis wordt ervaren. Gezien het feit dat uit de TNO-studie blijkt dat buitenshuis meer hinder wordt ervaren dan binnenshuis, kan worden geconcludeerd dat de onderzoeksresultaten van Michaud et al. representatief zijn voor de buitenshuis ervaren hinder. Uit een vergelijking van de grafieken in de publicatie van Michaud et al. (Michaud, Keith, Feder, Voicescu, & et al., 2016) met de grafieken in het TNO-rapport van 2008 (Janssen, Vos, & Eisses, 2008) blijkt ook dat Michaud et al. voor de Nederlandse en Zweedse data in hun analyse gebruik hebben gemaakt van de data voor de buitenshuis ervaren (ernstige) hinder. De dosis-effectrelatie zoals door Michaud et al. bepaald met het CTL-model is inclusief het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven in Figuur 6-2. Dit betrouwbaarheidsinterval is breder dan voor de TNO-studie. Dit komt omdat in de studie van Michaud et al. ook hinderervaringsonderzoeken uit landen buiten Europa zijn betrokken, namelijk uit Canada en in Japan. De dosis-effectrelatie is vastgesteld op basis van het Day Night Level (DNL). Dit betreft het jaargemiddelde niveau met een toeslag van 10 dB op het geluidniveau van 22.00 tot 07.00 uur. Het DNL is echter nagenoeg gelijk aan het L_{den} -niveau, dus de in Figuur 6-2 weergegeven dosis-effectrelatie is ook geldig voor de geluidbelasting in L_{den} .



Figuur 6-2 Dosis-effectrelatie zoals vastgesteld door Michaud et al. in 2016 voor het aantal ernstig gehinderden als functie van de geluidbelasting vanwege windturbinegeluid buiten op de gevel uitgedrukt in DNL ($\approx L_{den}$) voor gemeenschappen met een gemiddeld acceptatieniveau (CTL gemiddeld) en de 95% betrouwbaarheidsintervallen (Michaud, Keith, Feder, Voicescu, & et al., 2016)

Een vergelijking met de curves in Figuur 6-2 laat zien dat tot een geluidbelasting van 40 dB L_{den} de gemiddelde waarde volgens Michaud et al. nagenoeg gelijk is aan de gemiddelde waarde buitenshuis zoals afgeleid door TNO, maar wel een veel ruimer betrouwbaarheidsinterval kent. Boven de 40 dB loopt de curve van Michaud et al. vlakker dan de TNO-curve buitenshuis. Het verschil tussen de bevindingen van beide studies valt binnen de betrouwbaarheidsintervallen van de onderzoeken. Het percentage ernstig gehinderden van 10% buitenshuis dat door de WHO als uitgangspunt voor haar advieswaarde van 45 dB L_{den} is gehanteerd treedt volgens Michaud et al.

gemiddeld op bij een geluidbelasting van 44,52 dB L_{den} , afgerond 45 dB L_{den} . Op dit punt zijn de bevindingen van Michaud et al. dus gelijk aan de bevindingen van de WHO.

Haac et al 2019

In 2019 is een Amerikaanse studie gepubliceerd naar de beleving van windturbinegeluid. Deze studie is gericht op omwonenden van windparken in de Verenigde Staten van Amerika – en windturbines met een vermogen van 1,5 tot 2,5 MW per stuk, een ashoogte van 70 tot 100 meter, een rotordiameter van 77 tot 117 meter en een bronvermogen van 103,1 tot 109,1 dB(A) (Haac, Kaliski, Landis, & et al., 2019)). De in deze studie op basis van 1043 respondenten vastgestelde dosis-effectrelatie is in lijn met de door Michaud et al. in 2016 afgeleide dosis-effectrelatie. Dit betekent dat ook de dosis-effectrelatie conform Haac et al. tot een geluidbelasting van 40 dB L_{den} nagenoeg gelijk is aan de gemiddelde waarde buitenshuis zoals afgeleid door TNO. Boven de 40 dB loopt de curve net als die van Michaud et al. vlakker dan de TNO-curve buitenshuis.

RIVM 2022

In een onderzoek van het RIVM in 2022 is door middel van een vragenlijst aan omwonenden binnen 5 kilometer van windturbines het percentage gehinderden en slaapverstoorden bepaald (Bolders, Reedijk, Van Wijnen, & Van Kamp, 2022). Aan dit onderzoek namen 662 respondenten (19% van de genodigden) deel. Er is geen dosis-effect relatie vastgesteld, maar de resultaten laten een afname van gehinderden en slaapverstoorden zien tussen de omwonenden binnen 2,5 km van een windpark en tussen 2,5 tot 5 km van een windpark. Het RIVM vergelijkt de resultaten van haar onderzoek met die van de TNO studie uit 2008. Door verschillen in methodiek zoals bijvoorbeeld de wijze waarop de vragen waren geformuleerd, het gebruik van verschillende antwoordschalen en verschillen in de steekproefmethoden is een vergelijking problematisch, maar de resultaten lijken te wijzen op een vergelijkbaar of gering hoger percentage ernstig gehinderden dan door TNO in 2008 is gerapporteerd.

Conclusies voor beoordeling

De TNO-studie van Janssen et al. van 2008 is meer op de Nederlandse en Europese context gericht dan de studie van Michaud et al. die ook windparken in Canada en Japan omvat. De studie van Michaud et al. omvat daarentegen ruim twee keer zoveel respondenten dan de TNO-studie. Ook is deze van een meer recente datum waardoor de beschouwde typen windturbines qua vermogen, rotordiameter en ashoogte actueler zijn dan de windturbines die in de studie van TNO zijn betrokken. De studie van Michaud et al. is ook in lijn met een nog recentere Amerikaanse studie van Haac et al.

De studies van Janssen et al. en van Michaud et al. laten zien dat er grote verschillen bestaan in hoe verschillende gemeenschappen windturbinegeluid ervaren. Een studie die meer respondenten in meer verschillende gemeenschappen omvat hoeft daarom niet per se een beter beeld te geven van lokale effecten, juist omdat de lokale context een belangrijke rol speelt. Om deze reden is voor de effectbeoordeling zowel het percentage ernstig gehinderden beschouwd op basis van de door Janssen et al. afgeleide dosis-effectrelatie voor binnenshuis en buitenshuis als op van de door Michaud et al. afgeleide dosis-effectrelatie. Zoals eerder beschreven komen tot een geluidbelasting van 40 dB L_{den} de door Janssen et al. en door Michaud et al. afgeleide dosis-effectrelaties echter met elkaar overeen. Bij een geluidbelasting van meer dan 40 dB L_{den} loopt de curve van Michaud et al. vlakker dan de TNO-curve buitenshuis. Het verschil tussen de bevindingen van beide studies valt binnen de betrouwbaarheidsintervallen van de onderzoeken.

In Tabel 6-5 is de schaal voor de beoordeling van het percentage ernstig gehinderden weergegeven, oftewel de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de van toepassing zijnde grenswaarde. Zie voor meer uitleg Figuur 9-1. Voor de beoordeling is zowel het percentage ernstig gehinderden beschouwd op basis van de door TNO afgeleide dosis-effectrelatie voor binnenshuis en buitenshuis als op de door Michaud et al. afgeleide dosis-effectrelatie.

Tabel 6-5 Beoordelingsschaal percentage ernstig gehinderden, oftewel de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de van toepassing zijnde grenswaarde

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een daling van 60% of meer van de statistische kans op ernstige hinder
++	Positief	De variant leidt tot een daling van 20% tot 60% van de statistische kans op ernstige hinder
+	Licht positief	De variant leidt tot een daling van 5% tot 20% van de statistische kans op ernstige hinder
0	Neutraal	De variant leidt tot een daling óf stijging van maximaal 5% van de statistische kans op ernstige hinder (beschreven in paragraaf 7.2.1)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een stijging van 5% tot 20% van de statistische kans op ernstige hinder
--	Negatief	De variant leidt tot een stijging van 20% tot 60% van de statistische kans op ernstige hinder
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een stijging van 60% of meer van de statistische kans op ernstige hinder

6.3.1.2 Beoordeling subvarianten geluid

De subvarianten voor geluid zijn laagfrequent geluid, een binnenwaarde, tonaal geluid en differentiëren tussen normen. Voor de subvarianten wordt beoordeeld of ze meerwaarde, lichte meerwaarde of grote meerwaarde hebben als toevoeging op de grenswaarden van 37 dB L_{den} tot en met 50 dB L_{den} . Deze beoordeling is weergegeven in paragraaf 9.5 en een uitgebreide toelichting in Bijlage 4.

6.3.2 Zicht- en lichthinder

Voor het thema zicht- en lichthinder worden de beoordelingscriteria 'zichthinder veroorzaakt door obstakels', 'hinder veroorzaakt door slagschaduw' en 'lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting' beoordeeld. Zicht- en lichthinder is beoordeeld voor de varianten slagschaduw, afstandsnormen en naderingsdetectie (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1).

In deze paragraaf worden de beoordelingskaders toegelicht.

6.3.2.1 Zichthinder veroorzaakt door obstakels

In het maatschappelijke en politieke debat rond windturbines speelt het aspect zichtbaarheid of 'horizonvervuiling' een prominente rol. Daarbij wordt vaak gesteld dat de afmetingen van de windturbines en de afstand waarop deze zichtbaar zijn een belangrijke relatie hebben met de ervaren (zicht)hinder: hoe groter en dichterbij de waarnemer, des te negatiever de ervaren zichthinder. Uit de (internationale) literatuur en onderzoeken blijkt echter een genuanceerder beeld, waaruit deze relatie lang niet zo duidelijk naar voren komt (zie ook Bijlage 6).

Samengevat kan de literatuur in twee type onderzoeken verdeeld worden:

1. Onderzoek dat aan steekproefsgewijs geselecteerde personen middels een enquête vraagt naar de hinder van windturbines in het landschap op basis van beelden van bestaande of fictieve windturbineopstellingen (o.a. Molnarova, 2012; Lothian, 2020). Het betreft algemene beelden getoond aan random geselecteerde personen die geen omwonenden van een windpark hoeven te zijn.
2. Onderzoek middels enquêtes onder omwonenden van daadwerkelijk gerealiseerde of te realiseren projecten, waarbij zichthinder meestal één van de aspecten is die onderzocht worden in de studies (o.a. Hoen, et al 2019; Hübner, et al, 2019 en 2015; Firestone et al, 2015 en 2018). De studies hebben veelal betrekking op hinder in brede zin onder omwonenden.

De resultaten van deze onderzoeken laten een genuanceerd beeld zien. In de onderzoeken van type 1 ontstaat het beeld dat windturbines die groter zijn en dichterbij staan gemiddeld negatiever worden beoordeeld. Dit sluit grotendeels aan op de perceptie in het maatschappelijke en politieke debat over windturbines. Uit de tweede type onderzoeken – die vaak uitgebreider en gedetailleerder zijn – volgt een ander beeld. Hier speelt zichtbaarheid van

windturbines een veel bescheidener rol. Er wordt geen relevant (statistisch) verband gevonden tussen zichtbaarheid, afstand, afmetingen, type landschap en ervaren hinder.

In de literatuur wordt een aantal factoren genoemd die een rol spelen bij zichthinder. Er kan echter niet worden vastgesteld welke rol en gewicht deze factoren precies spelen. Het gaat dan om de factoren:

- Afstand:
 - De afstand tot de windturbines speelt een rol bij zichtbeleving, echter de relatie is niet eenduidig. In sommige onderzoeken neemt de invloed op de zichtbeleving af met de afstand, maar in andere wordt juist bij de dichtstbij gelegen woningen een kleiner effect gevonden dan bij de woningen op grotere afstand.
- Type landschap:
 - In een hooggewaardeerd landschap (natuurlijke omgevingen) worden windturbines op dezelfde afstand als hinderlijker ervaren dan in een laag gewaardeerd landschap (industrieterrein).
 - Passendheid in de leefomgeving: dit verschilt per locatie en regio: wat op de ene locatie als passend wordt ervaren wordt op een andere locatie juist als niet passend beoordeeld door de omwonenden.
 - Open of gesloten landschap: in een open landschap zijn windturbines veel beter zichtbaar dan in een gesloten landschap en daarmee meer aanwezig.
- Type opstelling van windturbines:
 - Indien windturbines in een herkenbare lijnopstelling geplaatst worden die aansluit op de onderliggende structuren in het landschap wordt dit als minder hinderlijk ervaren dan wanneer een willekeurige zwermopstelling wordt gehanteerd.
- Aantal windturbines:
 - Relatief kleinere opstellingen (2-8 windturbines) worden positiever ervaren dan grotere, ongeordende opstellingen.
- Zichtbaarheid vanuit de woonomgeving:
 - Indien mensen hinder ervaren als gevolg van de windturbines én de windturbines zijn zichtbaar vanuit de woonomgeving, dan is de gerapporteerde hinder groter.

Deze factoren zijn echter in hoge mate locatiespecifiek, waardoor uit de literatuur niet duidelijk kan worden afgeleid in welke mate en/of combinatie deze factoren meewegen en deze ook niet in de beoordeling verdisconteerd kunnen worden.

Andere factoren, waaronder betrokkenheid in het planproces, financieel profijt en houding ten opzichte van windenergie zijn veelal bepalend voor de zichthinder door obstakels. Het feit dat windturbines zichtbaar zijn vanuit de woonomgeving heeft wel een relatie met hinder, maar dan indirect. Iemand die hinder ervaart van windturbines (bijvoorbeeld als gevolg van geluid) en de windturbines ook ziet vanuit zijn of haar leefomgeving, rapporteert meer hinder dan iemand die de windturbines niet ziet bij dezelfde geluidbelasting. Afstand is daarbij geen statistisch relevante factor.

Dit leidt tot een situatie waarbij – voor dit planMER – het niet goed mogelijk, noch zinvol is om een beoordeling te maken voor het aspect zichthinder. Er is op basis van de literatuur namelijk geen eenduidig beoordelingskader vast te stellen.

6.3.2.2 Hinder veroorzaakt door slagschaduw

Slagschaduw betreft de variaties in de lichtsterkte die optreden vanwege de passerende schaduw van de draaiende rotorbladen van een windturbine. Deze lichtvariaties treden op als vanaf de ontvanger gezien de zonnestrallen telkens worden onderbroken door de rotorbladen van een windturbine. De slagschaduw reikt het verste bij een laagstaande zon. Afhankelijk van hoe lang en hoe vaak de slagschaduw optreedt, de frequentie van de lichtvariaties en de intensiteit van de wisselingen in lichtsterkte kan dit tot hinder leiden. De hinder doet zich vooral voor als de slagschaduw op het raam van een gebouw valt en hierdoor binnen in het gebouw sterke wisselingen in de lichtsterkte optreden. Binnen in een gebouw zijn de variaties in lichtsterkte door slagschaduw namelijk groter dan buiten, doordat de lichtinval via een raam periodiek wordt onderbroken. Buiten wordt de slagschaduw ook waargenomen, maar doordat het licht hier meer diffuus is zijn de wisselingen in lichtsterkte minder groot.

Een windturbine veroorzaakt geen (bewegende) slagschaduw als het donker is, als de zon achter de wolken staat, er zo weinig wind is dat de windturbine nog niet draait of als de rotorbladen parallel staan met de lijn tussen de ontvanger en de zon. Direct ten zuiden van een windturbine zal nooit slagschaduw optreden, omdat in Nederland de zon nooit op het noorden staat.

Uit onderzoek is gebleken dat de hinder door variaties in de lichtsterkte het grootst is bij een frequentie van 2,5 tot 14 Hz (Berg & Kuijeren, 2008). Er kunnen dan verschijnselen als zeeziekte of - bij hiervoor gevoelige mensen - een epileptische aanval optreden. Voor moderne windturbines is het toerental van de rotor echter dermate laag dat de flikkerfrequentie minder dan 1 Hz bedraagt. Bij deze frequentie worden voornoemde gezondheidseffecten niet verwacht.

Het aantal onderzoeken naar de hinderervaring van slagschaduw is internationaal heel beperkt. Hieronder wordt ingegaan op de meest relevante studies.

Onderzoeken ten behoeve van de Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw

In 1999 en 2000 zijn door Pohl et al. onderzoeken verricht naar de overlast door slagschaduw van windturbines (Pohl, Faul, & Mausfeld, 1999) (Pohl, Faul, & Mausfeld, 2000). Deze onderzoeken zijn verricht ten behoeve van de Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw (Länderausschuss für Immissionsschutz, 2002). In 2020 is een geactualiseerde versie gepubliceerd (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), 2020). De meeste landen die regelgeving of een richtlijn hebben voor de beoordeling van slagschaduw, hebben deze op de Duitse richtlijn gebaseerd of hiervan afgeleid (Koppen, Gunuru, & Chester, 2017).

Het onderzoek van Pohl et al van 1999 omvat in totaal 223 personen, waarvan 204 personen zijn geïnterviewd en 19 personen een vragenlijst hebben ingevuld. De centrale onderzoeksvraag is of een astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw⁵¹ van 30 uur per jaar en 30 minuten per dag afdoende bescherming biedt. Het onderzoek beschouwt echter niet alleen de hinder bij deze slagschaduwduur, maar ook bij andere slagschaduwduren. Uit de studie blijkt dat de hinder die ervaren wordt als functie van de slagschaduwduur toeneemt. De hoofdconclusie van Pohl et al. is dat bij een gewogen slagschaduwduur van meer dan 15 uur per jaar de onderzochte personen zich ernstig gehinderd voelen. Hiermee wordt niet de werkelijke slagschaduwduur bedoeld, maar de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur gecorrigeerd voor het gewogen aantal belaste ruimten. Dit is in het onderstaande tekstkader nader toegelicht. Op basis van voornoemde gewogen slagschaduwduur zijn door Pohl et al. vier opties beschouwd om de hinder door slagschaduw te beperken:

- 1) Grenswaarde van 15 uur per jaar voor de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw.
- 2) Grenswaarde van 15 uur per jaar voor de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw. Deze grenswaarde mag worden overschreden als de gewogen slagschaduw niet meer dan 15 uur per jaar bedraagt.
- 3) Grenswaarde van 30 uur per jaar voor de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw.
- 4) Grenswaarde van 30 uur per jaar voor de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw. Deze grenswaarde mag worden overschreden als de gewogen slagschaduw niet meer dan 15 uur per jaar bedraagt.

In het onderzoek zijn ook de voor- en nadelen van de verschillende opties beschreven. Blijkens de grenswaarde van 30 uur per jaar astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw is in de Duitse richtlijn voor optie 3 gekozen. Deze slagschaduwduur komt overeen met een werkelijke slagschaduwduur van gemiddeld circa 8 uur per jaar. Bij de afweging voor de Duitse richtlijn zullen de nadelen van optie 1 (zeer conservatieve grenswaarde), optie 2 (grotere onderzoeksbelasting) en optie 4 (grotere onderzoeksbelasting) een belangrijke rol hebben gespeeld. Voor optie 3 is als voordeel vermeld dat het invloedsgebied waarbinnen mitigerende maatregelen nodig zijn aanzienlijk kleiner is. Als nadeel is gemeld dat deze grenswaarde in principe in specifieke gevallen onvoldoende bescherming zou kunnen bieden, maar dat dit onwaarschijnlijk wordt geacht omdat deze specifieke gevallen zich in het onderzoek van Pohl et al. zich niet voor hebben gedaan.

⁵¹ Dit is de maximale slagschaduwduur die theoretisch kan optreden, uitgaande van altijd aanwezige zonneschijn gedurende daglichturen, windturbines die altijd in bedrijf zijn en rotorbladen die altijd loodrecht op de lijn van de zon naar de ontvanger staan.

Gewogen slagschaduwduur conform onderzoek Pohl et al. van 1999

Met de gewogen slagschaduwduur wordt niet de werkelijke slagschaduwduur bedoeld, maar de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur gecorrigeerd voor het gewogen aantal belaste ruimten. Voor de bepaling van de gewogen slagschaduwduur wordt eerst de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur berekend. Dit is de maximale slagschaduwduur die theoretisch kan optreden, uitgaande van altijd aanwezige zonneshijn gedurende daglichturen, windturbines die altijd in bedrijf zijn en rotorbladen die altijd loodrecht op de lijn van de zon naar de ontvanger staan. Als tweede stap wordt het aantal binnen- en buitenruimten dat aan de slagschaduw wordt blootgesteld bij elkaar opgeteld, waarbij de woonkamer, de keuken en het terras twee keer zo zwaar worden meegewogen. Dit getal wordt vervolgens gedeeld door de optelling van alle aanwezige binnen- en buitenruimten, waarbij de woonkamer, de keuken en het terras weer twee keer zo zwaar worden meegewogen. Deze factor wordt tot slot vermenigvuldigd met de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur. Het resultaat wordt aangeduid als de gewogen slagschaduwduur. Gezien het feit dat gewoonlijk niet alle ruimten aan de slagschaduw worden blootgesteld, is de gewogen slagschaduwduur in de regel lager maar nooit hoger dan de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur.

Het onderzoek van 1999 biedt geen antwoord op de vraag of een slagschaduwduur van 30 minuten per dag een aanvaardbare belasting biedt. Voor de beantwoording van deze vraag is in 2000 door Pohl et al. een laboratoriumonderzoek verricht waarbij personen aan periodieke schaduwen zijn blootgesteld (Pohl, Faul, & Mausfeld, 2000). In dit onderzoek zijn twee groepen betrokken te weten 32 studenten met een gemiddelde leeftijd van 23 jaar) en 25 professionals met een gemiddelde leeftijd 47 jaar die willekeurig zijn verdeeld over twee experimentele omstandigheden. De experimentele groep werd gedurende 1 uur blootgesteld aan periodieke schaduwen met 80% contrast. Voor de controlegroep werden dezelfde lichtomstandigheden gehanteerd, maar dan zonder periodieke schaduwen. Het grootste deel van het onderzoek bestond uit een opeenvolging van zes test- en meefasen van ieder 20 minuten, waarvan twee voor het inschakelen van de lamp die periodieke schaduwen veroorzaakt, drie na het inschakelen van de lamp en één na het uitschakelen van de lamp. Uit dit onderzoek blijkt dat slagschaduw in de eerste 20 minuten van de blootstelling een negatief effect heeft op de prestatie en het welbevinden en tot stresseffecten kan leiden. Bij een langere blootstellingsduur wordt dit effect door het lichaam gecompenseerd. Deze compensatie kost energie en op de lange termijn zouden de cumulatieve effecten tot ernstige hinder kunnen leiden.

Op basis van het onderzoek van Pohl et al. uit 1999 is in Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw gekozen voor een grenswaarde van 30 uur slagschaduw per jaar uitgaande van de astronomisch maximaal mogelijke situatie (theoretisch worst-case uitgangspunt). Wanneer de windturbine is voorzien van een automatische stilstandsvoorziening die de windturbine afschakelt op momenten dat er slagschaduw wordt verwacht, is er maximaal 8 uur per jaar aan reële slagschaduw toegestaan. Dit is gebaseerd op de grenswaarde van 30 uur per jaar voor de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw, gecorrigeerd voor de gemiddelde meteorologische omstandigheden betreffende wind en zonneshijn. Daarnaast is in voornoemde richtlijn op basis van het onderzoek van Pohl et al. uit 2000 in aanvulling op een grenswaarde per jaar, ook een grenswaarde per dag opgenomen. Hierbij is gekozen voor een grenswaarde van 30 minuten slagschaduw per dag uitgaande van de astronomisch maximaal mogelijke situatie. Het is in de richtlijn niet toegelicht waarom een maximale slagschaduwduur van 30 minuten is gehanteerd, terwijl uit het onderzoek van Pohl et al. uit 2000 blijkt dat de compensatie door het lichaam bij een blootstellingsduur van meer dan 20 minuten op de lange termijn tot ernstige hinder zou kunnen leiden. Het lijkt aannemelijk dat in de overweging is betrokken dat bij een astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw van 30 minuten per dag, de gemiddelde slagschaduwduur per dag aanzienlijk lager uitvalt omdat het in de praktijk regelmatig bewolkt is en de windrichting varieert.

Onderzoek Health Canada

In 2016 hebben Voicescu et al. van Health Canada (Voicescu, Michaud, Feder, & et al., 2016) onderzoek verricht naar de effecten van slagschaduw. Hieruit blijkt dat de voor slagschaduw gerapporteerde ernstige hinder niet alleen wordt bepaald door de optredende slagschaduw, maar afhankelijk is van vele andere factoren zoals de visuele impact, de obstakelverlichting en de geluidbelasting. Er is wel een statistisch relevante relatie gevonden tussen de gerapporteerde ernstige hinder en de door middel van een model vastgestelde slagschaduwduur. Voor een maximale slagschaduwduur van 0 tot 10 minuten per dag bedraagt het percentage ernstig gehinderden 3,8%. Voor een maximale slagschaduwduur van 10 tot 20 minuten per dag neemt dit toe tot 5,2%. Vanaf een maximale slagschaduwduur van meer dan 20 minuten per dag neemt de hinder sterk toe, namelijk tot 13,5% bij een maximale slagschaduwduur van 20 tot 30 minuten per dag en tot 21,1% bij een duur van meer dan 30 minuten per dag. De relatie tot de gemiddelde slagschaduwduur per jaar is in het onderzoek van Voicescu et al. niet beschouwd.

Effectbeoordeling slagschaduw

Voor de effectbeoordeling van de slagschaduw wordt uitgegaan van de slagschaduwduur per jaar. De schaal voor de beoordeling van de hinder door slagschaduw ten opzichte van de referentiesituatie is in Tabel 6-6 weergegeven.

Tabel 6-6 Beoordelingsschaal voor hinder door slagschaduw

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie*
+++	Zeer positief	De variant leidt tot minder dan 1 uur slagschaduw per jaar
++	Positief	De variant leidt tot 1 tot 4 uur slagschaduw per jaar
+	Licht positief	De variant leidt tot 4 tot 6 uur slagschaduw per jaar
0	Neutraal	De variant leidt tot 6 uur slagschaduw per jaar
-	Licht negatief	De variant leidt tot 6 tot 8 uur slagschaduw per jaar
--	Negatief	De variant leidt tot 8 tot 11 uur slagschaduw per jaar
---	Zeer negatief	De variant leidt tot 11 uur of meer slagschaduw per jaar

* In de referentiesituatie is voor de grenswaarde sprake van een bandbreedte van 0 tot 6 uur slagschaduw per jaar (zie paragraaf 7.3). Er is voor gekozen om de effecten te beoordelen ten opzichte van de bovenkant van deze bandbreedte, dus ten opzichte van een slagschaduwduur van 6 uur per jaar.

6.3.2.3 Lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting

Ondanks dat obstakelverlichting niet de grootste bron van hinder is veroorzaakt door windturbines, heeft het wel degelijk effect op de acceptatie van windturbines (Pohl, Hübner, & Mohs, 2012; Hübner, et al., 2019). Naderingsdetectie – waarbij de obstakelverlichting aanschakelt bij het naderen van een vliegvaartuig – is een relatief nieuwe techniek waar nog relatief weinig literatuur over beschikbaar is. Een casestudie uit Denemarken laat echter zien dat naderingsdetectie een veelbelovende techniek is om lichthinder te verminderen. (Aaen, Lyhne, & Rudolph, 2022). Ook de pilots in Nederland laten zien dat de brandtijd van obstakelverlichting verkort door het toepassen van obstakelverlichting (RVO, 2018).

De mate van lichthinder die kunstmatige verlichting veroorzaakt hangt af van de aard, de intensiteit, de duur en de plaats van de verlichting (Informatiepunt Leefomgeving, 2022). Over effectafstanden van kunstmatige verlichting is nog weinig bekend. Deze afstanden zijn onder andere afhankelijk de kenmerken van de verlichting (zoals verlichtingsintensiteit, de spectrale samenstelling van het licht, de vorm van de armatuur, et cetera) en de situatie waarin de verlichting plaatsvindt (de transparantie van het landschap) (Informatiepunt Leefomgeving, 2022).

Er zijn geen negatieve effecten op lichthinder als gevolg van het toepassen van naderingsdetectie bekend. Daarom zijn deze niet opgenomen in de beoordelingsschaal in Tabel 6-7.

Tabel 6-7 Beoordelingsschaal voor lichthinder door obstakelverlichting

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk merkbare afname in lichthinder
++	Positief	De variant leidt tot een merkbare afname in lichthinder
+	Licht positief	De variant leidt tot een kleine afname in lichthinder
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.2)

6.3.3 Externe veiligheid

Voor het thema externe veiligheid worden de beoordelingscriteria 'risico voor kwetsbare objecten' en 'risico voor beperkt kwetsbare objecten' beoordeeld. Externe veiligheid is beoordeeld voor de varianten externe veiligheid en afstandsnormen (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1).

In deze paragraaf worden de beoordelingskaders toegelicht.

6.3.3.1 Risico voor kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten zijn woningen, gebouwen of locaties waarin zich veel mensen kunnen bevinden of gebouwen of locaties waar niet-zelfredzame mensen aanwezig zijn, zoals zieken, ouderen en kinderen. Voorbeelden zijn scholen, ziekenhuizen, grotere kantoren en hotels. In de effectbeoordeling wordt beoordeeld in hoeverre de varianten leiden tot een toe- of afname van het risico voor kwetsbare objecten. Hierbij wordt de mate van het effect mede bepaald door het aantal kwetsbare objecten waarvoor een toe-of afname van het risico optreedt. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-8.

Tabel 6-8 Beoordelingsschaal voor risico voor kwetsbare objecten

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterke afname van het risico voor een groot aantal kwetsbare objecten
++	Positief	De variant leidt tot een beperkte afname van het risico voor groot aantal kwetsbare objecten
+	Licht positief	De variant leidt tot beperkte afname van het risico voor een beperkt aantal kwetsbare objecten
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.3)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een beperkte toename van het risico voor een beperkt aantal kwetsbare objecten
--	Negatief	De variant leidt tot een beperkte toename van het risico voor een groot aantal kwetsbare objecten
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterke toename van het risico voor een groot aantal kwetsbare objecten

6.3.3.2 Risico voor beperkt kwetsbare objecten

Beperkt kwetsbare objecten zijn verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, restaurants en alle bedrijfsgebouwen waaronder kleinere kantoorgebouwen. In de effectbeoordeling wordt beoordeeld in hoeverre de varianten leiden tot een toe- of afname van het risico voor beperkt kwetsbare objecten. Hierbij wordt de mate van het effect mede bepaald door het aantal beperkt kwetsbare objecten waarvoor een toe-of afname van het risico optreedt. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-9.

Tabel 6-9 Beoordelingsschaal voor risico voor beperkt kwetsbare objecten

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterke afname van het risico voor een groot aantal beperkt kwetsbare objecten
++	Positief	De variant leidt tot een beperkte afname van het risico voor groot aantal beperkt kwetsbare objecten
+	Licht positief	De variant leidt tot beperkte afname van het risico voor een beperkt aantal beperkt kwetsbare objecten
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.3)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een beperkte toename van het risico voor een beperkt aantal beperkt kwetsbare objecten
--	Negatief	De variant leidt tot een beperkte toename van het risico voor een groot aantal beperkt kwetsbare objecten
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterke toename van het risico voor een groot aantal beperkt kwetsbare objecten

6.3.4 Landschap & cultuurhistorie

Voor het thema landschap en cultuurhistorie worden de beoordelingscriteria 'Unesco werelderfgoed' en 'waardevolle landschappen' beoordeeld. Landschap en cultuurhistorie is beoordeeld voor de varianten geluid en afstandsnormen (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1).

In deze paragraaf worden de beoordelingskaders toegelicht.

6.3.4.1 Unesco werelderfgoed

De plaatsing van windturbines kan invloed hebben op de Uitzonderlijke Universele Waarde (Outstanding Universal Value, zie paragraaf 7.2.4.1) van openheid van het landschap en specifieke landschappelijke patronen. Met name grote ruimtelijke structuren zijn aangewezen als werelderfgoed om deze specifieke Uitzonderlijke Universele Waarde van openheid en specifieke landschappelijke patronen. Bij gebouwen die als werelderfgoed zijn aangewezen is geen sprake van deze Uitzonderlijke Universele Waarde (zie ook paragraaf 7.2.4). De Uitzonderlijke Universele Waarde van openheid en landschappelijke patronen is daarom relevant voor de beoordeling bij de werelderfgoederen Koloniën van Weldadigheid, Hollandse Waterlinies, Schokland en omgeving en Droogmakerij de Beemster.

Voor de Windturbines van Kinderdijk-Elshout is reeds een Heritage Impact Assessment (HIA) uitgevoerd voor het plaatsen van windturbines op een nabijgelegen terrein.⁵² Bij het beoordelen van de effecten op het werelderfgoed, wordt in een HIA gekeken naar de schaalgrootte, de ernst van de effecten op het erfgoed en de omvang van de effecten op de kernkwaliteiten. Aangezien het binnen de begrenzing van werelderfgoederen niet toegestaan is om windturbines te plaatsen, gaat het met name om visuele effecten in plaats van fysieke effecten op het werelderfgoed.

Specifiek in dit planMER is beoordeeld of de varianten leiden tot een vergrote kans op het aantasten van de 'openheid' en 'specifieke landschappelijke patronen' als kenmerken van de Werelderfgoederen. Grote delen van de hiervoor genoemde werelderfgoederen liggen buiten dichtbevolkt gebied. Daarom wordt bij de beoordeling geredeneerd vanuit het plaatsingspotentieel. Dat wil zeggen dat wanneer het plaatsingspotentieel afneemt, het aantal locaties waar windturbines geplaatst kunnen worden afneemt en daarmee de kans op effecten op werelderfgoed toeneemt. Ook kan het zijn dat door een variant het plaatsingspotentieel toeneemt, waardoor er meer alternatieve locaties voor windparken ontstaan en de kans op negatieve effecten op Unesco werelderfgoed afneemt.

Tabel 6-10 Beoordelingsschaal voor effecten op Unesco werelderfgoed

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.4)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed
--	Negatief	De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op werelderfgoed

6.3.4.2 Waardevolle landschappen

Waardevolle landschappen zijn landschappen die een (inter-)nationaal unieke landschappelijke kwaliteit, natuurwaarde ofwel cultuurhistorische waarde bezitten. Voorbeelden zijn het Groene Hart, de Waddenzee, de Zuidwestelijke Delta, de Veluwe, het IJsselmeergebied en de nationale parken. Bij de beoordeling van waardevolle landschappen wordt gekeken naar de veranderingen in het areaal en de kwaliteit van waardevolle landschappen. Het behouden van kwaliteit kan gezien worden als het 'behoud van cultuurhistorische waarde' en 'behoud van landschappelijke kwaliteit'. De beleving van landschappelijke kwaliteiten van waardevolle landschappen wordt

⁵² Voor meer informatie over het effect van windturbines op werelderfgoed Kinderdijk, zie de Heritage Impact Assessment (HIA):

<https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/praktijkvoorbeelden/overzicht-praktijkvoorbeelden/effectmeting-windturbines-op-werelderfgoed-kinderdijk>

beïnvloed wanneer windturbines nabij het waardevolle landschap worden geplaatst (zoals horizonvervuiling en belevingswaarde).

Grote delen van de waardevolle landschappen liggen buiten dichtbevolkt gebied. Daarom is bij de beoordeling geredeneerd vanuit het plaatsingspotentieel. Dat wil zeggen dat wanneer het plaatsingspotentieel afneemt, het aantal locaties waar windturbines geplaatst kunnen worden afneemt en daarmee de kans op effecten op waardevolle landschappen toeneemt. Ook kan het zijn dat door een variant het plaatsingspotentieel toeneemt, waardoor er meer alternatieve locaties voor windparken ontstaan en de kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen afneemt.

Tabel 6-11 Beoordelingsschaal voor effecten op waardevolle landschappen

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.4)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen
--	Negatief	De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op waardevolle landschappen

6.3.5 Natuur

Voor het thema natuur worden de beoordelingscriteria Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland (NNN), Vogels, Vleermuizen en Stikstofemissie beoordeeld. Natuur is beoordeeld voor de varianten geluid, afstandsnormen en obstakelverlichting (enkel beoordelingscriterium vleermuizen) (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1).

In deze paragraaf worden de beoordelingskaders toegelicht.

6.3.5.1 Natura 2000

Europese lidstaten hebben de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn vertaald naar nationale regelgeving. De beschermde gebieden onder deze richtlijnen worden Natura 2000-gebieden genoemd. Vanaf 1 januari 2017 zijn in Nederland de internationale verplichtingen uit de Vogel- en Habitatrichtlijn verwerkt in de Wet natuurbescherming. De ligging van de Natura 2000-gebieden in Nederland op land wordt getoond in Figuur 6-3.



Figuur 6-3 Ligging van de Natura 2000-gebieden in Nederland op land, de binnenwateren en in de kustzone waarvoor specifieke vogeldoelen gelden die van belang zijn (Sovon, 2021)

Lidstaten moeten voor elk Natura 2000-gebied instandhoudingsdoelstellingen vaststellen op grond van de staat van instandhouding en de ecologische vereisten van de habitattypen en soorten van communautair belang (= soorten met een lidstaatoverstijgend gemeenschappelijk belang), die in dat gebied voorkomen. Instandhoudingsdoelstellingen op gebiedsniveau moeten omschrijven wat de gewenste staat van instandhouding van soorten en habitattypen in het gebied inhoudt, zodat het gebied kan bijdragen aan de algemene doelstelling van een gunstige staat van instandhouding van deze soorten en habitattypen op nationaal, biogeografisch of Europees niveau.

Windenergieontwikkelaars, planners en de betrokken instanties moeten zich bewust zijn van de instandhoudingsdoelstellingen voor een Natura 2000-gebied, aangezien de mogelijke negatieve gevolgen van het plan of project moeten worden beoordeeld aan de hand van deze instandhoudingsdoelstellingen (Europese Commissie, 2020). De Habitatrichtlijn moedigt natuurinstanties ertoe aan Natura 2000-beheerplannen op te stellen in nauw overleg met lokale belanghebbenden.

Of de ontwikkeling van windparken in of in de nabijheid van Natura 2000-gebieden mogelijk is zal per geval beoordeeld worden op basis van de Wnb. Een procedure moet doorlopen worden wanneer men iets wil realiseren in of nabij een Natura 2000-gebied (Noordover, 2016). Wanneer men een vergunning wil ontvangen voor een voorgenomen activiteit, dan zal er gekeken worden of er significante gevolgen kunnen zijn op het Natura 2000-gebied door een voortoets uit te voeren (BIJ12, n.d.). Is dit het geval, dan zal men een vergunningplicht hebben. Wanneer effecten op objectieve gronden uit te sluiten zijn, dan kan een vergunning verleend worden zonder Passende beoordeling. Mocht dit niet het geval zijn, dan kan een Passende beoordeling uitgevoerd worden. Deze Passende beoordeling zal kijken of de voorgenomen activiteit de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied niet zal aantasten. Dit is het geval wanneer er wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel bestaat over dat er geen schadelijke gevolgen zijn (BIJ12, n.d.). Wanneer er, ondanks dat rekening gehouden wordt met mitigerende maatregelen, alsnog sprake is van een significant negatief effect, dan zal een ADC-toets de enige optie zijn om nog

een vergunning te ontvangen. De ADC-toets heeft een streng toetsingskader dat in de Wnb is opgenomen, waarin drie voorwaarden staan waar een project aan moet voldoen; (A) er zijn geen alternatieve locaties, (D) er is sprake van dwingende redenen van groot openbaar belang en (C) de nodige compenserende maatregelen worden getroffen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft (BIJ12, n.d.). Hiermee zal een zeer negatief effect niet kunnen optreden.

In dit planMER gaan we ervan uit dat er alternatieven zijn (namelijk een andere locatie voor windturbines vinden of een andere vorm van duurzame energieopwekking) en dat er geen dwingende redenen van groot openbaar belang zijn. Derhalve zullen er in principe alleen licht negatieve gevolgen op Natura 2000 kunnen optreden, die de natuurlijke kenmerken ervan niet aantasten. Om die reden zijn de scores voor negatief (-) en zeer negatief (- -) cursief aangeduid, zoals weergegeven is in Tabel 6-12.

Tabel 6-12 Beoordelingsschaal voor effecten op Natura 2000

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.5)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied
- -	<i>Negatief</i>	<i>De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied (deze variant is vanwege het beschermingsregime in en rond Natura 2000-gebieden niet reëel)</i>
- - -	<i>Zeer negatief</i>	<i>De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op Natura 2000-gebied (deze variant is vanwege het beschermingsregime in en rond Natura 2000-gebieden niet reëel)</i>

Effecten op Natura 2000

Algemene regels zouden een plan in de zin van artikel 2.7 van de Wet natuurbescherming (implementatie van art. 6 Habitatrictlijn) kunnen zijn. Een plicht tot het opstellen van een passende beoordeling bestaat echter uitsluitend als het plan significante gevolgen kan hebben voor Natura2000 gebieden. Dat is niet het geval. Er worden namelijk in of op basis van de algemene regels geen locaties benoemd waar windturbines kunnen komen. De algemene regels hebben geen concrete projecten op het oog; het doel ervan is het bieden van milieubescherming, niet natuurbescherming. De windturbinebepalingen bevatten ook geen regels ter bescherming van Natura2000 gebieden. De algemene regels hebben verder geen enkele invloed op de vraag of voor een concreet project een natuurvergunning kan worden verleend.

Er is voor concrete windturbines altijd nog een natuurvergunning nodig, die staat los van de algemene regels, wordt geenszins daardoor ingeperkt en deze zijn ook geen uitgangspunt van of kader voor de vergunning; elk project wordt op eigen merites en integraal en zonder voorbehoud in zijn geheel beoordeeld op de effecten op Natura 2000. Uit het voorgaande volgt dat in dit planMER geen stikstofdeposities op Natura 2000-gebieden zijn berekend.

6.3.5.2 Natuurnetwerk Nederland (NNN)

Het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is beschermd via de Wet ruimtelijke ordening (Wro), waarbij de plannen van een hogere overheid doorwerken naar lagere overheden. Het beschermingsregime lijkt op dat voor Natura 2000-gebieden, maar is planologisch van karakter en niet juridisch van aard zoals Natura 2000. Het NNN is vastgelegd in de landelijke Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) en provinciale Verordening Ruimte (inclusief omgevingsplannen). Doelen en/of doelsoorten en begrenzingen verschillen per provincie, echter zijn deze altijd geheel of gedeeltelijk vastgelegd in provinciale omgevingsplannen en -verordeningen. De bescherming wordt door de gemeenten opgenomen in het betreffende bestemmingsplan (Aarts, 2022).

Binnen NNN geldt externe werking en dient onderzocht te worden of de bouw en het gebruik van een windpark effecten heeft op de wezenlijke waarden en kenmerken van het NNN in de directe omgeving van de betreffende windturbines. Windturbines kunnen leiden tot verstoring, waarbij zowel visuele als auditieve verstoring van belang kan zijn. Verstoring van planten, libellen, dagvlinders en vissen is op voorhand uitgesloten, maar windturbines kunnen wel een verstoring hebben op broedvogels. Als een windproject de belangrijkste waarden en kenmerken van het gebied aantast, is het in basis niet toegestaan. Echter geldt ook hier de uitzondering dat als er geen redelijk alternatief is, er een dwingende reden van openbaar belang is en als er compensatie plaatsvindt dit wel toegestaan kan worden op basis van de ADC-toets. Als een windpark of windturbine in het NNN wordt geplaatst, moet een compensatieplan worden opgesteld waarin de compensatie vastligt.

In dit planMER gaan we ervan uit dat er alternatieven zijn (namelijk een andere locatie voor windturbines vinden of een andere vorm van duurzame energieopwekking) en dat er geen dwingende redenen van groot openbaar belang zijn. Derhalve zullen er in principe alleen licht negatieve gevolgen op NNN kunnen optreden, dus wel een negatief effect, maar niet significant. Om die reden zijn de scores voor negatief (-) en zeer negatief (- -) cursief aangeduid, zoals weergegeven is in Tabel 6-13.

Tabel 6-13 Beoordelingsschaal voor effecten op NNN

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.5)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden
- -	<i>Negatief</i>	<i>De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden (deze variant is vanwege het beschermingsregime in en rond NNN-gebieden niet reëel)</i>
- - -	<i>Zeer negatief</i>	<i>De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op NNN-gebieden (deze variant is vanwege het beschermingsregime in en rond NNN-gebieden niet reëel)</i>

6.3.5.3 Vogels

In Nederland komen verspreid over het jaar meer dan 400 vogelsoorten voor. Windturbines hebben verschillende effecten op vogels, een beperkt deel daarvan loopt risico op negatieve effecten door sterfte en verstoring. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn de tijd/periode van het jaar (dag of nacht, de seizoenen), de locatie, het aantal en de hoogte van de windturbines, de opstelling en de uitvoering van de windturbines en weersomstandigheden, maar ook grootte en vlieggedrag van vogels. Het in kaart brengen van de gevoeligheid per vogelsoort kan aan de hand van een soortenmatrix, waarin naast de gevoeligheid van een soort voor aanvaringen, habitatverlies en verstoring (de risico's) ook de mate van bedreiging wordt meegenomen zoals de Rode Lijst-status en de status in het kader van de Vogelrichtlijn. De combinatie van scores voor gevoeligheid en mate van bedreiging bepalen de kwetsbaarheidsscore. De soortenmatrix met de resulterende kwetsbaarheidsscores vormt de basis voor de afbakening van de soortselectie (Stahl & Epe, 2021).

Voor een beoordeling van effecten van windturbines op vogels kunnen de volgende parameters worden meegenomen:

1. De aanwezigheid van risicosoorten in broedperiode en niet-broedperiode, waarbij de aanname wordt gedaan dat indien er grotere aantallen van de risicosoorten in een gebied verblijven dit de kans op aanvaringen verhoogt.
2. Soort-specifieke verstoringafstanden door windturbines, waarbij wordt aangenomen dat binnen een verstoringzone om windturbines heen de dichtheid en aantallen van de gevoelige soort bepalend is.
3. Grotere vliegbewegingen van gevoelige soorten zoals foerageervluchten, slaapplaatsbewegingen en trekbewegingen kunnen in kaart worden gebracht door soort specifieke informatie en kennis te gebruiken op basis van punt 1 en 3 (Henk Sierdsema et al., 2021).

Vanuit de optiek van vogels zijn de bovengenoemde effecten feitelijk risico's, waarin in dit planMER de beoordeling van effecten voor vogels is gedaan aan de hand van Tabel 6-14. Deze beoordelingsschaal houdt geen direct verband

met de bovengenoemde soortenmatrix, welke per plangebied opgesteld dient te worden ter bepaling van relevante vogelsoorten.

Tabel 6-14 Beoordelingsschaal voor effecten op vogels

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.5)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties
--	Negatief	De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op vogelpopulaties

6.3.5.4 Vleermuizen

In Nederland alsook daarbuiten kunnen vleermuizen overal aangetroffen worden, van steden tot dorpen, natuurgebieden tot landbouwgronden, van uitgestrekte bossen tot een enkele bomenrij en van groeves en steenfabrieken tot spouwmuren van rijtjeshuizen (Zoogdiervereniging, 2022). Hoe groot een gebied is waaruit een lokale populatie samen komt is niet met zekerheid te stellen. Voor de toetsing van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen op de lokale populatie van vleermuizen, wordt uitgegaan van het aantal dieren dat zich in een cirkel met een zekere afstand van een plangebied bevindt, oftewel de catchment area. Normaliter ligt deze afstand tussen de 30 en 50km. Door de gemiddelde dichtheid per vleermuissoort in Nederland te nemen, kan berekend worden hoeveel dieren zich in een catchment area bevinden. Afhankelijk van een aaneenschakeling van landschapselementen (waarlangs vleermuizen zich verplaatsen) zal dit in de ene richting vanuit een verblijfplaats groter of kleiner kunnen zijn dan in een andere richting. In open landschappen in Nederland, waar de verbinding van landschapselementen tussen verschillende verblijfplaatsen mogelijk lager is, zal het totale gebied area kleiner kunnen zijn.

Voor de beoordeling van de gunstige staat van instandhouding van specifieke vleermuissoort(en) gedurende de exploitatiefase van windturbines wordt het ORNIS criterium gehanteerd. Dit criterium stelt dat wanneer er sprake is van minder dan 1% van de jaarlijkse natuurlijke sterfte deze sterfte dermate klein is dat er met zekerheid geen negatief effect op de gunstige staat van instandhouding kan zijn. Indien de additionele sterfte kleiner is dan deze 1%-mortaliteitsnorm kan een effect op de populatie ten gevolge van het initiatief op zichzelf worden uitgesloten aangezien de sterfte in dat geval verwaarloosbaar klein is. Hoewel het ORNIS criterium niet juridisch verbindend is, gebruikt de Raad van State het ORNIS-criterium als norm om aan te nemen of de te verwachten vleermuisoffers door windturbines aanvaardbaar zijn te achten in het kader van de gunstige staat van instandhouding van de soort (Kistenkas, Fred, 2018).

De afgelopen decennia is er veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen windturbines en vleermuizen. Daaruit komt naar voren dat windturbines potentieel veel slachtoffers kunnen maken. Ook blijkt uit studies dat verstoring en/of een vermindering van (de kwaliteit van) het leefgebied kunnen optreden, maar dit is voor vleermuizen een minder groot probleem. Windturbines kunnen via bovenstaande aspecten een significant negatief effect hebben op de Staat van Instandhouding. Het feit dat alle soorten vleermuizen beschermd zijn via plaatsing op Bijlage IV (en sommige soorten op Bijlage II) van de Europese Habitatrichtlijn is cruciaal: de Staat van Instandhouding voor deze beschermde soorten moet gunstig zijn/worden en blijven. De in de Nederlandse Wet natuurbescherming geïmplementeerde geboden en verboden van de Europese Habitatrichtlijn staan doden of verwonden van onder andere vleermuizen dan ook niet toe (Stahl & Epe, 2021).

De significantie van de effecten van windturbines op vleermuizen kan worden beïnvloed door biologische en ecologische factoren en door factoren die te maken hebben met het ontwerp van het plan of project. Zodra de windturbines operationeel zijn, wordt de sterfte ten gevolge van botsingen of barotrauma (stress door verschillen tussen de omgevingsdruk en druk in luchthoudende (lichaams)holten) als het significantste effect beschouwd, maar de risico's verschillen van soort tot soort.

Verstoring en verdringing van roestplaatsen kan zich voordoen in elke fase van de levenscyclus van een project, terwijl barrière-effecten (het blokkeren van de trekroute) zich enkel openbaren tijdens de exploitatie en repowering. Deze effecten zouden kunnen leiden tot gedragsveranderingen, waaronder aantrekking, ruimtelijke verschuiving van vliegcorridors, en de verdringing van vleermuizen uit foerageergebieden die zij anders zouden gebruiken. Aantrekking zou tot een hoger botsingsrisico kunnen leiden. Verdringing geldt als een belangrijk effect dat op zich moet worden beschouwd en dit effect is onlangs gekwantificeerd bij een aantal windparken. Verstoring, verdringing en barrière-effecten moeten per geval worden beoordeeld, rekening houdend met de omvang van het plan of project, de bekende aanwezige vleermuissoorten, hun habitatgebruik en het belang van de ondersteunende habitat voor de gunstige staat van instandhouding van de populatie, met name in het licht van bestaande bedreigingen en de instandhoudingsdoelstellingen van het gebied (Europese Commissie, 2020).

Vanuit de optiek van vleermuizen zijn de bovengenoemde effecten feitelijk risico's op de populatie, waarin in dit planMER de beoordeling van effecten voor vleermuizen is gedaan aan de hand van Tabel 6-15.

Tabel 6-15 Beoordelingsschaal voor effecten op vleermuizen

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk afgenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties
++	Positief	De variant leidt tot een afgenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties
+	Licht positief	De variant leidt tot een licht afgenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties
0	Neutraal	De variant onderscheidt zich niet van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.5)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een licht toegenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties
--	Negatief	De variant leidt tot een toegenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk toegenomen kans op negatieve effecten op vleermuispopulaties

6.3.5.5 Stikstofemissie

In dit planMER is ingegaan op de stikstofemissie die vrijkomt bij de aanlegfase van windturbines en de vermeden stikstofemissie van andere (fossiele) vormen van energieopwekking gedurende de gebruiksfase. Bij het beoordelen van stikstofemissie is geen score gegeven (zoals + of -), maar op basis van kengetallen een indicatie gegeven van de veroorzaakte of vermeden stikstofemissie. Indien de score gelijk is aan de referentiesituatie, oftewel een neutrale beoordeling, dan is deze wel toegekend. Zie de detailinformatie in paragraaf 7.2.5.

Stikstofdepositie is niet beoordeeld, omdat op basis van dit planMER geen specifieke locaties worden aangewezen voor het plaatsen van windparken. Daardoor zijn geen uitspraken te doen over de effecten van stikstofdepositie op habitats van specifieke Natura 2000-gebieden.

6.3.6 Ruimtegebruik

Voor het thema ruimtegebruik is het beoordelingscriterium 'meervoudig ruimtegebruik' beoordeeld. Ruimtegebruik is beoordeeld voor de varianten geluid, externe veiligheid, slagschaduw en afstandsnormen (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1).

In deze paragraaf wordt het beoordelingskaders toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

Bij bepaalde ruimtelijke functies zijn kansen voor meervoudig ruimtegebruik. In paragraaf 7.2.6 zijn enkele van deze functies toegelicht, zoals voedselproductie, havengebieden, industrie- en bedrijventerreinen en verkeers- en spoorwegen en bos- en natuurontwikkeling.

Tabel 6-16 Beoordelingsschaal voor mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een sterk merkbare toename voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik
++	Positief	De variant leidt tot een merkbare toename voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik
+	Licht positief	De variant leidt tot een zeer kleine toename voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik
0	Neutraal	De variant leidt niet tot een toe- of afname voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik ten opzichte van de referentiesituatie (beschreven in paragraaf 7.2.6)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een zeer kleine afname voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik
--	Negatief	De variant leidt tot een merkbare afname voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een sterk merkbare afname voor kansen voor meervoudig ruimtegebruik

6.3.7 Energieopbrengst

De energieopbrengst is beoordeeld voor de varianten met verschillende normen voor geluid, externe veiligheid, slagschaduw en afstand (zie de variantenmatrix in paragraaf 6.2.1). In deze paragraaf worden de beoordelingskaders toegelicht.

6.3.7.1 Beoordeling energieopbrengst a.h.v. plaatsingspotentieel bij geluidnormen

De energieopbrengst voor windenergie wordt beïnvloed door het invoeren van nieuwe regelgeving voor geluid. Per variant wordt weergegeven of de variant leidt tot een wijziging in energieopbrengst ten opzichte van de referentiesituatie. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-17.

Tabel 6-17 Beoordelingsschaal plaatsingspotentieel in relatie tot aspect geluid

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een stijging van 60% of meer van het plaatsingspotentieel
++	Positief	De variant leidt tot een stijging van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
+	Licht positief	De variant leidt tot een stijging van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
0	Neutraal	De variant leidt tot een daling óf stijging van maximaal 5% van het plaatsingspotentieel (beschreven in 7.2.7)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een daling van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
--	Negatief	De variant leidt tot een daling van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een daling van 60% of meer van het plaatsingspotentieel

6.3.7.2 Beoordeling energieopbrengst a.h.v. plaatsingspotentieel bij normen externe veiligheid

Het plaatsingspotentieel voor windenergie wordt direct aangetast als gevolg van het invoeren van nieuwe regelgeving voor externe veiligheid. Per variant wordt weergegeven of de variant leidt tot een wijziging in het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie. Om het plaatsingspotentieel weer te geven is er een opsplitsing gemaakt in effecten in een landelijk gebied (85% van de windturbines) en effecten in bebouwde omgeving (15% van de windturbines).

In de referentiesituatie is de regelgeving en zijn de daaruit voortkomende situaties in Nederland beschreven in paragraaf 7.2.3. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-18.

Tabel 6-18 Beoordelingsschaal voor plaatsingspotentieel in relatie tot aspect externe veiligheid

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een stijging van 60% of meer van het plaatsingspotentieel
++	Positief	De variant leidt tot een stijging van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
+	Licht positief	De variant leidt tot een stijging van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
0	Neutraal	De variant leidt tot een daling óf stijging van maximaal 5% van het plaatsingspotentieel (beschreven in 7.2.7)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een daling van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
--	Negatief	De variant leidt tot een daling van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een daling van 60% of meer van het plaatsingspotentieel

6.3.7.3 Beoordeling energieopbrengst bij normen slagschaduw

Slagschaduw wordt gelimiteerd door middel van een automatische stilstandsvoorziening die een windturbine stilzet op de momenten dat deze te veel slagschaduw kan veroorzaken. Het invoeren van een nieuwe regelgeving voor slagschaduw kan derhalve gevolgen hebben voor de energieopbrengst. Per variant wordt beoordeeld of de variant leidt tot een wijziging in energieopbrengst ten opzichte van de referentiesituatie. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-19.

Tabel 6-19 Beoordelingsschaal voor effect slagschaduwnorm op energieopbrengst

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot meer dan 3% productie extra
++	Positief	De variant leidt tot 1 tot 3% productie extra
+	Licht positief	De variant leidt tot 0,1 tot 1% productie extra
0	Neutraal	De variant leidt tot minder dan 0,1% productie of productieverlies extra (beschreven in 7.2.7)
-	Licht negatief	De variant leidt tot 0,1 tot 1% productieverlies extra
--	Negatief	De variant leidt tot 1 tot 3% productieverlies extra
---	Zeer negatief	De variant leidt tot meer dan 3% productieverlies extra

6.3.7.4 Beoordeling energieopbrengst a.h.v. plaatsingspotentieel afstandsnormen

De energieopbrengst voor windenergie wordt beïnvloed door het invoeren van nieuwe regelgeving voor afstandsnormen. Per variant wordt weergegeven of de variant leidt tot een wijziging in energieopbrengst ten opzichte van de referentiesituatie. De effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsschaal in Tabel 6-20.

Tabel 6-20 Beoordelingsschaal plaatsingspotentieel in relatie tot afstandsnormen

Score	Effect	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
+++	Zeer positief	De variant leidt tot een stijging van 60% of meer van het plaatsingspotentieel
++	Positief	De variant leidt tot een stijging van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
+	Licht positief	De variant leidt tot een stijging van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
0	Neutraal	De variant leidt tot een daling óf stijging van maximaal 5% van het plaatsingspotentieel (beschreven in 7.2.7)
-	Licht negatief	De variant leidt tot een daling van 5% tot 20% van het plaatsingspotentieel
--	Negatief	De variant leidt tot een daling van 20% tot 60% van het plaatsingspotentieel
---	Zeer negatief	De variant leidt tot een daling van 60% of meer van het plaatsingspotentieel

6.4 Grensoverschrijdende milieugevolgen

De op te stellen Windturbinebepalingen Leefomgeving hebben, als besluit van de Nederlandse overheid, alleen rechtstreeks betrekking op windparken gelegen op het Nederlandse grondgebied. Omdat op voorhand niet uitgesloten kan worden dat er mogelijk aanzienlijke grensoverschrijdende effecten voor het milieu zijn, zijn Vlaanderen, het Waals gewest en de Duitse deelstaten Nordrhein-Westfalen en Niedersachsen in het kader van de kennisgeving geïnformeerd. Vanuit Vlaanderen is aangegeven verder betrokken te willen worden bij het vervolg van de procedure. De grensoverschrijdende milieugevolgen zijn in dit planMER kwalitatief beschreven voor een aantal relevante criteria.

7 Referentiesituatie

7.1 Definitie referentiesituatie

De toestand van het milieu in de referentiesituatie is gebaseerd op de bestaande situatie van het milieu, samen met de gevolgen van autonome ontwikkelingen. Voor de referentiesituatie houdt dat in dat vastgesteld overheidsbeleid (en de gevolgen daarvan) wordt gerealiseerd. Voor de windturbinebepalingen geldt dat de autonome ontwikkeling bestaat uit de situatie die ontstaat als er geen nieuwe windturbinebepalingen worden vastgesteld. Samengevat laat de referentiesituatie zich in drie componenten uiteen splitsen in het planMER:

- Huidige kwaliteit van de leefomgeving in Nederland.
- Autonome ontwikkelingen tot 2030 met Doorkijk naar 2050 in Nederland.
- Kwaliteiten in de buurlanden net over de grens met Nederland. Dit vanwege mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen die kunnen optreden.

De windturbinebepalingen leefomgeving hebben betrekking op windturbines op land. Windenergie is één van de belangrijkste bronnen om de doelstelling voor hernieuwbare elektriciteit van 35 TWh in 2030 uit het klimaatakkoord te bereiken. Daarom wordt het jaar 2030 als referentiejaar beschouwd. Aangezien de doelstelling voor 2030 een korte termijn doelstelling is, wordt in de referentiebeschrijving een kwalitatieve doorkijk gegeven naar 2050. Ook wordt per thema aandacht besteed aan het mogelijk optreden van grensoverschrijdende effecten in de buurlanden.

Leeswijzer

- De huidige situatie leefomgeving en autonome ontwikkelingen worden per thema beschreven in paragraaf 7.2. Indien voor een thema meer toelichting nodig is met betrekking tot de referentiesituatie om een effectbeoordeling uit te voeren, wordt dit specifiek toegelicht bij desbetreffend thema in de latere hoofdstukken 9, 10, 11, 12 en 13. In paragraaf 7.2 wordt per thema ook ingegaan op de doorkijk naar 2050 en eventuele grensoverschrijdende effecten.
- Vervolgens wordt in paragraaf 7.3 de autonome ontwikkeling 'decentrale normering' beschreven, oftewel de situatie die ontstaat wanneer geen Rijksregels voor windturbines worden gesteld.
- Tot slot worden in paragraaf 7.4 twee referentieturbines beschreven. Deze referentieturbines zijn nodig voor sommige thema's om een effectbeoordeling uit te voeren.

7.2 Beschrijving huidige situatie leefomgeving & autonome ontwikkelingen

In deze paragraaf is de huidige kwaliteit van de leefomgeving beschreven voor relevante leefomgevingsaspecten, zoals gezondheid (geluidhinder en (tonaal) LFG), zicht- en lichthinder, externe veiligheid, landschap en cultuurhistorie, natuur, ruimtegebruik en energieopbrengst. Voor de thema's is allereerst de huidige situatie beschreven. Vervolgens is voor de autonome ontwikkeling gekeken naar trends en ontwikkelrichtingen die te verwachten zijn voor 2050.

7.2.1 Gezondheid: geluidhinder

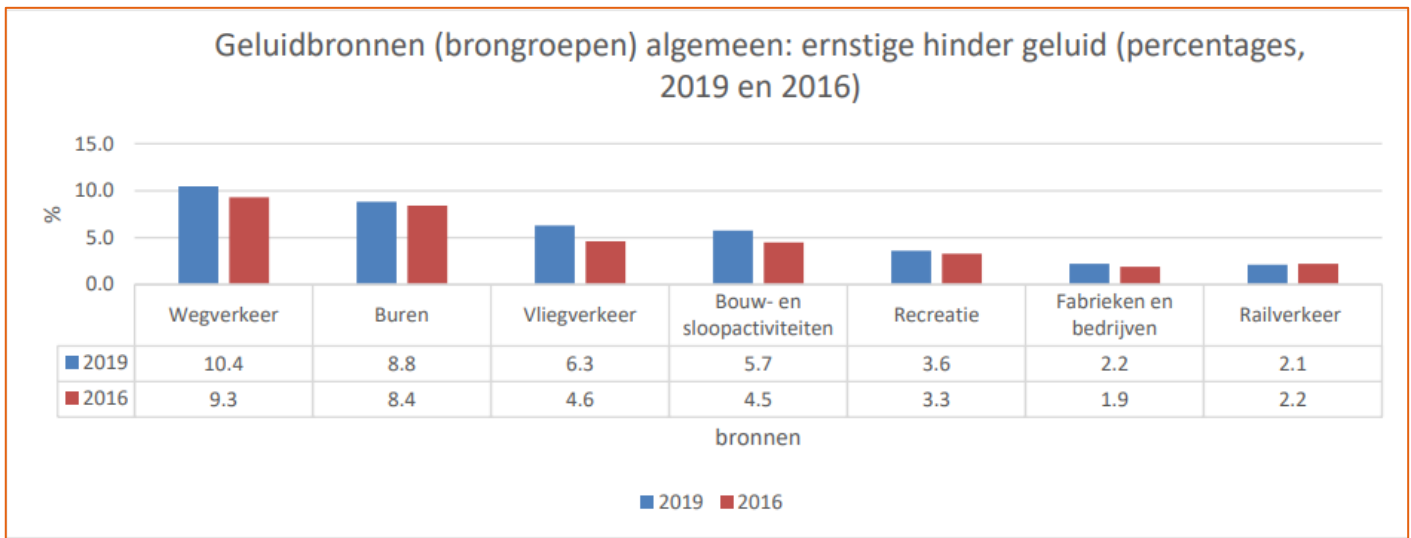
7.2.1.1 Beschrijving huidige situatie

Mensen kunnen hinder ondervinden van geluid geproduceerd door geluidbronnen als wegen, spoorwegen, industrie en windturbines. Het RIVM monitort de ernstige hinder en slaapverstoring door dergelijke activiteiten en rapporteert hierover in de vorm van een Onderzoek Beleving Woonomgeving (OBW). Voor het beschrijven van de referentiesituatie van geluidhinder & (tonaal) LFG is gebruikgemaakt van de gegevens van 2019, omdat de gegevens vanaf 2020 niet representatief zijn voor de beschrijving van de huidige situatie in verband met de coronacrisis. Volgens het OBW uit 2020 hebben de maatregelen die genomen zijn om de verspreiding van het coronavirus tegen te gaan invloed gehad op welke bronnen hinder veroorzaakten. Zo was er minder hinder door vlieg- en railverkeer, maar meer hinder van bronnen vlak bij hun woning (wegverkeer, burens en bouw- en sloopactiviteiten).

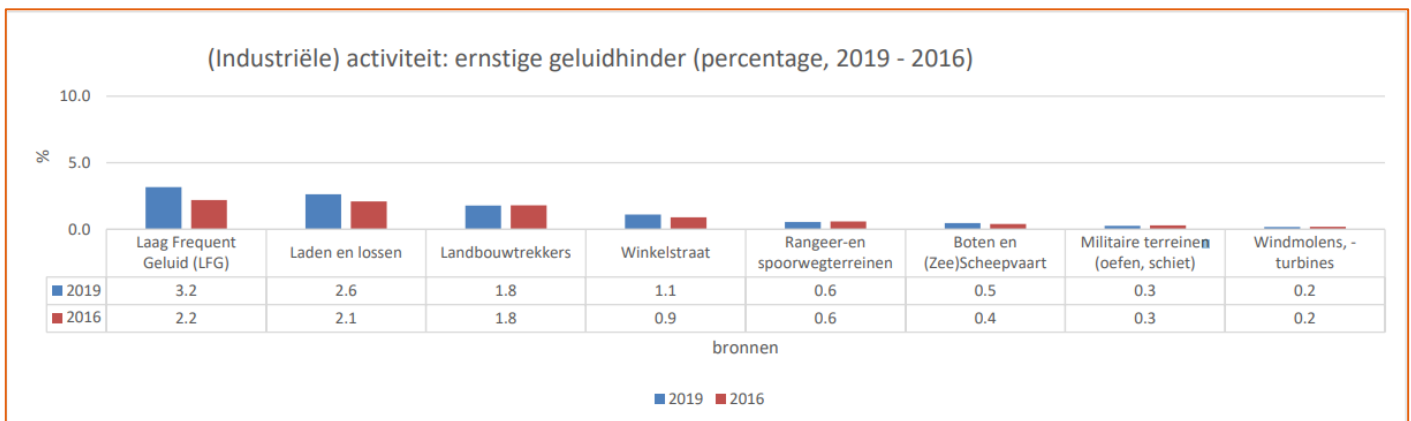
Uit het OBW 2019 blijkt dat in Nederland geluid afkomstig van wegverkeer de grootste bron van hinder is, gevolgd door burens en vliegverkeer (zie Figuur 7-1). Specifiek kijkend naar ernstige geluidhinder veroorzaakt door (industriële) activiteiten dan is het aantal geluidgehinderden als gevolg van laag frequent geluid (LFG) toegenomen tussen 2016 en 2019 van 2,2 naar 3,2% (zie Figuur 7-2). LFG is in het onderzoek naar hinder omschreven als een laag, zoemend of

brommend geluid van bijv. ventilatie of airconditioners. Ook blijkt uit het onderzoek dat de mate van ernstige slaapverstoring als gevolg van LFG is toegenomen van 1,9 naar 2,6% (Poll, 2019). Naast een toename in de hinder van LFG is ook de ernstige geluidhinder van laden en lossen toegenomen tussen 2016 en 2019. De overige bronnen zijn nagenoeg gelijk gebleven.

In de conclusie beschrijft het onderzoek dat blijkt dat sommige onderwerpen die veel media-aandacht krijgen, zoals windturbines, tot relatief lage (ernstige) hinderscores leiden op landelijk niveau. Op lokaal niveau kan geluidhinder veroorzaakt door windturbines echter tot maatschappelijke onrust leiden. Lokaal kan de hinder van bepaalde bronnen dus erg afwijken van het landelijk gemiddelde.

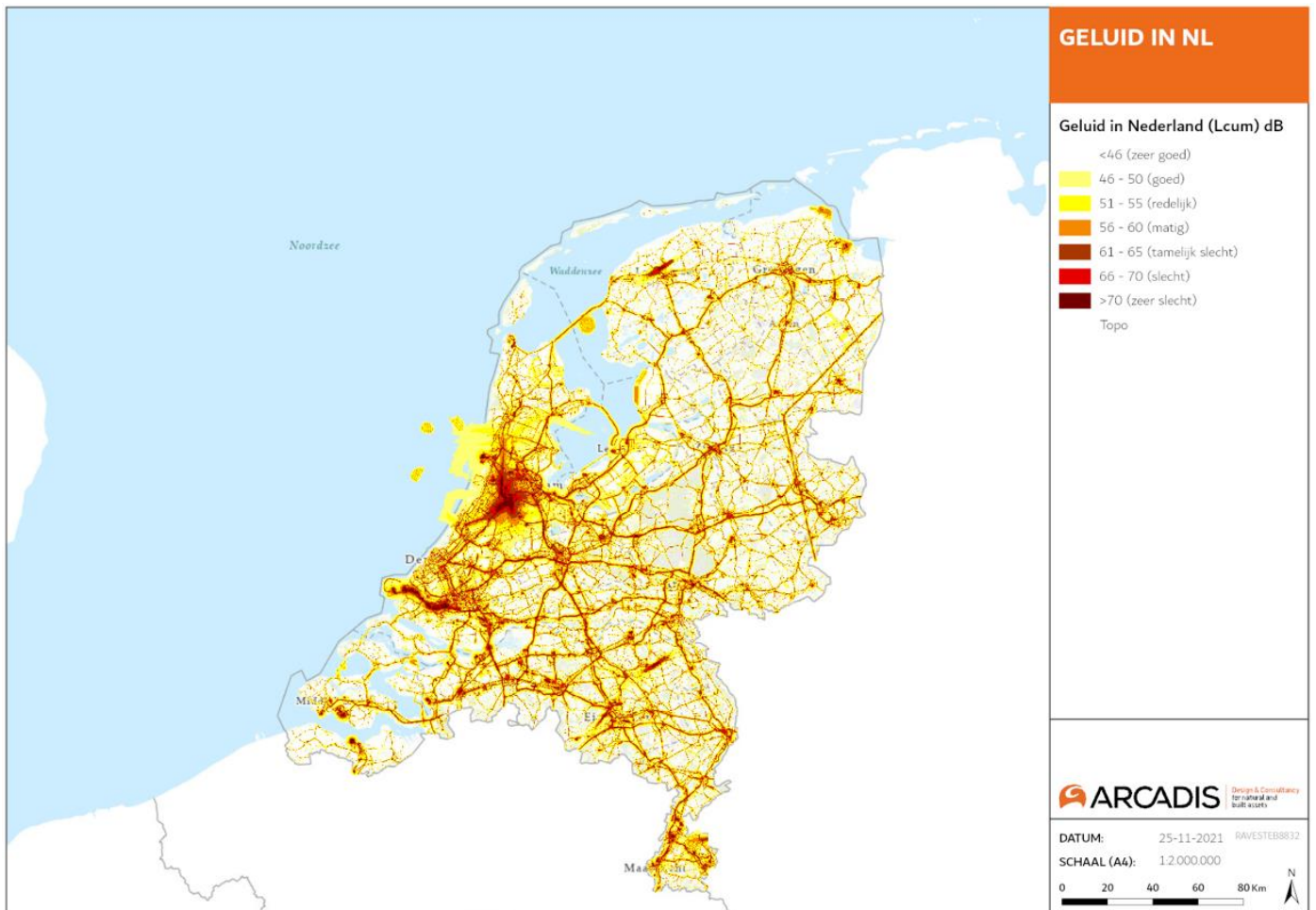


Figuur 7-1 Geluidbronnen (brongroepen) algemeen: ernstige hinder geluid in percentages 2019 en 2016 (Poll, 2019)



Figuur 7-2 Geluidhinder van (industriële) activiteit in percentages (Poll, 2019)

Naast dat mensen hinder kunnen ondervinden van geluid geproduceerd door één geluidbron, kunnen mensen ook hinder ondervinden door geluid geproduceerd door meerdere geluidbronnen tegelijk. Dit heet 'cumulatie'. De geluidbelastingkaart in Figuur 7-3 laat zien op nationaal niveau hoeveel geluid verschillende bronnen bij elkaar opgeteld veroorzaken, oftewel de gecumuleerde geluidniveaus. Het gaat hier om het gemiddelde geluidniveau per jaar van wegverkeer, treinverkeer, vliegtuigen, industrie en windturbines gebaseerd op dB L_{den}. Hierbij is rekening gehouden met de hinderlijkheid per bronsoort. Daarom dragen windturbines ondanks relatief lage geluidniveaus plaatselijk toch bij aan de cumulatieve geluidbelasting. In Figuur 7-3 is te zien dat de gecumuleerde geluidniveaus het hoogst zijn rondom Schiphol, Amsterdam, snelwegen en het havengebied van Rotterdam.



Figuur 7-3 Gecumuleerde geluidniveaus in Nederland (Lcum). Het gaat hier om het gemiddelde geluidniveau per jaar van wegverkeer, treinverkeer, vliegtuigen, industrie en windturbines gebaseerd op de Level Day-Evening-Night (L_{den}) (Atlas van de leefomgeving, 2021)

Windturbines zijn één van de geluidbronnen die hinder kunnen veroorzaken. Hoe sterker het geluid (in dB) van windturbines, des te groter de ervaren hinder (van Kamp & van den Berg, 2020). Het geluid geproduceerd door windturbines wordt uitgedrukt in decibel (dB) volgens de L_{den} systematiek (voor toelichting zie paragraaf 5.4.2 en Bijlage 3). Het geluid van windturbines omvat verschillende frequenties. Laagfrequent- en infrasoone geluid maken onderdeel uit van dat geluidsspectrum. Het geluid geproduceerd van windturbines kan ook tonaal zijn. De meeste windturbines produceren geen tonaal geluid, maar de windturbines die wel tonaal geluid veroorzaken worden veelal als hinderlijker ervaren. De aard van het geluid hangt vooral van twee factoren af: de windsnelheid en het ontwerp van de windturbine. Daarnaast hangt de verspreiding van geluid in de omgeving af van de positie ten opzichte van en de afstand tot de windturbine, de bodem tussen de windturbine en de woning, weerkaatsing of afscherming van het geluid door andere bebouwing en windrichting en atmosferische condities. In paragraaf 4.2 zijn meerdere onderzoeken beschreven die aantonen dat het door windturbines veroorzaakte geluid als hinderlijk kan worden ervaren. Op basis van Figuur 7-2 is het percentage ernstige geluidgehinderden van windturbines 0,2% op nationale schaal. Dit percentage is lager dan bij andere geluidbronnen die hinder veroorzaken. Echter, zoals ook hiervoor vermeld, op lokaal niveau kan geluidhinder veroorzaakt door windturbines leiden tot maatschappelijke onrust.

Tonaal geluid

Tonaal geluid is geluid met een duidelijk hoorbaar tonaal karakter, dat wil zeggen duidelijk hoorbare zuivere tonen. Met behulp van een smalbandige spectrale analyse kan de tonaliteit van het geluid objectief worden beoordeeld.

Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met een frequentie tussen 20 Hz en 100/125 Hz. De geluidssterkte van LFG wordt meestal uitgedrukt in decibel (dB). Laagfrequent geluid draagt door de invloed van bodemreflectie en de lagere luchtabsorptie verder dan hoger frequent geluid. Ook dringt laagfrequent geluid beter in woningen door doordat de geluidisolatie van een woning voor lage frequenties slechter is dan voor hoge frequenties. Er kan al hinder ontstaan bij kleine overschrijdingen van de gehoordrempel.

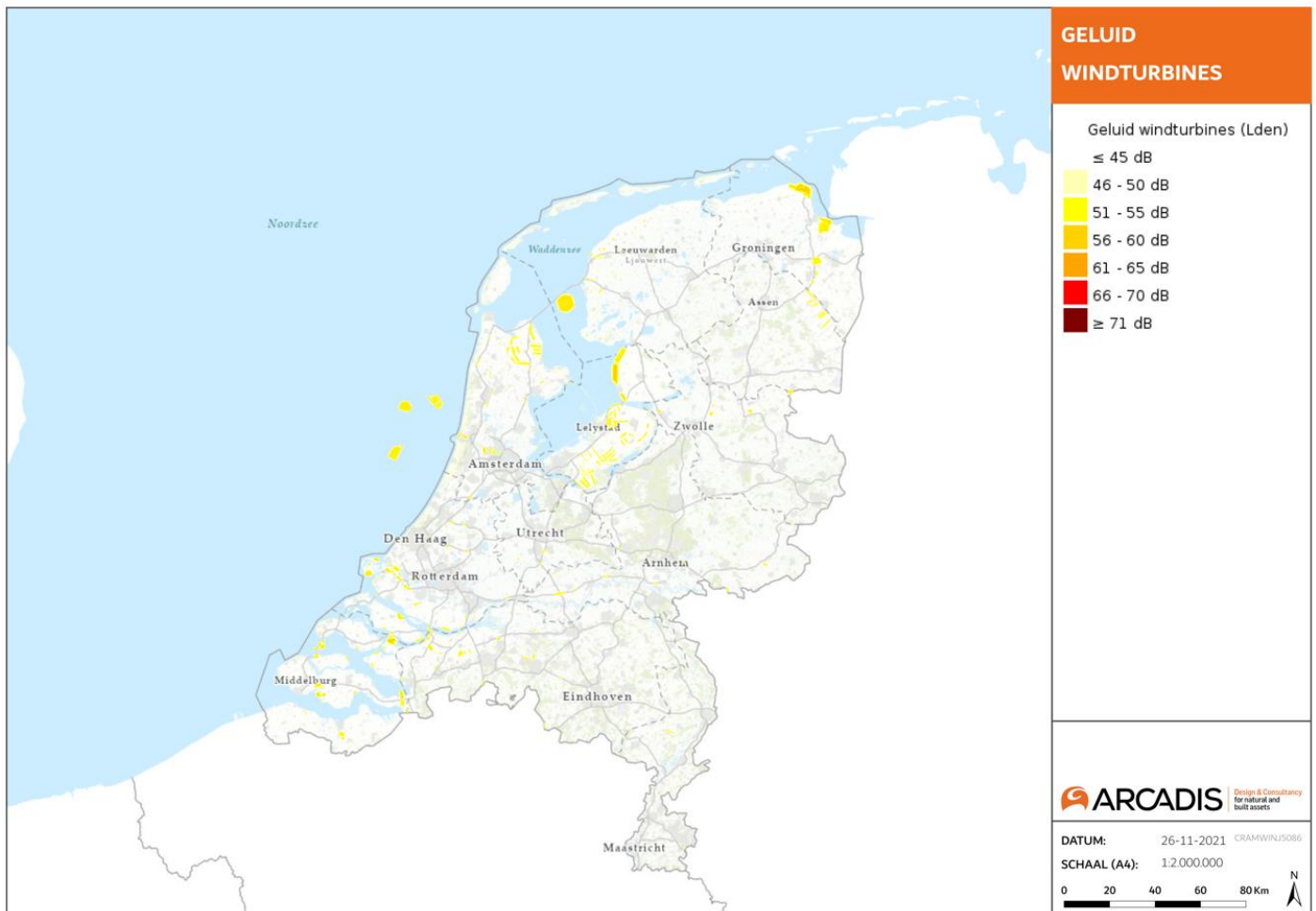
Infrasoon geluid

Infra- of infrason geluid betreft geluid met een frequentie van minder dan 20 Hz. Deze frequentie is zo laag dat het menselijk gehoor dit niet als geluid kan waarnemen. Infrason geluid kan wel door het lichaam worden gevoeld (onder meer als druk op de oren), maar alleen wanneer het geluid een zeer hoog niveau heeft.

Tonaal laagfrequent geluid

Tonaal laagfrequent geluid betreft een specifieke toon met een frequentie tussen de 20 en 100/125 Hz.

In Figuur 7-3 zijn de gecumuleerde geluidniveaus in Nederland weergegeven. In Figuur 7-4 is de bijdrage van het bestaande windturbinegeluid in dB L_{den} aan deze gecumuleerde geluidniveaus weergegeven. Uit Figuur 7-3 en Figuur 7-4 blijkt dat geluid van windturbines op nationaal niveau minder bijdraagt aan de cumulatieve geluidbelasting in Nederland dan andere geluidbronnen, zoals wegverkeer en treinverkeer. Lokaal kan deze bijdrage van windturbinegeluid aan de cumulatieve geluidbelasting in hogere mate merkbaar zijn.



Figuur 7-4 Geluid van windturbines in Nederland (Atlas van de leefomgeving, 2021)

7.2.1.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

Op het gebied van geluidhinder zijn er diverse ontwikkelingen en processen gaande welke van invloed zijn op dit thema. Wanneer de resultaten van het RIVM-onderzoek tussen 2016 en 2019 met elkaar vergeleken worden blijkt dat de (ernstige) geluidhinder door wegverkeer, vliegverkeer en bouw- en sloopactiviteiten het meest zijn toegenomen. Ook is er een toename van ernstige geluidhinder door Laag Frequent Geluid (LFG) met 1 procent-punt van 2,2 naar 3,2%. Wanneer we kijken naar hoe geluidhinder zich ontwikkelt over een langere termijn richting 2050 dan zijn er autonome – en toekomstige ontwikkelingen welke zowel kunnen leiden tot een toename van het aantal geluidgehinderden als een afname van het aantal geluidgehinderden. De volgende autonome en toekomstige ontwikkelingen spelen een rol:

- De energietransitie;
- De woningbouwopgave zorgt voor een toename aan woningen;
- Toename elektrisch vervoer (of niet fossiel aangedreven vervoer);
- Ontwikkelingen luchtvaartsector.

Een belangrijke trend met betrekking tot geluidhinder veroorzaakt door windturbines is de transitie van energieopwekking met fossiele brandstoffen naar duurzame energieopwekking. De transitie van fossiele energie naar duurzame energie zorgt voor meer windturbines op land. De toename van windturbines zorgt voor een verwachte toename van het aantal geluidgehinderden en toename in LFG. In paragraaf 7.2.7 is de energietransitie met betrekking tot wind op land verder toegelicht.

De woningbouwopgave die er ligt in Nederland kan van invloed zijn op het aantal geluidgehinderden. In alle provincies is plancapaciteit aanwezig om invulling te geven aan de woningbouwopgave (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2021). De toename van woningen zal voor een (groot) deel landen in stedelijk gebied waar op veel plekken al uitdagingen zijn rondom geluid. Anderzijds kan de woningbouwopgave buiten de stedelijke gebieden

zorgen voor meer mobiliteit en daarmee een toename van de geluidsemisatie. Wanneer het aantal woningen toeneemt en woongebieden uitbreiden worden meer bewoners gehinderd door geluidsoverlast. Daarmee is ook de kans aannemelijk dat het aantal geluidgehinderden door windturbines groter wordt. Daarnaast zal het aantal geschikte locaties voor windturbines afnemen in verband met de groei van woongebieden.

De toename van elektrisch vervoer heeft een positief effect voor geluidhinder als gevolg van stillere (elektrische) auto's (RVO, 2022). Ook de verwachte introductie van overig elektrisch vervoer (wegverkeer en vliegverkeer) zal een positief effect hebben op geluidhinder.

De afgelopen jaren wordt de luchtvaartsector steeds zuiniger, stiller en schoner. Tussen 2016 en 2019 is de geluidhinder veroorzaakt door vliegverkeer echter toegenomen. In de Luchtvaartnota 2020-2050 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020) schetst de Rijksoverheid een nieuwe koers naar een duurzame luchtvaartsector in 2050. Hierbij wordt een beeld geschetst van een schonere en stillere luchtvaart in 2050, mede doordat de hoeveelheid geluid die vliegtuigen per vliegtuigbeweging produceren afneemt. Uit de milieueffectrapportage behorend bij de Luchtvaartnota 2020-2050 blijkt dat vliegtuigen jaarlijks gemiddeld ruim 1% stiller worden. Enkele maatregelen uit de Luchtvaartnota 2020-2050 die de geluidhinder als gevolg van vliegverkeer terug moeten dringen zijn:

- De Rijksoverheid stuurt op afname van de negatieve gezondheidseffecten door luchtvaart als voorwaarde voor de toekomstige groei van de burgerluchtvaart. Hierbij gaat het om geluidhinder en de gezondheidseffecten door de uitstoot van schadelijke stoffen.
- Luchthavens moeten de geluidsoverlast steeds verder verminderen. Hoe, legt de Rijksoverheid vast in luchthavenbesluiten van burgerluchthavens waar het Rijk het bevoegd gezag is;
- Minder nachtvluchten tussen 23.00 en 7.00 uur zonder verschuiving naar de randen van de nacht (22.00-23.00 en 7.00-8.00 uur). De Rijksoverheid onderzoekt de economische effecten, in welk tempo de nachtvluchten kunnen afnemen en tot welk aantal dit kan;
- Afspraken per luchthaven met de partijen in de regio over het vergroten van de kwaliteit van de leefomgeving en maatregelen die de hinder voor bewoners verminderen en compenseren. Onderdeel hiervan zijn afspraken over het meten van geluid en het verbeteren van de leefomgeving en het verminderen van hinder en negatieve gezondheidseffecten;
- Vormgeven geluidsbeleid dat beter aansluit bij de hinder die bewoners ervaren en waarmee de sturingsmogelijkheden op hinder toenemen. Bijvoorbeeld op basis van onderzoek naar meer rustmomenten. Het Rijk gebruikt daarbij het landelijke programma gericht op meten en berekenen van vliegtuiggeluid en het advies van de Wereldgezondheidsorganisatie WHO.

7.2.1.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor geluidhinder geldt dat zowel in België als Duitsland geluidgevoelige objecten aanwezig zijn bij de grens.

7.2.2 Zicht- en lichthinder

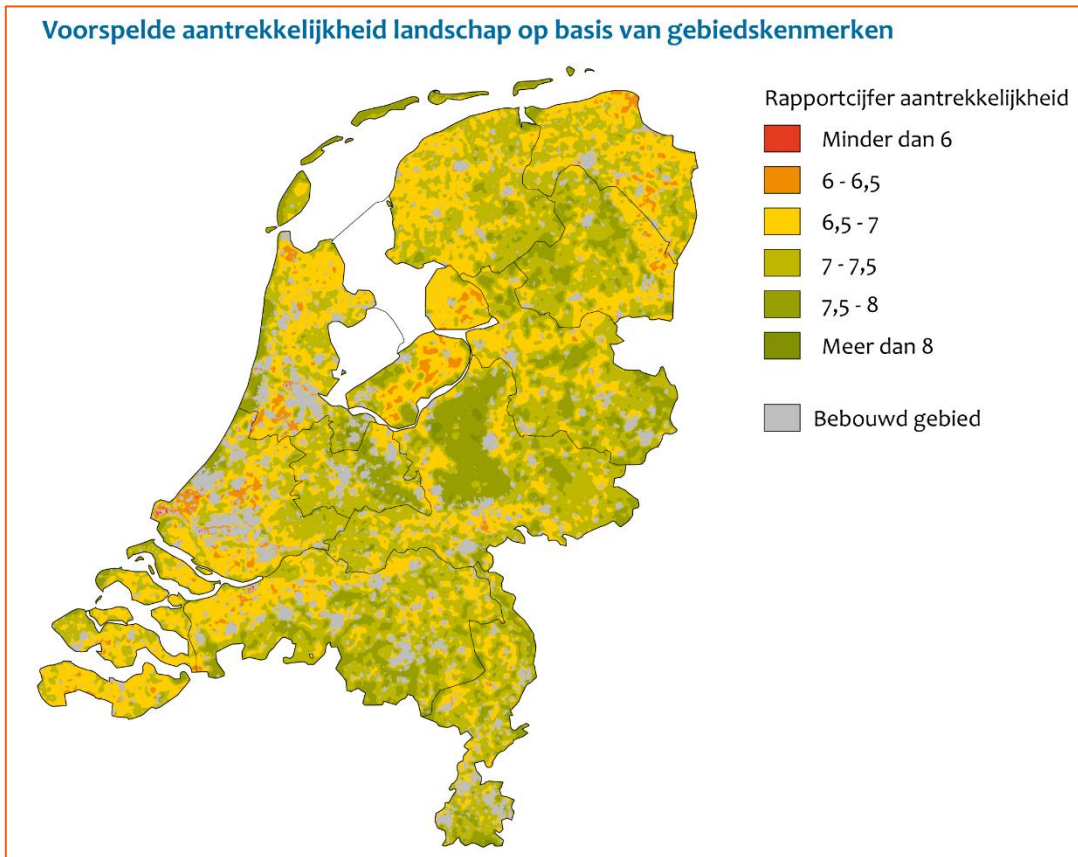
7.2.2.1 Beschrijving huidige situatie

Voor windturbines wordt in dit planMER gefocust op drie soorten hinder effecten in relatie tot zicht- en lichthinder, namelijk zichthindereffecten op het uitzicht veroorzaakt door obstakels, hindereffecten veroorzaakt door slagschaduw en nachtelijke lichthinder (veroorzaakt door obstakelverlichting).

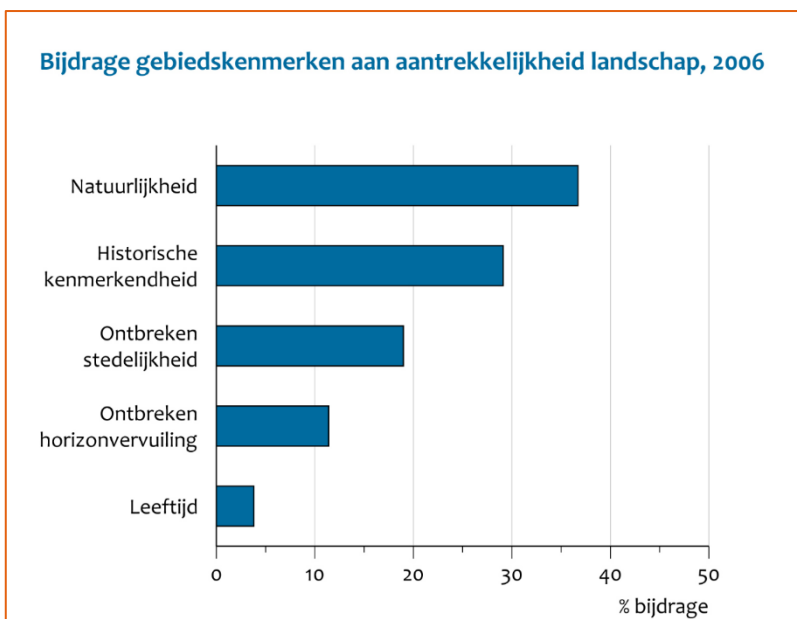
Zichthinder veroorzaakt door obstakels

De belevingswaarde van het landschap is subjectief en persoonsafhankelijk. In Figuur 7-5 is de gemiddelde waardering van het Nederlandse landschap door de bevolking op basis van fysieke landschapskenmerken opgenomen. Hierbij is gebruik gemaakt van twee positief gewaardeerde landschapskenmerken (natuurlijkheid en historische kenmerkendheid) en twee negatief gewaardeerde kenmerken (stedelijkheid en horizonvervuiling). De belevingskaart geeft enkel de waardering van het buitengebied weer. De stedelijke kernen zijn buiten beschouwing gelaten. Uit de kaart blijkt dat kleinschalige landschappen, de kustzone en het Heuvelland het meest gewaardeerd worden. Open landschappen met veel verstedelijking en/of akkerbouw zoals de Zuidvleugel van de Randstad, de

IJsselmeerpolders, en de klei- en veengebieden in Groningen, Friesland en Zeeland worden minder gewaardeerd. In Figuur 7-6 zijn de parameters weergegeven die een bijdrage leveren aan de aantrekkelijkheid van het landschap.



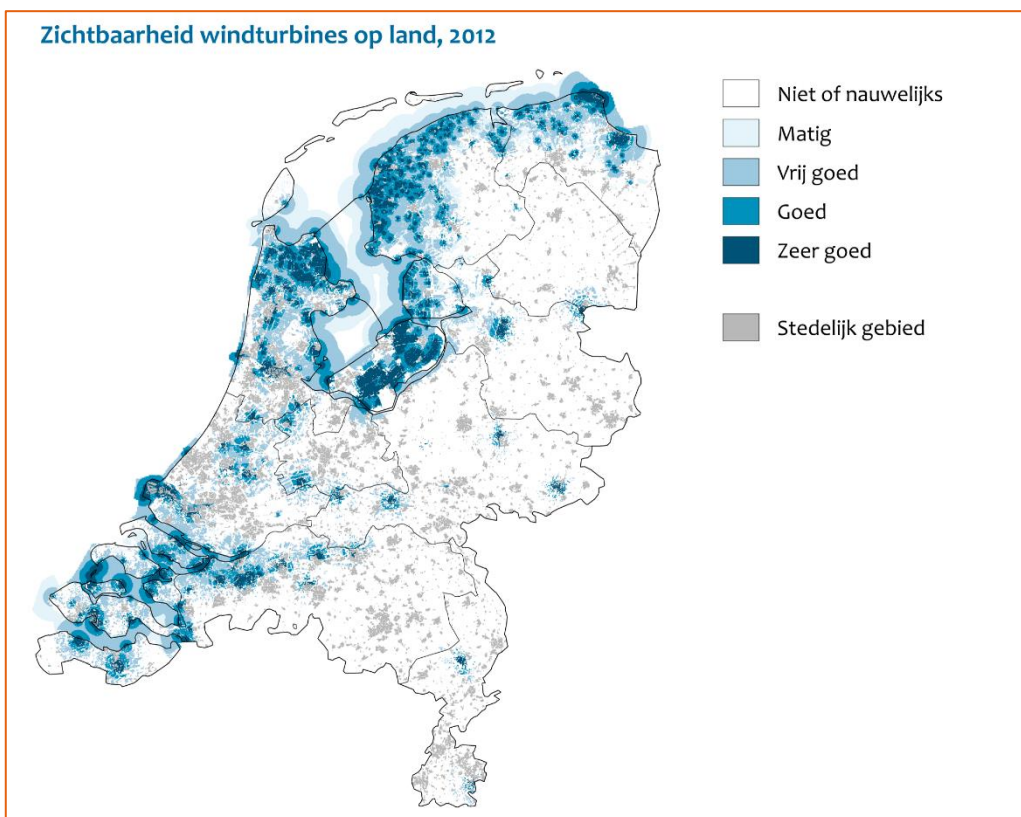
Figuur 7-5 Voorspelde aantrekkelijkheid landschap op basis van gebiedskenmerken



Figuur 7-6 Bijdrage gebiedskenmerken aan aantrekkelijkheid landschap, 2006 (Crommentuijn, Farjon, den Dekker, & Van der Wulp, 2007)

Hoge elementen zoals windturbines kunnen de waardering van het landschap negatief beïnvloeden. Als 100 meter hoge windturbines zichtbaar zijn, ligt de waardering van het landschap binnen 1,5 km van de windturbine met een derde lager dan wanneer er geen windturbine zichtbaar is. Op 2,5 km afstand is de afname van de waardering van het

landschap nog een kwart (CLO, 2014; De Vries, De Groot, & Boers, 2012). Figuur 7-7 geeft een beeld van de zichtbaarheid van windturbines in 2012. Met de toename van het aantal windturbines van 2012 tot nu, is ook de zichtbaarheid toegenomen. In hoeverre de waardering van het landschap wordt aangetast is mede afhankelijk van lokale factoren. Zo is naar verwachting het effect kleiner in de minder gewaardeerde landschappen van Laag-Nederland (open en in agrarisch gebruik) en landschappen waar al veel andere gebouwde elementen voorkomen zoals haventerreinen en industriegebieden op de Maasvlakte. Ook de precieze plaatsing van de objecten ten opzichte van bestaande landschapsstructuren zoals grote wateren speelt een rol (CLO, 2014). De openheid van het landschap, en daarmee de kans dat een windturbine zichtbaar is, verschilt sterk per provincie. De openheid van het landschap wordt bepaald door het wel of niet voorkomen van elementen hoger dan ooghoogte, zoals hellingen, bos en bebouwing. Volgens het CLO (2022) heeft de provincie Friesland het hoogste percentage zeer open gebieden, omdat de provincie een groot deel van het open IJsselmeer beslaat en veel open kleilandschappen bevat. Limburg, Noord-Brabant en Gelderland zijn provincies met meer gesloten landschappen, door de grote hoeveelheid bomen, bosjes en bossen. De meeste gesloten landschappen zijn te vinden op de hogere zandgronden.



Figuur 7-7 Zichtbaarheid windturbines op land (CLO, 2014). Deze kaart is gebaseerd op de opgestelde windturbines in 2012.

Hinder veroorzaakt door slagschaduw

Als de zon schijnt kunnen de draaiende rotorbladen van windturbines een bewegende schaduw veroorzaken. Dit wordt aangeduid als slagschaduw. Slagschaduw betreft de variaties in de lichtsterkte die optreden vanwege de passerende schaduw van de draaiende rotorbladen van een windturbine. Deze lichtvariaties treden op als vanaf de ontvanger gezien de zonnestrallen telkens worden onderbroken door de rotorbladen van een windturbine. Afhankelijk van hoe lang en hoe vaak de slagschaduw optreedt, de frequentie van de lichtvariaties en de intensiteit van de wisselingen in lichtsterkte kan dit tot hinder leiden. De hinder doet zich vooral voor als de slagschaduw op het raam van een gebouw valt en hierdoor binnen in het gebouw sterke wisselingen in de lichtsterkte optreden. Binnen in een gebouw zijn de variaties in lichtsterkte door slagschaduw namelijk groter dan buiten, doordat de lichtinval via een raam periodiek wordt onderbroken. Buiten wordt de slagschaduw ook waargenomen, maar doordat het licht hier meer diffuus is zijn de wisselingen in lichtsterkte minder groot. Hoe lager de zon staat, hoe verder het bereik van de slagschaduw is. Dat betekent dat aan het begin en het einde van de dag het bereik van de slagschaduw het grootst is. Om de hinder van slagschaduw te beperken, kan naast locatiekeuze worden gedacht aan een automatische stilstandsvoorziening. Die schakelt de windturbine af als slagschaduw optreedt bij gevoelige objecten.

Slagschaduw is een lokaal probleem, waarvoor lokaal maatwerk nodig is. Op nationaal schaalniveau zijn er geen gegevens bekend over het aantal mensen dat hinder ervaart door slagschaduw. Wel is bekend hoe op projectniveau (lokaal) wordt omgegaan met de normering van slagschaduw. Dit is verder toegelicht in paragraaf 7.3.

Lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting

In zijn algemeenheid wordt lichthinder veroorzaakt door kunstmatige verlichting, bijvoorbeeld door nachtelijke verlichting veroorzaakt door lichtbronnen zoals (snel)wegen, woonkernen, industrie- en bedrijventerreinen, glastuinbouwbedrijven en sportterreinen. Er is geen wettelijk kader in het ruimtelijk spoor dat lichtgevoelige functies definieert. De bescherming gaat via de invulling van een "goede ruimtelijke ordening" (Wro/Wabo). Specifiek voor assimilatiebelichting bij glastuinbouw en voor verlichting van sportterreinen zijn wel voorschriften⁵³.

In Figuur 7-8 is de lichtemissie van Nederland op nationale schaal te zien. Glastuinbouw en stedelijk gebied zijn grote veroorzakers van lichtvervuiling. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat 5% van de bevolking in Nederland ernstige lichthinder en 3% slaapverstoring ondervindt (RIVM, 2013). Lichthinder kan leiden tot vier soorten negatieve effecten:

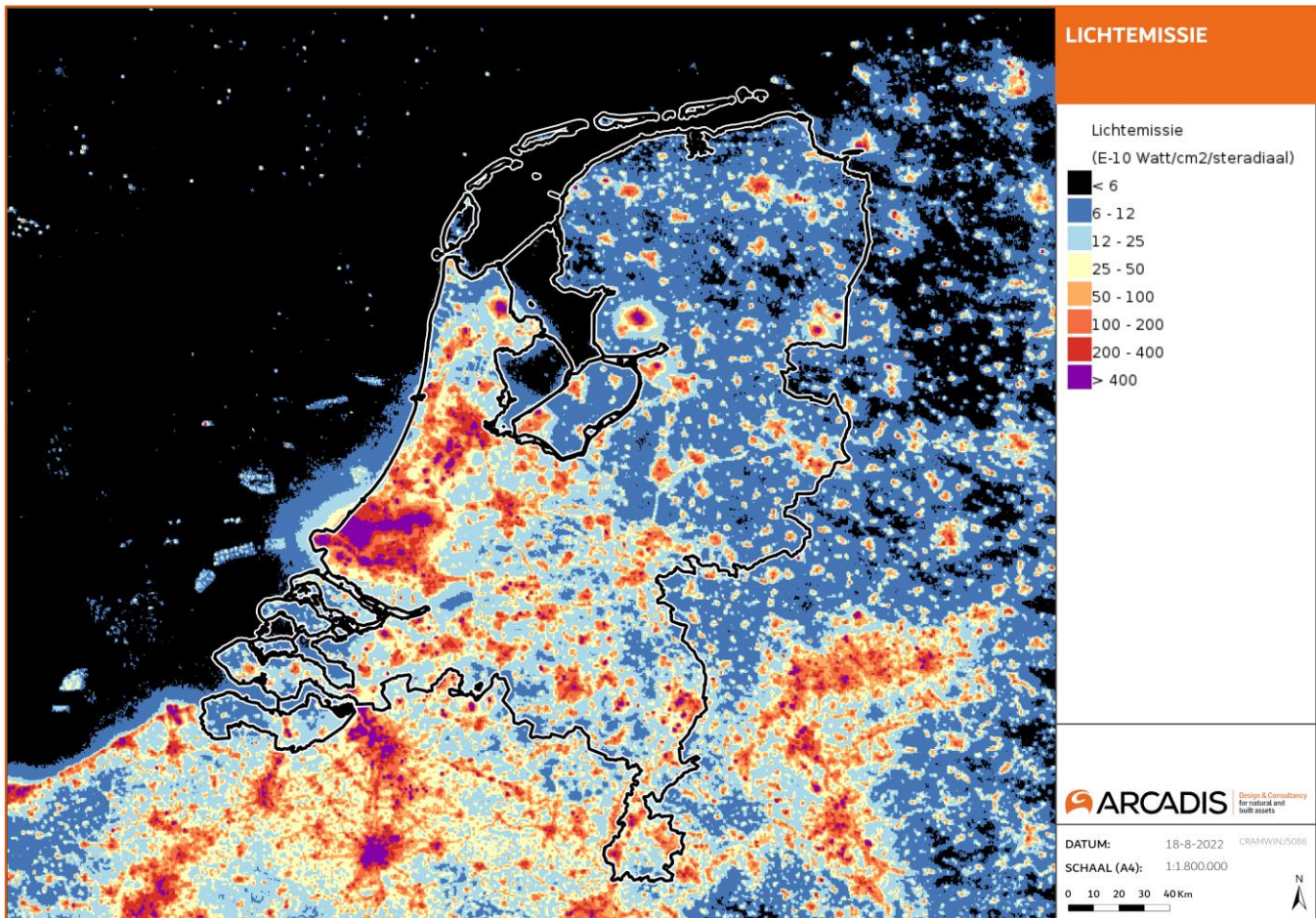
1. Hinder voor de mens: deze hinder ontstaat wanneer mensen zich niet kunnen onttrekken aan het aanwezige kunstlicht, bijvoorbeeld wanneer ze willen slapen.
2. Hinder langs wegen: hierdoor ontstaan onveilige situaties, bijvoorbeeld door afleiding als gevolg van reclame-uitingen.
3. Verstoring van natuur: nachtelijke kunstmatige verlichting kan het gedrag van dieren negatief beïnvloeden, bijvoorbeeld bij vleermuizen.
4. Horizonvervuiling: deze hinder ontstaat wanneer er geen sprake is van direct licht, maar het licht wel op grotere afstand nog zichtbaar is.

Ook windturbines kunnen zorgen voor lichtemissie en daardoor een bron van lichthinder zijn. De lichthinder van windturbines wordt veroorzaakt door obstakelverlichting. Obstakelverlichting is verlichting die de windturbines zichtbaar maakt voor vliegverkeer. Hierbij kan zowel sprake zijn van knipperende als vast brandende verlichting. De verlichting kan tijdens duisternis worden aangestuurd met naderingsdetectie zodat de verlichting uit is als er geen luchtvaartuigen in de buurt zijn. Met de toename van het aantal windturbines hoger dan 150 meter, neemt ook de hinder van obstakelverlichting toe.

Lichthinder als gevolg van obstakelverlichting leidt met name tot de negatieve effecten hiervoor beschreven in punt 3 "verstoring van natuur" en punt 4 "horizonvervuiling". Omdat lichthinder een plaatselijk probleem is, is lokaal maatwerk nodig. In paragraaf 5.9 zijn de regels omtrent obstakelverlichting in Nederland toegelicht. Kort samengevat wordt obstakelverlichting bij windturbines met een tiphoogte van meer dan 150 meter toegepast. Zowel overdag (wit licht) als in de nachtperiode (rood licht) is obstakelverlichting verplicht.

In Nederland zijn verschillende mogelijkheden om de hinder als gevolg van obstakelverlichting te beperken, zoals vast brandende verlichting, het dimmen van verlichting, het toepassen van minder obstakelverlichting en het toepassen van naderingsdetectie. In 2015 hebben in Nederland testen plaatsgevonden voor het verminderen van de hoeveelheid en intensiteit van obstakelverlichting (RVO, 2022). Windpark Fryslân in het IJsselmeer (radardetectie) en Windpark Krammer in Zeeland (transponderdetectie) hebben in 2022 als eerste twee windparken in Nederland toestemming gekregen van de ILT om naderingsdetectie toe te passen.

⁵³ Voor meer informatie over lichthinder in het Activiteitenbesluit, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/milieuthema-s/welke-mogelijkheden/>



Figuur 7-8 Lichtemissie in 2020. De kaart laat zien hoeveel licht er 's nachts te zien was in 2020 als je Nederland van bovenaf bekijkt. De rode en paarse gebieden zijn erg verlicht. Zwarte en blauwe gebieden zijn minder verlicht. (RIVM, 2022)

7.2.2.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

De autonome- en toekomstige ontwikkelingen voor zicht- en lichthinder worden hieronder toegelicht per beoordelingscriterium.

Zichthinder veroorzaakt door obstakels

Volgens het CBS (2022) is in de periode 2013-2020 de oppervlakte van wonen, industrie en infrastructuur toegenomen met 200 km² en de oppervlakte landbouwgrond afgenomen met 244 km². In alle provincies, met uitzondering van Zeeland, komt het verlies van landbouwgrond vooral door de toename van het bebouwde gebied, en in mindere mate door natuurontwikkeling. Gezien de woningbouwopgave, de transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame opwekking, de uitbreiding van het Natuurnetwerk Nederland (NNN) en de Bossenstrategie⁵⁴ is de verwachting dat de landbouwgrond verder afneemt. Echter, volgens het toekomstperspectief in de NOVI (Ministerie BZK, 2020) is in 2050 het grootste deel van het Nederlands grondoppervlak nog steeds bestemd voor groene functies als land- en tuinbouw en natuur. Door de toename van bebouwde omgeving en de verwachte toename van het aantal windturbines zal het aantal obstakels die zichthinder kunnen veroorzaken toenemen.

Hinder veroorzaakt door slagschaduw

Slagschaduw is een fenomeen wat specifiek voorkomt bij windturbines op land. Door de transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energieopwekking is de verwachting dat er meer windturbines op land worden geplaatst.

⁵⁴ Voor meer informatie over de Bossenstrategie, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/11/18/afpraak-rijk-en-provincies-bijna-vier-keer-ter-grootte-van-stad-utrecht-aan-extra-bos>

Dit leidt tot een toename van de hoeveelheid slagschaduw op de lange termijn. Het al dan niet toepassen van stilstandsvoorzieningen bepaalt of ook de slagschaduw hinder toeneemt.

Lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting

Wanneer de lichtemissie van 2012 vergeleken wordt met 2018 zijn op specifieke locaties zowel toenames als afnames van lichtemissie te zien (Atlas van de Leefomgeving, 2020). Deze verschillen worden veroorzaakt door veranderende lichtregimes in kassen, verdwijnende of nieuwe kascomplexen en de toename van lichtuitstoot in de grote steden. Voor lichthinder in Nederland, zijn de volgende trends van belang:

- Ontwikkelingen in de glastuinbouw leiden tot veranderingen in de hoeveelheid lichtemissie. De hoeveelheid lichtemissie door glastuinbouwbedrijven neemt af. Dit is het resultaat van lichthindervoorschriften in het Activiteitenbesluit milieubeheer⁵⁵ en de afname in aantal glastuinbouwbedrijven.⁵⁶
- De woningbouwopgave en bijbehorende verstedelijking waardoor lichtemissie toeneemt.
- De transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energieopwekking, waardoor meer windturbines op land worden geplaatst met obstakelverlichting.
- De ontwikkeling van naderingsdetectie als techniek en de verankering in wetgeving.

7.2.2.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor zicht- en lichthinder geldt dat zowel in België als Duitsland woningen aanwezig zijn bij de grens, welke hinder kunnen ondervinden van obstakels, slagschaduw of licht.

7.2.3 Externe veiligheid

De regelgeving en beleidsvorming specifiek rond windturbines is wettelijk van kracht sinds 2011 bij de vorming van het Besluit algemene regels inrichtingen milieubeheer (Barim) en het daaropvolgende Activiteitenbesluit milieubeheer. Daarvoor waren er geen wettelijke regels van toepassing maar konden met behulp van het Handboek risicozonering windturbines (HRW v1.1 – juli 2002) de risico's inzichtelijk worden gemaakt. In de eerste versie van dit handboek staat in de inleiding dat door groeiende maatschappelijke druk tegen windturbines in landelijk gebied voor de verdere ontwikkeling van grotere windturbines werd gezocht naar locaties bij infrastructurele werken zoals wegen en vaarwegen en naar locaties bij / in industriegebieden vanwege een gewenste concentratie van industriële activiteiten. Om deze reden was een rekenmethodiek en regelgeving benodigd die niet enkel keek naar bescherming op basis van de effectafstanden maar naar een methodiek die de risico's inzichtelijk maakt en op basis daarvan grenzen stelt. In deze rekenmethodiek werd gekeken naar het optreden van zowel directe risico's als indirecte risico's die ontstaan door vervolgschade bij andere gevaarlijke objecten of installaties in de omgeving (domino-effecten).

Er is een verschil tussen bescherming via een risicobenadering en bescherming tegen risico's via het aanhouden van vaste effectafstanden. De laatste gaat uit van intrinsiek veilige afstanden (rekening houdend met de faalscenario's zoals weergegeven in Figuur 5-1. De afstanden worden bepaald aan de hand van de maximale effectafstanden van de verschillende faalscenario's. Met andere woorden: buiten deze afstand kunnen geen onderdelen meer terecht komen en is er dus ook geen mogelijk effect meer. Een dergelijke benadering voorkomt de noodzaak tot uitvoering van uitgebreidere berekeningen maar houdt minder rekening met de relevante eigenschappen en specifieke afmetingen van de te plaatsen windturbine. Bovendien wordt ieder effect even zwaar beoordeeld, of de kans op optreden verwaarloosbaar klein is doet er in deze benadering niet toe.

7.2.3.1 Beschrijving huidige situatie

In de huidige situatie worden risico's beoordeeld aan de hand van de methodieken uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Dit maakt onderscheid tussen **kwetsbare objecten** en **beperkt kwetsbare objecten**. Kwetsbare objecten, beperkt kwetsbare objecten en risicovolle inrichtingen en buisleidingen worden in deze paragraaf toegelicht.

⁵⁵ Voor meer informatie over lichthindervoorschriften in het Activiteitenbesluit, zie:

<https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/milieuthema-s/welke-mogelijkheden/kassen/>

⁵⁶ Vanaf 2000 was jaarlijks een afname van 6 à 7 % van het aantal glastuinbouwbedrijven. Volgens de landbouwtelling (CBS, 2022) is dat aantal in 2020 gestegen – tegen de jaarlijkse afname in - met 90 (3,4%) tot 2.670. De verwachting is dat dit doorzet.

Kwetsbare objecten⁵⁷

In de referentiesituatie wordt een afstand aangehouden die overeenkomt met de PR-contour van 10^{-6} voor kwetsbare objecten. Dit betekent dat een plaatsgebonden risico van meer dan 1 per miljoen per jaar niet mag optreden bij kwetsbare objecten. Een dergelijk risico treedt niet op buiten de effectafstanden van zowel mastfalen (tiphoogteafstand) als de afstand van bladworp bij nominaal toerental. De specifieke eigenschappen van een windturbine bepalen waar de ligging van de PR 10^{-6} contour werkelijk ligt.

Beperkt kwetsbare objecten

In de referentiesituatie geldt een grenswaarde van maximaal PR 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten. Dit betekent dat kleinere aantallen personen, tijdelijk aanwezige personen en/of zelfredzame personen worden blootgesteld aan een plaatsgebonden risico met een kans van treffen van minder dan 1 per 100.000 per jaar. Een risico van ten hoogste PR 10^{-5} treedt volgens de rekenregels nooit op buiten de effectafstand van gondelfalen (halve rotordiameter). De specifieke eigenschappen van een windturbine bepalen waar de ligging van de PR 10^{-5} contour werkelijk ligt.

Externe veiligheid en risico's van windturbines

Externe veiligheid heeft betrekking op de risico's die ontstaan door opslag, productie en transport van gevaarlijke stoffen en het in werking hebben van windturbines en luchthavens. Het risico wordt uitgedrukt in een combinatie van de kans dat een ongeval zich voordoet én het effect van het ongeval.

Inwoners van een bepaald gebied kunnen te maken krijgen met een verhoogde kans op overlijden als gevolg van de aanwezigheid van een risicovolle bron, in dit geval een windturbine. Specifiek voor windturbines gaat externe veiligheid over de risico's voor mensen als gevolg van een calamiteit aan de windturbines. Die worden uitgedrukt in faalscenario's, zoals ijsafwerping, mastbreuk en het afbreken van een windturbineblad (bladworp) of het naar beneden vallen van de gondel (zie Figuur 5-1). Het faalscenario bladworp kan bestaan uit een situatie van bladworp bij nominaal toerental⁵⁸ of een situatie van bladworp bij overtoeren⁵⁹. De bijbehorende maximale effectafstanden zijn:

- Gondelfalen - Afstand van halve rotordiameter;
- Mastfalen – Tiphoogteafstand;
- Bladworp – Bladworpafstand bij nominaal toerental en bij overtoeren.

Risico's door faalscenario's kunnen inzichtelijk worden gemaakt met behulp van de methodiek van het plaatsgebonden risico (PR). Het plaatsgebonden risico is de kans dat een persoon die een jaar lang onbeschermd aanwezig is op een plaats in de omgeving van een risicovolle activiteit, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongevoerd voorval veroorzaakt door die activiteit. Een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar betekent dan dat de kans op overlijden één op de miljoen is, 10^{-5} staat voor één op de honderdduizend, etc. Hoe verder weg van de windturbine, hoe kleiner de optredende kansen. Dit neemt af tot nul op een afstand waarop er geen enkel faalscenario meer kan leiden tot schade.

Incidenten met ijs

Naast het afbreken van windturbineonderdelen kan er ook een risico voor de omgeving ontstaan als gevolg van het naar beneden vallen van ijsbrokken die gevormd kunnen worden tijdens specifieke winterse omstandigheden. Vallende ijsbrokken kunnen letsel aan passanten toebrengen en schade veroorzaken aan gebouwen of ander materieel in de directe omgeving van de windturbine. Er zijn echter systemen en maatregelen beschikbaar waarmee de gevolgen voor de omgeving zijn te beperken. Er zijn geen maatregelen benodigd indien de omgeving niet gevoelig is voor schade door ijsval of ijsworp. Met behulp van detectiesystemen kan de aangroei van ijsvorming worden gedetecteerd. Ijsworp kan worden voorkomen door tijdens de aangroei van ijsvorming de windturbines stil

⁵⁷ Zie paragraaf 5.3.2 voor uitleg over kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

⁵⁸ Een windturbine draait lang niet altijd een nominaal vermogen waardoor de kans op een werpafstand voor die situatie wordt overschat. Indien de werpafstand bij nominaal toerental als effectafstand onderdeel uit gaat maken van de normering, kan een nadere beschouwing rekening houdend met de aanwezigheid van een variabel toerental mogelijk resulteren in het optreden van grotere risico's op kleinere afstanden.

⁵⁹ De werpafstand bij overtoeren is voornamelijk relevant bij oudere windturbines. Moderne windturbines beschikken over meerdere veiligheidsmaatregelen waardoor verwacht wordt dat de kans van het optreden van bladworp bij overtoeren nagenoeg uitgesloten kan worden. De Stichting Advisering Bestuursrechtspraak geeft in haar adviezen aan de Raad van State aan dat dit type incident onwaarschijnlijk is en niet nader beschouwd hoeft te worden. De Raad van State heeft in zijn uitspraken dit standpunt overgenomen. Het RIVM laat in 2023 nader onderzoek doen naar de nader te beschouwen faalscenario's van windturbines. Dit PlanMER gaat uit van de huidige rekenregels in de Handleiding Risicobeoordeling Windturbines, wat betekent dat bladworp bij overtoeren onderdeel is van de faalscenario's in dit planMER.

te zetten. Voor ijssval kunnen veilige zones worden geïdentificeerd waar het ijs veilig van de bladen kan glijden. Met behulp van bijvoorbeeld het Veiligheidsprotocol IJsafzetting Windturbines van NWEA⁶⁰ kunnen de risico's zodanig worden geminimaliseerd dat de risico's beperkt zijn. De risico's van ijsworp en ijssval hebben daarmee geen verdere significante invloed op de risicobeoordeling van de externe veiligheid van een windturbine.

Domino-effecten

Wanneer een windturbine faalt kunnen er risico's ontstaan doordat risicovolle inrichtingen, installaties en infrastructuur in de omgeving beschadigd raken door onderdelen van de windturbine. Deze schade op zichzelf levert een vergroot risico op de omgeving op (zie Figuur 5-2 voor een schematisch voorbeeld). Voor deze zogenoemde domino-effecten is het van belang inzicht te krijgen in de aanwezigheid van risicovolle activiteiten in de omgeving van een windturbine, zoals BRZO bedrijven, andere Bevi-inrichtingen en buisleidingen.

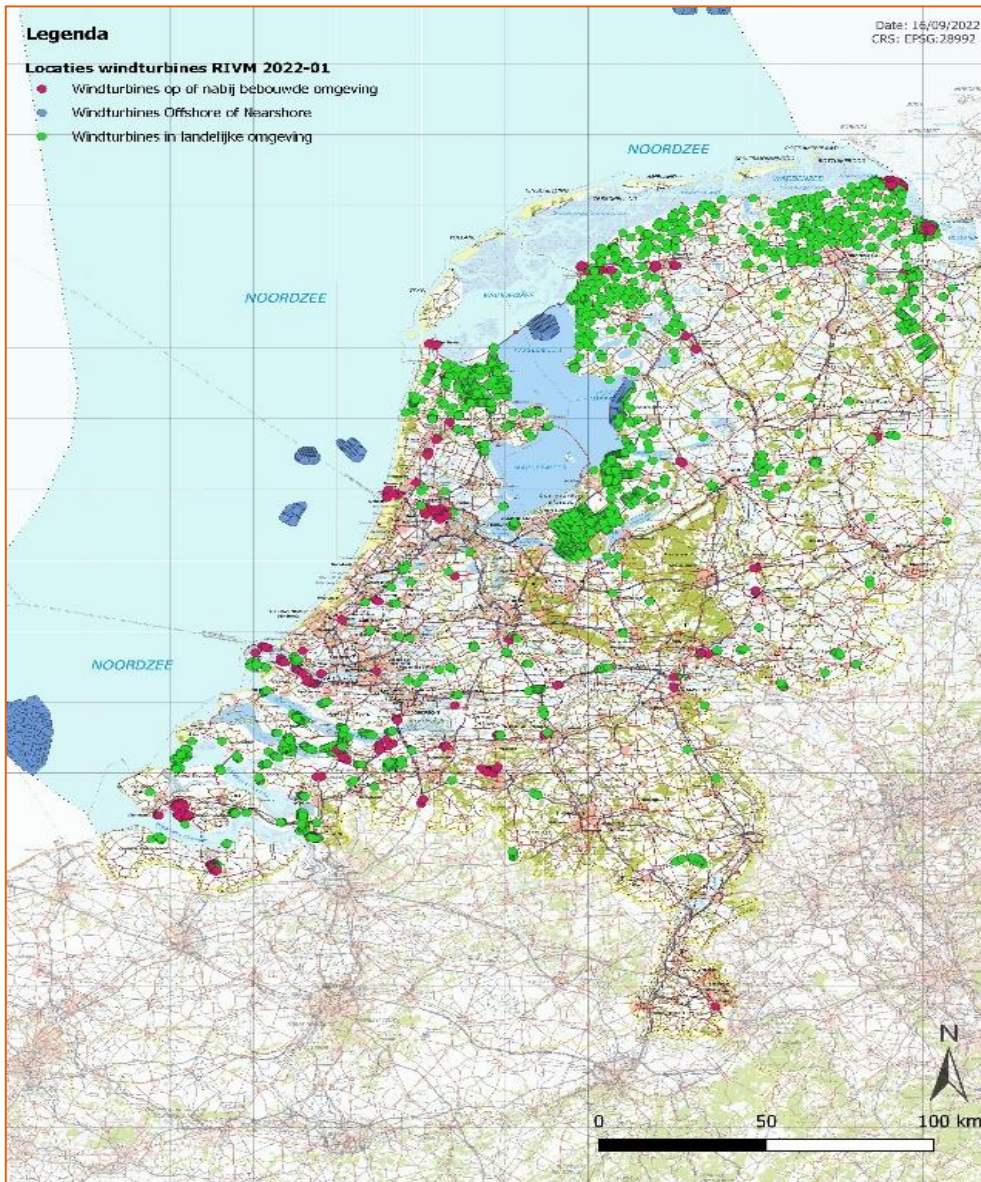
Effecten bij plaatsing in bebouwde omgeving of in landelijk gebied

Of windturbines een risico veroorzaken is sterk afhankelijk van de omgeving. Zijn er geen kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten aanwezig, dan is er ook geen relevant risico voor deze objecten.

Uit een analyse van de windturbine database van het RIVM versie 01 januari 2022 van de locaties van windturbines in Nederland blijkt dat 372 van de 2.542 windturbines op land geplaatst zijn in de directe nabijheid van bebouwing (zie Figuur 7-9). Dat wil zeggen, binnen een afstand waarop nog relevante faalscenario's kunnen optreden. In alle gevallen betrof dit windturbines op bedrijventerreinen of in havengebieden. Dit betekent dat circa 15% van de windturbines zich momenteel bevindt in of direct naast een bebouwde omgeving. De overige windturbines zijn geplaatst in landelijk gebied.

Als windturbines in een landelijke omgeving worden geplaatst zijn er relatief weinig of geen objecten aanwezig binnen de relevante effectafstanden van een windturbine locatie. In deze omgevingen zijn de afstanden die aangehouden worden voor bescherming tegen geluidsoverlast maatgevend voor de afstand tussen windturbines en geluidgevoelige objecten (circa 300 – 400 meter). Geluidgevoelige objecten zijn in veel gevallen ook kwetsbare objecten. Dit betekent dat de windturbines in een landelijke omgeving vanwege geluidnormen bijna altijd al voldoende afstand hebben uit hoofde van externe veiligheid.

⁶⁰ Zie: <https://www.nwea.nl/wp-content/uploads/2019/04/190415-veiligheidsprotocol-ijssafzetting-windturbines-versie-15.pdf>.



Figuur 7-9 Weergave verhouding windturbines nabij bebouwde omgeving en landelijke omgeving

Op bedrijven- of haventerreinen zijn echter veelal geen maatgevende geluidgevoelige objecten aanwezig. Dit komt doordat dit enerzijds reeds geluidbelaste objecten zijn (woningen op een geluidgezoneerd bedrijventerrein) of doordat de objecten niet geluidgevoelig zijn (bedrijven / kantoren / hallen). Het aspect geluid is op die locaties dus geen automatische beperking die ervoor zorgt dat aan de benodigde veiligheidsafstanden wordt voldaan. In die gevallen is de externe veiligheid regelgeving dus wel maatgevend.

Risicovolle inrichtingen

Er gelden in de referentiesituatie geen normen voor de toelaatbaarheid van windturbines in de nabijheid van risicovolle bedrijven.

Er kunnen risico's voor de omgeving optreden als gevolg van vervolgschade aan andere risicovolle bronnen in de omgeving van een windturbine. Als voorbeeld zou een tankopslag met giftige stoffen geraakt kunnen worden door een vallend windturbineonderdeel, waarna er giftige stoffen in een gaswolk vrijkomen die op een veel grotere afstand van de windturbine letsel aan personen kan opleveren. Risicovolle buisleidingen liggen verspreid over Nederland. Risicovolle inrichtingen (zoals BRZO bedrijven of andere Bevi-inrichtingen) zijn veelal gelegen op bedrijventerrein en in havengebieden.

In Nederland zijn risicovolle activiteiten ingedeeld in categorieën, met verschillende manieren van het beschermen tegen risico's. Deze bescherming kan voortkomen uit het hanteren van vaste toetsingsafstanden tot kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten, het hanteren van een beperking van risicocontouren tot inrichtingsgrenzen, of de berekening van de specifieke risico's.

De benadering hangt onder andere af van de mate van risico die een installatie oplevert voor de omgeving. Voor kleinere installaties met een gering risico beperken de eisen zich vaak tot standaardafstanden. Voor grote installaties is een uitgebreide analyse van de specifieke optredende risico's benodigd in de vorm van een kwantitatieve risicoanalyse (een zogenaamde QRA).

Dit betekent dat er per installatie een aparte risicoanalyse uitgevoerd moet worden bij plaatsing van een windturbine. De invloed van een windturbine op een installatie verschilt. Bij installaties met een kleine kans op falen maar met grote effectafstanden kan het risico significant toenemen door (een) windturbine(s). Bij kleinere installaties met beperktere veiligheidseisen kan het additionele risico van een windturbine zorgen voor nagenoeg gelijke risico's, indien het risico van de eigen installatie maatgevend is voor de bepaling van de risicocontouren. Momenteel ontbreken regels voor deze domino-effecten. Dit komt aan de orde bij de belangenafweging in de ruimtelijke ordening bij realiseren van windturbines. Een concept circulaire windturbines bij risicovolle bedrijven⁶¹ zou een normstellend afwegingskader voor windturbines in relatie tot risicovolle bedrijven adviseren aan bevoegde gezagen. Deze circulaire is niet ingevoerd in afwachting van dit planMER.

Bij het realiseren van een windturbine nabij grote risicovolle inrichtingen geldt in de referentiesituatie dat veelal afstanden worden aangehouden waarbij er enkel nog sprake kan zijn van effecten als gevolg van het faalscenario bladworp bij overtoeren. Dit faalscenario heeft een zeer kleine kans van optreden⁶². Bij vrijwel alle risicovolle activiteiten is een dergelijke trefkans verwaarloosbaar te noemen in vergelijking met het reeds aanwezige risico van de installatie zelf. Uitzonderingen hierop zijn bijzondere situaties zoals kerncentrales, chlooropslag of zeer grote chemische installaties. De referentiesituatie bevat geen normen in de vorm van effectafstanden. Wel kan het bevoegd gezag met mogelijk optredende effecten rekening houden in het kader van een goede ruimtelijke ordening. Er zijn situaties waarbij afgeweken wordt van de minimale plaatsingsafstand⁶³, waardoor een windturbine wel een significant risico veroorzaakt op een ongeval bij een risicovolle installatie in de omgeving.

Er zijn situaties waar de plaatsingsafstand van plaatsing buiten een tiphoogteafstand of bladworp nominaal toerental vanaf risicovolle activiteiten niet wordt gehanteerd. Dit is veelal bij kleinere risicovolle activiteiten. Dan wordt met behulp van risicoanalyses inzichtelijk gemaakt dat de gevolgen voor de omgeving niet tot extra risico of onaanvaardbaar risico voor kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten en/of groepsrisico's zorgen. Deze informatie heeft het bevoegd gezag nodig om een goede afweging te kunnen maken over de toename van het risico. Het beoordelingskader hiervoor komt uit de regelgeving die van toepassing is voor de potentieel te raken risicovolle installatie.

Buisleidingen

Voor buisleidingen is verplicht risico's als gevolg van windturbines te berekenen. Dit is geregeld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen (dus met regelgeving voor de buisleiding). Hier geldt dat er bij de risicoberekening van buisleidingen rekening gehouden moet worden met de aanwezigheid van windturbines. De wettelijke bescherming bij de plaatsing van windturbines nabij buisleidingen is in de referentiesituatie echter enkel geregeld via een goede ruimtelijke ordening, vergelijkbaar met de benadering voor risicovolle installaties (zie hierboven). Daarbij wordt de optredende risicovergroting bij de buisleiding als gevolg van de plaatsing van een windturbine inzichtelijk gemaakt. Toetsing vindt vervolgens voornamelijk plaats door te bekijken of de risicocontouren van de buisleiding groter worden en of er als gevolg van die vergroting kwetsbare objecten binnen de vergrote risicocontour komen te vallen. Het bevoegd gezag maakt uiteindelijk een afweging of de toename van het risico aanvaardbaar is. In enkele gevallen wordt een kleine vergroting van het optredende risico dan geaccepteerd.

⁶¹ Circulaire windturbines bij risicovolle bedrijven, 12 mei 2021, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat,

https://www.internetconsultatie.nl/circulaire_windturbines_bij_risicovolle_bedrijven

⁶² In dit scenario is de kans dat een (stuk van) een windturbineblad terecht komt op een specifieke plek ver weg van de windturbine heel erg klein (PR is kleiner dan 1 op 100 miljoen). Met andere woorden: de kans dat een risicovolle installatie die zich buiten de tiphoogte afstand van de windturbine bevindt geraakt wordt, is zo klein dat die kans als verwaarloosbaar mag worden beschouwd.

⁶³ De minimale plaatsingsafstand is ook afhankelijk van de te raken installatie. Zo kan de aanwezigheid van een zeer grote en/of zeer risicovolle installatie ook binnen de werpafstand bij overtoeren een significant onveilige situatie veroorzaken.

7.2.3.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

In de NOVI is het toekomstbeeld geschetst dat in 2050 de omgevingsveiligheid is toegenomen. In vrijwel heel Nederland neemt het basisbeschermingsniveau toe. Dit dankzij sanering van bijvoorbeeld risicovolle situaties en de inzet op preventie en risicobeheersing bij bijvoorbeeld het gebruik van gevaarlijke stoffen. Industriële activiteiten zijn niet gemengd met publieksfuncties of woonbebouwing en ook transportroutes van gevaarlijke chemische stoffen lopen daar niet meer doorheen. Dergelijke industriële activiteiten zijn vooral langs transportroutes en in de havens en industriegebieden geconcentreerd. Dat betekent dat we daarvoor milieuruimte hebben ingericht en terughoudend zijn met het toelaten van andere functies in die gebieden, wat ook zorgt voor meer veiligheid. De volgende autonome en toekomstige ontwikkelingen spelen een rol:

- De energietransitie;
- Introductie van geavanceerde materialen met mogelijk nieuwe gezondheidsrisico's.

Een belangrijke trend met betrekking tot de gezonde leefomgeving is de transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energieopwekking. De vermindering van de uitstoot van broeikasgassen heeft zowel gunstige als ongunstige – maar vaak ook nog onbekende gevolgen voor de veiligheid. Het RIVM doet onderzoek naar de effecten van de energietransitie voor de veiligheid en levert kennis via netwerken en platforms. Zo worden de nieuwe risico's verkend die gepaard gaan met energietransitie vanuit het perspectief van nationale veiligheid. Ook heeft het RIVM een studie gedaan naar de effecten van het Klimaatakkoord – door het verdwijnen van fossiele bronnen - voor duurzaamheid, gezondheid en veiligheid. De volgende effecten zijn te verwachten:

Uitfasering van het gebruik van fossiele energiebronnen zal gepaard gaan met een vermindering van de bijbehorende risico's in de gehele keten van productie bij de raffinaderijen, grootschalige tankopslag, transport via buisleidingen, weg, water of spoor, tot aan de eindaflevering bij gebruikers. De omvang van de toename van de risico's, die daar tegenover staat als gevolg van de vervanging door andere energiedragers, is nog niet duidelijk. Deze is sterk afhankelijk van de dragers waarvoor wordt gekozen.

Grootschalige energieopslag en omzetting van elektriciteit naar alternatieve brandstoffen is nodig om de onbalans tussen duurzame energieproductie en -vraag te kunnen corrigeren. Daarmee worden nieuwe risicobronnen geïntroduceerd zoals grootschalige batterijsystemen, en opslag en transport van alternatieve brandstoffen, zoals bijvoorbeeld waterstof.

Ontwikkelingen met betrekking tot gevaarlijke stoffen zijn onder andere dat bij bedrijven nieuwe gevaarlijke stoffen, en andere, grootschalige inzet van bekende gevaarlijke stoffen (ook in het kader van de energietransitie en de transitie naar een circulaire economie), en cybersecurity issues leiden tot nieuwe veiligheidsrisico's voor omwonenden. Daarnaast zal de vraag naar transport van gevaarlijke stoffen waarschijnlijk toenemen met de energietransitie, ook op spoor, water en wegen die door dichtbevolkt gebied lopen.

Een belangrijke trend die nog niet verminderd lijkt te zijn, is het steeds groter worden van de windturbines zelf. Op het gebied van veiligheid betekent dit dat de effectzones waarbinnen een windturbine een risico kan veroorzaken groter worden als gevolg van het groter worden van de windturbine afmetingen. Dit betekent dat een gelijke mate van risico wordt verdeeld over een groter oppervlak. Hierdoor kan het optredende risico per vierkante meter juist afnemen. De groei van de PR-contouren neemt daardoor niet in dezelfde snelheid toe als de groei van de afmetingen van een windturbine. In combinatie met een potentiële afname van de faalfrequenties van moderne windturbines betekent dit dat er een steeds grotere afstand ontstaat tussen de ligging van de PR-contouren en de afmetingen van de windturbines. Indien de groei van het windturbineformaat blijft voortzetten, zal er een grotere afstand zijn tussen de ligging van de PR-contouren van een windturbine en de windturbinedimensies.

7.2.3.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor externe veiligheid geldt dat zowel in België als Duitsland beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten aanwezig zijn bij de grens.

7.2.4 Landschap & Cultuurhistorie

7.2.4.1 Beschrijving huidige situatie

De plaatsing van windturbines heeft invloed op landschap en cultuurhistorie. Het introduceren van hoge elementen in een landschap, zoals windturbines, kan de waardering van het landschap negatief beïnvloeden. Als windturbines zichtbaar zijn, ligt de waardering van het landschap binnen 1,5 km van de windturbine met een derde lager dan

wanneer er geen windturbine zichtbaar is. Op 2,5 km afstand is de afname van de waardering van het landschap nog een kwart (CLO, 2022). Deze effecten zijn zeer locatie specifiek. Zo speelt de plaatsing van objecten ten opzichte van bestaande landschapsstructuren een rol, evenals in welk landschap (hoog- of laaggewaarderd) windturbines geplaatst worden. Dit is een beoordeling en afweging die zeer locatie specifiek is.

Om landschap en cultuurhistorie te beschermen schetst de NOVI de opgave om cultureel erfgoed en (inter)nationale unieke landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten te ontwikkelen, te behouden, te versterken en te benutten. De rol van het Rijk hierbij is om de (wettelijke) randvoorwaarden te creëren om cultureel erfgoed en landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten voor de lange termijn in stand te houden. Deze (wettelijke) randvoorwaarden komen op (inter)nationaal schaalniveau onder andere tot uiting in Unesco Werelderfgoed en waardevolle landschappen.

Unesco Werelderfgoed

Werelderfgoed is cultureel en natuurlijk erfgoed dat wordt beschouwd als onvervangbaar, uniek en eigendom van de hele wereld. Op basis van het Werelderfgoed-verdrag uit 1972 plaatst Unesco erfgoederen op de Werelderfgoedlijst. Het verdrag heeft als doel om erfgoed dat van unieke en universele waarde is voor de mensheid, beter te kunnen bewaren voor toekomstige generaties. Gebieden met een Unesco Werelderfgoedstatus zijn van universele waarde en zijn daardoor per definitie ook van nationaal belang. Het behoud van de universele waarde is hierbij het uitgangspunt. Voor alle werelderfgoederen zijn criteria (Outstanding Universal Value of OUV) vastgesteld welke moet worden beschermd. De criteria voor werelderfgoederen zijn (Unesco, sd):

- I. Het vertegenwoordigt een meesterwerk van menselijk creatief genie;
- II. Het stelt een belangrijke interactie van menselijke waarden tentoon, gedurende een tijdspanne of binnen een cultureel gedeelte van de wereld, voor ontwikkelingen in architectuur of technologie, monumentale kunsten, stadsontwerp of landschapsinrichting;
- III. Het draagt een unieke of op zijn minste een exceptionele getuigenis van een culturele traditie of een samenleving, welke nog voortleeft of is verdwenen;
- IV. Het is een bijzonder voorbeeld van een type gebouw of architectonische of technologische samenstelling van een landschap, welke significante stappen in de menselijke geschiedenis voorstelt;
- V. Het is een bijzonder voorbeeld van een traditionele menselijke bewoning of landgebruik, welke een cultuur (of culturen) vertegenwoordigt. Bijzonder wanneer het kwetsbaar is geworden ten gevolge van onomkeerbare veranderingen;
- VI. Het is direct of zijdelings geassocieerd met gebeurtenissen of levende tradities, met ideeën, of geloof, met artistieke en literaire werken of bijzonder universele betekenis (de commissie beschouwt dit criterium alleen toepasbaar in bijzondere omstandigheden en alleen in verbinding met een ander cultureel of natuurlijk criterium op de lijst);
- VII. Het vertegenwoordigt natuurlijke fenomenen of gebieden van uitzonderlijke natuurlijke schoonheid en esthetisch belang;
- VIII. Het is bij uitstek een representatief voorbeeld van belangrijke stadia in de geschiedenis van de aarde, met inbegrip van het getuigenis van het leven, van lopende geologische processen in de ontwikkeling van aardvormen of van geomorfische of fysiografische elementen met een grote betekenis;
- IX. Het is bij uitstek een representatief voorbeeld van aan de gang zijnde ecologische en biologische processen in de evolutie en ontwikkeling van terrestrische, aquatische, kust- en mariene ecosystemen en gemeenschappen van planten en dieren;
- X. Het bevat de meest belangrijke habitats voor het in situ behoud van biologische diversiteit, met inbegrip van die waar bedreigde soorten overleven van uitzonderlijke universele waarde vanuit het oogpunt van wetenschap of natuurbehoud.

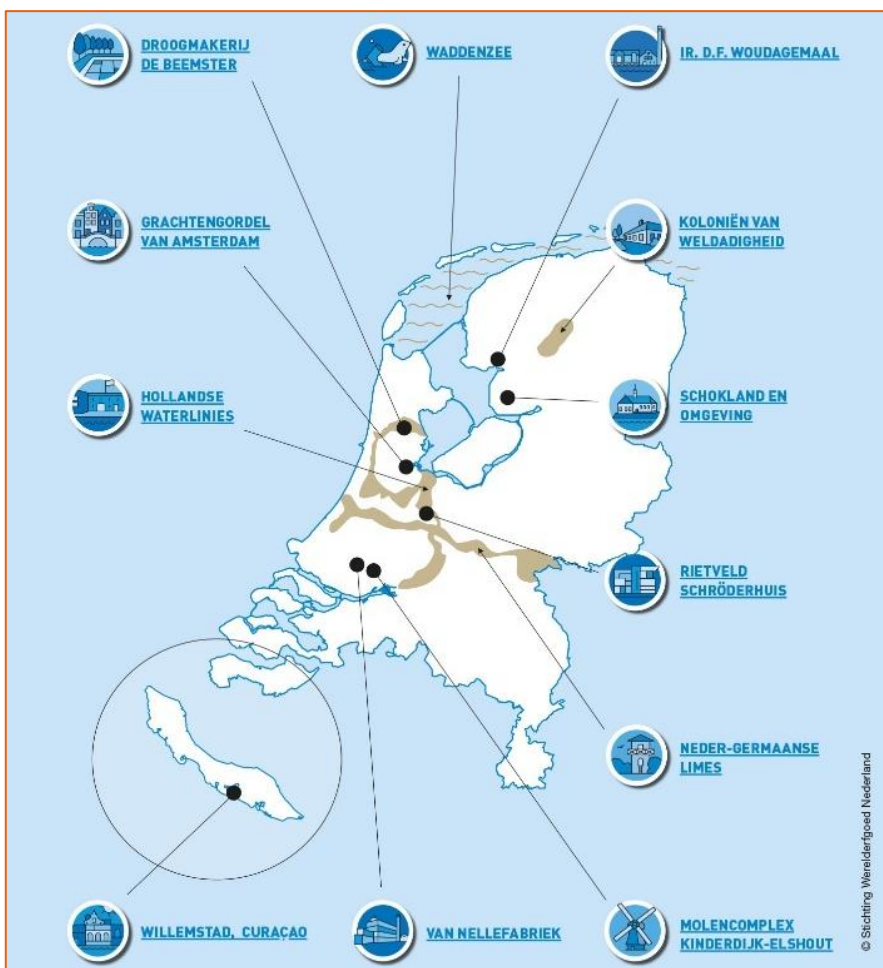
Werelderfgoederen worden door meerdere beleidskaders beschermd. Op nationaal niveau is de bescherming van de kernkwaliteiten en begrenzing van werelderfgoed opgenomen in het Barro. Dit heeft doorwerking op provinciaal en lokaal planologisch beleid, zoals provinciale omgevingsverordeningen en bestemmingsplannen. Ondanks dat het vaak niet mogelijk is om binnen de grenzen van het werelderfgoed windturbines te plaatsen, kan de ligging van (een) windturbine(s) buiten de grenzen van het Unesco werelderfgoed gebied alsnog een negatieve visuele impact hebben op de kernkwaliteiten. In Tabel 7-1 is de lijst met werelderfgoed uit Nederland opgenomen. Per werelderfgoed is de universele waarde (of OUV) toegevoegd op basis waarvan het werelderfgoed is geselecteerd. In de laatste kolom van de tabel is aangegeven of het werelderfgoed relevant is voor de effectbeoordeling van dit planMER. In Figuur 7-10 is de geografische ligging van Unesco Werelderfgoed in Nederland weergegeven.

Tabel 7-1 Lijst met Werelderfgoed Nederland en bijbehorende Outstanding Universal Value (OUV) (UNESCO, sd)

Werelderfgoed Nederland	Universele waarde (of OUV)	Relevant voor effectbeoordeling?
Neder-Germaanse Limes (2021)	II, III, IV	NEE: De Limes in Nederland bestaat uit 19 afzonderlijke terreinen, waarbij de terreinen bestaan uit kern- en bufferzones. Kernzones kennen beperkingen in bodemingrepen en zijn beschermd onder de Erfgoedwet en Monumentenwet 1988. Bufferzones kennen beperkingen voor bodemingrepen vanuit de Wro en Barro. De effecten op kern- en bufferzones zijn dermate lokaal dat deze niet meegenomen worden in het planMER op nationaal niveau (zie ook Tabel 6-4 waarin is toegelicht dat archeologie niet wordt meegenomen in dit planMER).
De Hollandse Waterlinies (2021) (Stelling van Amsterdam, in 2021 uitgebreid met de Nieuwe Hollandse Waterlinie)	II, IV, V	JA: Het landschapsonwerp van de Hollandse Waterlinies is een belangrijk criterium voor UNESCO (IV). Speciale aandacht wordt gegeven aan de 'open zichtlijnen' tussen en vanaf de forten. Voor de inpassing van de opwek van duurzame energie in de Hollandse Waterlinies is het afwegingskader 'Energietransitie Hollandse Waterlinies' opgesteld (Land-id, 2021). Het afwegingskader geeft een beeld van wanneer bepaalde energievormen een significante aantasting van de kernkwaliteiten betekenen. Het kader geeft een zonering waarbinnen dit risico groot is (rode zone) en zones waar dat risico minder groot is (oranje en geel). Het afwegingskader geeft niet aan of een initiatief wel of niet mag, maar geeft inzicht in de haalbaarheid en betekenis van de huidige beleidsregels van Rijk en provincie. In het afwegingskader zijn geen regels voor 'cumulatie' opgenomen. Tot slot wordt in het afwegingskader wordt beschreven dat de wijze van bescherming van Unesco verandert van 'behoud door bescherming' naar 'behoud door ontwikkeling'. Op basis van het afwegingskader wordt in dit planMER geconcludeerd dat het invoeren van nieuwe normen voor windturbines effecten kan hebben op de druk op de kernkwaliteiten van de Hollandse Waterlinies. Daarom worden De Hollandse Waterlinies meegenomen in de effectbeoordeling van de varianten. Specifiek voor de Stelling van Amsterdam is volgens meerdere bestemmingsplannen de bouw van bouwwerken enkel mogelijk, indien de kernkwaliteiten van de Stelling van Amsterdam worden behouden of versterkt. De Stelling van Amsterdam wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.
Koloniën van Weldadigheid (met België) (2011)	II, IV	JA: Het landschapsonwerp van de Koloniën van Weldadigheid is een belangrijk criterium voor UNESCO (IV). Frederiksoord-Wilhelminaoord en Veenhuizen zijn in bestemmingsplannen beschermd als een beschermde dorpsgezichten, maar voor Frederiksoord-Wilhelminaoord is ook een bestemmingsplan "kleinschalige hernieuwbare energie" van toepassing, dat weer mogelijk maakt om windturbines te ontwikkelen. ⁶⁴ Dus is de conclusie dat in de omgeving van deze beschermde dorpsgezichten de ontwikkeling van windturbines niet altijd is uitgesloten.
Van Nellefabriek in Rotterdam (2014)	II, IV	NEE: Dit betreft een gebouw.
Grachtengordel van Amsterdam (2010)	I, II, IV	NEE: Dit betreft stedelijk gebied waarbinnen geen windturbines geplaatst worden.
Waddenzee (met Duitsland en Denemarken) (2009)	VIII, IX, X	NEE: Landschapsonwerp en openheid zijn geen universele waarden waardoor de Waddenzee als Unesco is bestempeld.
Rietveld Schröderhuis in Utrecht (2000)	I, II	NEE: Dit betreft een gebouw.
Droogmakerij De Beemster in Noord-Holland (1999)	I, II, IV	JA: Het landschapsonwerp van de Beemster is een belangrijk criterium voor UNESCO (IV). Speciale aandacht wordt gegeven aan de openheid van het landschap. In het bestemmingsplan "Buitengebied Beemster 2012 – Partiële herziening 2021" is vastgelegd dat binnen Droogmakerij de Beemster de bouw van bouwwerken enkel mogelijk is, indien de kernkwaliteiten van de Beemster worden behouden of versterkt. In de omgeving van de Beemster is de ontwikkeling van windturbines wel mogelijk.

⁶⁴ Zie https://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.1701.0000BP00000000585-0001/r_NL.IMRO.1701.0000BP00000000585-0001.html#_3_Vantoeppassingsverklaring

ir. D.F. Woudagemaal bij Lemmer (1998)	I, II, IV	NEE: Dit betreft een gebouw.
De historische binnenstad van Willemstad op Curaçao (1997)	II, IV, V	NEE: Dit betreft stedelijk gebied waarbinnen geen windturbines geplaatst worden. De op te stellen windturbinebepalingen gelden niet op Curaçao.
Windturbines van Kinderdijk-Elshout (1997)	I, II, IV	NEE: Het landschapsonwerp van de Windturbines van Kinderdijk-Elshout is een belangrijk criterium voor UNESCO (IV). Speciale aandacht wordt gegeven aan de openheid van het landschap. In het bestemmingsplan van de Windturbines van Kinderdijk-Elshout is toegelicht dat er, indien er effecten worden verwacht op de OUV van de Windturbines van Kinderdijk-Elshout, een Heritage Impact Assessment (HIA) uitgevoerd dient te worden. Ook is een positief advies nodig van de gemeentelijke monumentencommissie. Zo is op basis van een HIA voor het plaatsen van windturbines op het nabijgelegen terrein van Nedstaal besloten om geen windturbines te plaatsen. Daarmee zijn de Windturbines van Kinderdijk-Elshout in de referentiesituatie voldoende beschermd voor mogelijke effecten van windturbines op de OUV's.
Schokland en omgeving in de Noordoostpolder (1995)	III, V	JA: Het (cultureel) landschap van Schokland en omgeving in Noordoostpolder is een belangrijk criterium voor UNESCO (V). In Schokland zelf is het volgens de beheersverordening Landelijk gebied (bestemming Cultuurhistorische waardevol gebied (dubbelbestemming)) niet mogelijk om windturbines te plaatsen. In de omgeving van Schokland is deze mogelijkheid wel, waardoor het met name gaat om mogelijke visuele effecten.

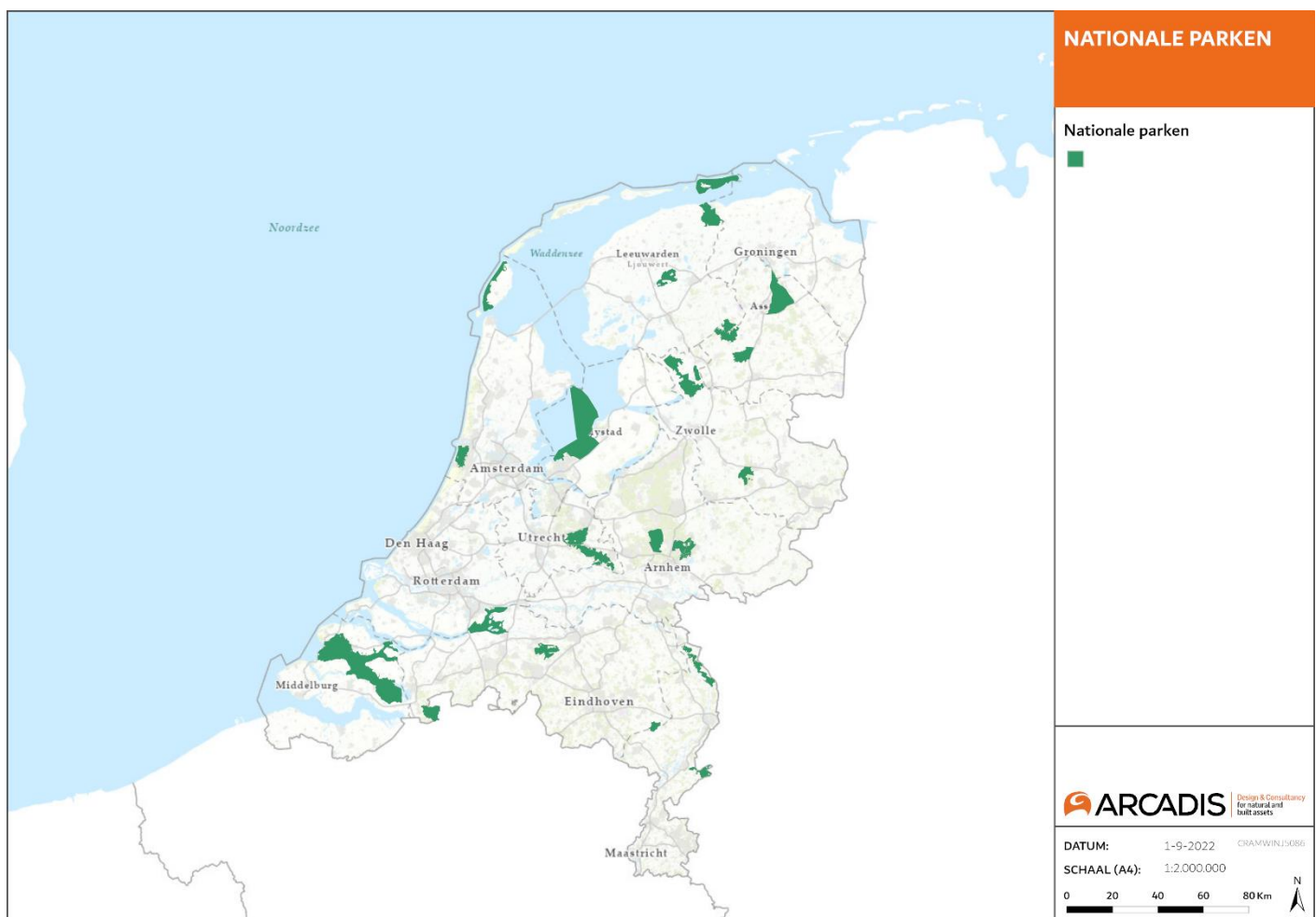


Figuur 7-10 Werelderfgoed Nederland (bron: Werelderfgoed)

Waardevolle landschappen

Sommige landschappen zijn zo waardevol voor Nederland dat ze extra bescherming behoeven. Natuur en landschappelijke kwaliteit moeten behouden blijven en vragen extra aandacht. In de NOVI (Ministerie BZK, 2020) is beschreven dat het Rijk medeverantwoordelijk is voor het beschermen van waardevolle landschappen, zoals het Groene Hart, de Waddenzee, de Zuidwestelijke Delta, de Veluwe, het IJsselmeergebied en de nationale parken (weergegeven in Figuur 7-11). Deze landschappen voldoen aan één of meer van de volgende kenmerken:

- Verhaal: landschappen die afleesbaar en beleefbaar het nationale verhaal van het ontstaan en de ruimtelijke differentiatie van het Nederlandse landschap vertellen;
- Unicité: landschappen die (inter)nationaal unieke landschappelijke kwaliteit, natuurwaarde ofwel cultuurhistorische waarde bezitten;
- Schaal: landschappen waar de bescherming van kwaliteit een regio of provincie overstijgende opgave is;
- Bedreiging: landschappen die nu of in de toekomst bedreigd worden door ruimtelijke ontwikkelingen.



Figuur 7-11 Nationale parken (Atlas van de leefomgeving, 2021)

7.2.4.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

In de NOVI (Ministerie BZK, 2020) is het toekomstperspectief geschetst waarbij de unieke cultuurhistorie, landschappelijke en natuurlijke kwaliteiten zijn behouden of versterkt (beleidskeuze 4.4). Specifiek voor Unesco Werelderfgoed geldt dat op dit moment op de voorlopige lijst staan: Bonaire National Marine Park (Bonaire), Koninklijk Eise Eisinga Planetarium (Franeker) en het Plantagesysteem (West Curaçao). Dit potentieel werelderfgoed is niet van belang voor de effectbeoordeling van dit planMER. Voor Bonaire en West Curaçao is de op te stellen regelgeving namelijk niet van toepassing en het Eise Eisinga Planetarium betreft een gebouw. Dat betekent dat de nominaties op de voorlopige lijst van toekomstige aanvragen in Nederland niet relevant zijn voor de Doorkijk naar 2050 in Nederland.

In algemene zin voor landschap & cultuurhistorie gelden de volgende trends die van belang zijn voor het behouden en versterken van de landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteiten:

- Ruimteclaims door andere functies in Nederland kunnen leiden tot een afname van het areaal en de kwaliteit van waardevolle landschappen. Zo wordt in de NOVI geschetst dat de druk op het landschap toeneemt door 'verlooding'⁶⁵ als gevolg van groei van de economie en het transport, leegstand van agrarische bebouwing, bodemdaling en schaalvergroting van de landbouw.
- De transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame opwekking, waardoor het aantal windturbines op land toeneemt.
- Maatregelen die voortvloeien uit het Programma ONS Landschap⁶⁶. Dit is één van de interdepartementale uitvoeringsprogramma's onder de NOVI.

7.2.4.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor Landschap & Cultuurhistorie geldt dat in België in de buurt van de Nederlandse grens één Unesco-site ligt, namelijk de Kolonie van Weldadigheid Wortel, provincie Antwerpen. In Duitsland ligt, net als in Nederland, het Waddengebied als Unesco werelderfgoed. Daarnaast is de kathedraal van Aken Unesco-werelderfgoed, maar dit betreft een gebouw en is daarom niet relevant.

In België geldt dat er meerdere beschermde cultuurhistorische landschappen nabij de grens liggen. Deze gebieden kennen uiteenlopende beschermingsregimes en waarden, zoals historische waarde, esthetische waarde en ruimtelijk-structurende waarde. Enkele voorbeelden van beschermde landschappen nabij de grens zijn de Kalmthoutse Heide (cultuurhistorisch landschap), Domein De Schrieken (landschappelijk geheel), de Stramproyerbroek (cultuurhistorisch landschap) en de Abdij van Postel en de Ronde Put (vastgesteld landschapsatlasrelict).⁶⁷

In Duitsland ligt de bescherming van cultuurhistorische landschappen primair bij de deelstaten. Deze bestuurslaag is vrij het eigen beleid vorm te geven, en kan daarom onderling nogal verschillen. Er bevinden zich in Noordrijn-Westfalen en Nedersaksen meerdere cultuurhistorische landschappen nabij de grens.⁶⁸ Enkele voorbeelden in Nedersaksen zijn de *Emsmarchen* (cultuurlandschap) en de Duitse Waddenzee (Nationaal Park). In Noordrijn-Westfalen is *Schwalm-Nette* (natuurpark en cultuurlandschap) van belang, net als de *Maasterrassen* (cultuurlandschap).

7.2.5 Natuur

7.2.5.1 Beschrijving huidige situatie

Voor de effectbeoordeling van natuur zijn de beschermde waarden onder de Habitatrictlijn en Vogelrichtlijn (Natura 2000-gebied), Natuurnetwerk Nederland, vogels en vleermuizen relevant. Ook de stikstofemissie wordt beoordeeld.

Binnen de beschermde natuurgebieden is de achteruitgang van biodiversiteit gemiddeld genomen gestopt, maar deze is nog steeds op een te laag niveau. Kijkend naar de natuur buiten de beschermde natuurgebieden, dan valt het op dat in het (agrarisch) cultuurlandschap nog steeds negatieve trends aanwezig zijn. Zo zijn in agrarische gebieden sinds 1990 de populaties van boerenlandvogels, zoogdieren, en vlinders met 50% afgenomen met uitzondering op enkele soorten (LNV, 2021).

Naast de biodiversiteit is ook de achteruitgang van de natuurkwaliteit in natuurgebieden gestopt door het uitgevoerde natuurbeleid. Het gaat hierbij om een gemiddelde; er zijn nog steeds planten- en diersoorten en habitattypen die een neergaande trend vertonen, net zoals er planten- en diersoorten en habitattypen zijn waarmee het beter gaat. Breed herstel over de hele linie blijft echter uit en de gemiddelde kwaliteit van terrestrische ecosystemen is nog relatief laag in vergelijking tot die van een ecosysteem dat intact is. Buiten de natuurgebieden, in het agrarisch gebied, zet de achteruitgang nog steeds door, bijvoorbeeld bij insecten en boerenlandvogels. De biodiversiteit van aquatische ecosystemen vertoont een licht herstel. Na een dieptepunt van de waterkwaliteit rond 1970, toen veel wateren

⁶⁵ Onder verlooding wordt onder andere verstaan de groei en aaneenschakeling van grootschalige opslag- en distributiecentra langs Rijkswegen.

⁶⁶ Voor meer informatie over het Programma ONS Landschap, zie:

<https://www.denationaleomgevingsvisie.nl/programma+novex/nationale+programmas/programma+ons+landschap/default.aspx>

⁶⁷ Voor meer informatie over de beschermde (cultuurhistorische) landschappen, zie:

<https://geo.onroenderfgoed.be/#zoom=10&lat=6646446.736933575&lon=666834.5943705891>

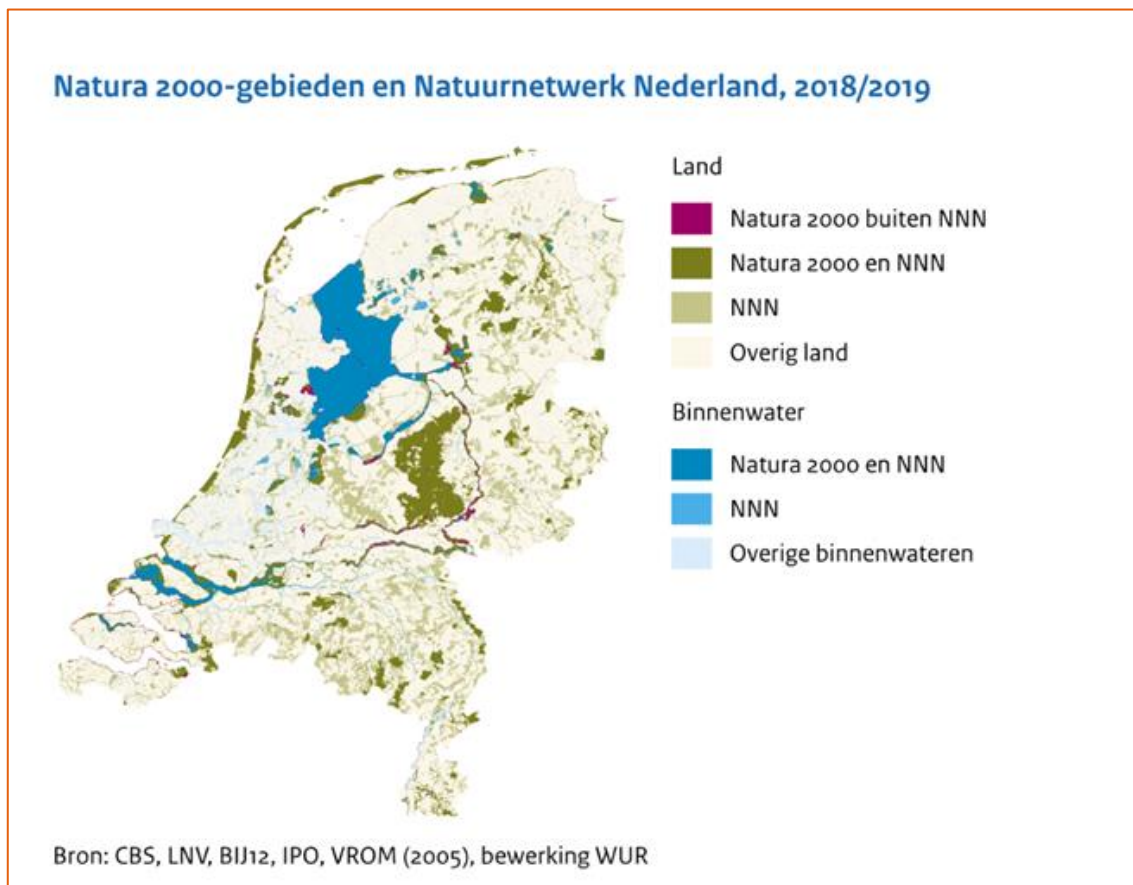
⁶⁸ Voor meer informatie over de beschermde cultuurhistorische landschappen in Noordrijn-Westfalen en voor Nedersaksen zie: [Kulturlandschaften in Nordrhein-Westfalen | Objektansicht \(kuladig.de\)](#) en [Kulturlandschaftsräume und historische Kulturlandschaften landesweiter Bedeutung in Niedersachsen | Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz](#).

kampten met zuurstofloosheid, is de waterkwaliteit verbeterd doordat afvalwater wordt gezuiverd en het aantal lozingen is afgenomen. Sinds 2000 is slechts een beperkte verdere verbetering gerealiseerd (PBL; WUR, 2020).

Natura 2000-gebied

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden om de biodiversiteit te behouden en te versterken. Daarvoor zijn de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn (VHR) opgesteld, waarbij alle EU-lidstaten beschermde gebieden aanwijzen voor specifieke (leefgebieden van) soorten. De Vogelrichtlijn (VR) is gericht op in het wild levende vogelsoorten. De Habitatrichtlijn (HR) is gericht op dier- en plantensoorten. De onder beide richtlijnen aangewezen beschermde gebieden vormen het Natura 2000-netwerk. Figuur 7-12 geeft een overzicht van de Natura 2000-gebieden in Nederland.

Het huidige Natura-2000 areaal beslaat ruim 2 miljoen hectare, waarvan ongeveer 85% zich bevindt op open water, Hiervan behoort ongeveer 570.000 hectare tot het land en de binnenlandse wateren (plassen, rivieren, meren) (CLO, 2020).

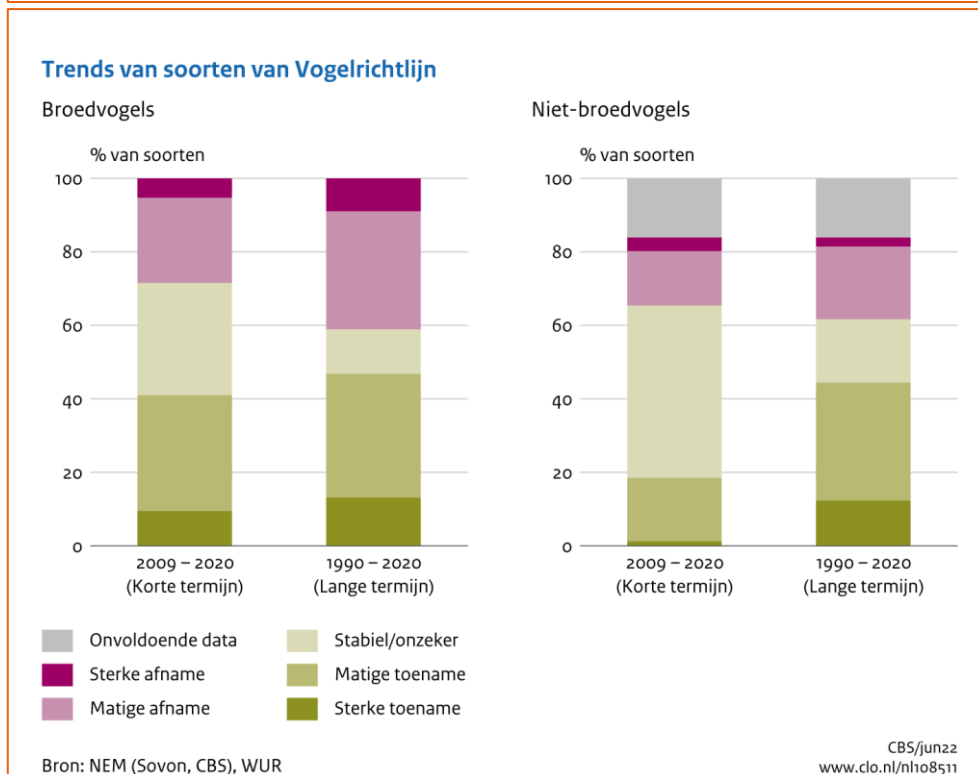
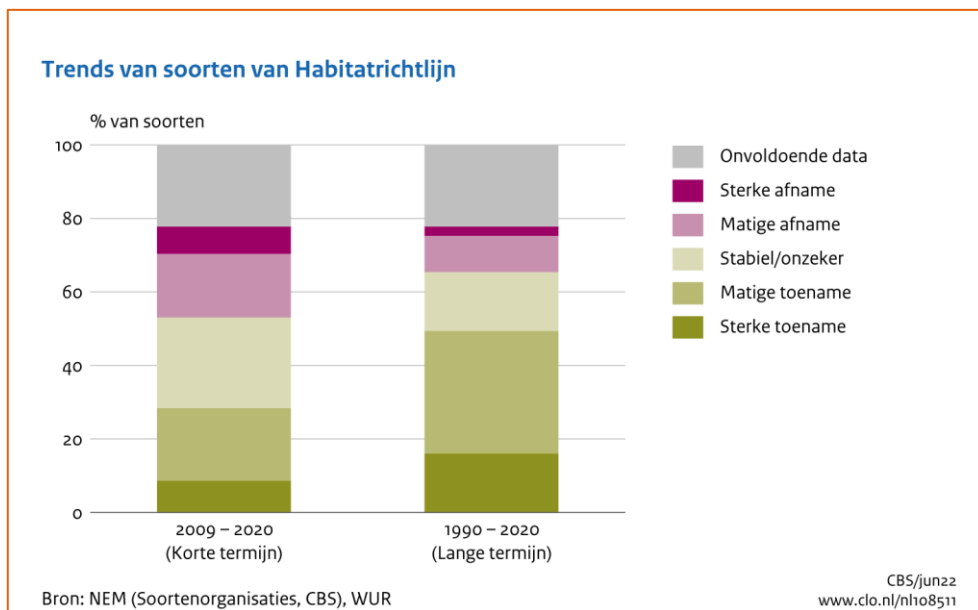


Figuur 7-12 Overzicht van de Natura 2000-gebieden en Natuurnetwerk Nederland jaartal 2018/2019 (CLO, 2020)

Van 81 Habitatrichtlijnsoorten die in Nederland voorkomen, wordt de Staat van Instandhouding gerapporteerd aan de EU. De Staat van Instandhouding is een percentage dat de mate waarin een bepaalde soort kan voortleven in de natuur aangeeft, en is gebaseerd op vier hoofdaspecten: verspreiding, populatiegrootte, leefgebied, en toekomstperspectief (Sovon, n.d.). Figuur 7-13 laat de trends van zowel de Habitat- als de Vogelrichtlijnen zien als percentage van de aanwezige soorten (CLO, 2022). Ondanks dat het uitgevoerde natuurbeleid een massale achteruitgang van de natuurkwaliteit heeft weten te stoppen, is een breed herstel uitgebleven en is de gemiddelde kwaliteit van terrestrische ecosystemen laag in vergelijking met die van een natuurlijk en onverstoorde ecosysteem (WOt Natuur & Milieu, 2022). Momenteel heeft 53% van alle VHR soorten een gunstige (38%) of onbekende (15%) Staat van Instandhouding, terwijl 47% van de gemonitorde soorten een matige tot (zeer) ongunstige Staat van

Instandhouding heeft (Pouwels & Henkens, 2020)⁶⁹. Er zijn verschillende knelpunten die de beoogde Staat van Instandhouding voor de VHR soorten belemmeren (WOt Natuur & Milieu, 2022):

- Te weinig plekken waar een habitatype of soort voorkomt;
- Te kleine plekken waar een habitatype of soort voorkomt;
- Slechte kwaliteit van de plekken waar een habitatype of soort voorkomt.



Figuur 7-13 (Boven) Trends van soorten van Habitatrichtlijn, (Onder) Trends van soorten van Vogelrichtlijn voor zowel broed als niet-broedvogels (CLO, 2022)

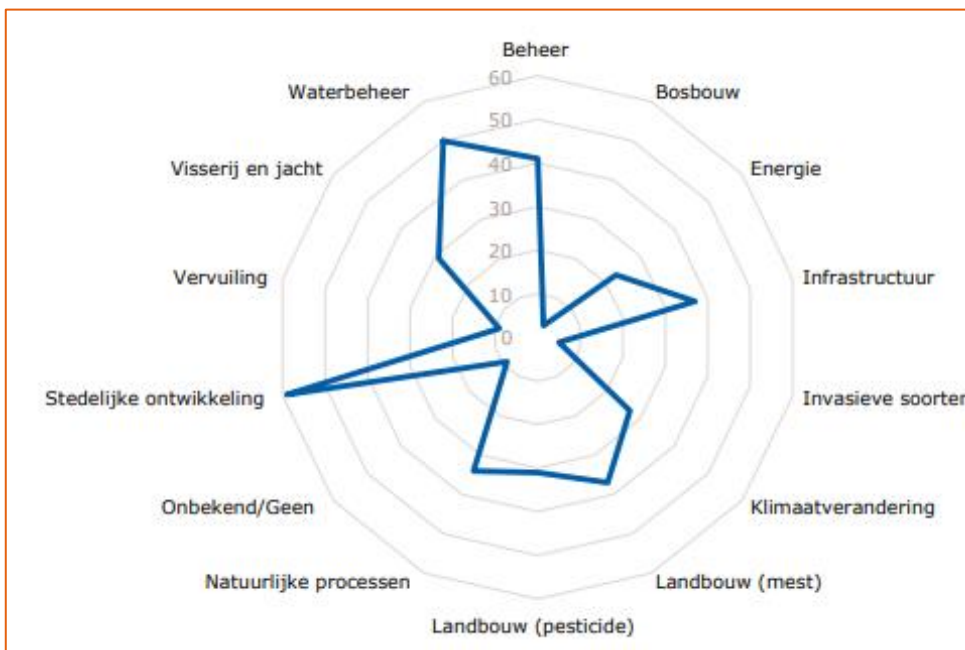
⁶⁹ Onderlinge Staat van Instandhouding waarden van Habitat en vogelrichtlijn soorten verschillen significant.

Natuurnetwerk Nederland

Natuurnetwerk Nederland (NNN) is een samenhangend netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden in Nederland, zie Figuur 7-12. Het doel van NNN is om natuurgebieden beter met elkaar te verbinden en om zo de achteruitgang van natuurareaal en biodiversiteit te stoppen. Door middel van verwerving, inrichting, en beheer van tussenliggende en aangrenzende landbouwgronden en het vergroten van huidige natuurgebieden wordt geprobeerd dit doel te behalen. In 2020 was er ca. 698.000 hectare in beheer en dus gerealiseerd, wat gelijk staat aan 95% van de beoogde omvang van het NNN (CLO, 2022). Tussen 1 januari 2011 en 1 januari 2021 is er bijna 23.000 ha. verworven of zonder verwerving van functie gewijzigd en is er nog 44.000 ha aan nieuwe natuur bijgekomen (CLO, 2022).

Vogels

Elke zes jaar voert de unit Wettelijke Onderzoekstaken (WOt) Natuur & Milieu (onderdeel van de WUR) een landelijk onderzoek uit over de status en trends van soorten die onder de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn vallen (WOt, 2020). Van de 271 gerapporteerde vogelsoorten vertoont meer dan de helft een stabiele of positieve ontwikkeling, en de andere helft aan vogelsoorten kent een onzekere, onbekende, of afnemende trend (WOt, 2019). Bij ruim een derde van de broedvogelsoorten en een vijfde van de trekvogelsoorten is de trend op zowel korte (laatste 12 jaar) als lange (sinds 1980) termijn negatief. Er zijn vele drukfactoren die als oorzaak kunnen gelden voor de negatieve trends van verscheidene vogelsoorten in Nederland, en deze zijn gekwantificeerd en gevisualiseerd in Figuur 7-14. Hierin valt het op dat stedelijke ontwikkeling, (water)beheer, infrastructuur, en landbouw de grootste drukfactoren zijn. Daarnaast wordt een toenemende negatieve impact verwacht voor de toekomst door de gevolgen van de klimaatverandering en de energietransitie (aanleg van windmolenparken en zonneparken).



Figuur 7-14 Drukfactoren van vogelsoorten binnen de Vogelrichtlijn. De drukfactoren hebben scores die per hoofdcategorie zijn gesommeerd voor zowel broed- als trekvogels (WOt, 2019).

Aangezien de status van de soorten binnen de Vogelrichtlijn wordt onderzocht per landschap, is in deze paragraaf per landschap kort samengevat wat de stand van zaken is en gebaseerd op de waarnemingen van de Vogelrapportage van het WOt (2019):

- **Zee en Kust:** Broedvogels hebben een wisselende ontwikkeling in dit landschap, waar op de lange termijn 11 soorten een toename kennen en 9 soorten een afname kennen in populatiegroottes. Met name het verdwijnen en ongeschikt raken van dynamische broedgebieden door recreatiedoeleinden is een prominente drukfactor in dit landschap. Van de 45 trekvogelsoorten heeft het merendeel een positieve of stabiele populatiegrootte en zijn voedselschaarste voor vis/schelpdiereters en areaalafname (m.n. slikplaten voor wadvogels) de grootste drukfactoren.
- **Duinen:** De 10 geregistreerde broedvogels binnen de duingebieden hebben de laatste 12 jaar een wat meer stabielere ontwikkeling meegemaakt; 5 soorten hebben een stabiel of positieve ontwikkeling, en de andere 5

soorten een onzekere of afnemende trend. Het dichtgroeien van het duin en groeiende activiteiten omtrent infrastructuur en recreatie in de gebieden rondom de duinen zorgen voor ongunstige leefomstandigheden van de broedvogels.

- **Laag Nederland:** Grotendeels is er een stabiele en positieve trend te zien in de moerassen, natte hooilanden, laagvenen en vochtige bossen van Nederland voor zowel de broed- als trekvogels. 38 van de 52 broedvogelsoorten en 25 van de 32 trekvogelsoorten in deze gebieden kent op de lange termijn een stabiele of toenemende trend. Dit is met name te danken aan de natuurontwikkeling en moerasherstel (m.n. langs rivieren en beekdalen). Onnatuurlijk peilbeheer van moerassen en plassen is een van de drukfactoren waaronder vogelsoorten leiden. Ook energietransitie-projecten zoals windparken spelen een rol op de belemmering van vogelsoorten binnen dit gebied, en deze impact zal alleen maar toenemen met het toekomstig perspectief m.b.t. de energietransitie.
- **Hogere zandgronden:** Van de 46 karakteristieke broedvogels heeft 50% een stijgende en 35% een dalende trend. Naast de drukfactoren stikstofdepositie, leefgebied versnippering door infrastructuur en pesticidegebruik in de landbouw is ook de groeiende recreatiedruk in de natuurgebieden een stoornisfactor voor deze vogels, en met name in het broedseizoen.
- **Heuvelland:** An sich kent het heuvellandschap in Zuid-Limburg geen karakteristieke broedvogelsoorten, aangezien deze zich hebben uitgebreid naar andere landsdelen. Deze soorten, eerst uniek aan dit landschap, kent over een lange termijn een zeer positieve ontwikkeling (6 van de 7 broedvogels).
- **Boerenland:** Het boerenlandschap (akkers, weilanden, kleinschalig cultuurland) is belangrijk voor de biodiversiteit in Nederland. Van oudsher vormt het boerenland een belangrijk leefgebied voor 35 broedvogelsoorten. Echter staan er vele broedvogelsoorten onder hoge druk door de intensieve landbouw, en zien we dat er slechts 10 broedvogelsoorten zijn met een stabiele of positieve trend op de lange termijn.
- **Stedelijk gebied:** Voor vogelsoorten in het stedelijk gebied laten de trends een gemixt beeld zien. De toename op korte termijn is namelijk groter dan op lange termijn, twee derde van de broedvogels laat een afname zien op de lange termijn. De mens is in het stedelijk landschap zowel een positieve (groeiend milieubewustzijn) als negatieve (verstening van tuinen) factor voor de voortzetting van de stedelijke broedvogels. Daarnaast is er een nieuwe bedreiging in de vorm van de energietransitie. Door de isolatie van oude gebouwen gaan zomer- en winterverblijfsplaatsen van vogels verloren. Dit vormt een serieuze bedreiging voor soorten die volledig afhankelijk zijn van gebouwen zoals de gierzwaluw. De opkomst van vormen van natuurinclusief bouwen lijkt een kans om te werken aan de verhoging van de biodiversiteit in het stedelijk gebied.

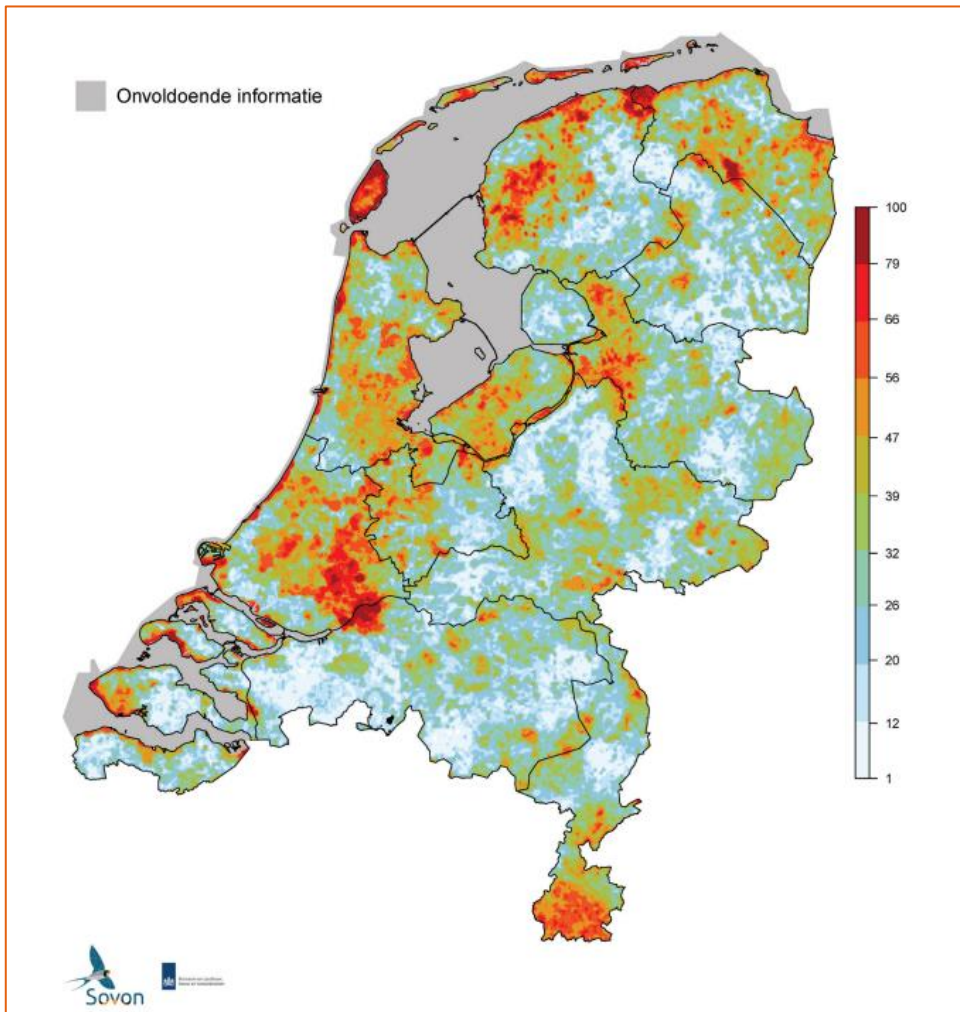
Windturbines op land kunnen een negatief effect hebben op vogels. Volgens Vogelbescherming Nederland (Dotinga, 2020) zijn er drie categorieën waaronder de negatieve effecten van windturbines op vogels kunnen worden verdeeld:

- **Directe sterfte:** Aanvaringen van vogels tegen de windturbine(onderdelen) en het verstoren van hun vlucht door lokale luchtwervelingen, wat kan leiden tot verwondingen of directe sterfte.
- **Verlies van leefgebied:** Het voedsel-, rust-, of broedgebied van vogels kan worden verstoord door de aanwezigheid van windturbines en daarmee neemt het leefbaar gebied af.
- **Barrièrevorming:** Door grotere groepen windturbineopstellingen kunnen barrières ontstaan waardoor trekroutes worden verstoord en foerageertijden afnemen. Een ander mogelijk effect is een lager broedsucces, aangezien de jonge vogels langer alleen gelaten worden en langer op voedsel moeten wachten.

Overigens zal er ook rekening gehouden moeten worden met de mogelijke effecten van obstakelverlichting op zowel de populatie als leefgebieden van vogelsoorten. Obstakelverlichting is een ver(p)lichting die de windturbines zichtbaar maakt voor vliegverkeer (RVO, 2018). Alle windturbines met een tiphoogte hoger dan > 150 meter moeten obstakelverlichting hebben. Aangezien er al hinder wordt ondervonden door omwonenden van obstakelverlichting, kunnen er mogelijk maatregelen genomen worden om zowel de hinder van de mens als de mogelijke hinder voor vogels te verlagen (RVO, 2018). Denk bijvoorbeeld aan naderingsdetectie, het dimmen van of het gebruiken van minder obstakelverlichting. Naderingsdetectie zorgt ervoor dat de obstakelverlichting alleen aangaat wanneer een vliegtuig de windturbine(s) nadert, en dit wordt gerealiseerd door radar en/of transponderdetectie. Tot nu zijn de twee naderingsdetectie maatregelen gefocust op enkel vliegtuigen (RVO, 2018). Er is echter nog geen duidelijkheid of obstakelverlichting hinderlijk is voor vogels, en dus is ook niet duidelijk of naderingsdetectie -en dus het beperkt aangaan van obstakelverlichting- positief is voor vogels.

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft onderzoeksinstituut Sovon een landelijke windenergie gevoeligheidskaart opgesteld voor vogels. De kaarten laten de reële kans zien waarin in een bepaald gebied vogelsoorten worden verwacht die gevoelig zijn voor de negatieve impacts van windturbines,

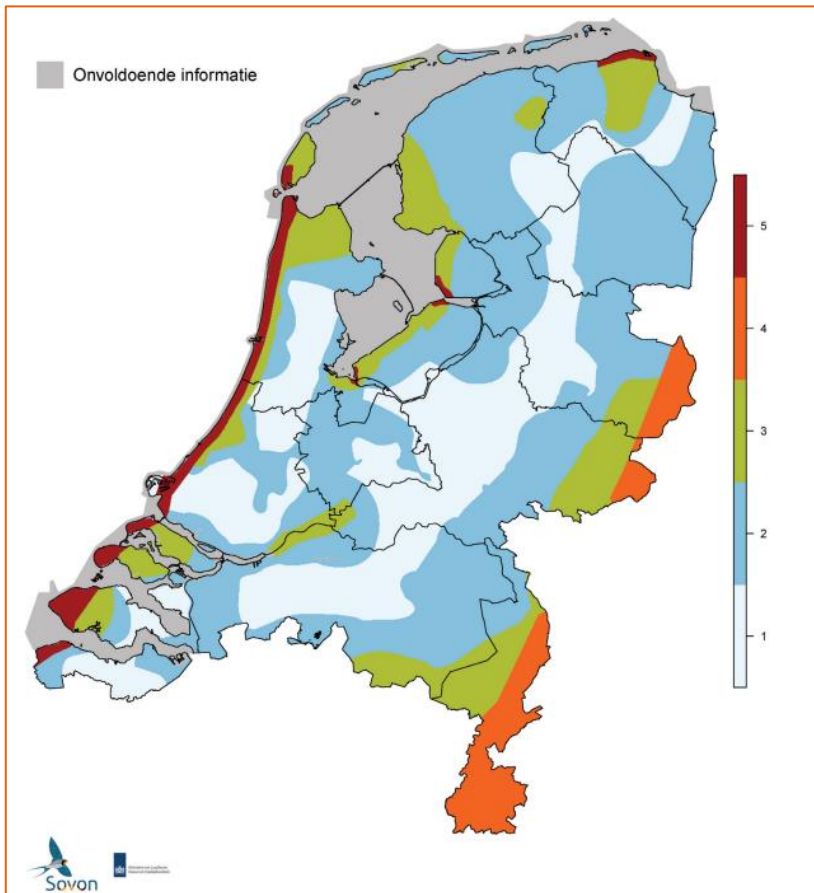
bijvoorbeeld door aanvaringen of verstoring met als gevolg effecten op de populaties. Figuur 7-15 geeft de gevoeligheidskaart weer van waarin de resultaten van broed- en niet-broedvogels zijn gecombineerd. Hierbij is een relatieve schaal gehanteerd van 1 (weinig risico voor aanwezigheid van gevoelige soorten) tot 100 (hoog risico voor aanwezigheid van gevoelige soorten). Uit de gevoeligheidskaart blijkt dat de nadruk ligt op waterrijke gebieden. Waterarme gebieden komen minder naar voren, omdat deze over het algemeen soortenarmer zijn dan waterrijke gebieden.



Figuur 7-15 Gecombineerde gevoeligheidskaart broedvogels en niet-broedvogels op basis van belangrijke verspreidingsgebieden en vliegbewegingen. (Sierdsema, Foppen, van Els, Kampichler, & Stahl, 2021)

Naast de gevoeligheidskaart voor broed- en niet-broedvogels heeft Sovon op basis van zichtbare landtrek een modellering van de vogeltrek (seizoensgebonden vliegbewegingen) uitgevoerd om te komen tot een treksterktekaart (Figuur 7-16). De treksterkte in de verschillende luchtlagen is niet eenvoudig te bepalen. Voor de effecten moet er dan onderscheid worden gemaakt in soort, broedvogel/niet-broedvogel, locatie en eventueel de weersomstandigheden.

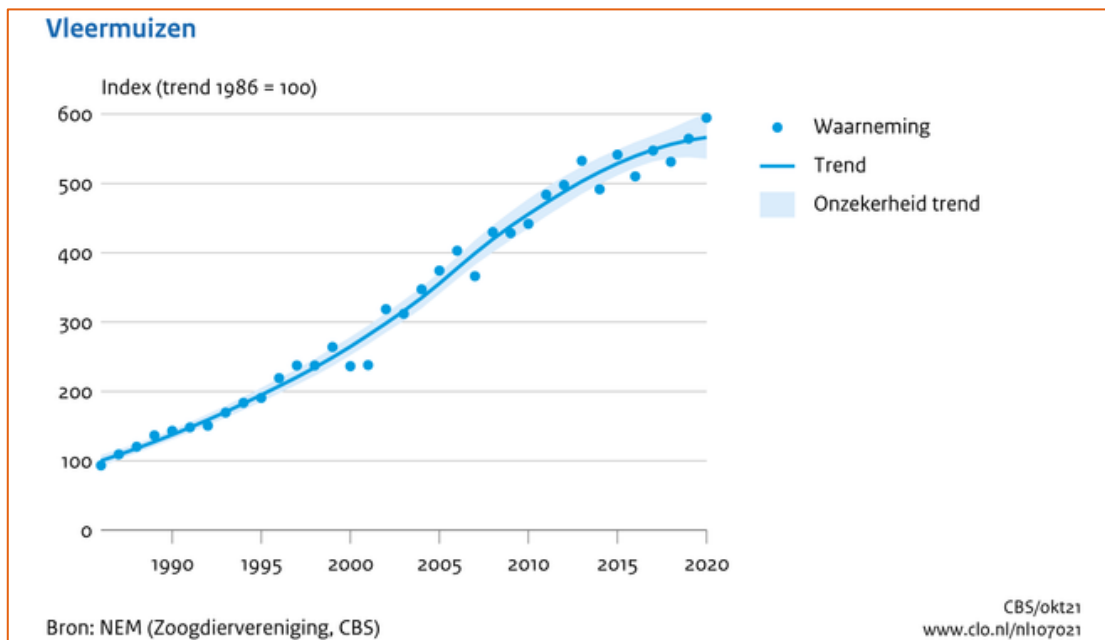
De zichtbare landtrek overdag speelt zich in veel gevallen af in lagere luchtlagen (<600m) waardoor dit kan leiden tot aanvaringen met windturbines. In de kaart worden de stuwingspunten zichtbaar voor de zichtbare landtrek. Stuwingspunten zijn locaties waar meerdere trekvogels samenkomen. Zo zijn stuwingslijnen langs de kust te zien, evenals twee stuwingspunten in Flevoland en een stuwingspunt bij de Eemshaven. De twee belangrijke trekstromen bevinden zich in het IJsselmeergebied en zuidoost-Nederland. De nachtelijke trekstromen betreffen daarentegen vaak andere soorten in hogere luchtlagen (>600m). Een aanzienlijk deel van de relevante vogels is klein van formaat en vliegt zeker in de nacht vooral als eenling (zangvogels); watervogels in de nacht vliegen evenwel in groepen (Lensink, R, 2018).



Figuur 7-16 Treksterkte over Nederland. 1: laagste treksterkte - 5: hoogste treksterkte (Sierdsema, Foppen, van Els, Kampichler, & Stahl, 2021)

Vleermuizen

Vleermuizen komen verspreid over heel Nederland voor. Afhankelijk van de vleermuissoort zijn ze te vinden in gebouwen, grotten, bossen of in de buurt van grote wateren (Natuurmonumenten, n.d.). De afgelopen jaren is sprake van een toename van vleermuizen in Nederland. Een recente analyse van het CBS (2020) keek naar de trend van vleermuispopulaties met behulp van de vleermuis-graadmeter. De vleermuis-graadmeter beschrijft de gemiddelde ontwikkeling van de getelde aantallen van 11 van de 17 soorten vleermuizen die regelmatig in Nederland voorkomen. Van de 11 gemonitorde vleermuissoorten, laten 7 soorten een matige toename zien in populatiegroottes. De baardvleermuis, grootoorvleermuis, en laatvlieger zijn de drie vleermuissoorten die een matige afname kennen in hun populatiegrootte. Tot halverwege de vorige eeuw is het aantal vleermuizen achteruitgegaan en drie soorten zijn zelfs helemaal verdwenen uit Nederland. De acht soorten die vanaf 1986 worden gevolgd laten sindsdien echter allemaal een toename zien. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de verbetering van de kwaliteit van oppervlaktewater, de intensivering van beschermingsmaatregelen en het ouder worden van bossen. De stijgende trend is weergegeven in Figuur 7-17.



Figuur 7-17 Trend van vleermuizen, 1986-2020 (CLO, 2021)

Vleermuizen zijn doorgaans actief in schemering en 's nachts. Globaal gezien is er sprake van een vaste seizoens- of levenscyclus, die per soort kan verschillen (Winkelman, Kistenkas, & Epe, 2008). De meeste vliegbewegingen worden vastgesteld in de lente, de zomer en de herfst (april tot oktober). Vleermuizen bevinden zich dan in de zwermfase met baltsen en paren (half maart-april). Vervolgens begint in april de trek naar zomerkwartieren en in mei-juli is de kraamtijd. Vervolgens is er opnieuw sprake van een zwermfase met baltsen en paren, waarna vleermuizen in winterslaap gaan (half oktober-maart), maar afhankelijk van de soort kunnen vleermuizen nog wel actief zijn, bijvoorbeeld tijdens relatief warme nachten. In tegenstelling tot bij vogels is er bij vleermuizen geen duidelijke noord-zuid trek tussen kraamverblijfplaatsen, omdat de meeste soorten kortere afstanden vliegen.

Alle soorten vleermuizen zijn beschermd via de Europese Habitatrichtlijn (Bijlage IV en sommige soorten op Bijlage II). Dit betekent dat de staat van instandhouding van vleermuizen gunstig moet zijn/worden en blijven. Echter vinden vleermuizen steeds minder makkelijk een schuilplek waardoor vleermuissoorten steeds kwetsbaarder worden (Natuurmonumenten, n.d.). Daarnaast vormen windturbines een risico voor vleermuizen. Uit onderzoek (bijvoorbeeld Stahl & Epe (2021) en Winkelman, Kistenkas & Epe (2008)) blijken de volgende mogelijke effecten van windturbines op vleermuizen:

- Directe sterfte: aanvaringen van vleermuizen tegen rotorbladen en mortaliteit als gevolg van onderdruk die inwendige bloedingen kunnen veroorzaken (barotrauma). Er zijn geen aanwijzingen dat vleermuizen tegen stilstaande objecten (mast) aanvliegen.
- Aantrekkingskracht: onder specifieke omstandigheden kunnen windturbines een aantrekkende werking hebben door licht, geluid, de windturbine als object en/of aanwezigheid van voedsel. Resultaten van studies die deze aantrekkingskracht onderzoeken zijn niet eenduidig. Deze aantrekkingskracht maakt het inschatten van de risico's die verbonden zijn aan het effect van windturbines op vleermuizen ingewikkeld (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2021).
- Verlies van leefgebied en barrièrewerking: indien verblijfplaatsen, foerageergebied of vrije vliegruimte moeten wijken als gevolg van de locatie van een windturbine.
- Verstoring: het geluid van een windturbine kan een versturende werking hebben op het jagen of onderlinge communicatie.

Ook voor vleermuizen zal er rekening gehouden moeten worden met de mogelijke effecten van obstakelverlichting op zowel de populatie als leefgebieden. Obstakelverlichting is een ver(p)lichting die de windturbines zichtbaar maakt voor vliegverkeer (RVO, 2018). Alle windturbines met een tiphoogte hoger dan 150 meter moeten obstakelverlichting hebben. Aangezien er al hinder wordt ondervonden door omwonenden van obstakelverlichting, kunnen er mogelijk maatregelen genomen worden om zowel de hinder van de mens als de mogelijke hinder voor vleermuizen te verlagen (RVO, 2018).

Huidige maatregelen die worden toegepast in Vlaanderen om effecten op vleermuizen te verminderen zijn het stilleggen van de windturbines wanneer de hoogste vleermuisactiviteit wordt verwacht. Dit is van invloed op de energieproductie van de windturbines. Er worden ook experimentele maatregelen getest die een minder nadelig effect hebben op de energieproductie. Denk aan het afschrikken van vleermuizen met ultrasone geluidsgolven rondom de bewegende rotorbladen en batdetectors die de realtime vleermuisactiviteit monitoren en daarmee de hoeveelheid uren dat de windturbine stilstaat verlaagt (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2021). (RVO, 2018) Maar deze systemen zijn nog in ontwikkeling, en daarom zal verder onderzoek naar de aantrekkingskracht van windturbines op vleermuizen en de daarop werkende maatregelen nodig zijn om zo een optimale situatie te creëren voor enerzijds maximale energieproductie en anderzijds een minimaal effect op vleermuizen.

De gevoeligheid van vleermuissoorten voor windturbines is soort specifiek en sterk afhankelijk van kenmerken als vlieghoogte, biotoopvoorkeur, jachttechniek en trekgedrag. Stahl & Epe (2021) lichten toe dat er inmiddels een redelijk consistent beeld is van welke soorten een duidelijk risico lopen slachtoffer te worden van windturbines (Richardson, 2015). Dit zijn in Nederland met name treksoorten en soorten in bosgebieden, te weten de Rosse Vleermuis, de Bosvleermuis, de Gewone Dwergvleermuis, de Ruige Dwergvleermuis, de Kleine Dwergvleermuis, de Tweekleurige Vleermuis en de Laatvlieger. Ook blijkt uit onderzoek van Winkelman, et al. (2008) dat gegevens uit Europa (en VS) aantonen dat de meeste slachtoffers vallen onder de trekkende en op grotere hoogte foeragerende soorten en de bosgebonden soorten, met een piek gedurende de trek in nazomer en herfst.

Stikstofemissie

Met stikstofemissie wordt de uitstoot naar lucht, water of bodem verstaan van stikstofdeeltjes vanuit een (emissie) bron. Stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) zijn de meest besproken stikstofdeeltjes (zgn. reactief stikstof), en staan centraal in de huidige stikstofproblematiek. Stikstofoxiden (NO_x = NO, NO₂, en NO₃) zijn vooral afkomstig uit het verkeer (m.n. dieselmotoren) en industrie, terwijl ammoniak voornamelijk afkomstig is uit de landbouwsector (CBS, 2022; RIVM, 2022). De huidige uitstoot van Nederland ligt op dit moment het hoogste van Europa; per hectare stoten we ongeveer 4 keer zoveel uit als het EU-gemiddelde (Milieucentraal, 2022). In 2020 is er 124 kton NH₃ uitgestoten en 177 kton NO_x (CBS, 2022). NH₃ emissies liggen 1 kton hoger en NO_x emissies liggen 25 kton lager dan de aangescherpte emissieplafonds van het vernieuwde Gothenburgprotocol (InfoMil, n.d.). In Tabel 7-2 is het aandeel percentage voor NH₃ en/of NO_x emissies voor de verschillende emissiebronnen weergegeven. De landbouw is verreweg de meest vervuilende als het aankomt op NH₃, met een aandeel van ongeveer 87% van de totale ammoniakemissie. Dit is grotendeels afkomstig van het mest van het vee waar 54% afkomstig is van rundvee, 17% van varkens, en 11% van pluimvee (CBS, 2022). NO_x komt dus vooral vrij bij verbrandingsprocessen. Dit is terug te zien in de bovenstaande aandeelbronnen, waar de industrie, scheepvaart, en wegverkeer de grootste emissiebronnen zijn.

Tabel 7-2 Emissie van zowel NH₃ als NO_x naar aandeel van de emissiebron voor het jaar 2020 (CBS, 2022)

Sectorbronnen stikstofemissie	Percentage aandeel NH ₃	Percentage aandeel NO _x
Landbouw	87,32	7,58
Particulier huishouden	5,34	-
Diensten, afval en water	2,84	-
Wegverkeer	3,04	33,96
Industrie	1,25	12,39
Energiesector	0,15	9,68
Scheepvaart	0,01	13,92
Railverkeer	0	-
Luchtvaart	0	1,3
Overige bronnen	0,05	21,17

De negatieve effecten van zowel NO_x als NH₃ zijn te merken zodra het terechtkomt in het milieu. Dit wordt ook wel stikstofdepositie genoemd, waar dus het reactieve stikstof neerslaat op de bodem en/of het water (CBS, 2022). Dit kan op twee manieren; reactief stikstof komt naar beneden met regen (natte depositie, NH₃ kan reageren tot NH₄⁺), of komt naar beneden d.m.v. zwaartekracht (droge depositie). Met name zal de biodiversiteit hieronder lijden, doordat het

overschot aan stikstof zal zorgen voor een verschuiving in plantensoorten (Biomaatschappij, 2020; Milieucentraal, 2022).

Dit wordt ook wel vermessing genoemd. Soorten die over het algemeen profiteren van voedselrijke gronden, zullen sneller groeien en verspreiden en op den duur de dominante soort worden in een gebied. Hierdoor zal de competitie van planten die een voedselarme grond prefereren afnemen en zullen die uiteindelijk uit een gebied verdwijnen (Biomaatschappij, 2020; Milieucentraal, 2022). Naast vermessing is ook de verzuring een probleem voor de biodiversiteit, doordat de alsmaar zuurder wordende bodem door de depositie van NH_4^+ (door chemische reacties met de zuurbuffers van de grond) zowel plantengroei als het nitrificatieproces remmen (Biomaatschappij, 2020; Milieucentraal, 2022).

Emissie energiecentrales

Zoals blijkt uit Tabel 7-2 heeft de energiesector in 2020 een aandeel van 9,68% van de totale NO_x emissie en 0,15% van de totale NH_3 emissie in Nederland. Een groot deel van deze emissie is afkomstig van de grote energiecentrales. In het verleden was steenkool de voornaamste brandstof waarmee gestookt werd. Inmiddels zijn er nog enkele kolencentrales operationeel en wordt een transitie gemaakt naar gas- en biomassagestookte centrales. In Tabel 7-3 is de geregistreerde emissie over 2020 van enkele van deze centrales weergegeven. De weergegeven emissies zijn afkomstig uit de bedrijfsrapporten van emissieregistratie.nl⁷⁰.

Tabel 7-3 Geregistreerde stikstofemissies energiecentrales voor het jaar 2020.

Centrale	Emissievracht NO_x (als NO_2) [kg/jaar]	Emissievracht NH_3 [kg/jaar]	Brandstof
Amercentrale, Geertruidenberg	753.500	3.521	Steenkool/biomassa/houtgas
Eemshavencentrale, Eemshaven	783.600	--	Steenkool/biomassa
Unipercentrale, Maasvlakte	1.005.000	--	Steenkool/biomassa
RWE Generation, Moerdijk	133.400	--	Aardgas
Eemscentrale, Eemshaven	565.500	--	Aardgas
Magnumcentrale, Eemshaven	630.900	21.940	Aardgas

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de energiecentrales een grote hoeveelheid stikstofoxiden emitteren. Een groot deel van de Nederlandse energie wordt opgewekt met de energiecentrales.

Energie die opgewekt is met windturbines, is opgewekt zonder dat daarbij stikstof uitgestoten wordt. In 2020 bedroeg het opgesteld vermogen windturbines volgens het CBS⁷¹ 4.235 MW, waarmee 8.953 miljoen kilowattuur stroom is opgewekt. Bij een emissiefactor van 0,49 g NO_x /kWh (grijze stroom⁷²) zou hiermee 4.387 ton NO_x -emissie vermeden zijn.

7.2.5.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

In de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) geeft het Rijk een langetermijnvisie op de toekomstige ontwikkeling van de leefomgeving en natuur in Nederland voor het jaar 2050 (Ministerie BZK, 2020). Geschetst wordt dat Nederland in de toekomst meer ruimte voor natuur kent, door natuur- en landschapswaarden sterker te integreren met andere ontwikkelingen. Bij nieuwe bouw- en ontwikkelopgaven is natuurinclusieve ontwikkeling de norm. Biodiversiteit zal hierdoor niet alleen in de daartoe aangewezen gebieden beheerd en hersteld worden, maar ook in de stedelijke omgeving. Daarnaast zal het natuurareaal vergroot zijn door oftewel natuurinclusieve landbouwgebieden of robuuste

⁷⁰ <https://emissieregistratie.nl/data/bedrijfsrapporten>, geraadpleegd tussen 19 september 2022 en 30 september 2022.

⁷¹ Database Statline, Centraalbureau voor de Statistiek, Windenergie op land; productie en capaciteit per provincie cijfers 2020 – regio Nederland, geraadpleegd 30 september 2022. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70960ned/table?ts=1664538340601> – Genormaliseerde productie.

⁷² Rapport Emissiekentallen Elektriciteit - Kentallen voor grijze en 'niet-geormerkte stroom' inclusief upstream-emissies, M.B.J. Otten, M.R. Afman, CE Delft januari 2015. Referentie 4.F65.1

natuurverbindingen. Verder zullen herstelwerkzaamheden aan ecosystemen en bufferzones rondom natuurgebieden bijdragen aan het behouden van landschappelijke kwaliteit en biodiversiteit op zowel land als zee.

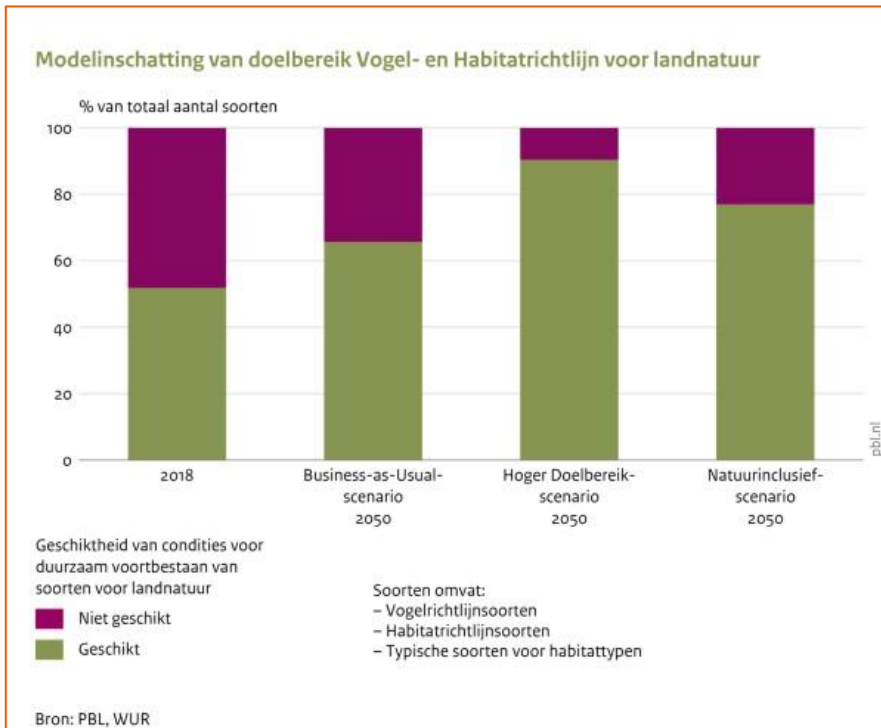
In deze sectie zullen de autonome en toekomstige ontwikkelingen behandeld worden voor het beoordelingscriterium natuur met een doorkijk naar het jaar 2050.

Natura 2000-gebieden en Natuurnetwerk Nederland

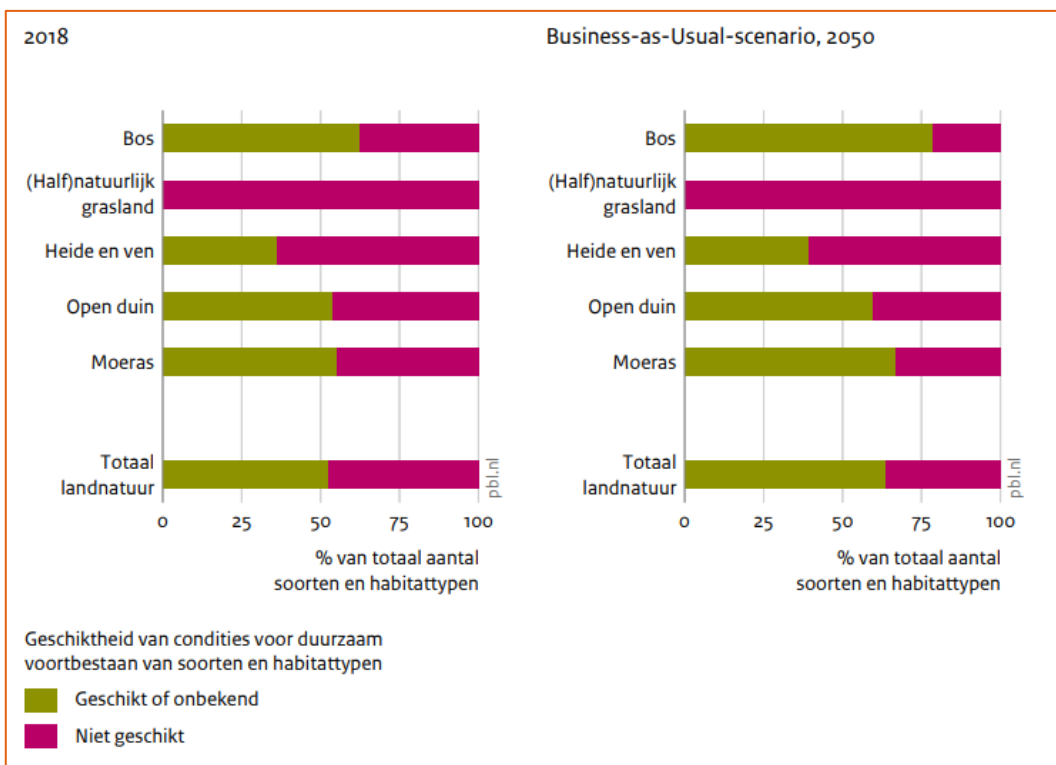
In hoeverre de doelen uit de Vogel- en Habitatrichtlijn haalbaar zijn wordt onderzocht in de Natuurverkenningstudie (NVK) (PBL; WUR, 2020). De NVK is een scenariostudie die een langetermijnvisie schetst voor het jaar 2050 van de Nederlandse natuur aan de hand van scenario's. Eén van de scenario's is het Business as Usual (BaU) scenario, waarbij geredeneerd wordt vanuit maatregelen uit vastgesteld beleid en autonome ontwikkelingen naar de effecten op het doelbereik van de Vogel- en Habitatrichtlijn. In het BaU scenario wordt het huidige natuurbeleid voortgezet waarbij uitbreiding, inrichting, en beheer van de natuur wordt gerealiseerd aan de hand van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de voorwaarden uit het klimaatakkoord. Bij volledige uitvoering van het vastgestelde beleid groeit het areaal natuurgebieden op land, met name in en rond de Natura 2000-gebieden. Ook stijgt de kwaliteit van de natuurgebieden. In de wateren worden KRW-maatregelen getroffen om de waterkwaliteit te verbeteren. Ook worden er twee andere scenario's geschetst welke extra inspanningen vergen ten opzichte van het BaU scenario, namelijk Hoger Doelbereik (HDB) en Natuur Inclusief (NI):

- **Hoger Doelbereik (HDB):** Focus op de Vogel- en Habitatrichtlijn-soorten en bijbehorende doelen waaraan Nederland zich in Europees verband heeft gecommitteerd. Nieuwe natuur zal met name in en om beschermde natuurgebieden gerealiseerd worden (NNN en Natura-2000), wat grotendeels ten koste zal gaan van agrarisch gebied.
- **Natuur Inclusief (NI):** Nieuwe natuur zal met name ontstaan buiten de beschermde natuurgebieden, door maatschappelijke opgaves op te lossen m.b.v. natuurlijke oplossingen (bijv. Nature Based Solutions). De samenhang en integratie tussen natuur en andere maatschappelijke opgaven staan centraal.

Figuur 7-18 illustreert in hoeverre in elk scenario de doelen van de Vogel- en Habitatrichtlijnen behaald worden ten opzichte van de hiervoor beschreven huidige situatie. Dit doel is ook hier uitgedrukt in het percentage soorten dat een (on)gunstige Staat van Instandhouding heeft. In 2018 is deze waarde gelijk aan 53%, en voor elk ander scenario ligt dit percentage hoger. Met beleid conform scenario BaU wordt ca. 65% van het doelbereik van de Vogel- en Habitatrichtlijn gehaald. In Figuur 7-19 is dit uitgesplitst per ecosysteemtype.



Figuur 7-18 Modelinschatting van doelbereik Vogel- en Habitatrichtlijn soorten voor landnatuur (PBL; WUR, 2020)



Figuur 7-19 Expertinschatting van doelbereik Vogel- en Habitatrichtlijn voor landnatuur per ecosysteemtype (PBL; WUR, 2020)

Concluderend neemt de natuurkwaliteit, kijkend naar de Vogel- en Habitatrichtlijn-doelstellingen, toe tot het jaar 2050. De manier waarop hangt echter samen met het toekomstig beleid, en daarnaast in zekere mate met beleid dat al is vastgelegd. De volgende autonome ontwikkelingen zijn relevant voor natuur (deels ontleend aan het BaU scenario):

- De woningbouwopgave en bijbehorende verstedelijking leidt tot een afname van met name agrarisch gebied, omdat natuurgebieden wettelijk zijn beschermd.

- Nederland investeert de komende jaren fors in een duurzame landbouw en in een robuust natuurareaal, om weer tot een balans te komen. Om de natuur in Nederland in goede staat te brengen kiezen we voor een brede aanpak die zich richt op de verscheidenheid aan gebieden. Die aanpak richt zich niet alleen op stikstof, maar ook op de (Europese) normen en opgaven van de waterkwaliteit, bodem, klimaat en biodiversiteit. Een gedifferentieerde aanpak zal leiden tot grote aanpassingen in het landelijk gebied. Daarmee maken we gebiedsgericht inzichtelijk wat de perspectieven zijn voor verschillende vormen van landbouw. (Coalitieakkoord 2021 – 2025).
- Toename lokaal groen door (burger)initiatieven, waarbij de steun voor natuurbehoud en -bescherming doorzet.
- Afronding Natuurpact⁷³, waardoor Natuurnetwerk Nederland zijn voltooiing nadert in 2027.
- Daling depositie door emissie maatregelen die vastgesteld zijn voor 2020.
- Vastgestelde maatregelen KRW en PAGW⁷⁴.
- Toename bos en compensatie houtkap.

Vogels

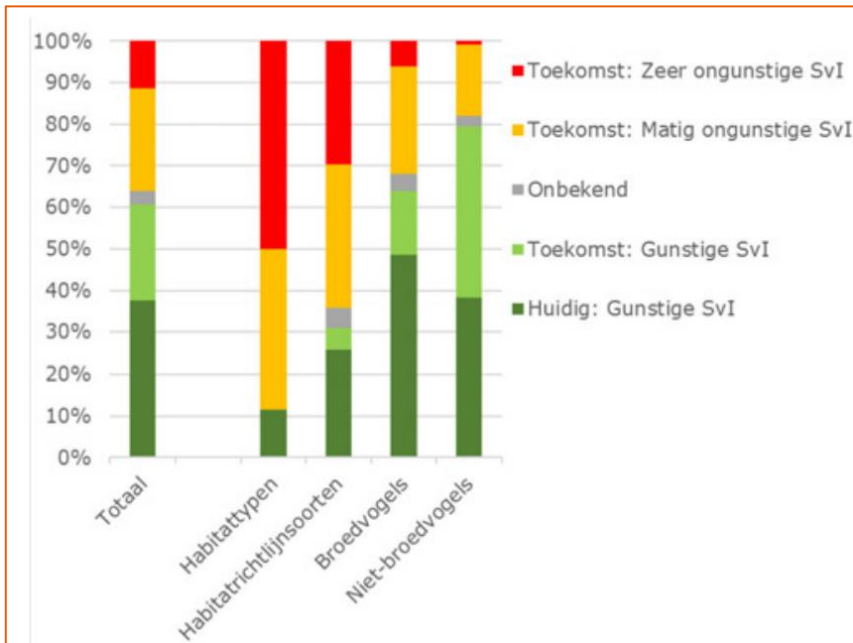
In het vorige segment werden de autonome ontwikkelingen beschreven voor de algemene natuur in Nederland, waarbij grotendeels het BaU scenario is gebruikt. Dit zou betekenen voor de Vogelrichtlijn-doelen, dat ongeveer 48% van de broedvogels en 38% van de niet-broedvogels een gunstige Staat van Instandhouding heeft (Pouwels & Henkens, 2020). Kijkend naar de soorten die vallen onder de Vogelrichtlijn, dan zien we een positievere vooruitgang voor het jaar 2027.

Deze vooruitblik is gebaseerd op de WUR studie van Pouwels & Henkens (2020), die een analyse uitvoerde voor de resterende opgave voor en na 2027 voor het bereiken van de Vogel (en Habitat) Richtlijnen doelen. In Figuur 7-20 zien we dat ongeveer 68% van de broedvogels en 82% van de niet-broedvogels een gunstige Staat van Instandhouding hebben. Ondanks een algemeen gunstige toekomstperspectief voor de vogels in Nederland, is er een kleine groep van vogels die het erg moeilijk heeft. Dit zijn met name de broedvogels die voorkomen in landschappelijk open ecosystemen en met name de agrarische gebieden (CLO, 2022; Pouwels & Henkens, 2020). Figuur 7-21 geeft de huidige negatieve trend van boerenlandvogels weer voor de periode van 1990 - 2020. Met name de geïntensiverde agrarische bedrijfsvoering is verantwoordelijk voor deze significante reductie in boerenlandvogels (CLO, 2022). Het behalen en doorzetten van de huidige positieve trend m.b.t. de Staat van Instandhouding van zowel broed als niet-broedvogels hangt af van de volgende factoren:

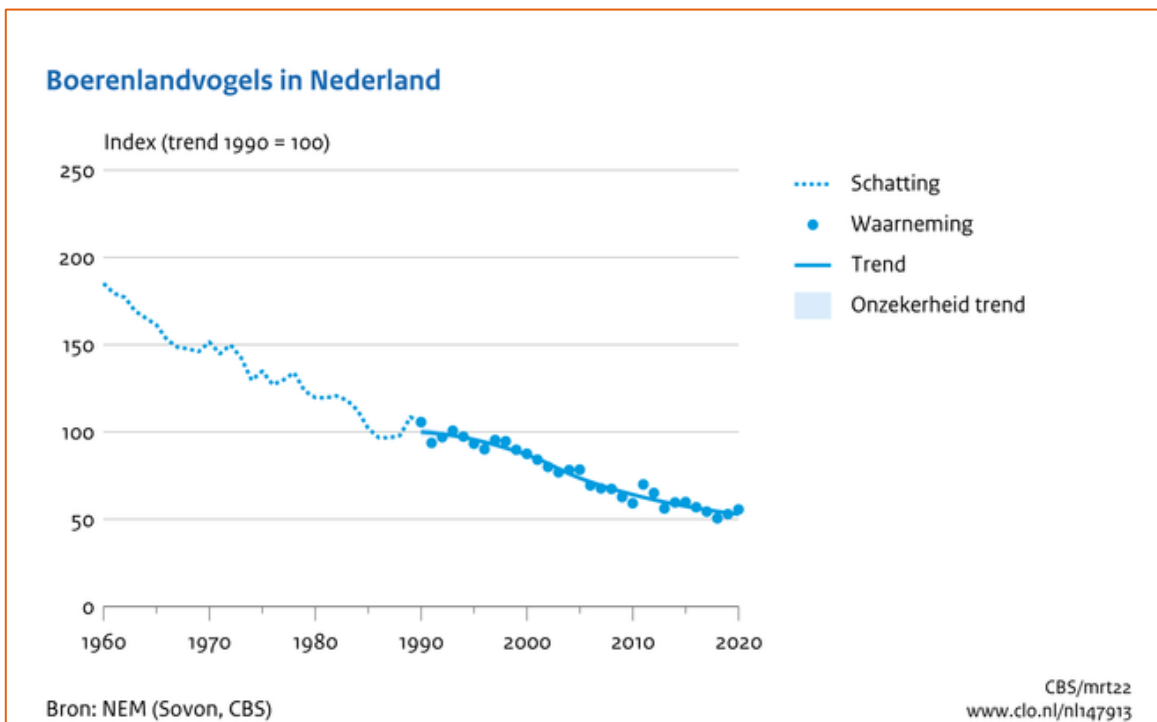
- Intensivering van de landbouwsector, waardoor de populatie van boerenlandvogels potentieel verder afneemt;
- Afronding Natuurpact; waardoor potentieel leefgebied voor vogels toeneemt
- De invloed van exoten en van drukfactoren in het buitenland bij trekvogels en trekvissen (zoals jacht), die niet in het model zijn meegenomen.
- De transitie van fossiele naar duurzame energieopwekking.

⁷³ Natuurpact; overeenkomst tussen het Rijk en de 12 provincies over ambities en financiering van het Nederlands Natuurbeleid (Brouwers, Verwoerd, & Klaassen, 2021).

⁷⁴ KRW: Kader Richtlijn Water, PAGW: Programma Aanpak Grote Wateren.



Figuur 7-20 Toekomstige Status van Instandhouding voor habitattypen en Vogel- en Habitatrichtlijn-soorten in 2027 op basis van het doortrekken van huidige gemeten trends en voorziene ontwikkelingen binnen het natuurbeleid (Pouwels & Henkens, 2020).



Figuur 7-21 Trend van boerenlandvogels in de periode van 1990 – 2020 (CLO, 2022).

Vleermuizen

In de beschrijving van de huidige situatie is toegelicht dat een positieve trend merkbaar is bij het aantal vleermuizen. Of de groei van vleermuizen doorzet, is mede afhankelijk van de volgende trends:

- Het voortzetten van beschermende maatregelen en monitoring van vleermuizen. Een voorbeeld is het traject Natuurinclusieve Energietransitie voor wind en hoogspanning op land (NIEWHOL)⁷⁵ waarin wordt ingezet op een vermindering van de negatieve effecten van de energietransitie op de staat van instandhouding van kwetsbare vogels en vleermuizen.
- De woningbouwopgave waardoor potentieel leefgebied afneemt. In de periode 2020-2035 moeten ongeveer 900.000 woningen gebouwd worden voor de uitbreiding van het woningaanbod ofwel gemiddeld 59.000 woningen per jaar (Kok, 2020).
- De uitbreiding van het Natuurnetwerk Nederland (afgerond 2027) en de Bossenstrategie⁷⁶ (afgerond 2030) waardoor potentieel leefgebied voor vleermuizen toeneemt.

Stikstofemissie algemeen

De volgende autonome en toekomstige ontwikkelingen spelen een rol bij de ontwikkelingen van stikstofemissie tot 2050:

- Om de Nederlandse natuur te versterken wordt het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) opgesteld door de Rijksoverheid. Onder het NPLG moet de stikstofemissie in landelijk gebied fors omlaag. Het NPLG is een samenwerking tussen centrale en decentrale overheden en grondeigenaren en -gebruikers. In 2030 moet de stikstofemissie uit de landbouw, transport, industrie, bouw en lucht-, zee- en scheepvaart voor ten minste 74% van de natuurgebieden lager zijn dan de kritische depositiewaarde (KDW).
- Het verbeteren van de luchtkwaliteit kan alleen wanneer het wordt gezien en opgepakt als een gezamenlijke verantwoordelijkheid van overheden, professionals, bedrijven en burgers. Begin 2020 is daarom het Schone Lucht Akkoord gesloten tussen Rijk, provincies en een groeiend aantal gemeenten.⁷⁷ Het doel van dit akkoord is om de gezondheidsschade door luchtvervuiling te verminderen. Het streven is om gezondheidswinst te behalen door in 2030 ten opzichte van 2016 de uitstoot van binnenlandse bronnen minimaal te halveren na maatregelen van zowel de Rijksoverheid, als van gemeenten en provincies. Stakeholders en kennisinstututen zoals GGD'en dragen met expertise en ervaring bij aan verschillende themagroepen van het SLA. Zij maken zich hard voor extra inzetten op maatregelen om gezamenlijk de luchtkwaliteit, en daarmee de gezondheid van inwoners, verder te verbeteren. Ook is afgesproken dat wordt toegewerkt naar de WHO-advieswaarden voor luchtkwaliteit en zijn streefdoelen per sector opgenomen.⁷⁸
- De woningbouwopgave waarbij de bouw en het gebruik van woningen leidt tot extra stikstofuitstoot.
- De toename van elektrisch vervoer (of niet fossiel aangedreven vervoer) waardoor de stikstofuitstoot als gevolg van wegverkeer en vliegverkeer afneemt.
- De luchtvaartsector wordt steeds zuiniger, stiller en schoner. In de Luchtvaartnota 2020-2050 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020) wordt beschreven dat en hoe de luchtvaartsector, net als andere sectoren, moet bijdragen aan de reductie van de uitstoot van stikstof.
- De transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energieopwekking, waardoor meer windturbines op land worden geplaatst. De aanleg van windturbines en het onderhoud leidt mogelijk tot extra stikstofuitstoot. Maar de energieopwekking door windturbines vermindert de uitstoot van stikstof van opwek met fossiele brandstoffen. Dit is hierna verder uitgewerkt.

Stikstofemissie - Aanlegfase windparken

Bij de aanleg van windparken worden mobiele werktuigen ingezet die diesel verbruiken. De verbrandingsemissies van de mobiele werktuigen veroorzaken emissie van stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃). De stoffen verspreiden door de lucht en slaan op enige afstand van de werkzaamheden weer neer (depositie). Depositie van deze stikstofverbindingen werkt verzurend op de bodem en heeft daarmee invloed op de natuurlijke Nederlandse vegetatie.

De aanlegfase van een windpark heeft een bepaalde duur en is tijdelijk; nadat het windpark gereed is, vindt geen stikstofemissie en -depositie meer plaats vanwege de werkzaamheden. De exacte stikstofemissie van een windpark is

⁷⁵ Voor meer informatie over het NIEWHOL, zie: [RES - NIEWHOL](#).

⁷⁶ Voor meer informatie over de Bossenstrategie, zie: [Rijksoverheid - Bossenstrategie](#)

⁷⁷ <https://www.schoneluchtakkoord.nl/>

⁷⁸ Gezondheidswinst door schonere lucht, Gezondheidsraad, Nr. 2018/01

onder andere afhankelijk van het aantal te realiseren windturbines. Daarnaast is van belang welke werktuigen worden ingezet.

In de afgelopen jaren zijn Aerius-berekeningen uitgevoerd voor de realisatiefases van meerdere te ontwikkelen windparken. Op basis van deze openbaar beschikbare berekeningen van zes inmiddels vergunde en deels al gerealiseerde windparken is gekeken welke werktuigen worden ingezet en hoe lang deze inzet per windturbine is. Hieruit is voor ieder werktuig een gemiddelde inzet per windturbine bepaald. De werktuigen en het aantal draaiuren is weergegeven in onderstaande tabel. Uit het vermogen en het aantal draaiuren kan de stikstofemissie bepaald worden. Hierbij is aangenomen dat alle in te zetten materieel minimaal Stage-klasse IV heeft, zodat de emissie zo laag mogelijk blijft. Het gaat daarbij om conventioneel materieel met als bouwjaar 2014 of later. Met deze gegevens zijn het brandstof- en AdBlue⁷⁹ verbruik van het materieel bepaald volgens de methode die ook in het model Aerius gehanteerd is. Deze methode is door TNO ontwikkeld en beschreven in het rapport AUB (AdBlue verbruik, Uren en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NO_x en NH₃ uitstoot van mobiele werktuigen⁸⁰. Met dit brandstof- en AdBlue verbruik zijn daarna de emissievrachten NH₃ en NO_x bepaald. Deze zijn weergegeven in onderstaande Tabel 7-4.

Tabel 7-4 Stikstofemissiewaardes van werktuigen voor de aanleg van een windturbine.

Werktuig	Vermogen [kW]	Draaiuren per windturbine	Stage-klasse	Emissie NO _x	Emissie NH ₃
Dumper	320	77	Stage IV	13,6	0,60
Graafmachine	28	12	Stage IV	0,8	0,00
Graafmachine	60	11	Stage IV	0,2	0,02
Graafmachine	100	166	Stage IV	11,0	0,50
Hijskraan	100	28	Stage IV	2,0	0,08
Hijskraan	200	107	Stage IV	13,9	0,60
Hijskraan	450	162	Stage IV	45,7	2,00
Kiepbak	450	14	Stage IV	6,5	0,30
laadschop	200	110	Stage IV	14,3	0,60
Vorkheftruck	100	140	Stage IV	11,7	0,50
Wals	90	58	Stage IV	3,7	0,10
Asfalteermachine	60	4	Stage IV	0,04	0,01
Totaal				123,4	5,3

De emissievrachten gelden per windturbine. Voor de emissie van de aanleg van een windpark moet dit vermenigvuldigd worden met het aantal turbines.

Stikstofemissie - Gebruiksfase windparken

In de gebruiksfase treedt geen stikstofemissie op. Daarom wordt het effect op de stikstofemissie beoordeeld aan de hand van de vermeden emissie. De windturbines produceren stroom zonder emissie van stikstof. Deze stikstofemissie treedt wel op wanneer de stroom geproduceerd zou worden door energiecentrales op kolen, biomassa of aardgas. De vermeden emissie betreft daarom de emissie die de energiecentrales niet produceren voor de hoeveelheid stroom die de windturbines opwekken.

De vermeden emissie is bepaald aan de hand van het geprojecteerd vermogen van één of meerdere windturbines, en de stroom die zij in één jaar produceren. Hiervoor is een referentieturbine van 8 MW aangehouden. De energie die een windturbine jaarlijks produceert, is onder andere afhankelijk van de windsnelheid op ashoogte en het aantal

⁷⁹ AdBlue is een oplossing van ureum in gedemineraliseerd water die wordt toegevoegd aan diesel, om voertuigen die diesel gebruiken schoner te laten rijden.

⁸⁰ AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NO_x en NH₃ uitstoot van mobiele werktuigen. TNO, N.E. Ligterink, S. Dellaert, P. van Mensch, 10 december 2021. Referentie 2021-STL-RAP-100342672

vollasturen. Voor dit PlanMER is de jaargemiddelde windsnelheid op 100 meter hoogte (ongeveer ashoogte) afgeleid van de nationale energieatlas⁸¹ en ingeschat op 7 m/s.

Volgens het rapport Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2022 van het PBL, bedraagt het aantal vollasturen voor reguliere windturbines op land 3.150 uur per jaar⁸². Met de vollasturen en het totaal aantal uur per jaar, is een capaciteitsfactor bepaald die gebruikt is om de jaarlijkse energieproductie in te schatten. Deze geschatte energieproductie is daarna omgerekend naar een vermeden emissie met de emissiefactor NO_x voor grijze energie uit tabel 3 van het rapport Kentallen voor grijze en 'niet-geormerkte stroom' inclusief upstream-emissies van CE Delft⁸³. Afhankelijk van waar deze vermeden stikstofemissie wordt verminderd (bij welke elektriciteitscentrale), zou zijn te bepalen welke daarmee gepaard gaande depositie wordt vermeden op natuur.

De gehanteerde uitgangspunten zijn samengevat in Tabel 7-5.

Tabel 7-5 Uitgangspunten referentieturbine (8 MW) voor inschatting vermeden stikstofemissies.

Windsnelheid [m/s]	Vollasturen [uur/jaar]	Capaciteitsfactor toekomstige windturbines	Emissiefactor NO _x [g/kWh]
7	3.150	36%	0,49

De kentallen en factoren uit bovenstaande tabel zijn toegepast op de referentieturbines met een bronvermogen van 8 MW en daarmee is de vermeden emissie berekend. Deze berekende vermeden emissie is weergegeven in Tabel 7-6.

Tabel 7-6 Vermeden stikstofemissies voor windparken met verschillende aantallen windturbines.

Aantal windturbines	Geprojecteerd vermogen [MW]	Ingeschatte energie opbrengst [kWh/jaar]	Vermeden emissie stikstof [kg/jaar]
1	8	25.200.000	12.348
2	16	50.400.000	24.696
6	48	151.200.000	74.088
10	80	252.000.000	123.480

7.2.5.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor het thema natuur geldt dat dit van invloed kan zijn op zowel vogels als vleermuizen.

7.2.6 Ruimtegebruik

7.2.6.1 Beschrijving huidige situatie

Meer dan vier vijfde van de totale oppervlakte van Nederland wordt gebruikt voor groene en blauwe functies, zoals landbouwterrein, bos en open natuurlijk terrein, recreatieterrein en buiten- en binnenwateren. Circa 13% van het totale oppervlak van Nederland wordt gebruikt voor rode functies (infrastructuur, woonterrein, bouwterrein en overig bebouwd terrein). Het ruimtegebruik in Nederland is per functie weergegeven in Tabel 7-7. Volgens het Compendium voor de Leefomgeving (2020) is tussen 1996 en 2015 de totale oppervlakte verkeersterrein, bebouwd terrein en semi-bebouwd terrein (rode ruimte) in Nederland toegenomen met ca. 700 km². Deze toename wordt veroorzaakt door woningbouwlocaties (Vinexwijken) en groeiende bedrijventerreinen. De totale oppervlakte recreatie-, agrarisch-natuurlijk terrein en bos (groene ruimte) is tussen 1996 en 2015 afgenomen met ca. 840 km². De afname van groene

⁸¹ Kaarten Nationale Energieatlas, geraadpleegd 23 september 2022 - <https://www.nationaleenergieatlas.nl/kaarten?config=418d0f56-0f0c-4fd4-9001-2ead4e1e22d6&activeTools=layercollection,search,info,bookmark,measure,draw&activateOnStart=layercollection&gm-x=148924.80000000008&gm-y=463440.64&gm-z=3&gm-b=1542632922900,true,1:1554040876254,true,0.8>

⁸² Rapport Eindadvies basisbedragen SDE++ 2022 - tabel 6.4, Planbureau voor de Leefomgeving en TNO, 11 maart 2022, PBL-publicatienummer: 4403.

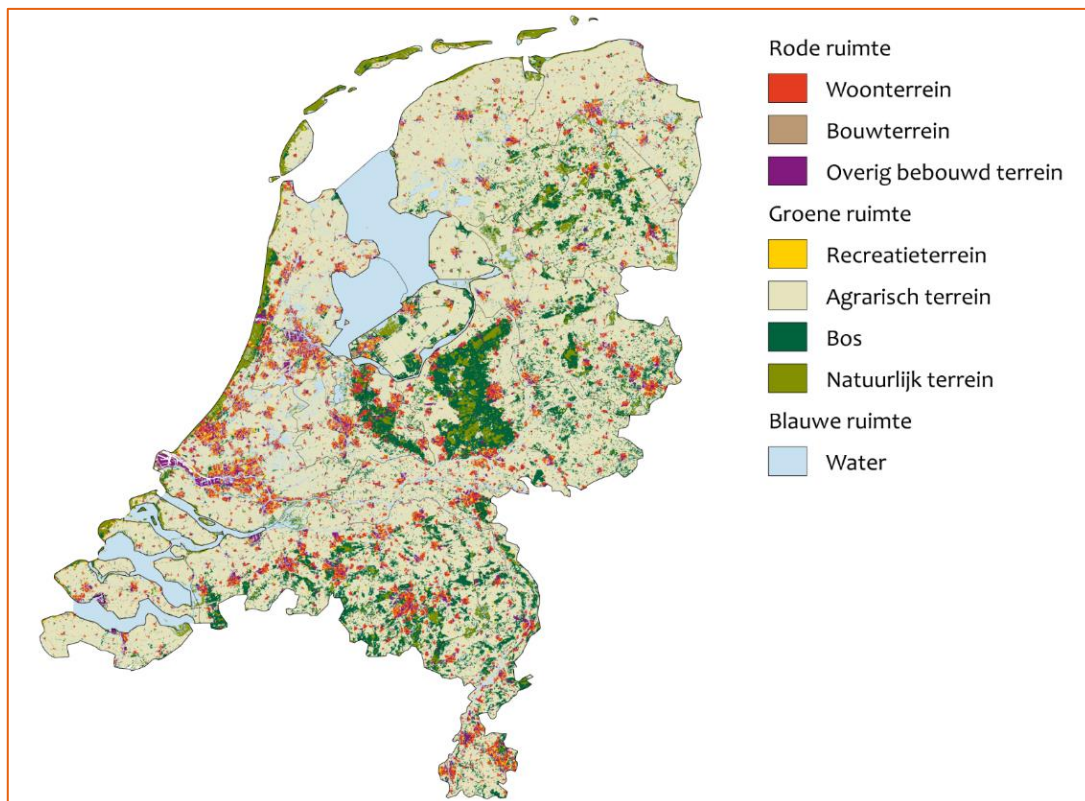
⁸³ Rapport Emissiekentallen Elektriciteit - Kentallen voor grijze en 'niet-geormerkte stroom' inclusief upstream-emissies, M.B.J. Otten, M.R. Afman, CE Delft januari 2015. Referentie 4.F65.1

ruimte is met name te verklaren door een afname van gemiddeld 50 à 60 km² landbouwgrond per jaar. Het ruimtegebruik in Nederland verschilt per provincie. Dit is onder andere te zien in Figuur 7-22.

Na de tabel en figuren wordt in deze paragraaf ingegaan op de mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik.

Tabel 7-7 Ruimtegebruik Nederland (CBS, 2020)

Ruimtegebruik	Type functie	Areaal	Percentage
Landbouwterrein	Groene functie	22.400 km ²	Ca. 54 %
Bebouwing ⁸⁴ en infrastructuur	Rode functie	5300 km ²	Ca. 13 %
Bos en open natuurlijk terrein	Groene functie	5000 km ²	Ca. 12 %
Buitenwater ⁸⁵	Blauwe functie	4200 km ²	Ca. 10 %
Binnenwater	Blauwe functie	3700 km ²	Ca. 9 %
Recreatieterrein	Groene functie	1100 km ²	Ca. 3 %
Totale oppervlakte		41.700 km²	Ca. 100%



Figuur 7-22 Ruimtegebruik in Nederland in 2015 (CLO, 2020)

⁸⁴ Onder bebouwing wordt verstaan bebouwd terrein en semi-bebouwd terrein. Bebouwd terrein is in gebruik voor wonen, werken, winkelen, uitgaan, cultuur en openbare voorzieningen. Semi-bebouwd terrein is (verhard) terrein dat niet in gebruik is als verkeersterrein of bebouwd terrein. Dit zijn onder andere stortplaatsen, bouwterreinen en begraafplaatsen.

⁸⁵ De Nederlandse binnenwateren bestaan voornamelijk uit het IJsselmeer en Markermeer, de Rijn en Maas, en diverse andere kleinere rivieren, kanalen en meren. Het Nederlandse buitenwater bestaat uit de Waddenzee, Eems, Dollard, de Oosterschelde en Westerschelde, en een deel van de Noordzee.

Meervoudig ruimtegebruik

Meervoudig ruimtegebruik is een combinatie van activiteiten op een bepaalde locatie. Hierbij nemen de activiteiten tezamen minder ruimte in beslag dan wanneer ze los naast elkaar zouden bestaan. Windturbines zijn geschikt voor meervoudig ruimtegebruik, omdat ze een relatief klein fysiek ruimtegebruik hebben op de grond (fundament, aanvoerweg en kraanopstelplaats). Rondom de windturbine kunnen andere activiteiten plaatsvinden. Echter, er gelden natuurlijk ook (onzichtbare) belemmeringen ingegeven door veiligheids- en milieueisen. Vanuit meervoudig ruimtegebruik bekeken kan windenergie gecombineerd worden met diverse andere activiteiten:

Tabel 7-8 Kansen voor meervoudig ruimtegebruik

Bodemgebruik	Functie	Kansen voor meervoudig ruimtegebruik	Bronnen en/of voorbeelden
Landbouwterrein	Akkerbouw	Windakkers, waarbij onder en naast de windturbine voedsel geproduceerd kan worden. Bijkomend voordeel is dat energieopwekking een economisch perspectief kan bieden aan agrariërs met verminderde landbouwopbrengsten. Bij de inrichting van het landschap kan windenergie een bijdrage leveren aan het versterken van deze landschappelijke structuren.	(Noord Hollandse Energie Regio, 2020c) (Posad Spatial Strategies / Generation.Energy, FABRICations, et al., 2018)
Bebouwing en infrastructuur	Havengebieden, industrie- en bedrijventerreinen	Bij bedrijven- en industrieterreinen met voldoende (rest)ruimte kunnen windturbines geplaatst worden. Ook is meervoudig ruimtegebruik mogelijk in 'Windenergielandschappen', zoals de havens van Rotterdam, Amsterdam en de Eems Dollard.	(RVO, 2015) (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken, 2014) (Posad Spatial Strategies / Generation.Energy, FABRICations, et al., 2018)
	Verkeers- en spoorwegen	Lineaire landschapselementen, waarbij lineaire opstellingen van windturbines kansen bieden voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld in de restruimte die ontstaat bij verkeer- en spoorwegen).	(Noord Hollandse Energie Regio, 2020) (Posad Spatial Strategies / Generation.Energy, FABRICations, et al., 2018)
	Energieopwekking	Energielandschappen, waarbij windturbines gecombineerd worden met andere vormen van energieopwekking, zoals zonnenvelden. Bijkomend voordeel van meerdere soorten van energieopwekking is de balancering op het elektriciteitsnetwerk.	Energiepark Haringvliet Zuid ⁸⁶ Energielandschap De Grift ⁸⁷ Energielandgoed Wells Meer ⁸⁸ Energielandschap Rijnenburg en Reijerscop ⁸⁹
Bos en open natuurlijk terrein	Bosontwikkeling	Klimaat- of windbossen, waarbij met de exploitatie van windturbines een deel van de aanleg van bos wordt gefinancierd of gecompenseerd. Het zicht op windturbines wordt beperkt door het omliggende bos.	(Wing, Alterra, Bosch & Van Rijn, Student Hogeschool Van Hall Larenstein, 2016) (Posad Spatial Strategies / Generation.Energy, FABRICations, et al., 2018) Windpark Wieringermeer (Robbenoordbos) ⁹⁰
	Natuurontwikkeling en ecologische verbindingzones	Ten eerste mag er geen bebouwing geplaatst worden nabij windturbines, wat kansen biedt voor natuurontwikkeling. De windturbine zorgt dan dat het landschap beschermd wordt tegen menselijke	(Noord Hollandse Energie Regio, 2020b)

⁸⁶ Voor meer informatie over Energiepark Haringvliet Zuid, zie: <https://energieparkharingvlietzuid.nl/>

⁸⁷ Voor meer informatie over Energielandschap de Grift, zie: <https://burgersgevenenergie.nl/project/energielandschap-de-grift/>

⁸⁸ Voor meer informatie over Energielandgoed Wells Meer, zie: <https://www.energielandgoedwellsmeer.nl/>

⁸⁹ Voor meer informatie over Energielandschap Rijnenburg en Reijerscop, zie: <https://www.utrecht.nl/wonen-en-leven/duurzame-stad/energie/duurzame-energie-in-rijenburg-en-reijerscop/>

⁹⁰ Voor meer informatie over het Robbenoordbos, zie: <https://www.staatsbosbeheer.nl/wat-we-doen/werk-in-uitvoering/wieringermeer-windturbines-robbeoordbos>

Bodemgebruik	Functie	Kansen voor meervoudig ruimtegebruik	Bronnen en/of voorbeelden
		activiteit, zoals woningbouw of industrie. Natuurlijk zijn er ook soorten die negatieve effecten ondervinden van windturbines (zoals barrière effecten en aanvliegschtoffers). Ten tweede zijn er mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik bij lineaire landschapselementen, waarbij lineaire opstellingen van windturbines kansen bieden voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld ecologische corridors). Ten derde kunnen geldstromen van energieopwekking benut worden voor de ontwikkeling en herstel van leefgebieden.	(Noord Hollandse Energie Regio, 2020)
Binnenwater	Vaarwateren, waterkeringen en kunstwerken	Lineaire landschapselementen, waarbij lineaire opstellingen van windturbines kansen bieden voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld watergangen en kanalen). Specifiek voor waterkeringen geldt voor de bouw, de aanwezigheid en de verwijdering van windturbines op of bij de waterkering de 'Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatswerken' ⁹¹ als het kader voor vergunningverlening en handhaving.	Pilotprogramma Hernieuwbare energie op Rijksgrond ⁹²
	Natuurontwikkeling	Bodemroerende visserij is niet toegestaan binnen windparken, wat kansen biedt voor bodemdieren, schaaldieren en vissen. Natuurlijk zijn er ook soorten die negatieve effecten ondervinden van windturbines (zoals barrière effecten en aanvliegschtoffers).	(Noord Hollandse Energie Regio, 2020b)
Recreatieterrein	Recreatieve verbindingen en waterrecreatie	Lineaire landschapselementen, waarbij lineaire opstellingen van windturbines kansen bieden voor meervoudig ruimtegebruik (bijvoorbeeld recreatieve routes). Ook kan waterrecreatie plaatsvinden nabij windparken (bijvoorbeeld Windpark Fryslân).	Parelroute Duurzaamheid – Neeltje Jans ⁹³ Windpark Nieuwe Waterweg met investeringen gericht op recreatie in poldergebied Oranjabonnen ⁹⁴ (ETFI, 2014)

Radarzoneringen en laagvliegzones

Windturbines kunnen effect hebben op radarzoneringen en laagvliegzones en vice versa. In Nederland staan verschillende militaire en civiele radarposten met als doel de vliegveiligheid en de nationale veiligheid te waarborgen. Windturbines en hoogbouw kunnen verstoring op de radar veroorzaken en obstakels vormen voor luchtvaart. Daarom gelden in Nederland diverse beperkingengebieden om veilig vliegen van en naar luchthavens mogelijk te maken en de correcte werking van de communicatie-, navigatie- en surveillance(radar)apparatuur te waarborgen. Voor nagenoeg ieder windproject moet vooraf radarverstoring worden doorgerend door TNO en via het Rijksvastgoedbedrijf een verklaring van geen bezwaar van Defensie worden verkregen. Het komt regelmatig voor dat in verband met de berekende radarverstoring de exacte locatie, grootte of typekeuze van de windturbines moet worden aangepast. Figuur 7-23 geeft aan waar laagvlieggebieden en defensieradar is opgenomen. In het document 'Radartoetsing en windturbines' van RVO (2020) is een stappenplan geschetst om inzicht te krijgen in de beperkingen in verband met luchtvaart en radarverstoring. Dit wordt bekeken op projectniveau.

In paragraaf 6.2.2 is toegelicht dat radarbeperkingen vanuit defensie, laagvlieggebieden, straalpaden e.d. niet leiden tot onderscheidende mogelijkheden voor windturbines bij het beoordelen van de te onderzoeken varianten.

⁹¹ Voor de 'Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatswerken', zie:

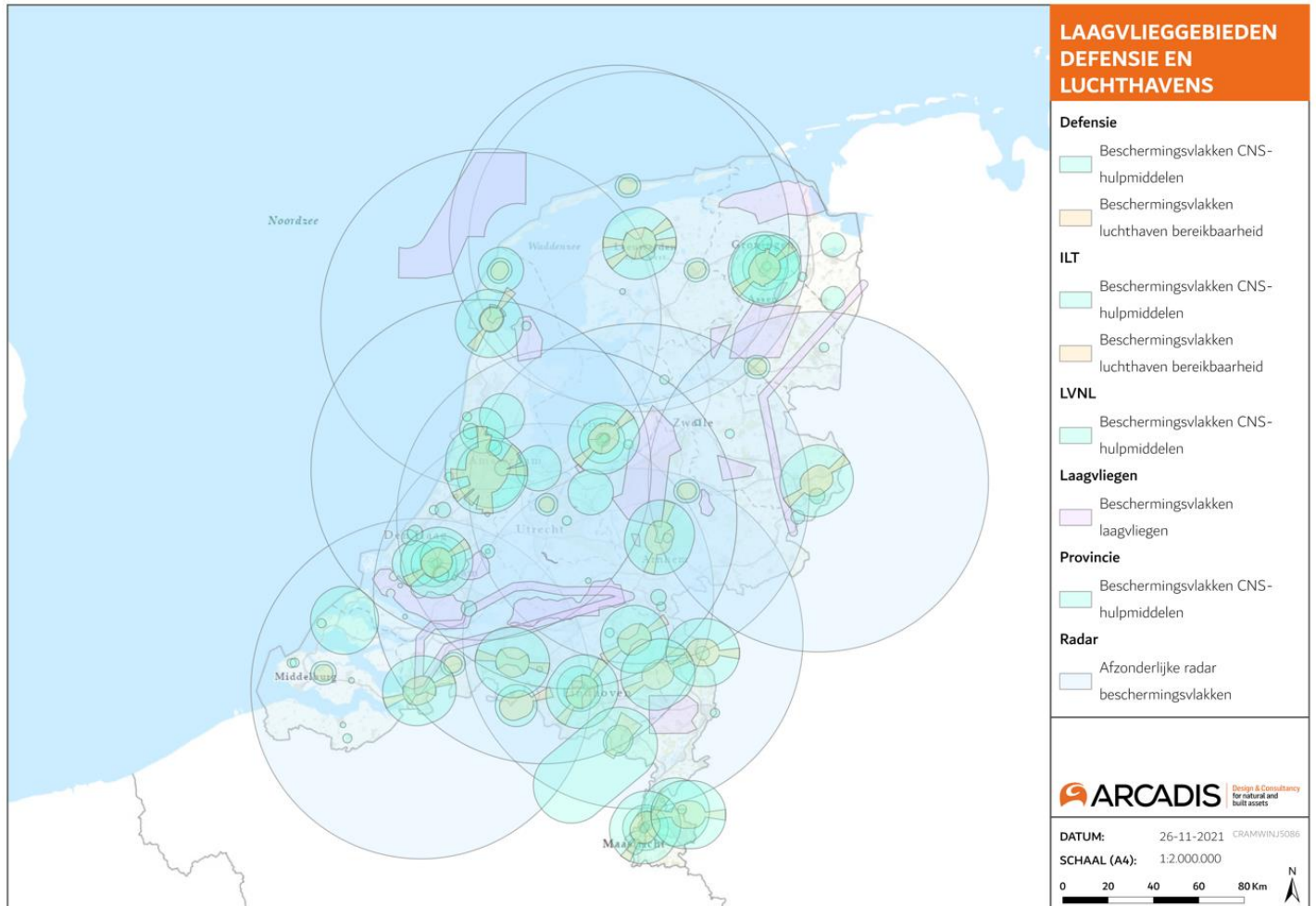
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0013685/2015-11-21>

⁹² Voor meer informatie over het Pilotprogramma Hernieuwbare energie op Rijksgrond, zie: <https://www.energieoprijksgrond.nl/organisatie>

⁹³ Voor meer informatie over Parelroute Duurzaamheid, zie: https://www.zeeland.com/nl-nl/visit/2709_nl/parelroute-duurzaamheid-neeltje-jans#:~:text=Een%20unieke%20combinatie%20van%20waterkering,nodig%20voor%20mens%20en%20natuur.

⁹⁴ Voor meer informatie over Windpark Nieuwe Waterweg, zie: <https://www.eneco.nl/over-ons/wat-we-doen/duurzame-bronnen/windpark-nieuwe-waterweg/>

Beperkingen door – en effecten op – luchtvaart en radarverstoring zijn locatie- en projectspecifiek. Daarom worden de effecten op laagvlieggebieden defensie en luchthavens niet beoordeeld in dit planMER als beoordelingscriterium.



Figuur 7-23 Laagvliegroutes defensie en luchthavens (RVO, 2019)

7.2.6.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

De autonome- en toekomstige ontwikkelingen voor ruimtegebruik worden hieronder toegelicht voor het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik.

Meervoudig ruimtegebruik

Volgens het toekomstperspectief in de NOVI (Ministerie BZK, 2020) is in 2050 het grootste deel van het Nederlands grondoppervlak nog steeds bestemd voor groene functies als land- en tuinbouw en natuur. Wel ziet het landbouw- en voedselsysteem er anders uit. Zo wordt meer duurzame, extensieve en natuur inclusieve kringlooplandbouw toegepast. Hierdoor kan met minder milieubelasting voedsel worden geproduceerd en ontstaan kansen voor combinatiemogelijkheden tussen landbouw, natuur, wonen, landschap, bereikbaarheid en duurzame energie. Volgens de Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat (2018) bieden windbossen en windakkers veel potentie voor het meervoudig ruimtegebruik.

7.2.6.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor het thema ruimtegebruik geldt dat de aansluiting op de internationale netcapaciteit relevant is, want Nederland is aangesloten op het internationale Europese stroomnet. Meervoudig ruimtegebruik is niet relevant, want dit speelt op de windlocatie en heeft geen grensoverschrijdend karakter.

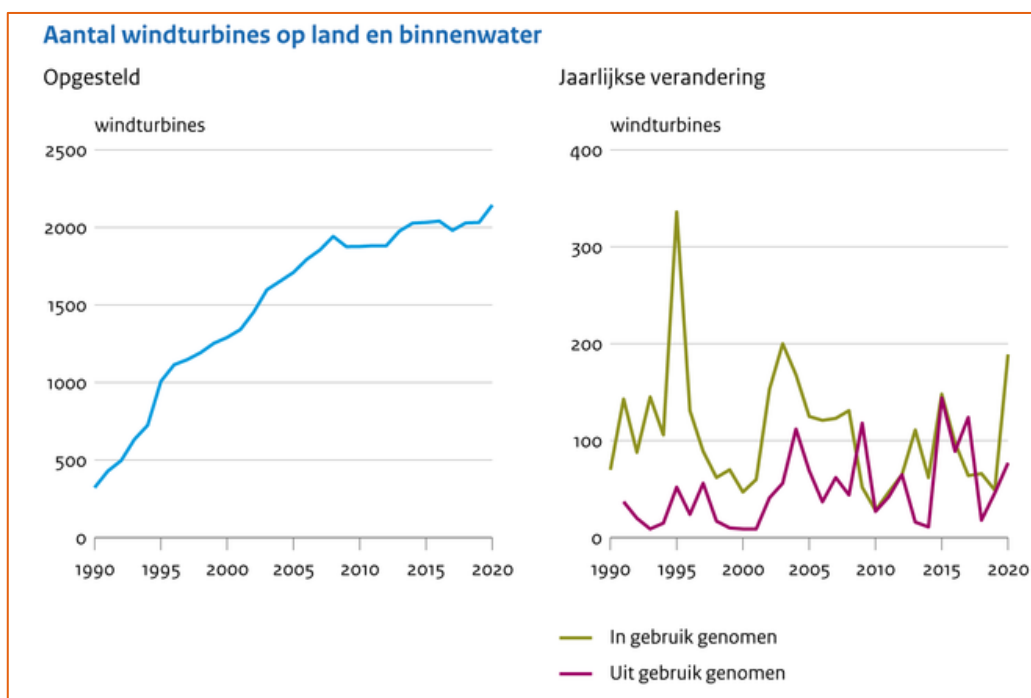
7.2.7 Energieopbrengst

7.2.7.1 Beschrijving huidige situatie

In 2016 heeft de regering het VN-Klimaatakkoord van Parijs ondertekend⁹⁵. Het doel van dit akkoord is om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder 2 graden Celsius, met inspanningen om de stijging verder te beperken tot 1,5 graden Celsius. In Nederland is het VN-Klimaatakkoord vastgelegd in de Klimaatwet. De Klimaatwet stelt vast hoeveel procent Nederland de CO₂-uitstoot moet terugdringen. Eind 2020 moest Nederland ten minste 25% minder broeikasgassen uitstoten ten opzichte van 1990. Dat heeft de rechter in 2015 bepaald in de klimaatzaak van Urgenda tegen de Nederlandse Staat. Ook in het hoger beroep in 2018 en het cassatieberoep in 2019 heeft de rechter het vonnis bevestigd.⁹⁶

In het Energieakkoord staat dat provincies elk een aandeel verzorgen om een totaal van 6.000 MW aan windenergie te realiseren voor 2020. In 2020 is de doelstelling niet gehaald (tekort van 1.184 MW), waarna een versnellingspakket is samengesteld. Uit de Monitor Wind op Land 2021 (RVO, 2022) blijkt dat het zeer waarschijnlijk is dat eind 2023 de doelstelling uit het Energieakkoord – inclusief de afspraken uit het versnellingspakket – gehaald worden.

Om de klimaatdoelen te halen is het aantal windturbines op land en in binnenwateren de afgelopen jaren sterk gegroeid. Na 2008 was er sprake van een afname in de groei, maar sinds 2013 groeit het totale aantal weer licht en in het jaar 2020 was sprake van een sterke stijging. Volgens het Compendium voor de Leefomgeving (2022) is het aantal windturbines tussen 1990 en 2020 toegenomen van 323 windturbines naar 2144 windturbines⁹⁷. Dat de absolute groei afvlakte na 2008 kwam vooral doordat veel oude windturbines werden gesloopt. Doordat de nieuwe generatie windturbines een aanzienlijk groter vermogen hebben dan de oude, neemt het totale vermogen sterker toe dan het aantal windturbines (CLO, 2022). Het aantal windturbines op land en binnenwater en de jaarlijkse verandering is weergegeven in Figuur 7-24.



Figuur 7-24 Aantal windturbines op land en binnenwater inclusief jaarlijkse verandering (CLO, 2022)

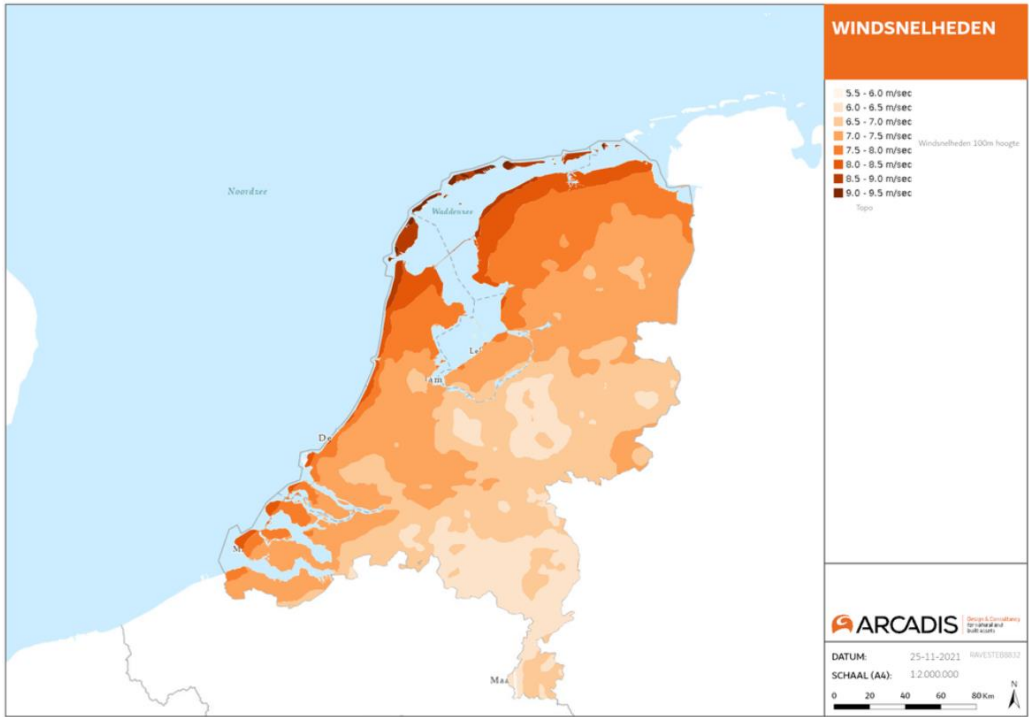
De meeste windturbines staan daar waar de windsnelheden het hoogst zijn (zie Figuur 7-25). Maar het windaanbod is niet de enige bepalende factor. Ook de fysieke ruimte en (lokale) inpasbaarheid in het landschap bepalen de locatie

⁹⁵ Voor het ontstaan van het Klimaatbeleid, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid/ontstaan-klimaatbeleid>

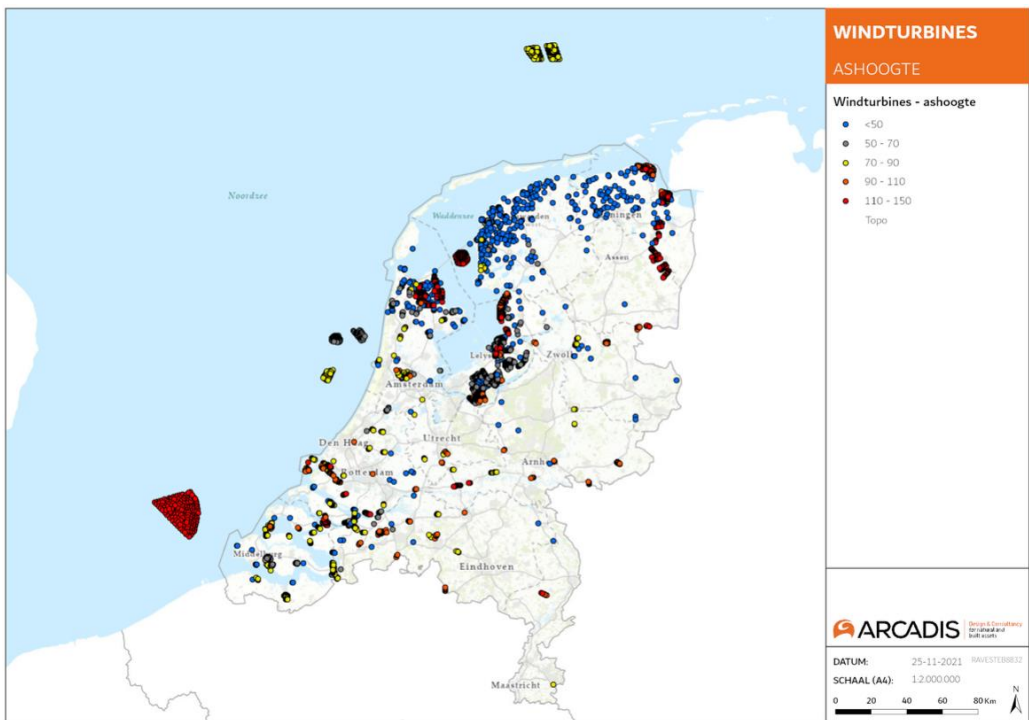
⁹⁶ Zie <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>.

⁹⁷ Dit is inclusief 289 windturbines in windparken op de Noordzee. Wanneer deze niet meegerekend worden is het aantal windturbines 1.855 met een totaal vermogen van 3.783 MW eind 2020.

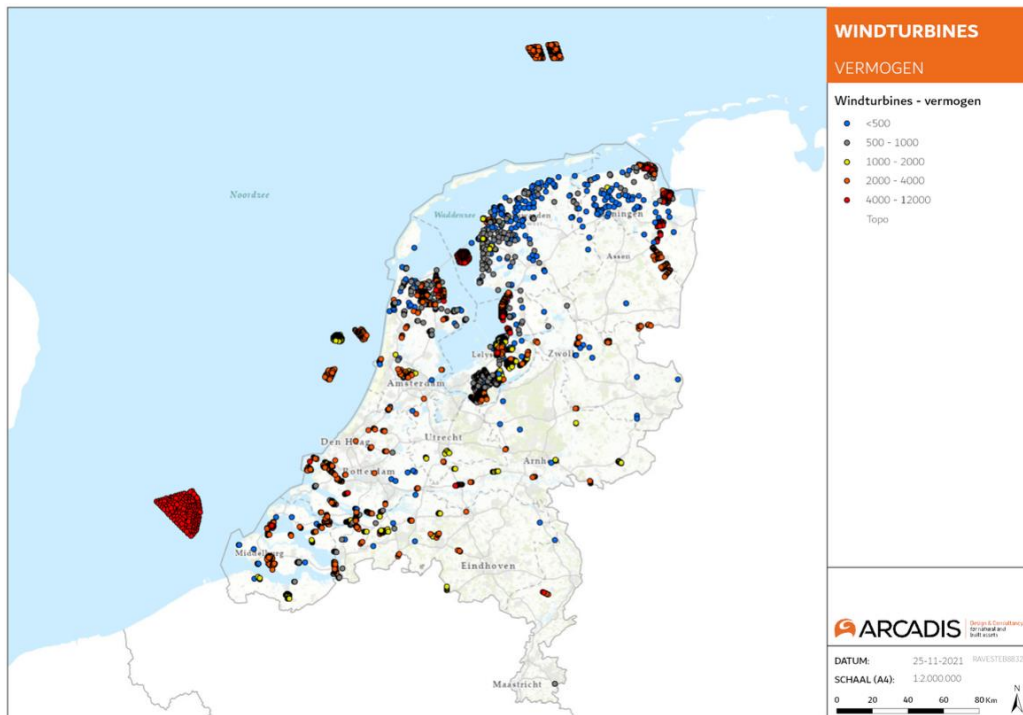
van de windturbines. De gerealiseerde windturbines zijn weergegeven naar as-hoogte (Figuur 7-26) en naar vermogen (Figuur 7-27).



Figuur 7-25 Windsnelheden Nederland 100 meter hoogte (RVO, 2015)



Figuur 7-26 Bestaande windturbines met ashoogte (Atlas van de Leefomgeving, april 2021). Deze kaart is gemaakt door de Nationale energieatlas op basis van gegevens van het RIVM, Rijkswaterstaat en Windstats.nl. Op deze kaart ziet u de locatie en de hoogte van windturbines in Nederland (ashoogte in meters).



Figuur 7-27 Vermogen per bestaande windturbine (Atlas van de Leefomgeving, april 2021) Deze kaart is gemaakt door de Nationale energieatlas op basis van gegevens van het RIVM, Rijkswaterstaat en Windstats.nl (vermogen in kWatts)

Uit de Monitor Wind op Land (RVO, 2022) blijkt dat op basis van het opgesteld vermogen aan windparken de verwachte jaarproductie 15,2 TWh is vanaf eind 2021.

Bestaande windturbines hebben al een vergunning. Vergunningen waar niet meer tegen in bezwaar of beroep kan worden gegaan, blijven geldig. De uitspraak van de Raad van State heeft daarvoor geen gevolgen. Voor reeds bestaande, vergunde en bestemde windturbineparken geldt sinds 1 juli 2022 een tijdelijke overbruggingsregeling. Deze bevat milieuregels voor bestaande windturbineparken voor de periode dat het planMER wordt doorlopen en de AMvB voor nieuwe windturbinebepalingen wordt opgesteld. De overbruggingsregeling geldt tot uiterlijk 1 juli 2025 of zoveel eerder als de overbruggingsregeling kan worden ingetrokken na vaststelling van de nieuwe windturbinebepalingen. Bestaande windturbines maken daarom onderdeel uit van de referentiesituatie in het planMER.⁹⁸

7.2.7.2 Autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050

Om aan de afspraken van de klimaatdoelen van Parijs en Klimaatwet te voldoen moet Nederland overstappen op duurzame energiebronnen. Voor 2030 en 2050 zijn de volgende doelen gesteld:

1. 49% minder CO₂-uitstoot in 2030 ten opzichte van 1990. Om dit doel te halen, hebben de overheid, bedrijven en maatschappelijke organisaties een Klimaatakkoord gesloten. Er staan ook afspraken in die partijen onderling hebben gemaakt.
2. 95% minder CO₂-uitstoot in 2050 ten opzichte van 1990.

In het regeerakkoord zijn de doelen nog aangescherpt en zijn doelen voor tussenliggende jaren gegeven: “Nederland wil koploper in Europa zijn bij het tegengaan van de opwarming van de aarde. Om uiterlijk in 2050 klimaatneutraal te zijn, scherpden we het doel voor 2030 in de Klimaatwet aan tot tenminste 55% CO₂ reductie. We committeren ons hard aan dit doel en zullen indien nodig extra stappen zetten om dit te realiseren. Om dit doel ook zeker te halen, spreken we af om ons in het beleid te richten op een hogere opgave, wat neerkomt op circa 60% in 2030. Ook na 2030 is het nodig om ambitieus door te gaan met CO₂ reductie. We zetten in op een reductie van 70% in 2035 en 80% in 2040. Om dit te kunnen realiseren, treffen we in deze kabinetsperiode voorbereidingen voor het invoeren van een systeem

⁹⁸ Citaat uit de reactienota, zie

<https://www.platformparticipatie.nl/windturbinebepalingen/voornemen+windturbinebepalingen/documenten+nationale+windturbinebepalingen/handle/downloadfiles.ashx?idnv=2312927>

van betalen naar gebruik in de automobilititeit in 2030 en voor de bouw van nieuwe kerncentrales. Ook maken we in deze kabinetsperiode onze energie-netwerken toekomstbestendig.”⁹⁹

Windenergie is één van de maatregelen om de klimaatdoelen te halen. Op basis van onderzoek van TNO (Mulder, Boonman, & Sterkenburg, 2022) worden er op basis van de RES-plannen naar verwachting 3.259 windturbines opgesteld met een totaal vermogen van 9.357 MW in 2030. Dat is een toename tussen 2022 en 2030 van 952 windturbines.

Voor windenergie op land is het Klimaatakkoord¹⁰⁰ relevant. In het Klimaatakkoord zijn de maatregelen en afspraken voor de energietransitie in Nederland vastgelegd om de doelen uit de Klimaatwet te halen. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat er in 2030 tenminste 35 terawattuur (TWh) duurzame elektriciteit op land (wind én zon) geproduceerd moet worden. Om dit te realiseren werken in Nederland dertig energieregio's samen aan plannen: de Regionale Energiestrategieën (RES). In de RES beschrijven de 30 energieregio's hoe zij uiterlijk in 2030 ten minste 35 TWh duurzame elektriciteit willen produceren. In juli 2021 hebben de RES-regio's hun eerste plannen gepresenteerd in de RES 1.0. In juli 2023 volgt de RES 2.0. Zoekgebieden die in de RES 1.0 zijn geschetst per energieregio maken geen integraal onderdeel uit van de referentiesituatie in dit planMER. Ook worden geen uitspraken gedaan over de haalbaarheid van concrete zoekgebieden. Hiervoor zijn de volgende redenen:

- Het proces van de RES 1.0 (gepubliceerd in juli 2021) heeft hoofdzakelijk plaatsgevonden vóór de uitspraak van de Afdeling op 30 juni 2021 in de zaak over de uitbreiding van Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding 2020 (ECLI:NL:RVS:2021:1394). Dat wil zeggen dat ambities en zoekgebieden die opgenomen zijn in de RES 1.0 van de energieregio's mede gebaseerd zijn op de normen die golden vóór de uitspraak van de Afdeling. Het stellen van nieuwe normen kan de haalbaarheid van ambities en zoekgebieden uit de RES 1.0 beïnvloeden.
- Het doel van het planMER is niet om geschikte locaties aan te wijzen voor windprojecten op nationaal niveau. Daarnaast verschilt het detailniveau van ambities en zoekgebieden in de RES 1.0 tussen de energieregio's, waardoor het niet mogelijk is om hier op nationaal schaalniveau uitspraken over te doen.
- De zoekgebieden in de RES 1.0 hebben geen juridische status. Een groot gedeelte van de ambities en zoekgebieden uit RES 1.0 zijn nog niet vastgesteld in regionale of lokale plannen. De afgelopen jaren zijn er om uiteenlopende redenen zoekgebieden bij de totstandkoming van de RES afgefallen. Voorbeelden zijn dat er te weinig draagvlak is of de aanwezigheid van de wespandief rond de Veluwe. Ook kunnen er zoekgebieden worden toegevoegd. Daarmee geven de ambities en zoekgebieden in de RES 1.0 enkel een momentopname welke kan wijzigen in de RES 2.0.

Zoals eerder vermeld blijkt uit de Monitor Wind op Land (RVO, 2022) dat op basis van het opgesteld vermogen aan windparken de verwachte jaarproductie 15,2 TWh is vanaf eind 2021. De komende jaren wordt een toevoeging van ruim 6 TWh verwacht. Op dit moment zijn er namelijk nog projecten in bouwfase (in opdracht en voorbereiding). De verwachting is dat eind 2023 18,5 TWh wordt geproduceerd en na 2023 is de verwachting dat dit aantal toeneemt tot 21,6 TWh. Dat betekent dat de jaarlijkse productie van windenergie op land naar verwachting voor ruim 50% bijdraagt aan de doelstelling van 35 TWh hernieuwbare energieproductie op land.

Uit de Monitor RES 1.0 blijkt dat het totaal van alle biedingen van de RES-regio's 55,1 TWh bedraagt. Het PBL (2021) maakt in de Monitor RES 1.0 een schatting of het doel van 35 TWh in 2030 gehaald kan worden, gegeven het totaalbod van 55,1 TWh. De schatting van de elektriciteitsproductie in 2030 is op basis van productie uit bestaande installaties (onderdeel huidig), uit projecten die mogelijk op korte termijn worden gerealiseerde (onderdeel pijplijn) en een schatting van de productie in 2030 op basis van nog niet concrete plannen (onderdeel ambitie). In Tabel 7-9 is het aandeel van windturbines op land in de RES-plannen weergegeven. De bandbreedte voor de productie in 2030 die volgt uit de PBL-systematiek en de RES1.0 bedraagt 35-46 TWh, met een middenwaarde van 41 TWh. Daarmee bevat de RES 1.0 voldoende plannen om het doel van 35 TWh te halen. De Monitor RES 1.0 schetst echter ook dat er grote onzekerheden zijn. Zo moeten projecten nog (lange) planprocedures doorlopen, is er sprake van netcongestie en stagneert de ontwikkeling van windparken door de uitspraak van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State.

⁹⁹ Zie <https://www.rijksoverheid.nl/regering/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst/2.-duurzaam-land/klimaat-en-energie>

¹⁰⁰ Voor meer informatie over het Klimaatakkoord, zie: <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>

Tabel 7-9 Totaal van de biedingen naar techniek van de RES 1.0 (PBL, 2021) – opmaak van tabel is aangepast t.o.v. bron

RES 1.0 (TWh)	
Totaal van biedingen	55,1
Zon-pv ¹	26,4
Windturbines op land	24,3
Windturbines op land of zon-pv ²	4,4

¹ Som van de aandelen zon-pv op daken en velden en het deel waar nog geen keuze voor is gemaakt.

² Aandeel van regiobiedingen waarvoor nog geen technologiekeuze is gemaakt.

Zoals hiervoor geschetst is voor het halen van de Klimaatdoelen nieuwe windenergie op land nodig. Deze vraag wordt onder andere ingegeven door een toenemende vraag naar elektriciteit (o.a. door elektrificatie van industrie en vervoer en toenemend aantal datacenters). Ook is er sprake van de ontwikkeling van nieuwe technieken, zoals waterstof, welke combinatiemogelijkheden bieden met duurzame opwek uit windenergie. Daarnaast biedt 'Repowering' kansen voor een toename van de energieproductie volgens de Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat (2018). Repowering is het vervangen van de vele oudere, relatief kleine windturbines door grote, moderne windturbines met een groter opgesteld vermogen.

7.2.7.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

In dit planMER zijn ook de mogelijke grensoverschrijdende milieugevolgen beoordeeld per beoordelingscriterium. Voor het thema energieopbrengst geldt dat dit geen grensoverschrijdend effect met zich brengt, anders dan dat Nederland haar verantwoordelijkheid neemt in het terugdringen van de CO₂-uitstoot en daarmee de klimaatverandering mee helpt beheersen.

7.3 Autonome ontwikkeling: decentrale normering

In deze paragraaf wordt de autonome ontwikkeling 'decentrale normering' toegelicht. Allereerst wordt ingegaan op het advies van de Commissie voor de m.e.r. met betrekking tot de referentiesituatie. Vervolgens wordt ingegaan op een vijftal casussen van windprojecten waarbij overheden reeds gestart zijn met het opstellen van decentrale normeringen voor windprojecten. Tot slot wordt in deze paragraaf op basis van de casussen een referentie bepaald voor de decentrale normering die als referentiesituatie in dit planMER.

Advies Commissie voor de m.e.r.

Uit praktische overwegingen stelt de Commissie voor de m.e.r. een andere referentiesituatie voor dan in de NRD was voorgesteld¹⁰¹. De Commissie stelt voor om de referentiesituatie voor wat betreft windenergie te baseren op de Regionale Energie Strategieën (RES 1.0). De Commissie voor de m.e.r. stelt voor om de resultaten van de RES'en mee te nemen als 'autonome ontwikkeling' in de referentiesituatie, met als referentiejaar 2030. Het overnemen van dit advies zou betekenen dat de voorheen geldende normen uit het Activiteitenbesluit milieubeheer onderdeel uitmaken van de referentiesituatie, omdat deze normen zijn gehanteerd als uitgangspunt bij het opstellen van de RES 1.0. De Commissie voor de m.e.r. acht het uitgaan van het niet van kracht zijn van Rijksregels voor windturbines, zoals voorgesteld in de NRD, niet werkbaar.

Het Rijk onderschrijft de analyse van de Commissie voor de m.e.r. dat de in de NRD voorgestelde referentiesituatie een inschatting oplevert van hoe andere overheden dan het Rijk normen zullen stellen. Dit zal een minder eenduidig en minder zeker beeld opleveren dan uitgaan van de oorspronkelijke Rijksnormen in combinatie met RES 1.0. Er zijn echter ook nadelen aan deze benadering:

- Ten eerste wijkt de lijn van de Commissie voor de m.e.r. af van de verplichting om de mogelijke ontwikkeling van het milieu als het plan of programma niet wordt uitgevoerd te beschrijven. Bij milieueffectrapportage bestaat de referentiesituatie namelijk uit de huidige situatie met zekere autonome ontwikkelingen zonder de voorgenomen activiteit. Het risico aan de benadering van de Commissie voor de m.e.r. is dat in ultimo de rechter een dergelijke referentiesituatie niet accepteert, uitmondend in vernietiging van een bestreden besluit dat is gebaseerd op windturbinebepalingen die zijn onderbouwd met dit planMER Windturbinebepalingen

¹⁰¹ Voor het advies van de Commissie voor de m.e.r. met betrekking tot de referentiesituatie, zie hoofdstuk 4: <https://www.commissiemer.nl/docs/mer/p36/p3615/a3615rd.pdf>

Leefomgeving. Dit wordt pas duidelijk als er concrete projecten bij de rechter zijn gebracht waarbij de ‘nieuwe’ Rijksregels zijn gebruikt voor de planologische reservering of voor de vergunningverlening. Een negatieve rechterlijke uitspraak heeft als consequentie dat er herstel zal moeten plaatsvinden van de nieuwe Rijksregels, waardoor er nóg langer onzekerheid blijft bestaan. Dit vindt het Rijk niet wenselijk.

- Een tweede nadeel aan de referentiesituatie die de Commissie voor de m.e.r. voorstelt, is dat deze gebaseerd is op de RES 1.0. Het RES-bod 1.0 betreft een momentopname, die in 2023 opgevolgd zal worden door een tweede generatie, RES 2.0. In mer-termen is het RES-bod 1.0 dus een niet zekere autonome ontwikkeling. Hoe in dit planMER is omgegaan met de RES is toegelicht in paragraaf 7.2.7.
- Ten derde verschilt de mate van detailniveau en uitwerking van zoekgebieden tussen de verschillende RES-regio's, waardoor geen eenduidig beeld kan worden gemaakt van de referentiesituatie wanneer de RES'en als uitgangspunt worden gehanteerd.

Om deze redenen heeft het Rijk er tóch voor gekozen om vast te houden aan de referentiesituatie die was voorgesteld in de NRD. Hiermee wordt bovendien tegemoetgekomen aan insprekers die voorstellen om ook een situatie te onderzoeken waarbij er géén Rijksregels voor windturbines van kracht worden. Dat betekent dat in de geschetste referentiesituatie ervan wordt uitgegaan dat er op dit moment geen landelijke normen zijn voor windturbines. Wel bestaat voor decentrale overheden¹⁰² de mogelijkheid om normen te stellen of beleid te ontwikkelen voor windprojecten. In dit planMER is dat ‘decentrale normering’ genoemd. Wanneer in de toekomst geen landelijke normen voor windturbines gesteld worden, wordt in dit PlanMER het uitgangspunt gehanteerd dat het mandaat voor het stellen van normen en ontwikkelen van beleid voor windprojecten bij decentrale overheden blijft. Deze situatie wordt in dit planMER opgenomen als autonome ontwikkeling als onderdeel van de referentiesituatie.

Casussen decentrale normering

Voor de autonome ontwikkeling is het niet mogelijk om voor iedere lokale of regionale overheid in Nederland te voorspellen welke normen zij in de toekomst gaan opstellen voor windprojecten. Wel zijn na de uitspraak van de Raad van State enkele overheden reeds gestart met het opstellen van decentrale normeringen voor windprojecten.

Om een beeld te krijgen welke normen decentrale overheden stellen in de toekomst, zijn casussen bekeken van overheden die reeds normen gesteld hebben voor windprojecten. Deze casussen zijn geselecteerd door middel van de Helpdesk Wind op Land¹⁰³, een initiatief vanuit het Rijk waarbij regionale en lokale overheden worden ondersteund bij het opstellen van lokale normeringen en ervaring uitwisselen. Op de website van Helpdesk Wind op Land zijn de praktijkvoorbeelden van Windpark ZE-BRA en Windpark Beuningen toegelicht. Om een breder beeld te krijgen van welke normeringen lokale overheden stellen, zijn deze twee windparken aangevuld met een drietal windparken waarvan bekend is dat de procedure is afgerond en vergunningen onherroepelijk zijn óf waarvan de procedure in een vergevorderd stadium is. Dit zijn Windpark Lage Rooijen, Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding en Windpark IJsselwind. Een overzicht van de gestelde normen is per casus weergegeven in de volgende tabellen.

Tabel 7-10 Casus 1: Windpark ZE-BRA¹⁰⁴

Casus		Windpark ZE-BRA
Status project	Definitieve omgevingsvergunning	
Beoordelingscriterium	Beschrijving normstelling	
Geluidhinder	Maximaal L _{den} 47 dB en L _{night} 41 dB op de gevel van woningen.	
(Beperkt) kwetsbare objecten (externe veiligheid)	80 meter vanaf de mast van de windturbines mag zich geen kwetsbaar of beperkt kwetsbaar object bevinden; 200 meter vanaf de mast van de windturbines mag zich geen kwetsbaar object bevinden. Windpark ZE-BRA voldoet aan de normstelling die in het landelijk veiligheidsbeleid gangbaar is: Voor externe veiligheid is een plaatsgebonden risico toegestaan van ten hoogste 10 ⁻⁵ voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10 ⁻⁶ voor kwetsbare objecten.	

¹⁰² Hiermee wordt bedoeld op alle overheden die ruimtelijke besluiten kunnen nemen of vergunningen kunnen afgeven voor windturbines, bijvoorbeeld gemeenten, provincies en het ministerie van EZK.

¹⁰³ Voor meer informatie over Helpdesk Wind op Land, zie: <https://www.helpdeskwindopland.nl/default.aspx>

¹⁰⁴ Voor meer informatie over Windpark ZE-BRA, zie: <https://www.reimerswaal.nl/ontwikkeling-windpark-ze-bra-grens-reimerswaal-en-woensdrecht>

Visueel aspect slagschaduw	Voor windpark ZE-BRA is de maximale slagschaduwduur per jaar berekend voor adressen in de omgeving van het windpark. Hierbij zijn de hoogste drie scores een belasting van 5 uur en 58 minuten, 4u 11 min, en 4u 2 min per jaar. De normen die gesteld zijn, zijn: <ul style="list-style-type: none"> • '0 uur per jaar slagschaduwhinder' voor nieuwe windturbines wanneer omliggend gevoelig object reeds slagschaduwhinder ondervindt van bestaande windturbine(s). • Voor overige objecten slagschaduwhinder < 6 uur per jaar. Er wordt een automatische stilstandsvoorziening toegepast welke de windturbine dient af te schakelen wanneer slagschaduw optreedt én voor zover zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige constructie van deze gevoelige objecten ramen bevinden.
Visueel aspect lichtschittering	Toepassing van niet reflecterende materialen of coatinglagen.

Tabel 7-11 Casus 2: Windpark Beuningen¹⁰⁵

Casus		Windpark Beuningen
Status project	Bestemmingsplan definitief vastgesteld en definitieve omgevingsvergunning	
Beoordelingscriterium	Beschrijving normstelling	
Geluidhinder	Maximaal L _{den} 47 dB en L _{night} 41 dB op de gevel van woningen.	
(Beperkt) kwetsbare objecten (externe veiligheid)	Een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van ten hoogste 10 ⁻⁵ per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10 ⁻⁶ per jaar voor kwetsbare objecten.	
Visueel aspect slagschaduw	<p>Gevoelige objecten (o.a. woningen): 0 uur per jaar: Er wordt een automatische stilstandsvoorziening toegepast welke de windturbine dient af te schakelen wanneer slagschaduw optreedt bij gevoelige objecten wanneer de afstand minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt én voor zover zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige constructie van deze gevoelige objecten ramen bevinden.</p> <p>Kantoor: 6 uur per jaar: Daarnaast wordt de automatische stilstandsvoorziening ook toegepast wanneer slagschaduw optreedt bij kantoorpanden voor zover de afstand tussen de windturbine en het kantoorpand minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt en gemiddeld meer dan 6 uur per jaar slagschaduw kan optreden gedurende weekdays en tijdens kantooruren en voor zover zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige scheidingconstructie van de kantoren ramen bevinden.</p>	
Visueel aspect lichtschittering	Ter voorkoming van lichtschittering zijn niet reflecterende materialen of coatinglagen aanwezig op windturbines. Het meten van reflectiewaarden vindt plaats overeenkomstig NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.	

Tabel 7-12 Casus 3: Windpark Lage Rooijen¹⁰⁶

Casus		Windpark Lage Rooijen
Status project	Bestemmingsplan definitief vastgesteld en definitieve omgevingsvergunning	
Beoordelingscriterium	Beschrijving normstelling	
Geluidhinder	Maximaal L _{den} 47 dB en L _{night} 41 dB op de gevel van woningen.	
(Beperkt) kwetsbare objecten (externe veiligheid)	Een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van ten hoogste 10 ⁻⁵ per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10 ⁻⁶ per jaar voor kwetsbare objecten.	
Visueel aspect slagschaduw	Voor windpark Lage Rooijen is de maximale slagschaduwduur per jaar berekend. De slagschaduwduur, veroorzaakt door alle windturbines tezamen mag niet meer bedragen dan 6 uur per jaar.	

¹⁰⁵ Voor meer informatie over Windpark Beuningen, zie:

https://energiek.beuningen.nl/Nieuws/Plannen_Windpark_Beuningen_ter_inzage_en_informatie_avonden_inwoners

¹⁰⁶ Voor meer informatie over Windpark Lage Rooijen, zie: <https://www.maasdriel.nl/inwoner-en-ondernemer/wonen-en-leven/duurzaam/burgerwindpark-a2-lage-rooijen>

	Er wordt een automatische stilstandsvoorziening toegepast welke de windturbine dient af te schakelen wanneer slagschaduw optreedt én voor zover zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige constructie van deze gevoelige objecten ramen bevinden.
Visueel aspect lichtschildering	Ter voorkoming van lichtschildering zijn niet reflecterende materialen of coatinglagen aanwezig op windturbines. Het meten van reflectiewaarden vindt plaats overeenkomstig NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.

Tabel 7-13 Casus 4: Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding¹⁰⁷

Casus	
Windpark Delfzijl Zuid	
Status project	Herstelbesluit omgevingsvergunning
Beoordelingscriterium	Beschrijving normstelling
Geluidhinder	Maximaal L_{den} 47 dB en L_{night} 41 dB op de gevel van woningen.
(Beperkt) kwetsbare objecten (externe veiligheid)	Een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van ten hoogste 10^{-5} per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten.
Visueel aspect slagschaduw	Maximaal 0 uur per jaar slagschaduw op omliggende woningen, waarbij windturbines voorzien worden van een stilstandsvoorziening.
Visueel aspect lichtschildering	Ter voorkoming van lichtschildering zijn niet reflecterende materialen of coatinglagen aanwezig op windturbines. Het meten van reflectiewaarden vindt plaats overeenkomstig NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.

Tabel 7-14 Casus 5: Windpark IJsselwind¹⁰⁸

Casus	
Windpark IJsselwind	
Status project	Ontwerp inpassingsplan en omgevingsvergunning – Eind 2022 besluitvorming voorzien
Beoordelingscriterium	Beschrijving normstelling
Geluidhinder	Maximaal L_{den} 47 dB en L_{night} 41 dB op de gevel van woningen.
(Beperkt) kwetsbare objecten (externe veiligheid)	Een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van ten hoogste 10^{-5} per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten.
Visueel aspect slagschaduw	Voor gevoelige objecten (woningen buiten geluidgezoneerd industrieterrein De Mars): maximaal 1 uur per jaar slagschaduw. Voor woningen op geluidgezoneerd industrieterrein De Mars: maximaal 6 uur slagschaduw per jaar. Objecten met een kantoorfunctie op geluidgezoneerd industrieterrein De Mars: maximaal 6 uur slagschaduw per jaar voor zover slagschaduw optreedt tijdens werkdagen en kantooruren. Molenaarswoning: Maximaal 111 uur slagschaduw per jaar.
Visueel aspect lichtschildering	De windturbine dient voorzien te zijn van niet reflecterende materialen of coatinglagen op de betreffende onderdelen. Het meten van reflectiewaarden vindt plaats overeenkomstig NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.

Conclusie autonome ontwikkeling decentrale normering

Op basis van de voorgaande casussen is in dit planMER een beeld geschetst van de decentrale normering die meegenomen wordt in de autonome ontwikkelingen. Uit de casussen blijkt dat decentrale overheden bij windprojecten voor geluid aansluiten bij het in paragraaf 5.3 beschreven 'Alternatief ongewijzigde regels', oftewel: maximaal L_{den} 47 dB en L_{night} 41 dB op woningen. Ook voor externe veiligheid volgen de decentrale overheden het 'Alternatief ongewijzigde regels' door te toetsen aan een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van 10^{-5} per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en 10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten. Voor slagschaduw wordt afgeweken van het 'Alternatief ongewijzigde regels', wat betekent dat afgeweken wordt van de norm van maximaal 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten. De beschreven casussen hanteren een maximaal aantal uren per jaar met een bandbreedte van 0 tot 6 uur per jaar. Om te voldoen aan deze normen passen de meeste projecten een

¹⁰⁷ Voor meer informatie over Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding, zie: <https://www.provinciegroningen.nl/beleid-en-documenten/documentenzoeker/klimaat-en-energie/windparken/windpark-delfzijl-zuid/>

¹⁰⁸ Voor meer informatie over Windpark IJsselwind, zie: <https://www.gelderland.nl/themas/wonen-en-leven/woningen-en-bouwprojecten/inpassingsplannen/windpark-ijsselwind-in-zutphen-en-eefde/archief-ijsselwind>

stilstandsvoorziening toe. Indien er sprake is van objecten met een kantoorfunctie dan wordt bij Windpark Beuningen en Windpark IJsselwind een uitzondering gemaakt, namelijk: maximaal 6 uur per jaar slagschaduw gedurende weekdays en tijdens kantooruren (08:30 t/m 17:30). Voor deze referentiesituatie wordt gebruik gemaakt van de worst case situatie, waarbij sprake is van maximaal 6 uur slagschaduw per jaar. Tot slot wordt, net als voor geluid en externe veiligheid, bij lichtschittering het 'Alternatief ongewijzigde regels' gevolgd door lichtschittering te voorkomen met toepassing van niet reflecterende materialen of coatinglagen. Deze autonome ontwikkeling maakt onderdeel uit van de referentiesituatie. De overheden in de casussen maken geen gebruik van afstandsnormen. De autonome ontwikkeling van decentrale normering is samengevat in Tabel 7-15.

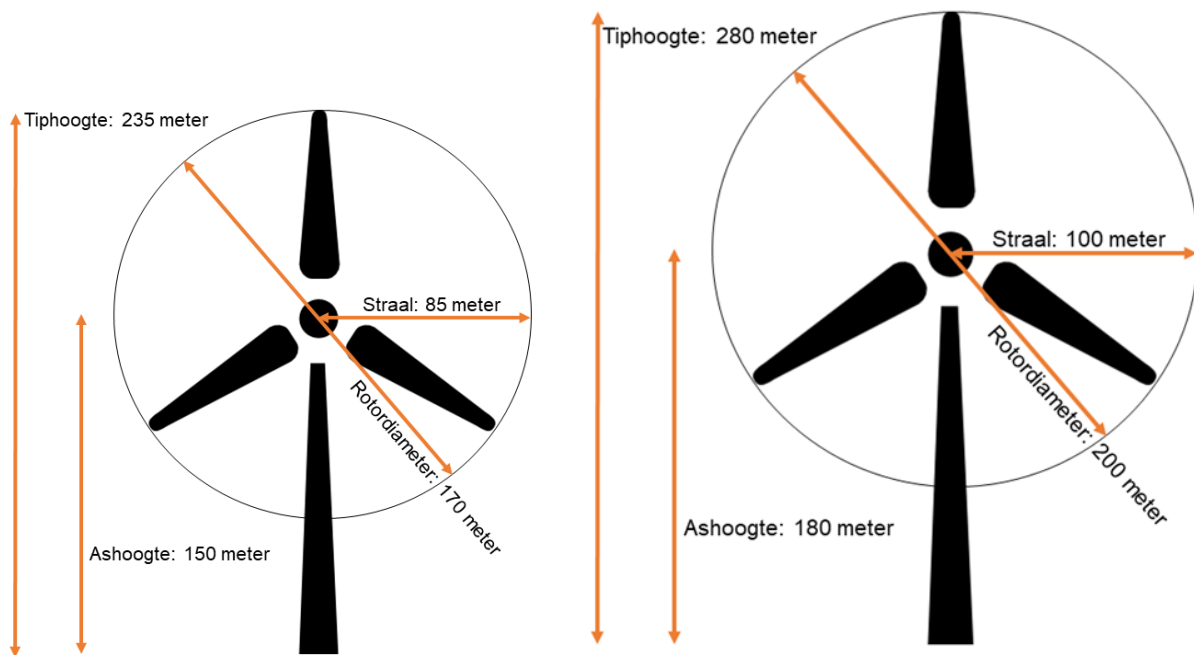
Tabel 7-15 Autonome ontwikkeling: decentrale normering

Beoordelingscriterium	Decentrale normering
Geluidhinder	Maximaal L_{den} 47 dB en L_{night} 41 dB op de gevel van woningen.
(Beperkt) kwetsbare objecten	Een normstelling van een plaatsgebonden risicocontour van en hoogste 10^{-5} per jaar voor beperkt kwetsbare objecten en 10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten is ruimtelijk aanvaardbaar.
Visueel aspect slagschaduw	Maximaal 6 uur per jaar (worst-case uitgangspunt), waarbij projecten die minder slagschaduw toestaan een uitzonderingsmogelijkheid bieden voor objecten met een kantoorfunctie (maximaal 6 uur per jaar slagschaduw gedurende weekdays en tijdens kantooruren van 08:30 t/m 17:30). Om aan de decentrale normeringen te voldoen wordt vaak een stilstandsvoorziening toegepast.
Visueel aspect lichtschittering	De windturbine dient voorzien te zijn van niet reflecterende materialen of coatinglagen op de betreffende onderdelen. Het meten van reflectiewaarden vindt plaats overeenkomstig NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode.

7.4 Referentieturbine

Om een effectbeoordeling uit te voeren, kan voor sommige thema's een referentieturbine van belang zijn. Een voorbeeld is de effectbeoordeling van afstandsnormen (zie hoofdstuk 12). De ontwikkeling van (de techniek van) windturbines bevindt zich de laatste decennia in een stroomversnelling. Windturbines worden steeds geavanceerder en hoger en ze nemen toe in vermogen. Mede door deze snelle technologische ontwikkelingen de afgelopen jaren variëren de huidige windturbines op land – afhankelijk van het bouwjaar – sterk in ashoogte, rotordiameter en vermogen. Op basis van marktontwikkelingen en de ontwikkelingen in de afgelopen jaren, is de verwachting dat de technologische ontwikkeling van windturbines zich de komende jaren voortzet. Naast de technologische ontwikkelingen zijn ook de locatie en het bijbehorende windklimaat van invloed op de (lokale) keuze welke windturbine in een concreet geval het meest geschikt is.

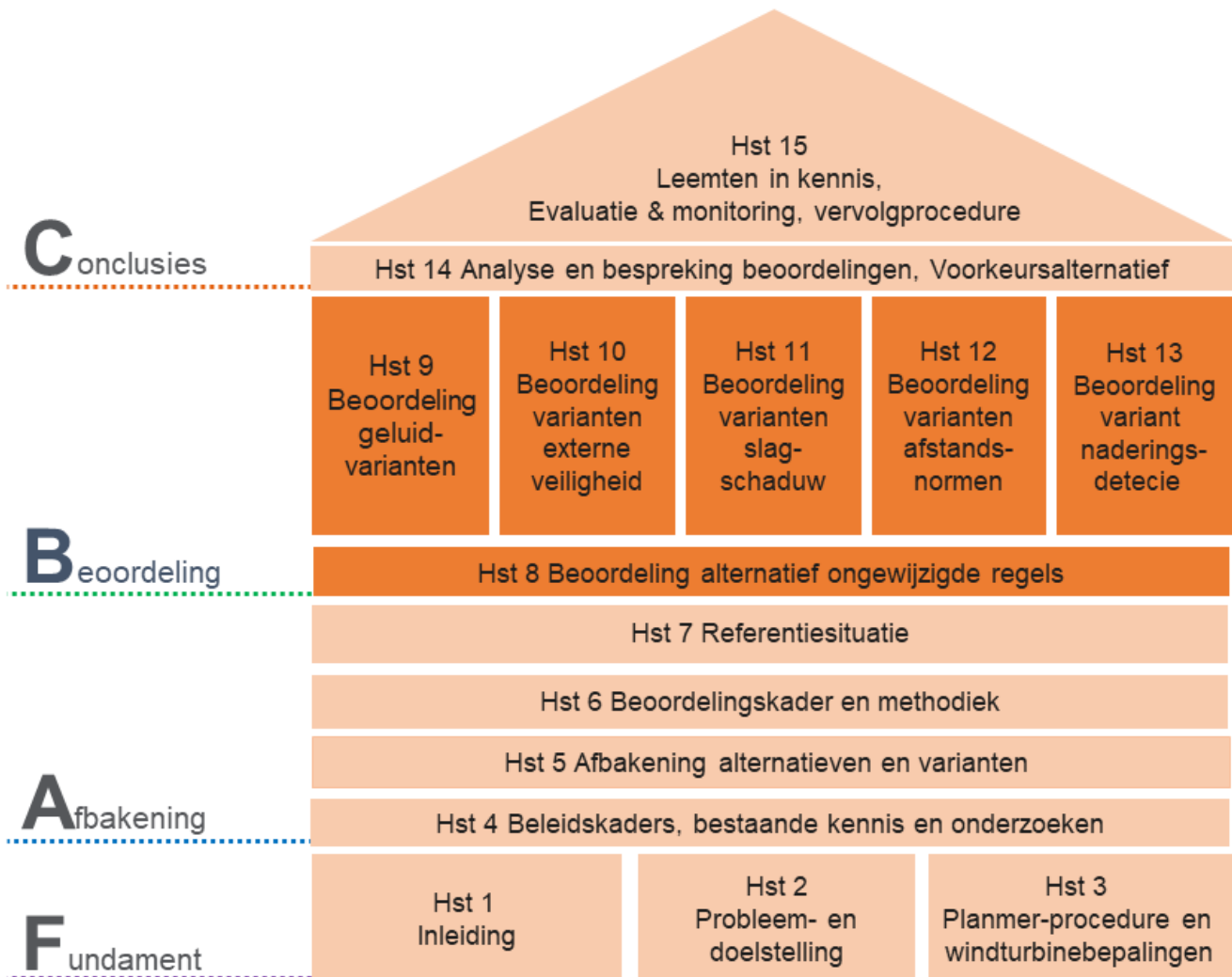
Deze factoren bemoeilijken de keuze voor één gemiddelde windturbine qua hoogte en vermogen om in het planMER te gebruiken voor de effectbeoordeling op nationaal schaalniveau. Daarom wordt een bandbreedte gehanteerd die aansluit bij de (internationale) marktontwikkelingen. Daarin zijn windturbines (op land) met een opgesteld vermogen van 5-8 MW, een ashoogte van 150-180 meter en rotordiameter van 170-200 meter (straal 85-100 meter) het uitgangspunt. Vanwege de technische beperkingen van bijvoorbeeld hijskranen, maar ook als gevolg van beperkingen bij het aanvoeren van windturbines over de weg. Diverse restricties in weglayout en bovendien passeerbaarheid van bruggen, viaducten, tunnel, verkeersborden e.d. maken het niet aannemelijk dat de afmetingen van windturbines op land nog zeer sterk toenemen in de toekomst. De kleine en grote referentieturbine zijn weergegeven in Figuur 7-28.



Figuur 7-28 Referentieturbine klein (links) en groot (rechts)

BEOORDELING

Dit deel bevat de effectbeoordelingen. Allereerst wordt een beoordeling van het alternatief “ongewijzigde regels” gegeven in hoofdstuk 8. Vervolgens worden de effectbeoordelingen toegelicht voor de (sub-)varianten voor geluid, externe veiligheid, slagschaduw, afstandsnormen en voor de overige varianten (Hoofdstuk 9 t/m 13).



8 Beoordeling alternatief ongewijzigde regels

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van het alternatief ongewijzigde regels beoordeeld voor de in paragraaf 6.2.1 aangegeven beoordelingscriteria. De volgende onderdelen van dit alternatief zijn beoordeeld:

- Geluid: Een maximale geluidbelasting van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} ;
- Externe veiligheid: een plaatsgebonden risico (PR) toestaan van ten hoogste 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10^{-6} voor kwetsbare objecten;
- Slagschaduw: maximaal 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten.

De varianten worden geëvalueerd per beoordelingscriterium volgens een in paragraaf 6.3 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 8.2 wordt de effectbeoordeling van de varianten toegelicht. Vervolgens worden mitigerende maatregelen toegelicht in paragraaf 8.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 8.4.

8.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf is het alternatief ongewijzigde regels beoordeeld per thema. Tabel 8-1 bevat een overzicht van het resultaat van de effectbeoordeling. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

Tabel 8-1 Beoordeling alternatief ongewijzigde regels

Thema	Beoordelingscriterium	Geluid	Externe veiligheid	Slagschaduw
Gezondheid	Geluidhinder	0	n.v.t.	n.v.t.
Zicht- en lichthinder	Hinder door slagschaduw	n.v.t.	n.v.t.	- - -
Externe veiligheid	Risico's voor kwetsbare objecten	n.v.t.	0	n.v.t.
	Risico's voor beperkt kwetsbare objecten	n.v.t.	0	n.v.t.
Landschap & Cultuurhistorie	Unesco werelderfgoed	0	n.v.t.	n.v.t.
	Waardevolle landschappen	0	n.v.t.	n.v.t.
Natuur	Natura 2000	0	n.v.t.	n.v.t.
	Natuurnetwerk Nederland	0	n.v.t.	n.v.t.
	Vogels	0	n.v.t.	n.v.t.
	Vleermuizen	0	n.v.t.	n.v.t.
	Stikstofemissie	0	n.v.t.	n.v.t.
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	0	0	0
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	0	0	+

Het alternatief ongewijzigde regels kijkt alleen af van de referentiesituatie voor de normering voor slagschaduw. Voor geluid en voor externe veiligheid geldt dat het alternatief ongewijzigde regels hetzelfde is als de referentiesituatie. De beoordelingen voor de criteria ten gevolge van deze onderdelen van het alternatief ongewijzigde regels zijn derhalve gelijk aan die van de referentiesituatie. Deze beoordelingen zijn hier niet herhaald, maar verwezen wordt naar paragraaf 7.2. In de volgende paragrafen wordt alleen ingegaan op de resterende relevante beoordelingscriteria ten gevolge van het onderdeel slagschaduw binnen het alternatief ongewijzigde regels, en deze zijn:

- Hinder door slagschaduw;
- Meervoudig ruimtegebruik;
- Plaatsingspotentieel.

8.2.1 Zicht- en lichthinder

Voor het thema zicht- en lichthinder is het beoordelingscriterium hinder door slagschaduw beoordeeld. Voor het beoordelingscriterium hinder door slagschaduw is de beoordeling uit Tabel 8-1 toegelicht.

Hinder door slagschaduw

Voor het alternatief ongewijzigde regels is het verplicht om een windturbine van een automatische stilstandsvoorziening te voorzien die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voor zover de afstand tussen de windturbine en de gevoelige objecten minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw kan optreden. Deze afstand geldt van een punt op ashoogte van de windturbine tot de gevel van het gevoelige object. Voornoemde norm is niet van toepassing als zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige scheidingsconstructie van gevoelige gebouwen of woonwagens geen ramen bevinden.

De regeling onder het alternatief ongewijzigde regels is niet eenduidig, niet goed werkbaar voor prognose-onderzoeken en kan tot ongewenste effecten leiden. In de praktijk wordt in slagschaduwonderzoeken daarom veelal uitgegaan van een grenswaarde van 5 uur en 40 minuten - of afgerond 5 of 6 uur - slagschaduw per jaar. Dit is gebaseerd op 17 keer 20 minuten slagschaduw. Dit is in jurisprudentie geaccepteerd (ABRvS: 201809023/1/R1, 2019) (ABRvS, 2020). De oude regeling stelt echter geen limiet, zolang er maar niet meer dan 17 dagen per jaar, of niet meer dan 20 minuten per dag, slagschaduw optreedt. Als de grens van de regeling wordt opgezocht, blijkt uit de Beleidsregel slagschaduw Oosterwold (Gemeente Almere, 2022) dat een slagschaduwduur van gemiddeld circa 16 tot 20 uur per jaar kan optreden. Op het moment dat met de automatische stilstandsvoorziening actief wordt gestuurd op de maximale ruimte die de regeling biedt zou de slagschaduwduur per jaar echter nog hoger kunnen zijn. Zo zou 17 dagen per jaar in principe onbeperkt slagschaduw kunnen optreden en is het aantal dagen met slagschaduw niet gelimiteerd zolang de slagschaduw maar niet meer dan 20 minuten per dag bedraagt. Dit is ook door de Afdeling Bestuursrechtspraak geconstateerd (ABRvS, 2021): *'Op alle dagen mag minder dan 20 minuten slagschaduw optreden waardoor er een veel hoger aantal uren slagschaduw mag optreden als de norm uit het Actualiteitenbesluit milieubeheer zou zijn gehanteerd. De door de raad gehanteerde norm maximeert het totale aantal uren slagschaduw op jaarbasis en is daardoor een (veel) strengere norm dan de wettelijke norm.'* Deze regeling onder het alternatief ongewijzigde regels beschrijft niet over welke periode de gemiddelde slagschaduwduur moet worden beoordeeld en welke rekenregels hierbij in acht moeten worden genomen.

In de praktijk wordt de regeling in vele gevallen pragmatisch toegepast en de slagschaduw tot 6 uur per jaar of minder beperkt, vergelijkbaar met de referentiesituatie. Er zijn echter ook gevallen waar de grenzen van de regeling worden opgezocht. Er kan dan circa 16 tot 20 uur per jaar slagschaduw optreden. Bij het actief sturen op de maximale ruimte van de regeling zou nog meer slagschaduw kunnen optreden. Om deze reden wordt het alternatief ongewijzigde regels als zeer negatief (- -) beoordeeld.

8.2.2 Ruimtegebruik

Voor het thema ruimtegebruik is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld voor slagschaduw. De beoordeling uit Tabel 8-1 is hier toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

De toepassing van slagschaduw-normering is in principe niet maatgevend voor de mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik, omdat dit kan worden opgelost door een stilstandsvoorziening. Dit is verder behandeld in hoofdstuk 11. De beoordeling voor meervoudig ruimtegebruik is gelijk aan de referentiesituatie, dus neutraal (0).

8.2.3 Energieopbrengst

Voor het thema energieopbrengst is het beoordelingscriterium plaatsingspotentieel beoordeeld voor slagschaduw. De beoordeling uit Tabel 8-1 wordt hieronder toegelicht.

Plaatsingspotentieel

Slagschaduw-hinder wordt gelimiteerd door een windturbine stil te zetten op de momenten dat deze te veel slagschaduw kan veroorzaken. Het invoeren van een nieuwe regelgeving voor slagschaduw kan derhalve gevolgen

hebben voor de energieopbrengst. De effectbeoordeling voor de invloed op de energieopbrengst is in 11.2.3 samengevat en onder de tabel toegelicht.

In paragraaf 8.2.1 is vermeld dat in de praktijk de stilstandsregeling voor slagschaduw in vele gevallen pragmatisch wordt toegepast en de slagschaduw tot 6 uur per jaar of minder wordt beperkt. Er zijn echter ook gevallen in het alternatief ongewijzigde regels waar de grenzen van de regeling worden opgezocht. Er kan dan circa 16 tot 20 uur per jaar slagschaduw optreden. Uit twee recente studies voor windparken (Pondera, 2021) (Pondera Consult, 2022) blijkt dat bij een grenswaarde van 16 uur per jaar het productieverlies respectievelijk 0,1% en 0,3 tot 0,4% lager is dan in de referentiesituatie. Om deze reden is het alternatief ongewijzigde regels als licht positief (+) beoordeeld.

8.2.4 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Voor het alternatief ongewijzigde regels is beoordeeld voor welke criteria er sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is weergegeven in Tabel 8-2. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

Tabel 8-2 Grensoverschrijdende milieugevolgen door alternatief ongewijzigde regels

Thema	Beoordelingscriterium	Kunnen grensoverschrijdende milieugevolgen optreden?
Gezondheid	Geluidhinder	Geluideffecten naar woningen aan de andere zijde van de grens kunnen optreden.
Zicht- en lichthinder	Hinder door slagschaduw	Slagschaduw over de grens door windturbines op Nederlands grondgebied kan plaatsvinden, met name bij lagere zonstand. België ligt ten zuiden van Nederland. Dus in verreweg het meeste langs de grens gelegen deel van België treedt waarschijnlijk geen slagschaduw op woningen op ten gevolge van windturbines op Nederlands grondgebied. Langs de Duitse grens kunnen dergelijke effecten gemiddeld genomen meer voorkomen, met name later op de dag als de zon meer westelijk staat.
Externe veiligheid	Kwetsbare objecten	Het toepassen van landelijke normeringen ten aanzien van externe veiligheid in Nederland heeft enkel gevolgen voor de externe veiligheid van kwetsbare objecten in het buitenland indien de windturbines geplaatst worden binnen de maximale effectafstand behorende bij het beschermingsniveau van de normstelling van PR10 ⁻⁶ .
	Beperkt kwetsbare objecten	Het toepassen van landelijke normeringen ten aanzien van externe veiligheid in Nederland voor beperkt kwetsbare objecten heeft geen gevolgen voor de externe veiligheid van beperkt kwetsbare objecten in het buitenland. De geboden bescherming vindt maximaal gezien plaats tot een zone gelijk aan een halve rotordiameter waar de rotor dus overheen kan draaien. Dergelijke rotor-overdraai over het buitenland vindt niet plaats.
Landschap & Cultuurhistorie	Unesco werelderfgoed	In België ligt in de buurt van de Nederlandse grens één Unesco-site, namelijk de Kolonie van Weldadigheid Wortel, provincie Antwerpen. Deze ligt van vlak aan de Nederlands grens tot 8 km van de Nederlandse grens. Het is onwaarschijnlijk dat aan Nederlands zijde windturbines geplaatst worden, omdat dit een natuurgebied betreft met NNN-status. Er zijn geen grensoverschrijdende milieugevolgen te verwachten als gevolg van het alternatief ongewijzigde regels op Kolonie van Weldadigheid Wortel. In Duitsland loopt het Waddengebied als Unesco-site door. Voor de Waddenzee geldt de Natura 2000-bescherming, zodat geen grensoverschrijdende gevolgen te verwachten zijn.
	Waardevolle landschappen	Er zijn grensoverschrijdende milieugevolgen te verwachten als gevolg van het alternatief ongewijzigde regels op cultuurhistorische landschappen in België en Duitsland (zie uitleg daarover in paragraaf 7.2.4.1).
Natuur	Natura 2000	Indien een locatie dichtbij of aan de grens als gunstig wordt geacht voor de plaatsing van windturbines, dan kunnen negatieve effecten in de vorm van geluidhinder in de buurlanden België en Duitsland niet uitgesloten worden. Als voorbeeld kan het Natura 2000 grenspark Kalmthoutse Heide genomen worden. Dit ligt op de grensstreek Nederland – België tussen Hoogerheide (NL) en Kalmthout (BEL).
	NNN	Indien een locatie dichtbij of aan een NNN-gebied grenst en dit gebied als gunstig wordt geacht voor de plaatsing van een of meerdere windturbines, dan kunnen negatieve effecten optreden in de vorm van geluidhinder of barrièrewerking.
	Vogels	Voor vogels die broeden, foerageren en/of ruien in het grensgebied en voor trekvogels zijn grensoverschrijdende milieugevolgen niet uitgesloten.

Thema	Beoordelingscriterium	Kunnen grensoverschrijdende milieugevolgen optreden?
	Vleermuizen	Windturbines in grensgebieden zijn mogelijk van invloed op populaties vanwege de effecten op trekkende vleermuizen. Het verband tussen de voortplantings- en overwinteringsgebieden verzwakt naarmate de toegenomen cumulatieve dichtheid van de windenergieprojecten de nationale en grensoverschrijdende trekroutes verstoort.
	Stikstofemissie	Grensoverschrijdende milieugevolgen zijn niet relevant voor stikstofemissie, hetgeen op Nederlands grondgebied plaatsvindt.
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	Grensoverschrijdende milieugevolgen zijn niet aan de orde, omdat meervoudig ruimtegebruik alleen daar kan waar de windturbines geplaatst worden, dus op grondgebied van Nederland.
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	De energieopbrengst is gerelateerd aan de bijdrage van windturbines aan de Nederlandse doelstelling voor CO ₂ -neutraal opgewekte energie. Dit heeft geen relatie met de CO ₂ -neutrale opwek in het buitenland.

8.3 Mitigerende maatregelen

Bij milieueffectrapportage is het gebruikelijk om bij negatieve of zeer negatieve effecten ten opzichte van de referentiesituatie mitigerende maatregelen voor te stellen. Voor het beoordelingscriterium visueel aspect 'zichthinder door slagschaduw' worden zeer negatieve effecten verwacht bij het toepassen van gemiddeld niet meer dan 17 dagen per jaar meer dan 20 minuten per dag. Er zijn geen mitigerende maatregelen, anders dan een vast aantal uur en minder uren slagschaduw per jaar te accepteren. Dit is vormgegeven door de slagschaduwvarianten in hoofdstuk 11.

Voor geen van de andere beoordelingscriteria zijn negatieve of zeer negatieve effecten verwacht die optreden ten gevolge van het Alternatief Ongewijzigde regels. Daarom is het niet nodig om hiervoor mitigerende maatregelen te ontwikkelen.

8.4 Leemten in kennis

Alternatief ongewijzigde regels valt bijna samen met de referentiesituatie, waardoor vrijwel alle beoordelingen neutraal uitvallen. Hierdoor blijven eventuele leemten in kennis voor specifieke thema's en beoordelingscriteria onbesproken in dit hoofdstuk. Voor zover er voor thema's en/of beoordelingscriteria leemten in kennis zijn komen deze aan de orde in de hoofdstukken 9, 10, 11, 12 en 13.

9 Beoordeling geluidvarianten

9.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de geluidvarianten beoordeeld voor de in paragraaf 5.11 aangegeven beoordelingscriteria. De varianten die beoordeeld worden zijn geluidnormen van 37 dB L_{den}, 40 dB L_{den}, 43 dB L_{den}, 45 dB L_{den} en 50 dB L_{den}.

De varianten worden beoordeeld per beoordelingscriterium volgens een in paragraaf 6.3.1 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 9.2 wordt de effectbeoordeling van de varianten toegelicht. Vervolgens worden mitigerende maatregelen toegelicht in paragraaf 9.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 9.4. In paragraaf 9.5 is beoordeeld of het toepassen van de subvarianten meerwaarde heeft.

Geluidgevoelige objecten

Geluidgevoelige objecten zijn gebouwen en terreinen waaraan de regels van de Wet geluidhinder bijzondere bescherming bieden door middel van normstelling met betrekking tot de aanvaardbare geluidbelasting. De wet maakt onderscheid tussen woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Gebouwen en terreinen die onder de sfeer van de inrichting (in dit geval het windpark of de windturbine) vallen, worden niet als geluidgevoelig beschouwd.¹⁰⁹

9.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf worden de geluidvarianten beoordeeld voor de relevante thema's en beoordelingscriteria. Tabel 9-1 bevat een overzicht van het resultaat. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht in paragraaf 9.2.1.

Tabel 9-1 Beoordeling geluidvarianten

Thema	Beoordelingscriterium	37 dB L _{den}	40 dB L _{den}	43 dB L _{den}	45 dB L _{den}	50 dB L _{den}
Gezondheid	Geluidhinder	+++	+++	++	++	---
Landschap & Cultuurhistorie	Unesco werelderfgoed	---	---	--	-	+
	Waardevolle landschappen	---	---	--	-	+
Natuur	Natura 2000	-	-	-	-	+
	NNN-gebieden	-	-	-	-	+
	Vogels	-	-	-	-	+
	Vleermuizen	0	0	0	0	0
	Stikstofemissie	0	0	0	0	0
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	---	---	--	-	+
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	---	---	--	--	++

Voor een aantal sub-varianten voor geluid is gekeken naar de toegevoegde waarde die deze zouden kunnen hebben in aanvulling op de geluidnormering. Dit is behandeld in paragraaf 9.5

9.2.1 Gezondheid

Geluidhinder

Voor het thema gezondheid is ernstige geluidhinder beoordeeld. Hierbij is gekeken naar het percentage ernstig gehinderden bij geluidbelasting gelijk aan de beschouwde grenswaarden – feitelijk de statistische kans op ernstige hinder - en de toe- of afname van de kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de beschouwde

¹⁰⁹ Voor meer informatie over de definitie van geluidgevoelige objecten, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/wet-geluidhinder/wgh-geluidgevoelige/>

grenswaarde ten opzichte van de referentie. De effectbeoordeling is in Tabel 9-2 samengevat en onder de tabel toelicht.

Tabel 9-2 Beoordeling percentage ernstige geluidhinder bij een geluidbelasting gelijk aan de beschouwde grenswaarden, oftewel de statistische kans op ernstige geluidhinder bij die specifieke geluidbelasting

Grenswaarde	Beoordeling statistische kans op ernstige geluidhinder
Referentie: 47 dB L _{den}	0
37 dB L _{den}	+++
40 dB L _{den}	+++
43 dB L _{den}	++
45 dB L _{den}	++
47 dB L _{den}	0
50 dB L _{den}	- - -

In paragraaf 6.3.1 zijn de dosis-effectrelaties voor ernstige geluidhinder beschreven zoals afgeleid door Janssen et al. van TNO (Janssen, Vos, & Eisses, 2008) voor binnenshuis en buitenshuis en zoals afgeleid door Michaud et al. (Michaud, Keith, Feder, Voicescu, & et al., 2016). De effectbeoordeling zoals samengevat in Tabel 9-2 omvat de beschouwing op basis van alle drie de dosis-effectrelaties. Voor de meeste beschouwde grenswaardevarianten zijn de verschillen namelijk dermate klein dat ze leiden tot dezelfde effectscore. De enige uitzondering betreft de 50 dB L_{den} grenswaardevariant. Hiervoor wordt de verandering van de statistische kans op ernstige hinder buitenshuis als negatief beoordeeld (- -), maar binnenshuis als zeer negatief (- - -). In de effectbeoordeling is de worst-case effectbeoordeling van zeer negatief (- - -) opgenomen.

Percentage ernstig gehinderden

Het percentage ernstig gehinderden betreft het percentage van het aantal volwassen personen dat zich gemiddeld genomen bij een specifieke geluidbelasting ernstig gehinderd voelt. Feitelijk is dit een indicator die de statistische kans op ernstige hinder bij een specifieke geluidbelasting weergeeft. Het kan gebruikt worden om een indicatie te krijgen van het aantal ernstig gehinderden rond een specifiek windpark uitgaande van het aantal blootgestelde personen en de specifieke geluidbelasting waaraan zij worden blootgesteld. Doordat ook persoonlijke, situationele en contextuele factoren een belangrijke rol spelen zal het feitelijke percentage voor een specifieke locatie altijd van lokale omstandigheden afhangen.

Bij grenswaarden die strenger zijn dan de referentiesituatie (45 dB L_{den}, 43 dB L_{den}, 40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) neemt de kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de grenswaarde af ten opzichte van de referentiesituatie. Bij de strengste grenswaarden (40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) is sprake van een zeer sterke afname (meer dan 60%) van de kans op ernstige hinder bij blootstelling aan een geluidbelasting gelijk aan de grenswaarde, waardoor deze grenswaardevarianten zeer positief zijn beoordeeld (+++). Voor de grenswaardevariant van 43 dB L_{den} neemt de kans op ernstige hinder met meer dan 20%, maar minder dan 60% af ten opzichte van de kans op ernstige hinder in de referentiesituatie waardoor deze een positieve beoordeling (++) krijgt. Dit geldt ook voor de 45 dB L_{den} grenswaardevariant. Laatstgenoemde variant komt overeen met de door de WHO aanbevolen grenswaarde van 45 dB L_{den}. Voor de grenswaardevariant van 50 dB L_{den} neemt de kans op ernstige hinder buitenshuis met meer dan 20%, maar minder dan 60% toe. Buitenshuis neemt deze kans met meer dan 60% toe. Voor de variant 50 dB L_{den} wordt de verandering van de statistische kans op ernstige hinder buitenshuis daarom als negatief beoordeeld (- -), maar binnenshuis als zeer negatief (- - -). In de effectbeoordeling is de worst-case effectbeoordeling van zeer negatief (- - -) opgenomen.

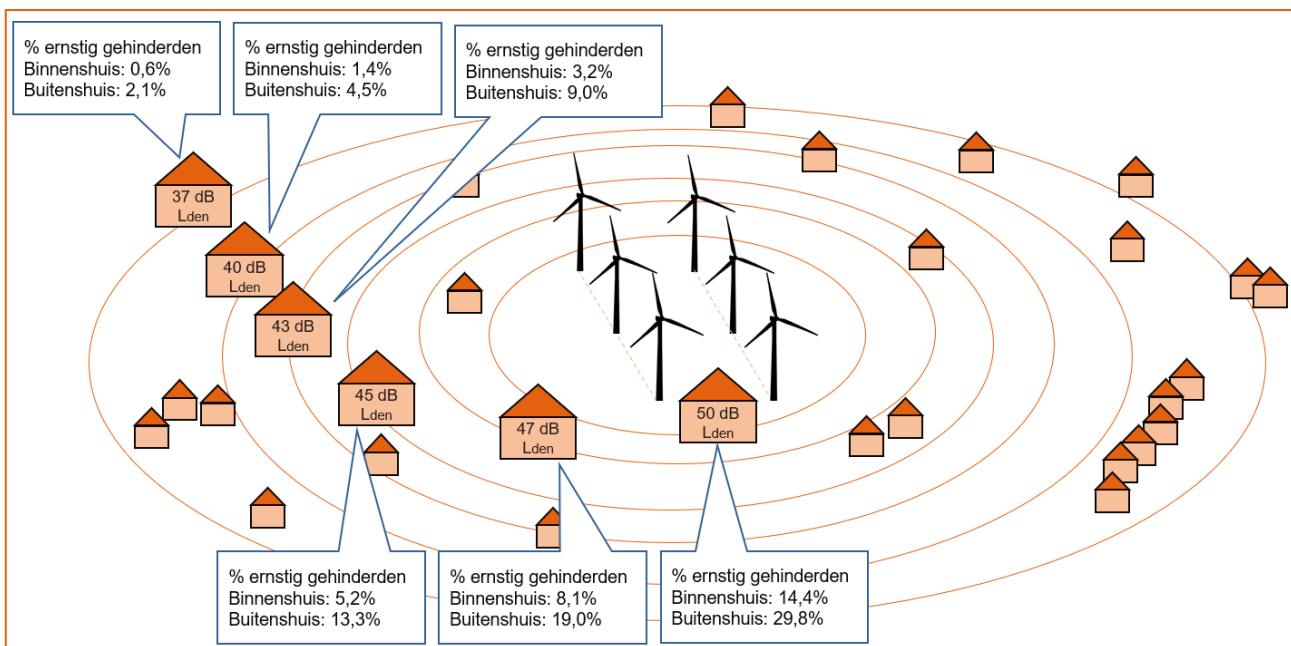
In Tabel 9-3 is het verwachte percentage ernstig gehinderden weergegeven voor de beschouwde grenswaardevarianten op basis van zowel de dosis-effectrelatie zoals afgeleid door TNO als de relatie zoals afgeleid door Michaud et al. In de tabel is tussen haakjes ook het 95% betrouwbaarheidsinterval vermeld. Het percentage ernstig gehinderden zoals in deze tabel is weergegeven betreft het percentage bij een geluidbelasting gelijk aan de betreffende grenswaardevariant, feitelijk de statistische kans op ernstige geluidhinder bij die specifieke geluidbelasting. In de praktijk ondervinden de meeste gevoelige objecten in de omgeving van een windpark een

geluidbelasting lager dan de grenswaarde en zal het percentage gehinderden lager zijn. De geluidbelasting op de dichtstbijzijnde woningen mag immers niet hoger zijn dan de grenswaarde, maar de meeste woningen bevinden zich op een grotere afstand en zullen een lagere geluidbelasting en lagere kans op ernstige hinder ondervinden. De relatie tussen de geluidbelasting en het percentage ernstig gehinderden is in Figuur 9-1 door middel van een fictief voorbeeld geïllustreerd.

Tabel 9-3 Verwachte percentage ernstig gehinderden binnenshuis en buitenshuis bij een geluidbelasting gelijk aan de beschouwde grenswaardevariant, oftewel de statistische kans op ernstige geluidhinder bij die specifieke geluidbelasting

Grenswaarde	Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Referentie: 47 dB L_{den}	8,1 (5,8 – 11,0)	19,0 (15,4 – 23,1)	14,4 (5,2 – 27,5)
37 dB L _{den}	0,6 (0,4 – 0,9)	2,1 (1,0 – 2,3)	2,1 (0,3 – 7,6)
40 dB L _{den}	1,4 (1,0 – 2,0)	4,5 (3,6 – 5,7)	4,3 (0,8 – 12,3)
43 dB L _{den}	3,2 (2,4 – 4,3)	9,0 (7,4 – 10,8)	7,7 (2,0 – 18,2)
45 dB L _{den}	5,2 (3,8 – 7,0)	13,3 (10,9 – 16,1)	10,8 (3,4 – 22,7)
47 dB L _{den}	8,1 (5,8 – 11,0)	19,0 (15,4 – 23,1)	14,4 (5,2 – 27,5)
50 dB L _{den}	14,4 (10,1 – 19,9)	29,8 (23,8 – 36,5)	20,7 (9,1 – 35,0)

* Tussen haakjes is de bandbreedte op basis van het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven



Figuur 9-1 Schematisch overzicht van het percentage ernstig gehinderden binnens- en buitenshuis bij een specifieke geluidbelasting conform Janssen et al. van TNO. Hier wordt gevisualiseerd dat de percentages feitelijk de statistische kans op ernstige hinder bij blootstelling aan een specifieke geluidbelasting betreffen en niet het totaal aantal ernstig gehinderden in de omgeving van een windpark bij een bepaalde grenswaardevariant. Afstanden, contouren, windturbines en woningen zijn fictief en niet op schaal.

Op basis van Tabel 9-3 zijn de relatieve af- en toenames bepaald voor het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting gelijk aan een specifieke grenswaarde ten opzichte van het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den} in de referentiesituatie. Dit komt feitelijk overeen met het percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de beschouwde grenswaarde. Deze percentages af- en toename zijn vermeld in Tabel 9-4. Hieruit blijkt dat uitgaande van de door TNO afgeleide dosis-effectrelatie de statistische kans op ernstige hinder buitenshuis bij een geluidbelasting van 37, 40, 43 en 45 dB L_{den} respectievelijk circa 89, 76%, 53% en circa 30% lager is dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Bij een geluidbelasting van 50 dB L_{den} is het percentage ernstig gehinderden buitenshuis circa 57% hoger dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Uitgaande van de door Michaud et al. afgeleide dosis-effectrelatie is de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting van 37, 40, 43 en 45 dB L_{den} respectievelijk circa 85, 70%, 46% en circa 25% lager is dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Bij een geluidbelasting van 50 dB L_{den} is het percentage ernstig gehinderden buitenshuis circa 44% hoger dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}.

Tabel 9-4 Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de mogelijke grenswaarden ten opzichte van de kans op ernstige hinder bij de referentiesituatie conform Janssen et al. van TNO en Michaud et al.

Grenswaarde			
Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder t.o.v. de referentiesituatie bij een geluidbelasting gelijk aan de mogelijke grenswaarde*			
Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*		Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	
Buitenshuis conform Michaud et al.*			
Referentie: 47 dB L _{den}	Referentie	Referentie	Referentie
37 dB L _{den}	93% afname	89% afname	85% afname
40 dB L _{den}	82% afname	76% afname	70% afname
43 dB L _{den}	60% afname	53% afname	46% afname
45 dB L _{den}	36% afname	30% afname	25% afname
47 dB L _{den}	0% toe-/afname	0% toe-/afname	0% toe-/afname
50 dB L _{den}	78% toename	57% toename	44% toename

* In de tabel zijn de relatieve af- en toenames weergegeven voor het percentage ernstig gehinderden bij geluidbelasting gelijk aan een specifieke grenswaarde ten opzichte van het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Dit komt feitelijk overeen met het percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting gelijk aan de mogelijke grenswaarde. Deze percentages zeggen niets over een toe- of afname in het totaal aantal ernstig gehinderden bij een grenswaarde, alleen iets over een toe- of afname in de kans op ernstig gehinderden bij deze specifieke geluidbelasting (grenswaarde) ten opzichte van de kans bij de referentiesituatie geluidbelasting van 47 dB L_{den}.

9.2.2 Landschap & Cultuurhistorie

Voor het thema Landschap & Cultuurhistorie zijn de beoordelingscriteria Unesco werelderfgoed en waardevolle landschappen beoordeeld. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 9-1 toegelicht.

9.2.2.1 Unesco werelderfgoed

Mogelijke landschappelijke en cultuurhistorische effecten zijn relevant geacht voor de Unesco werelderfgoederen Hollandse Waterlinies, Koloniën van Weldadigheid (met België), Droogmakerij De Beemster in Noord-Holland en Schokland. Hoe groter de kans is dat windturbines in de nabijheid geplaatst (kunnen) worden onder bepaalde geluidnormen des te groter het negatieve effect is dat kan optreden. De analyse is dat strenge geluidnormen leiden tot meer risico op plaatsing nabij Unesco Werelderfgoederen.

Concluderend voor de geluidvarianten worden de strengste geluidnormen 37 dB L_{den} en 40 dB L_{den} zeer negatief beoordeeld (- - -), de geluidnorm van 43 dB L_{den} leidt tot een negatieve beoordeling (- -) en de 45 dB L_{den} leidt tot een licht negatieve beoordeling (-). De geluidvariant van 50 dB L_{den} leidt tot een positieve beoordeling (+) omdat de kansen om werelderfgoed te vermijden toenemen door een toename in het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie.

9.2.2.2 Waardevolle landschappen

Mogelijke landschappelijke en cultuurhistorische effecten kunnen optreden op de waardevolle landschappen waarvoor het Rijk verantwoordelijk is, zoals het Groene Hart, de Waddenzee, de Zuidwestelijke Delta, de Veluwe, het

IJsselmeergebied en de nationale parken. Hoe groter de kans is dat windturbines in de nabijheid geplaatst (kunnen) worden onder bepaalde geluidnormen des te groter het negatieve effect is beoordeeld. De analyse is dat strenge geluidnormen leiden tot meer risico op plaatsing nabij waardevolle landschappen.

Concluderend voor de geluidvarianten worden de strengste geluidnormen 37 dB L_{den} en 40 dB L_{den} zeer negatief beoordeeld (- -), de geluidnorm van 43 dB L_{den} leidt tot een negatieve beoordeling (-) en de 45 dB L_{den} leidt tot een licht negatieve beoordeling (-). De geluidvariant van 50 dB L_{den} leidt tot een positieve beoordeling (+) omdat de kansen om werelderfgoed te vermijden toenemen door een toename in het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie.

9.2.3 Natuur

Voor het thema natuur zijn de beoordelingscriteria Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland (NNN), vogels, vleermuizen en stikstofemissie beoordeeld. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 9-1 toegelicht.

9.2.3.1 Natura 2000

Voor het beoordelen van Natura 2000 wordt gekeken naar het plaatsingspotentieel van windturbines en de toe- of afname die ontstaat op de kans op negatieve of positieve effecten op Natura 2000. Bij de geluidnormen die strenger zijn dan de referentiesituatie (te weten 45 dB L_{den} , 43 dB L_{den} , 40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) neemt het plaatsingspotentieel af ten opzichte van de referentiesituatie. Bij de strengste geluidnormen (40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) is een zeer sterke afname van het plaatsingspotentieel (respectievelijk circa 80% en circa 91%), waardoor maar enkele dunbevolkte gebieden overblijven voor het plaatsen van windturbines op land. Natura 2000 heeft een wettelijk beschermingskader, de Wet natuurbescherming (Wnb), dat er toe leidt dat maximaal een licht negatief effect kan optreden (zie voor uitleg paragraaf 6.3.5.1).

Concluderend voor de geluidvarianten resulteren de geluidnormen 37 dB tot en met 45 dB maximaal in een licht negatief effect (-) op Natura 2000. De geluidvariant 47 dB is gelijk aan de referentiesituatie en is neutraal beoordeeld (0). Bij een geluidvariant van 50 dB is de kans groot dat windturbines meer nabij woningen en stedelijk gebied komen te staan, en gemiddeld genomen verder van Natura 2000, hetgeen licht positief is beoordeeld (+).

9.2.3.2 Natuurnetwerk Nederland (NNN)

Voor het beoordelen van NNN-gebieden wordt gekeken naar het plaatsingspotentieel van windturbines en de toe- of afname die ontstaat met de kans op negatieve of positieve effecten op NNN-gebieden. In paragraaf 7.3 is toegelicht dat de maximaal L_{den} 47 dB en L_{night} 41 dB onderdeel is van de referentiesituatie en daarmee de effecten als gevolg van deze norm als neutraal zijn beoordeeld (0).

Bij de geluidnormen die strenger zijn dan de referentiesituatie (45 dB L_{den} , 43 dB L_{den} , 40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) neemt het plaatsingspotentieel af ten opzichte van de referentiesituatie. Bij de strengste geluidnormen (40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) is een zeer sterke afname van het plaatsingspotentieel (respectievelijk circa 80% en circa 91%), waardoor maar enkele dunbevolkte gebieden overblijven voor het plaatsen van windturbines op land. Gezien het beschermingsregime voor NNN (zie paragraaf 6.3.5.2) is hooguit sprake van een toegenomen kans op licht negatieve effecten en dan wordt een licht negatieve beoordeling (-) toegekend. Een negatieve of zeer negatieve beoordeling zal echter niet kunnen optreden vanwege de beschermende regimes en eventuele maatregelen.

Concluderend voor de geluidvarianten worden de geluidnormen 37 dB L_{den} tot en met 45 dB L_{den} licht negatief beoordeeld (-). De geluidvariant van 50 dB L_{den} leidt tot een positieve beoordeling (+) omdat de kansen om NNN-gebieden te vermijden toenemen door een toename in het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie.

9.2.3.3 Vogels

Voor het beoordelen van vogels wordt gekeken naar het plaatsingspotentieel van windturbines en de toe- of afname die ontstaat met de kans op negatieve of positieve effecten op vogels. Windturbines op land kunnen een negatief effect hebben op vogels ten aanzien van trek-, foerageer-, rust- en broedgebieden. Als er verstoring plaatsvindt door de aanwezigheid van windturbines neemt het leefbaar gebied af. Tevens kunnen er door grotere groepen windturbineopstellingen barrières ontstaan waardoor trekroutes worden verstoord en foerageertijden afnemen. Ook kan het mogelijke effect op een lager broedsucces optreden, aangezien de jonge vogels langer alleen gelaten worden en langer op voedsel moeten wachten.

Met bovenstaande uitgangspunten is de analyse dat strengere geluidnormen leiden tot meer risico op plaatsing nabij leefgebieden van vogels. Concluderend voor de geluidvarianten worden de geluidnormen 37,40, 43 en 45 dB licht negatief beoordeeld (-). Dit is hooguit licht negatief omdat er geen significante verstoring mag optreden op vogels. De geluidnorm van 47 dB -die gelijk is aan de referentiesituatie- resulteert in een neutrale beoordeling (0). De geluidnorm van 50 dB krijgt een licht positieve beoordeling (+), aangezien met deze geluidnorm het risico op plaatsing nabij vogelleefgebieden minder is.

9.2.3.4 Vleermuizen

Aangezien elke vleermuissoort zijn eigen biotoop heeft, zijn mogelijke negatieve effecten van geluidhinder door windturbines op vleermuizen niet eenduidig en zal dit te allen tijde per plangebied vastgesteld moeten worden. Concluderend ten aanzien van de geluidvarianten leiden de geluidnormen 37 tot 50 dB allen tot een neutrale beoordeling (0) ten opzichte van de referentiesituatie. Deze beoordeling is tot stand gekomen omdat vleermuizen overal kunnen voorkomen.

9.2.3.5 Stikstofemissie

Alleen in de realisatiefase is er sprake van een tijdelijke toename van stikstofemissie. Deze toename is afhankelijk van het aantal windturbines en het in te zetten materieel. In de gebruiksfase veroorzaken de windturbines geen stikstofemissie. Gebruik van windturbines leidt zelfs tot vermeden emissie ten opzichte van energieopwekking door middel van energiecentrales. Dit is echter ook in de referentiesituatie al het geval. Concluderend leidt dit voor alle geluidvarianten tot een neutrale (0) beoordeling.

9.2.4 Ruimtegebruik

Voor het thema ruimtegebruik is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld. Voor dit beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 9-1 toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

De verschillende geluidvarianten leiden ertoe dat windturbines meer of minder geluid mogen veroorzaken ter plaatse van gevoelige objecten. Hoe strenger de geluidnorm, des te minder ruimte resteert voor windturbines, des te moeilijker ook combinaties met andere gebruiksfuncties ten behoeve van meervoudig ruimtegebruik mogelijk is.

Concluderend voor de geluidvarianten worden de strengste geluidnormen 37 dB L_{den} en 40 dB L_{den} zeer negatief beoordeeld (- - -), de geluidnorm van 43 dB L_{den} leidt tot een negatieve beoordeling (- -) en de 45 dB L_{den} leidt tot een licht negatieve beoordeling (-). De geluidvariant van 50 dB L_{den} leidt tot een positieve beoordeling (+) omdat de kansen voor meervoudig ruimtegebruik toenemen door een toename in het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie.

9.2.5 Energieopbrengst

Voor het beoordelen van de energieopbrengst is gekeken naar het plaatsingspotentieel en de toe- of afname in plaatsingspotentieel voor de verschillende grenswaardevarianten ten opzichte van de referentie. Hierbij is gebruik gemaakt van onderzoek van RIVM en van Generation Energy.

Onderzoeken RIVM en Generation Energy

Geluidnormen leggen beperkingen op aan de ruimte die beschikbaar is voor de plaatsing van nieuwe windturbines. In 2009 heeft het RIVM onderzoek gedaan naar de vrije plaatsingsruimte voor nieuwe windturbines afhankelijk van de mogelijke grenswaarde voor geluid (Verheijen, et al., Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid, 2009). Hierbij werd een landsdekkend model gegenereerd uitgaande van 2 MW windturbines met een ashoogte van 80 meter en een (maximaal) geluidsvermogen L_{WA} van 104 dB(A). De door het RIVM bepaalde beschikbare plaatsingsruimte is samengevat in Tabel 9-5. In de tabel is onderscheid gemaakt tussen de beperkingen vanwege geluid en de beperkingen vanwege planologische of ecologische redenen. Dit zijn zones rond luchthavens, Natura 2000-gebieden, militaire radarverstoringgebieden, militaire laagvliegroutes, de Ecologische Hoofdstructuur (inmiddels NNN geheten) en nationale landschappen met als kernkwaliteit 'zeer open landschap'. Door deze gebieden uit te sluiten blijft nog 27% van het landoppervlak over. Van deze 27% beschikbare ruimte blijft voor bijvoorbeeld de 40 dB L_{den} grenswaarde nog 2% ruimte over van het landoppervlak voor het plaatsen van windturbines.

Uit Tabel 9-5 blijkt dat de vrije ruimte sterk afhangt van de grenswaarde. Bij bijvoorbeeld een grenswaarde van 45 dB L_{den} is er 3,5 maal zoveel plaatsingsruimte (7%) als bij een grenswaarde van 40 dB L_{den} (2%). In Tabel 9-5 is ook de

relatieve toe- of afname weergegeven ten opzichte van de plaatsingsruimte zoals beschikbaar op basis van een grenswaarde van 47 dB L_{den}. Bij een grenswaarde van 37 dB, 40 dB, 43 en 45 dB L_{den} is de beschikbare plaatsingsruimte respectievelijk circa 91%, 80% 53% en 27% kleiner dan bij een grenswaarde van 47 dB L_{den}. Bij een grenswaarde van 50 dB L_{den} is de beschikbare plaatsingsruimte juist circa 47% groter.

In Tabel 9-5 is ook het maximaal te installeren vermogen in GW vermeld zoals in 2009 vastgesteld uitgaande van een vermogen van 2 MW per windturbine, waarbij een gemiddeld vermogen van 10 MW per vierkante kilometer haalbaar werd geacht (bij een onderlinge windturbineafstand van 400 meter). Voor moderne en toekomstige windturbines is het gemiddelde per vierkante kilometer op te stellen vermogen qua ordegrrootte vergelijkbaar met het in 2009 gehanteerde uitgangspunt. De vermogens van moderne en toekomstige windturbines zijn weliswaar groter, maar doordat deze windturbines een grotere rotordiameter hebben moet er ook een grotere tussenafstand tussen de windturbines worden aangehouden. Hierdoor kunnen er minder windturbines per vierkante kilometer worden geplaatst dan in 2009 is gehanteerd. In de tabel is ook een indicatie gegeven van de energieopbrengst in TWh per jaar. Dit is gebaseerd op een aanname van gemiddeld 3500 vollasturen per jaar.

Tabel 9-5 Beschikbare ruimte voor windturbines afhankelijk van grenswaarden en gebiedsbeperkingen als percentage van de landoppervlakte¹¹⁰

Grenswaarde	Vrije ruimte voor nieuwe windturbines uitgaande van 2 MW windturbines conform RIVM 2009*			Percentage toe- of afname van plaatsingsruimte ten opzichte van 47 dB L _{den}		
	Vrij van beperkingen vanwege geluid	Vrij van planologische beperkingen	Resterende vrije ruimte (alleen gebieden ≥ 1 km ² meegeteld)	Beschikbare ruimte in km ²	Conform RIVM 2009	Conform Generation Energy 2021
37 dB L _{den}	8%	27%	0,7% (3 GW, circa 10,5 TWh/jaar)**	300	circa 91% afname	niet onderzocht
40 dB L _{den}	15%	27%	2% (7 GW, circa 24,5 TWh/jaar)**	700	circa 80% afname	niet onderzocht
43 dB L _{den}	26%	27%	5% (16 GW, circa 56 TWh/jaar)**	1600	circa 53% afname	niet onderzocht
45 dB L _{den}	34%	27%	7% (25 GW, circa 87,5 TWh/jaar)**	2500	circa 27% afname	circa 34% afname
47 dB L _{den}	43%	27%	10% (34 GW, circa 119 TWh/jaar)**	3400	referentie	referentie
50 dB L _{den}	57%	27%	14% (50 GW, circa 315 TWh/jaar)**	5000	circa 47% toename	niet onderzocht

* Schattingen RIVM 2009 (Verheijen, et al., Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid, 2009). Deze schattingen zijn op macroschaal gemaakt en geven slechts een globale indicatie. Door planologische ontwikkelingen sinds 2009 zal de ruimte die effectief voor windenergie beschikbaar is zijn afgenomen

** Het maximaal op te stellen vermogen in GW is gebaseerd op een vermogen van 2 MW per windturbine, waarbij een gemiddeld vermogen van 10 MW per vierkante kilometer haalbaar wordt geacht. Door het RIVM is geen inschatting gemaakt van de opbrengst in TWh per jaar. Voor het PlanMER is een inschatting gemaakt van de opbrengst in TWh per jaar uitgaande van een aanname van een gemiddeld aantal vollasturen van 3500 uur per jaar.

¹¹⁰ Het onderzoek van RIVM (2009) maakt gebruik van de term 'plaatsingspotentieel', geïnterpreteerd als 'de resterende vrije ruimte voor windenergie'. Het onderzoek van Generation Energy (2022) maakt gebruik van de term 'potentieel voor windenergie'. Het potentieel voor windenergie betreft de potentiële energieopbrengst zoals gebaseerd op het plaatsingspotentieel in MW dat op basis van het verwachte aantal vollasturen is omgerekend naar de energieopbrengst in TWh per jaar. In dit planMER is de term 'plaatsingspotentieel' gehanteerd welke – indien nodig – is omgerekend naar het aantal TWh/jaar.

Het plaatsingspotentieel zoals vermeld in Tabel 9-5 is gebaseerd op onderzoek in 2009. Anno 2022 zullen de planologische beperkingen afwijken van die in 2009. Door planologische ontwikkelingen sinds 2009 zal de ruimte die effectief voor windenergie beschikbaar is zijn afgenomen. Om inzicht te krijgen in de verschillen is een vergelijking gemaakt met een recentere studie van Generation Energy uit 2021 (Bakx & Witte, 2021). In dit onderzoek is nagegaan wat het effect is op het plaatsingspotentieel voor windturbines als de geluidnorm zou worden aangescherpt van 47 dB L_{den} naar 45 dB L_{den} . De aanleiding voor dit onderzoek was de aanbeveling van de Wereldgezondheidsorganisatie uit 2018 om te overwegen voor het geluid van windturbines een norm van 45 dB L_{den} te hanteren. Uit onderzoek door bureau M+P bleek dat dit leidt tot een geluidcontour die gemiddeld circa 35% groter is (Nieuwenhuizen, 2020). De potentieelberekening is gedaan op basis van een referentieturbine met een rotordiameter van 150 meter en een vermogen van 5,6 MW. In deze analyse is door Generation Energy voor de 47 dB L_{den} grenswaarde gerekend met een contour van 300 meter voor woningen buiten woonkernen en een contour 500 meter voor woningen binnen woonkernen. Voor de 45 dB L_{den} grenswaarde is gerekend met een geluidcontour van 400 meter voor woningen buiten woonkernen en 650 meter voor woningen binnen woonkernen. Het onderscheid in afstanden tot woonkernen en niet-woonkernen vindt volgens Generation Energy zijn oorsprong in praktijkervaringen. De grenswaarde voor woningen binnen en buiten woonkernen is namelijk identiek. Het onderzoek van Generation Energy uit 2021 houdt deels met andere beperkingen rekening dan het onderzoek van het RIVM uit 2009, zoals met wegen, industrieterreinen, buisleidingen, etc. Uit het onderzoek van 2021 blijkt dat het totale plaatsingspotentieel op land met 34% afneemt als er wordt gekozen voor een grenswaarde van 45 dB L_{den} in plaats van 47 dB L_{den} . Het recente onderzoek van Generation Energy laat met 34% dus een iets grotere afname zien van het plaatsingspotentieel bij een grenswaarde van 45 dB L_{den} dan de 27% van het RIVM onderzoek uit 2009. Het verschil valt naar verwachting echter binnen de nauwkeurigheidsmarges van de onderzoeken. Het onderzoek uit 2021 geeft geen inzicht in de af- of toename van het plaatsingspotentieel voor de andere grenswaardevarianten.

De studie van Generation Energy (Bakx & Witte, 2021) laat voor windturbines op land een plaatsingspotentieel zien van 231 TWh/jaar voor een grenswaarde van 47 dB L_{den} en van 152 TWh/jaar voor een grenswaarde van 45 dB L_{den} . Dit is exclusief Natura 2000- en radarinvloedsgebieden. Generation Energy komt tot een duidelijk hoger plaatsingspotentieel dan uit het RIVM onderzoek van 2009 kan worden afgeleid (zie Tabel 9-5), namelijk 231 TWh/jaar versus 119 TWh/jaar voor een grenswaarde van 47 dB L_{den} en 152 TWh/jaar versus 87,5 TWh/jaar voor een grenswaarde van 45 dB L_{den} . Dit verschil komt doordat voor de studies deels afwijkende uitgangspunten zijn gehanteerd. Zo zijn de door Generation Energy gerapporteerde waarden exclusief Natura 2000 en radarinvloedsgebieden, maar heeft het RIVM ook nieuwe woongebieden, ecologische hoofdstructuur en nationale landschappen (met kernwaarde 'zeer open landschap') uitgesloten. Waarschijnlijk heeft het RIVM ook met ruimere geluidcontouren gerekend dan Generation Energy. Het RIVM is uitgegaan van een op basis van een referentieturbine van 2 MW berekende contourafstand voor geluid. Er is van uitgegaan dat deze afstand voor alle woningen in acht moet worden genomen om aan de grenswaarde te voldoen. Generation Energy heeft met vaste afstanden gerekend waarbij voor woningen buiten woonkernen een aanzienlijk kortere afstand is gehanteerd dan voor woningen binnen woonkernen, terwijl de grenswaarde voor geluid feitelijk hetzelfde is. Het RIVM en Generation Energy komen door de afwijkende uitgangspunten dus niet tot dezelfde absolute waarden, maar bij een beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie zijn de verschillen beperkt, namelijk een afname van het plaatsingspotentieel van 27% versus 34%.

De beoordeling van plaatsingspotentieel is zoals beschreven gebaseerd op het onderzoek door het RIVM uit 2009 en door Generation Energy uit 2021. In Bijlage 5 is ingegaan op contourafstanden in relatie tot de geluidnormen. Deze worden niet beoordeeld, maar dienen ter informatie.

Bij grenswaarden voor geluid die strenger zijn dan in de referentiesituatie (45 dB L_{den} , 43 dB L_{den} , 40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) neemt het plaatsingspotentieel ten opzichte van de referentiesituatie af. Bij de strengste grenswaarden (40 dB L_{den} en 37 dB L_{den}) is sprake van een zeer sterke afname (meer dan 60%) van het plaatsingspotentieel (respectievelijk circa 80% en circa 91%), waardoor deze varianten zeer negatief zijn beoordeeld (- - -). Voor de grenswaarde van 43 dB L_{den} neemt het plaatsingspotentieel met circa 53% af ten opzichte van de referentiesituatie. Deze variant krijgt derhalve een negatieve beoordeling (- -). Voor de 45 dB L_{den} geluidnorm laat zowel het onderzoek van het RIVM (2009) als het onderzoek van Generation Energy (2021) een daling ten opzichte van de referentiesituatie zien, namelijk respectievelijk 27% en 34% afname van het plaatsingspotentieel. Deze grenswaarde wordt derhalve ook negatief beoordeeld (- -). Voor de grenswaarde van 50 dB L_{den} neemt het plaatsingspotentieel met circa 47% toe. Deze variant wordt daarom positief beoordeeld (++)

9.2.6 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Net als bij het alternatief ongewijzigde regels, geldt ook voor de geluidvarianten dat er voor een aantal criteria sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is uiteengezet in paragraaf 8.2.4. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

9.3 Mitigerende maatregelen

Voor de beoordeling van de geluidvarianten worden zeer negatieve en negatieve effecten verwacht voor de beoordelingscriteria Geluidhinder (50 dB L_{den}), Unesco werelderfgoed, Waardevolle landschappen, Natura 2000, NNN-gebieden, Vogels, Meervoudig ruimtegebruik en Plaatsingspotentieel. Negatieve effecten (met uitzondering van geluidhinder) treden voornamelijk op bij geluidvarianten die een hoge mate van bescherming bieden aan mensen. Op het niveau van dit planMER en de windturbinebepalingen kunnen voor de meeste beoordelingscriteria geen nadere mitigerende maatregelen worden ontwikkeld. Wel kunnen dergelijke negatieve gevolgen een rol spelen in de afweging over specifieke projecten. Specifiek voor de negatieve effecten bij geluidhinder (50 dB L_{den}) en vogels worden hieronder mitigerende maatregelen besproken.

Mitigerende maatregelen - geluidhinder

Voor geluidhinder worden zeer negatieve effecten verwacht bij de variant 50 dB L_{den} . Er zijn diverse technische en sociaal-maatschappelijke maatregelen die de mate van geluidhinder bij een specifieke geluidbelasting beïnvloeden. In juni 2015 heeft het Kennisplatform Windenergie het kennisbericht "Geluid van windturbines" uitgebracht. In dit kennisbericht is ingegaan op verbetermogelijkheden bij het plannen of exploiteren van windturbines of windparken waarmee de hinder die omwonenden ervaren kan worden beperkt. Hierin wordt benoemd dat als er plannen zijn om een windpark te ontwikkelen het van belang is de omwonenden in een vroeg stadium te betrekken en ze te informeren over het te verwachten geluid in de omgeving en de mogelijke effecten ervan. Hierbij zou ook ingegaan moeten worden op welke maatregelen worden getroffen om de (geluid)hinder voor omwonenden te beperken. In het RIVM-rapport inzake de Motie Schonis (Welkers, Kempen, Helder, Verheijen, & Poll, 2020) naar aanleiding van de in 2018 gepubliceerde WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid wordt voor windturbinegeluid de aanbeveling gedaan om voor de aanpak sterk in te zetten op de niet-akoestische factoren die in beleving van windturbinegeluid een belangrijke rol spelen. Dit is lijn met de eerdere aanbevelingen in het voornoemde kennisbericht.

Door maatregelen uit het kennisbericht en de Motie Schonis uit te voeren kunnen negatieve effecten voor geluidhinder (deels) gemitigeerd worden.

Mitigerende maatregelen - vogels

Met de mogelijke negatieve effecten voor vogels tijdens de trek, broed en rust periodes ten aanzien van de geluidnormen 37-45 dB L_{den} , zijn er mitigerende maatregelen mogelijk om negatieve effecten te verminderen.

1. Trek: stilstandsvoorzieningen toepassen waarmee windturbines in perioden met een hoog risico op aanvaringssslachtoffers (najaarstrek september t/m november) stil worden gezet. Deze maatregel is ook effectief voor vleermuizen, echter vraagt dit wel om een andere toepassing omdat vleermuizen onder wezenlijk andere omstandigheden en in andere perioden met turbines in aanvaring komen dan vogels.
2. Broed/rust: plaatsing van windturbines combineren met bestaande/andere industrie en infrastructuur zoals bedrijventerreinen en snelwegen, zodat de toevoeging van verstoord areaal boven de 40 dB nihil wordt (Evert et al, 2019).

Indien bovengenoemde mitigerende maatregelen toegepast worden, dan kunnen de effectbeoordelingen voor vogels van de geluidvarianten veranderen. De beoordeling voor de geluidnormen 37, 40, 43, 45 dB gaat van licht negatief (-) naar een neutrale beoordeling (0). De beoordeling voor geluidnorm 47 dB gaat van een neutrale beoordeling (0) naar licht positief (+) en geluidnorm 50 dB gaat van een licht positieve beoordeling (+) naar een positieve beoordeling (++)

9.4 Leemten in kennis

Voor het beoordelingscriterium gezondheid bestaat nog een leemte in kennis. De leemte in kennis is in Tabel 9-6 toegelicht.

Tabel 9-6 Beschrijving leemte in kennis per beoordelingscriterium

Beoordelingscriterium	Beschrijving leemte in kennis
Gezondheid	<p>Windturbinegeluid wordt bij eenzelfde geluidbelasting hinderlijker beschouwd dan geluid van industrie, wegen en spoorwegen. Een belangrijke oorzaak hiervan is het ritmische karakter van het geluid. De ritmische variaties in het geluidniveau met de frequentie waarmee een rotorblad een bepaald punt passeert worden aangeduid met amplitudemodulatie. Overmatige amplitudemodulatie kan tot extra hinder leiden. Het is niet bekend in welke mate overmatige amplitudemodulatie optreedt.</p> <p>Het effect van de geluidvarianten op gezondheid is bepaald op basis van dosis-effectrelaties voor ernstige hinder die zijn vastgesteld door TNO (2008) en Michaud et al. (2016). Deze dosis-effect relaties geven voor het specifieke karakter van windturbinegeluid het verband tussen de geluidbelasting vanwege windturbines, uitgedrukt in L_{den}, en de ervaren (ernstige) hinder. Bij beide dosis-effectrelaties is sprake van brede betrouwbaarheidsintervallen en bij een geluidbelasting boven 40 dB L_{den} wijken de resultaten af. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in methoden, de context van de onderzoeken en de in het onderzoek betrokken windparken en landen. Het onderzoek van TNO is gebaseerd op onderzoeken uit Nederland en Zweden, maar dateert uit 2008. Het onderzoek van Michaud et al. bevat meer respondenten, heeft betrekking op modernere typen windturbines, maar beslaat ook gemeenschappen die voor de situatie in Nederland mogelijk minder representatief zijn.</p> <p>Deze leemte heeft geen gevolgen voor de huidige besluitvorming. De effectbeoordeling is gebaseerd op de huidige beschikbare informatie over dosis-effectrelaties van windturbinegeluid. De verschillen tussen de onderzoeken hebben geen rol gespeeld in de effectbeoordeling omdat de effectscore is gebaseerd op relatieve verschillen ten opzichte van de referentiesituatie. In absolute aantallen wijken bij een geluidbelasting van meer dan 40 dB L_{den} de effecten wel af.</p>

9.5 Subvarianten laagfrequent geluid, tonaal geluid, binnenwaarde en gedifferentieerde normen

In Tabel 9-7 is de effectbeoordeling voor de subvarianten laagfrequent geluid, binnenwaarde en tonaal geluid samengevat. Deze tabel geeft aan in hoeverre het invoeren van een aanvullende norm extra bescherming tegen hinder biedt (geen meerwaarde / lichte meerwaarde / grote meerwaarde). De effectbeoordeling is na de tabel toegelicht per subvariant.

Voor de subvariant gedifferentieerde normen is geen beoordeling per grenswaardevariant opgenomen. De toegevoegde waarde is namelijk afhankelijk van de wijze van differentiatie en van de extra bescherming die een gedifferentieerde norm biedt. In algemene zin biedt een mogelijkheid tot maatwerk een toegevoegde waarde, maar de inzichten in het maskerende karakter van omgevingsgeluid zijn nog te beperkt voor een goede beoordeling van de toegevoegde waarde. In paragraaf 9.5.4 zijn de overwegingen voor een gedifferentieerde norm samengevat.

Laagfrequent geluid dringt makkelijker door in woningen dan ander geluid. Hierdoor wordt de binnenwaarde voor een belangrijk deel bepaald door laagfrequent geluid. Een norm voor de binnenwaarde heeft daarom ook een positieve uitwerking op beheersing van laagfrequent geluid. Evenzo geldt dat een norm voor tonaal geluid ook goed uitwerkt voor beheersing van laagfrequent geluid. In geval van klachten over laagfrequent geluid gaat het immers veelal over tonaal laagfrequent geluid. Deze kruisbestuiving is bij de beoordeling niet meegewogen.

Tabel 9-7 Effectbeoordeling subvarianten laagfrequent geluid, binnenwaarde en tonaal geluid

Grenswaarde	Norm laagfrequent geluid	Norm tonaal geluid	Norm binnenwaarde
37 dB L_{den}	Geen meerwaarde	Lichte meerwaarde	Geen meerwaarde
40 dB L_{den}	Geen meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
43 dB L_{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
45 dB L_{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
47 dB L_{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Lichte meerwaarde
50 dB L_{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Grote meerwaarde

9.5.1 Laagfrequent geluid

Veel zienswijzen gaan over de behoefte aan betere bescherming tegen infrason geluid en laagfrequent geluid vanwege windturbines. Bijlage 4 geeft informatie over de meerwaarde van een aanvullende norm voor infrason en/of laagfrequent geluid ten opzichte van alleen een norm voor het volledige hoorbare geluidsspectrum.

Infrageluid betreft geluid met een frequentie van minder dan 20 Hz. Onder laagfrequent geluid wordt verstaan het geluid in het frequentiebereik van 20 Hz tot 100/200 Hz. In 2017 en 2021 heeft het RIVM een literatuurstudie verricht naar gezondheidseffecten van windturbinegeluid. Hierbij is naast 'normaal' hoorbaar geluid gekeken naar de effecten van laagfrequent en infrason geluid. Het RIVM heeft geen aanwijzing gevonden dat het infrageluid van windturbines enig effect kan hebben op de gezondheid. Over laagfrequent geluid oordeelt het RIVM dat er geen wetenschappelijk bewijs bestaat dat laagfrequent geluid andere effecten voor omwonenden heeft dan 'normaal' geluid. Het RIVM concludeert dat de voornaamste oorzaak van hinder ten gevolge van windturbinegeluid wordt veroorzaakt door blootstelling aan de optelsom van geluid in alle frequenties in combinatie met het ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie). Deze effecten zijn meegenomen in de dosis-effect relaties van windturbinegeluid. Dit betekent dat laagfrequent geluid vanwege windturbines niet afzonderlijk hoeft te worden beoordeeld, maar in principe als onderdeel van 'normaal geluid' kan worden meegenomen.

Vanuit wetenschappelijk oogpunt zijn er op dit moment dus geen zwaarwegende argumenten om een aanvullende norm voor laagfrequent geluid in te stellen. Laagfrequent geluid kan vrijwel even effectief worden verminderd door het verlagen van de generieke norm voor geluid op de gevel. Een aparte norm voor laagfrequent geluid kan wel een waarborg vormen tegen verandering van het geluidsspectrum van windturbines. Toekomstige windturbines veroorzaken mogelijk meer laagfrequent geluid, waardoor de dosis-effect relaties zouden kunnen veranderen. Een norm voor laagfrequent geluid kan ook een rol spelen bij de uiteindelijke keuze van het fabricaat en type windturbine. Hiermee kunnen windturbines met weinig laagfrequent geluid worden onderscheiden van windturbines met soortgelijk elektrisch vermogen en rotordiameter maar met meer laagfrequent geluid.

Concluderend heeft het invoeren van een norm voor laagfrequent geluid lichte meerwaarde voor de grenswaardevarianten van 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} . De effecten van laagfrequent geluid zijn al meegenomen in de dosis-effectrelaties van windturbinegeluid. Een aanvullende norm voor laagfrequent zou echter wel kunnen fungeren als verzekering tegen verschuivingen van het geluidsspectrum van windturbines naar lagere frequenties en om te voorkomen dat wordt gekozen voor windturbines met bovenmatig veel laagfrequent geluid. Voor de grenswaardevarianten van 37 dB en 40 dB L_{den} heeft het invoeren van een extra norm voor laagfrequent geluid geen meerwaarde, omdat de geluidbelasting al lager is en te verwachten is dat een verschuiving van het spectrum naar lagere frequenties minder effect heeft op de hinderbeleving.

9.5.2 Tonaal geluid

Tonaal geluid is geluid dat duidelijk herkenbare zuivere tonen bevat. Het is algemeen bekend en aanvaard dat geluid met een tonaal karakter doorgaans als hinderlijker wordt ervaren dan een geluid van hetzelfde niveau met een ruisachtig karakter. In Nederland wordt voor industriegeluid al sinds de invoering van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai IL-HR-13-01 in 1981 een toeslag – een straffactor - van 5 dB op het geluidniveau toegepast als het geluid ter plaatse van een gevoelig object een tonaal karakter heeft.

Voor windturbinegeluid met een tonaal karakter wordt in Nederland in de referentiesituatie en het alternatief ongewijzigde regels geen toeslag voor tonaal geluid toegepast. Het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Nederlandse overheid, 2018) geeft aan dat er geen toeslag wordt toegepast omdat het karakteristieke geluid van windturbines al bij de normstelling is meegenomen. Dit argument is deels juist. Bij de vaststelling van de dosis-effectrelaties is inderdaad rekening gehouden met het karakteristieke geluid van windturbines. Er is omwonenden namelijk gevraagd hoe zij het windturbinegeluid beleven en dit omvat alles wat zij ervaren. Als een windturbine tonaal geluid heeft veroorzaakt, dan zullen de omwonenden dit waarschijnlijk als relatief hinderlijk hebben beoordeeld. Het is echter niet zo dat windturbines per definitie tonaal geluid maken. De meeste windturbines produceren geen tonaal geluid, maar de windturbines die wel tonaal geluid veroorzaken worden veelal als hinderlijker ervaren. De vastgestelde dosis-effectrelaties zijn waarschijnlijk dus beïnvloed door windturbines die tonaal geluid produceren, maar slechts ten dele omdat deze dosis-effectrelaties ook vele windturbines zonder tonaal geluid omvatten.

Uit het onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat de meeste Europese landen voor tonaal geluid van windturbines een toeslag op het geluidniveau toepassen. De hoogte van de toeslag varieert van 1 tot 6 dB, mede afhankelijk van de sterkte van het tonale karakter.

Laagfrequent geluid versus Tonaal laagfrequent geluid

Voor windturbines wordt regelmatig gesproken over tonaal laagfrequent geluid, omdat als er tonaal geluid optreedt dit vaak bij een lage frequentie is. Er wordt ook wel eens over laagfrequent geluid gesproken, terwijl eigenlijk een tonaal geluid bij een lage frequentie wordt bedoeld. Ook tonaal geluid met een middelhoge of hoge frequentie wordt echter als hinderlijker ervaren dan regulier geluid. De beoordeling van tonaal geluid zou zich dus niet alleen op de lage frequenties moeten richten maar op het gehele hoorbare frequentiegebied. Het is dan ook beter om te spreken van tonaal geluid dan van tonaal laagfrequent geluid.

Het toepassen van een toeslag op het geluidniveau voor windturbines die ter plaatse van gevoelige objecten tonaal geluid veroorzaken, biedt omwonenden meer bescherming. Ook sluit het beter aan bij de specifieke beleving van het geluid dan de regeling in de referentiesituatie. Een toeslag helpt om probleemsituaties te voorkomen. Windturbines die tonaal geluid produceren veroorzaken namelijk meer hinder dan windturbines die geluid van eenzelfde niveau maar zonder tonaal karakter produceren. Toepassing van een toeslag betekent dat het geluidniveau van windturbines met tonaal geluid moet worden gereduceerd, tenzij door maatregelen het tonale karakter kan worden weggenomen waardoor een toeslag niet langer van toepassing is.

Een toeslag voor tonaal windturbinegeluid vormt voor fabrikanten en ontwikkelaars een belangrijke prikkel om door een goed ontwerp en een zorgvuldige uitvoering tonaal geluid te voorkomen. Ook is het een stimulans voor fabrikanten en ontwikkelaars om onderling goede afspraken te maken over de verantwoordelijkheden als zich na realisatie van een windturbine toch onverhoopt tonaal geluid blijkt te manifesteren. In die gevallen dat er zich na realisatie toch tonaal geluid blijkt voor te doen, vormen de financiële consequenties van een toeslag een belangrijke drijfveer om het tonaal geluid door middel van een technische oplossing te reduceren. Toepassing van zogenaamde geluidmodus¹¹¹ instellingen om het geluidniveau te reduceren gaan namelijk ten koste van de opbrengst van een windpark gedurende de gehele exploitatietermijn.

Om voornoemde redenen wordt in overweging gegeven om in de vast te stellen windturbinebepalingen een toeslag voor tonaal geluid op te nemen en hiervoor een objectieve beoordelingsmethode voor te schrijven. Een algeheel verbod op tonaal geluid wordt niet opportuun geacht, omdat tonaal geluid op voorhand niet volledig kan worden uitgesloten en bovenmatige hinder ook kan worden voorkomen met een toeslag voor tonaal geluid. Door in het ontwerp en de uitvoering hier meer aandacht aan te besteden wordt de kans op tonaal geluid verkleind, maar desondanks zou in bepaalde gevallen tonaal geluid kunnen optreden. Als zich tonaal geluid manifesteert zou het kunnen voorkomen dat dit met technische aanpassingen niet volledig kan worden weggenomen. In deze gevallen wordt door het toepassen van een toeslag, waardoor de windturbines effectief minder geluid mogen veroorzaken op gevoelige objecten, geborgd dat de windturbines niet bovenmatig veel hinder produceren.

Internationaal worden verschillende methoden toegepast om vast te stellen of er sprake is van tonaal geluid. Ook verschilt de hoogte van de toeslag die wordt toegepast. Dit is of een vaste toeslag of een toeslag die afhankelijk is van de sterkte van het tonale karakter. Voor industriegeluid met een tonaal karakter in Nederland wordt een toeslag van 5 dB toegepast (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), 1999). Deze toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) dat er sprake is van tonaal geluid. Voor windturbinegeluid zou ook een toeslag van 5 dB kunnen worden toegepast, maar er kan ook worden overwogen om een toeslag te hanteren die afhankelijk is van de mate van tonaliteit zoals in het buitenland wel gebeurt.

Voor de beoordeling van het tonale karakter van windturbinegeluid zijn twee opties mogelijk:

- Beoordeling van de bron op basis van de internationale standaard IEC 61400-11:2018.
- Beoordeling bij de ontvanger op basis van de internationale standaard ISO 1996-2:2017, bijlage J.

Voor de beoordeling van het tonale karakter van de bron lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de internationale standaard 'IEC 61400-11, editie 3.1, Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques' van juni 2018. Voor de beoordeling van het tonale karakter bij de ontvanger lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de

¹¹¹ Windturbines kunnen in een zogenaamde geluidmodus worden geschakeld. In "mode 0" (standaard) is het geleverde elektrisch vermogen van de windturbine optimaal en de geluidsemisatie maximaal. Door de windturbine in geluidmodus te schakelen, wordt het rotortoerental begrensd, waardoor de geluidproductie daalt. Dit gaat wel ten koste van het rendement van de windturbine. De geluidsemisatie kan meestal in stappen van ongeveer 1 dB worden teruggebracht, waarbij het rendement bij iedere stap daalt (geluidmodus, 1, 2 etc.).

internationale standaard ISO 1996-2:2017, 'Akoestiek - Beschrijving beoordeling en meting van omgevingsgeluid - Deel 2: Bepaling van omgevingsgeluidniveau', Bijlage J. In Bijlage 4 is nader op voornoemde opties ingegaan.

Een aandachtspunt is de toepassing bij een jaargemiddelde norm. Als een toeslag alleen zou worden toegepast op de perioden dat er sprake is van tonaal geluid, zou de toeslag bij toepassing op een jaargemiddelde waarde sterk kunnen worden uitgemiddeld. Hiermee zou deze mogelijk geen recht doen aan de dagen dat er daadwerkelijk extra hinder door tonaal geluid optreedt. Het wordt daarom in overweging gegeven om bij hantering van een jaargemiddelde norm tevens een eis te stellen aan het hoogst optredende equivalente geluidniveau over de dag-, avond- en nachtperiode vermeerderd met een eventuele toeslag voor tonaal geluid.

Concluderend, wordt het invoeren van een norm voor tonaal geluid voor de grenswaardevarianten van 40, 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} als grote meerwaarde beoordeeld, omdat deze omwonenden extra bescherming biedt en helpt om probleemsituaties te voorkomen. Het is daarbij belangrijk om te melden dat windturbines niet per definitie tonaal geluid maken. Voor de grenswaardevariant van 37 dB L_{den} heeft het invoeren van een extra norm voor tonaal geluid een lichte meerwaarde, omdat de geluidbelasting en ervaren hinder in de basis al lager is. Met een extra norm wordt dus naar inschatting een minder sterke verbetering gerealiseerd dan bij een hogere grenswaarde.

9.5.3 Binnenwaarde voor geluid

Bijlage 4 gaat in op de vraag in hoeverre het invoeren van een aanvullende norm voor de binnenwaarde extra bescherming biedt tegen hinder vanwege windturbines.

Een aanvullende norm voor de binnenwaarde, ofwel het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten, zorgt ervoor dat in situaties met een hoge gevelbelasting in ieder geval wel sprake is van een acceptabel binnenklimaat. Laagfrequent geluid dringt makkelijker in woningen door dan ander geluid. Hierdoor wordt de binnenwaarde voor een belangrijk deel bepaald door laagfrequent geluid. Een norm voor de binnenwaarde heeft daarom ook een positieve uitwerking op beheersing van laagfrequent geluid. Een eventuele norm voor de binnenwaarde zou voor windturbines alleen ingesteld hoeven te worden voor de nachtperiode, gericht op het voorkomen van slaapverstoring. Overdag en 's avonds is de binnenwaarde door windturbinegeluid namelijk niet hoger dan in de nachtperiode, terwijl voor de dag- en avondperiode in de regel een respectievelijk 10 en 5 dB hogere binnenwaarde toelaatbaar wordt geacht dan voor de nachtperiode.

In 2018 heeft de WHO de effecten van het geluid van windturbines en andere geluidbronsorten onderzocht (WHO, 2018). Voor de (dag-avond-nacht) gemiddelde geluidbelasting van windturbines stelt de WHO een norm voor van 45 dB L_{den} op de gevel. Voor windturbines hangt deze waarde samen met 39 dB L_{night} . De WHO acht de kwaliteit van het bewijs voor de effecten van nachtelijke blootstelling aan windturbinegeluid te laag voor een aanbeveling voor een norm voor L_{night} op de gevel. De WHO doet verder ook geen aanbevelingen voor het normeren van de binnenwaarde. Op grond van de bevindingen van de WHO kan echter wel worden geconcludeerd dat een aanvullende norm voor de binnenwaarde niet nodig is als wordt gekozen voor een norm op de gevel van 45 dB L_{den} / 39 dB L_{night} of lager.

Er bestaat geen algemeen erkende norm voor de binnenwaarde die toegespitst is op het geluid van windturbines. Bij gebrek aan grenswaarden die beter passen bij windturbines wordt in Bijlage 4 in kaart gebracht wat de gevolgen zouden zijn als de norm die geldt voor industriegeluid, gelijkwaardig aan 25 dB $L_{night,binnen}$, zou gelden voor windturbines. Uit die vergelijking blijkt de binnenwaarde bij de normstellingsvariant 47 dB L_{den} / 41 dB L_{night} (referentiesituatie) 1 dB hoger is dan 25 dB $L_{night,binnen}$, indien sprake is van een slecht geïsoleerde woning en tevens rekening wordt gehouden met het typische geluidsspectrum van windturbines. Bij de normstellingsvariant 50 dB L_{den} / 44 dB L_{night} is de binnenwaarde van de meeste oudere woningen hoger dan 25 dB $L_{night,binnen}$. Voor deze variant heeft een norm voor de binnenwaarde meer toegevoegde waarde dan voor de referentiesituatie.

Concluderend, geldt dat het invoeren van een aanvullende norm voor de binnenwaarde voor de grenswaardevariant van 50 dB L_{den} grote meerwaarde heeft. Voor de grenswaardevariant van 47 dB L_{den} heeft dit lichte meerwaarde, omdat hiermee het binnenklimaat van slecht geïsoleerde woningen wordt gewaarborgd. Een norm voor de binnenwaarde heeft geen meerwaarde wanneer gekozen wordt voor een variant met een lagere grenswaarde.

9.5.4 Gedifferentieerde normen

In de referentiesituatie wordt voor alle gevoelige objecten dezelfde geluidnorm gehanteerd, ongeacht het type omgeving, het heersende achtergrondniveau of de bestemming van het gebied. De enige uitzonderingen betreffen gevoelige objecten op een gezoneerd industrieterrein en woningen die onder de sfeer van het windpark vallen. In deze gevallen geldt er geen grenswaarde.

Uit het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat er in andere landen vaak gedifferentieerde geluidnormen worden gehanteerd. Hierbij wordt veelal een verschil van 4 à 5 dB(A) in grenswaarde gehanteerd, maar worden uiteenlopende keuzes gemaakt. In Vlaanderen, Denemarken en Duitsland gelden voor woonwijken strengere grenswaarden dan voor woningen in landelijk gebied.¹¹² Andere landen zoals Zweden, Nieuw-Zeeland en de Australische deelstaat Zuid-Australië staan voor woonwijken juist meer geluid toe dan voor woningen in landelijk gebied. Dit geldt feitelijk ook voor Frankrijk en voor het ontwerp voor de nieuwe regelgeving in Ierland, omdat de grenswaarden hier gerelateerd zijn aan het achtergrondniveau van het omgevingsgeluid. Laatstgenoemde landen kiezen er dus voor om een stille landelijke omgeving relatief stil te houden, terwijl eerstgenoemde landen ervoor kiezen om hier juist meer geluid toe te staan. Waarschijnlijk speelt de relatief lage bevolkingsdichtheid in landelijke gebieden en het kleinere aantal potentieel ernstig gehinderden hierbij een rol. In Noorwegen, Wallonië, het Verenigd Koninkrijk (alleen in de nachtperiode) en in de thans nog vigerende norm in Ierland geldt net als in Nederland voor alle gevoelige objecten in alle type omgevingen dezelfde grenswaarde.

Bij de afweging om gedifferentieerde normen te hanteren spelen met name de volgende aspecten een rol:

- De bevolkingsdichtheid. Het absolute aantal ernstig gehinderden is naast het percentage ernstig gehinderden bij een bepaalde geluidbelasting afhankelijk van het totale aantal personen dat aan deze geluidbelasting wordt blootgesteld. Dat betekent dat in landelijk gebied bij een bepaald percentage (ernstig) gehinderden het aantal (ernstig) gehinderden in absolute zin minder is dan in woonkernen.
- Het heersende omgevingsgeluid. Aan de ene kant verandert in een relatief stille omgeving het geluidklimaat door de realisatie van een windpark sterker dan in een meer geluidbelaste omgeving. Aan de andere kant ondervinden in een geluidbelaste omgeving mensen al relatief veel hinder en kan deze hinder door cumulatieve effecten toenemen. Als de geluidbelasting echter dermate hoog is dat het windturbinegeluid (grotendeels) wordt gemaskeerd hoeft de hinder door de ontwikkeling van een windpark niet relevant toe te nemen.

In plaats van nationale differentiatie op basis van type omgeving, het heersende achtergrondniveau of de gebiedsbestemming zou ook kunnen worden gekozen voor een differentiatie op basis van een lokale, situatie specifieke afweging. Hierbij wordt gedacht aan de systematiek van een voorkeursgrenswaarde en een hogere grenswaarde zoals ook voor andere soorten geluid wordt gehanteerd.

Bij de systematiek van een standaardwaarde en grenswaarde, wordt een geluidbelasting die niet hoger is dan de standaardwaarde zonder meer acceptabel geacht. Er is dan geen afweging nodig. Als de geluidbelasting de standaardwaarde overschrijdt kan deze op basis van een bestuurlijk afwegingsproces worden toegestaan mits deze niet hoger is dan de grenswaarde. Hierbij kunnen economische en maatschappelijke belangen worden afgewogen tegen de bevolkingsdichtheid - het aantal woningen waar de standaardwaarde wordt overschreden - en de mate van overschrijding en het heersende omgevingsgeluid. Ook zouden aanvullende eisen gesteld kunnen worden aan bijvoorbeeld de cumulatieve geluidbelasting, de binnenwaarde en/of de aanwezigheid van een geluidluwe gevel.

In Bijlage 4 is nader ingegaan op cumulatieve en maskerende effecten die bij de differentiatie van normen een rol kunnen spelen.

¹¹² Dit blijkt ook uit de nieuw voorgestelde gedifferentieerde normen in Vlaanderen. Zie: <https://omgeving.vlaanderen.be/inspraak-sectorale-voorwaarden-windturbines>

10 Beoordeling varianten externe veiligheid

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de varianten voor het thema Externe veiligheid beoordeeld voor de in paragraaf 5.11 aangegeven beoordelingscriteria. De varianten zijn:

- Een plaatsgebonden risico toestaan van ten hoogste 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten en ten hoogste 10^{-6} voor kwetsbare objecten. Deze aanpak maakt deel uit van het Alternatief ongewijzigde regels, waarvan de effecten zijn beoordeeld in hoofdstuk 8.
- Een variant die de grenswaarde PR 10^{-5} voor beperkt kwetsbare objecten wijzigt in een standaardwaarde PR 10^{-6} . Deze variant sluit aan bij het externe veiligheidsbeleid dat geldt voor andere risicovolle inrichtingen.¹¹³ Deze variant wordt verder aangeduid met "Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten".
- Windturbines nabij risicovolle bedrijven en buisleidingen mogen er niet toe leiden dat de PR 10^{-6} contour van risicovolle activiteiten over kwetsbare objecten komt te liggen. Deze variant wordt verder aangeduid met "Variant tegengaan domino-effect".

De twee nieuwe varianten Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten en Variant tegengaan domino-effect zijn beoordeeld per beoordelingscriterium volgens het in paragraaf 6.3.3 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 10.2 wordt de effectbeoordeling van de varianten toegelicht. Vervolgens wordt ingegaan op mogelijke mitigerende maatregelen in paragraaf 10.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 10.4.

Plaatsgebonden risico (PR)

In dit hoofdstuk wordt gebruik gemaakt van de term plaatsgebonden risico (PR): dit is de kans op overlijden per jaar, als gevolg van een ongeval, voor een fictief persoon die zich continue en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt.

Definitie kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten zijn woningen, gebouwen of locaties waarin zich veel mensen kunnen bevinden of gebouwen of locaties waar niet-zelfredzame mensen aanwezig zijn, zoals zieken, ouderen en kinderen.

Beperkt kwetsbare objecten zijn verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, restaurants en alle bedrijfsgebouwen waaronder kleinere kantoorgebouwen.

10.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf worden de varianten externe veiligheid beoordeeld voor de relevante thema's en beoordelingscriteria. Tabel 10-1 bevat een overzicht van het resultaat. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

Tabel 10-1 Beoordeling varianten externe veiligheid*

Thema's	Beoordelingscriterium	Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten	Variant tegengaan domino-effect
Externe veiligheid	Risico's voor kwetsbare objecten	0	+
	Risico's voor beperkt kwetsbare objecten	+	0
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	0 tot -	0
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	0 tot -	0

* Een (licht/zeer) positieve beoordeling bij risico's voor (beperkt) kwetsbare objecten betekent een afname van het risico.

¹¹³ Onder de regelgeving van de Omgevingswet wordt het gebruik van de term richtwaarde veranderd in de standaardwaarde. De grenswaarde blijft de maximale waarde die mag optreden. Een standaardwaarde betekent dat voor beperkt kwetsbare gebouwen en locaties bevoegde gezagen rekening moeten houden met een standaardwaarde voor het plaatsgebonden risico. 'Rekening houden met' betekent dat de overheid een eigen afweging maakt. Maar de instructieregel geeft wel inhoudelijk sturing aan de afweging.

10.2.1 Externe veiligheid

Voor het thema externe veiligheid zijn de beoordelingscriteria risico's voor kwetsbare objecten en risico's voor beperkt kwetsbare objecten beoordeeld. Per criterium is de beoordeling uit Tabel 10-1 toegelicht.

10.2.1.1 Risico's voor kwetsbare objecten

Bij de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten blijft de grenswaarde voor kwetsbare objecten gelijk aan de referentiesituatie. De beoordeling is daarom neutraal (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Bij de Variant tegengaan domino-effect wordt aanvullende wettelijke bescherming geboden voor kwetsbare objecten. Namelijk wettelijke bescherming tegen een domino-effect als gevolg van een windturbinerisico op een risicovolle installatie of buisleiding. In de referentiesituatie wordt dit effect enkel meegenomen in de besluitvorming vanuit het kader van een goede ruimtelijke ordening. Hierdoor bestonden er mogelijkheden om af te wijken van het beschermingsniveau. Omdat deze bescherming slechts in enkele specifieke gevallen in Nederland extra bescherming biedt wordt dit licht positief beoordeeld (+) ten opzichte van de referentiesituatie.

Bij de Variant tegengaan domino-effect horen enkele kanttekeningen die van belang zijn voor een goede invoering en afweging van de regelgeving. De Variant tegengaan domino-effect kan resulteren in situaties van wederkerigheid: de mogelijkheden voor toekomstige ontwikkelingen bij het bedrijf of de buisleiding worden ook beperkt. Bij een voorgenomen verandering bij het bedrijf of de buisleiding die tot een vergroting van de risicocontour leidt, zullen de risico's vanwege een nabijgelegen windturbine moeten worden verdisconteerd in de risicoberekening en aldus moeten worden betrokken bij de beoordeling van de voorgenomen ontwikkeling bij het bedrijf of de buisleiding. Dit effect is ook aanwezig indien het gaat om bestemde bedrijventerreinen met lege kavels waar na komst van een windturbine het plaatsingspotentieel van risicovolle bedrijven en buisleidingen beperkt kunnen worden.

Concluderend leidt dit tot een neutrale beoordeling (0) voor de effecten op kwetsbare objecten bij de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten en een licht positieve (+) beoordeling voor Variant tegengaan domino-effect.

10.2.1.2 Risico's voor beperkt kwetsbare objecten

De Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten betekent dat er geen wettelijke grens meer is van de maximale hoogte van het veiligheidsrisico voor beperkt kwetsbare objecten. Het bevoegd gezag kan onderbouwd kiezen voor een hoger risico dan de oorspronkelijke grenswaarde PR 10^{-5} . Aan de andere kant zal het bevoegd gezag alleen met een deugdelijke motivering afwijken van (een lager risico accepteren dan) de standaardwaarde PR 10^{-6} voor beperkt kwetsbare objecten.

Deze zaak heeft twee kanten:

- De Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten betekent in de praktijk dat bij bedrijven, industrie en haventerreinen plaatsing van windturbines mogelijk is indien het bevoegd gezag bij plaatsing rekening houdt met de optredende veiligheidsrisico's en voor het afwijken van de standaardwaarde een eigen onderbouwde afweging maakt. Vanuit veiligheidsoptiek is het van belang om de afweging te baseren op de kwetsbaarheid van de omgeving door de situatie te beoordelen op: hoeveelheid blootgestelde personen, zelfredzaamheid, kwetsbaarheid en concentratiedichtheid van personen. Onderdeel van deze afweging kan ook het hanteren van een maximum grens aan optredend risico zijn, dat in theorie hoger kan liggen dan de grenswaarde die bij ongewijzigde regels zou gelden. Het optredend risico per beperkt kwetsbaar object kan toenemen van maximaal PR 10^{-5} in de situatie met ongewijzigde regels tot maximaal PR 10^{-4} direct naast het fundament van een windturbine.¹¹⁴
- Verwacht mag worden dat van de standaardwaarde van de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten een zekere sturende werking uit zal gaan. Inherent aan een standaardwaarde is echter dat deze ruimte laat voor eigen afweging door het bevoegd gezag als de situatie daarom vraagt. Het toepassen van een standaardwaarde van PR 10^{-6} voor beperkt kwetsbare objecten zou er bij een strikte toepassing toe leiden dat er minder windturbines worden toegelaten op bedrijven- en industrieterreinen. Onder het huidige recht biedt de richtwaarde de mogelijkheid om gemotiveerd te kiezen voor een op de lokale situatie toegesneden beschermingsniveau waarbij zoveel mogelijk aan de richtwaarde wordt voldaan. De aan een standaardwaarde

¹¹⁴ Het risico is maximaal circa PR 10^{-4} binnen enkele meters van de windturbine, dus op het fundament. Direct buiten het fundament is het risico dus lager dan PR 10^{-4} . PR 10^{-4} is dus een theoretisch maximum wat kan optreden bij een windturbine als je je buiten de windturbine bevindt.

inherente afwegingsruimte biedt vergelijkbare mogelijkheden als onder het huidige recht. Het is niet te voorspellen hoe het bevoegd gezag zal omgaan met de afweging van het belang van windturbines op bedrijventerreinen.

Omdat er voor een groter aantal objecten bij een lager optredend risico een extra afweging van de optredende veiligheidssituatie plaatsvindt kan de variant met een standaardwaarde van $PR10^{-6}$ voor beperkt kwetsbare objecten, als licht positief worden beoordeeld (+).

De Variant tegengaan domino-effect biedt geen extra bescherming voor beperkt kwetsbare objecten en wordt daarmee beoordeeld met een neutrale beoordeling (0).

Concluderend leidt dit tot een licht positieve (+) beoordeling voor de Variant standaardwaarde $PR10^{-6}$ beperkt kwetsbare objecten en tot een neutrale beoordeling (0) voor de Variant tegengaan domino-effect.

10.2.2 Ruimtegebruik

Voor het thema ruimtegebruik is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld. Voor dit beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 10-1 toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

De Variant standaardwaarde $PR 10^{-6}$ beperkt kwetsbare objecten geeft aan dat plaatsing van windturbines op locaties waar beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn in principe ongewenst is. Dit zorgt ervoor dat er enkel plaatsing van windturbines mogelijk is indien het bevoegd gezag een bewuste afweging maakt van de wenselijkheid van de plaatsing van windturbines op een bedrijventerrein. Door het verwoorden van een standaardwaarde van $PR10^{-6}$ voor windturbines op bedrijventerreinen wordt meervoudig ruimtegebruik als minder wenselijk gezien. Afwijken van de standaardwaarde door het bevoegd gezag ten behoeve van meervoudig ruimtegebruik vergt een goede motivering. De invloed op de mogelijkheden van meervoudig ruimtegebruik zijn afhankelijk van de afwijkingmogelijkheden van bevoegde gezagen op de standaardwaarde. In het meest negatieve geval voor meervoudig ruimtegebruik wordt de standaardwaarde geïnterpreteerd als een grenswaarde en is de combinatie tussen bedrijven-, haven- of industrieterrein en windturbines niet langer mogelijk. Er is dan sprake van een afname van meervoudig ruimtegebruik voor deze specifieke situaties. Let wel, plaatsing van windturbines in landelijk gebied heeft hiervan minder 'last'. In het meest positieve geval wordt er bij het gebruik van de standaardwaarde actief gezocht naar locaties waar meervoudig ruimtegebruik nog wel geschikt is op basis van onderbouwde afwegingen. De hoeveelheid meervoudig ruimtegebruik wordt vergelijkbaar geacht met de referentiesituatie. Al met al is voor de Variant standaardwaarde $PR 10^{-6}$ beperkt kwetsbare objecten het meervoudig ruimtegebruik beoordeeld tussen licht negatief en neutraal (0 tot -).

De tweede onderzochte variant is de Variant tegengaan domino-effect. Er is wettelijk gezien geen verplichting in de referentiesituatie om dit domino-effect te beschouwen¹¹⁵. In de praktijk blijkt dat in verband met een goede ruimtelijke beoordeling het domino-effect wel beoordeeld wordt, zoals ook aangegeven is in de Handreiking Risicozonering Windturbines. Er is daardoor weinig verschil te verwachten met de referentiesituatie in het toepassen van meervoudig ruimtegebruik. Het opnemen van de Variant tegengaan domino-effect zal geen tot weinig invloed hebben op meervoudig ruimtegebruik, dus is deze neutraal beoordeeld (0). Wel kan er sprake zijn van wederkerigheid (zie paragraaf 10.2.1.1).

Concluderend leidt dit voor meervoudig ruimtegebruik tot een neutrale tot licht negatieve beoordeling (0 tot -) voor de Variant standaardwaarde $PR 10^{-6}$ beperkt kwetsbare objecten en tot een neutrale beoordeling (0) voor de Variant tegengaan domino-effect.

10.2.3 Energieopbrengst

Voor het beoordelen van de energieopbrengst is gekeken naar het plaatsingspotentieel en de toe- of afname in plaatsingspotentieel voor de verschillende externe veiligheidsvarianten ten opzichte van de referentiesituatie. Voor het beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 10-1 toegelicht.

¹¹⁵ De toetsing van de toelaatbaarheid van nieuwe windturbines in de buurt van een bestaande risicovolle inrichting is in het Bevi niet geregeld. Een goede ruimtelijke ordening (Wro) houdt wel in dat met risicoverhoging rekening wordt gehouden. Hiervoor wordt aangesloten bij de aanpak zoals bij buisleidingen. Ook de gevolgen voor het GR van de inrichting kan worden betrokken in de beoordeling

Plaatsingspotentieel

De invloed op het plaatsingspotentieel verschilt sterk aan de hand van de omgeving waarin windturbines zich bevinden. Bij de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten zijn er geen directe effecten te verwachten op mogelijkheden in een landelijke omgeving. In een landelijke omgeving worden de afstanden die worden aangehouden tot aan geluidgevoelige objecten om te kunnen voldoen aan de geluidnormen meer maatgevend dan die benodigd zijn voor een risico van PR 10^{-6} (zie ook paragraaf 7.2.3). In enkele gevallen kan de aanwezigheid van bedrijfsgebouwen die niet geluidgevoelig zijn (schuren / opslaglocaties of overige gebouwen) zorgen voor een enkele overschrijding van de standaardwaarde. In deze gevallen kunnen er bewuste afwegingen worden gemaakt door het bevoegd gezag voor de enkele betrokken gebouwen om af te wijken van de standaardwaarde.

In een bebouwde omgeving zoals een bedrijven-, industrie- of haventerrein is de situatie echter anders. Bij de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten zijn er twee situaties mogelijk:

1. Als er niet tot weinig wordt afgeweken van de standaardwaarde zal er geen tot weinig realisatie van windturbines meer mogelijk zijn op bedrijventerreinen. Dit zou leiden tot een potentieel maximaal verlies van 15% aan plaatsingspotentieel voor windenergie, indien de verhouding tussen windturbines in landelijk gebied en bebouwd gebied in de toekomst gelijk zou zijn aan de huidige situatie (2022). Enkel door rekening te houden met realisatie van windturbines binnen de eigen inrichtingsgrenzen van een betrokken bedrijf zal een enkele plaatsing van een windturbine mogelijk zijn.
2. Als het bevoegd gezag onderbouwd afwijkt van de standaardwaarde kan plaatsing van windturbines mogelijk zijn in een bebouwde omgeving met beperkt kwetsbare objecten. De Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten impliceert het omzetten van de PR 10^{-5} als grenswaarde naar een standaardwaarde. Dit geeft ruimte voor de plaatsing van windturbines nabij beperkt kwetsbare objecten waar weinig tot geen mensen in aanwezig zijn. Hierbij wordt plaatsing na een bewuste afweging van het veiligheidsrisico mogelijk. Dit geeft mogelijk plaatsingspotentieel bij bijvoorbeeld loodsen of andere gebouwen met weinig menselijke aanwezigheid.

Afhankelijk van de situatie kan het effect dus ingeschat worden op een aantasting van het plaatsingspotentieel van neutraal naar licht negatief (0 tot -).

Bij de Variant tegengaan domino-effect wordt de aanwezigheid van kwetsbare objecten binnen eventuele vergrote risicocontouren als gevolg van domino-effecten beperkt. Momenteel vindt deze afweging reeds plaats in het kader van de ruimtelijke ordening. Er zijn weinig gevallen bekend waar de komst van een windturbine heeft geleid tot een hoger risico voor een kwetsbaar object. Het opnemen van deze normstelling leidt daarmee naar verwachting niet tot minder plaatsingsruimte voor windturbines in vergelijking met de referentiesituatie. Wel kan deze variant leiden tot een beperking van de uitbreidingsmogelijkheden voor risicovolle bedrijven en buisleidingen (wederkerigheid, zie paragraaf 10.2.1.1). Dat heeft echter geen effect op het plaatsingspotentieel. Daarom wordt een neutrale beoordeling (0) gegeven.

Concluderend leidt dit voor plaatsingspotentieel tot een neutrale tot licht negatieve beoordeling (0 tot -) voor de Variant standaardwaarde PR 10^{-6} beperkt kwetsbare objecten en tot een neutrale beoordeling (0) voor de Variant tegengaan domino-effect.

10.2.4 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Net als bij het alternatief ongewijzigde regels, geldt ook voor de varianten externe veiligheid dat er voor een aantal criteria sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is uiteengezet in paragraaf 8.2.4. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

10.3 Mitigerende maatregelen

Voor het thema externe veiligheid worden negatieve effecten verwacht voor de beoordelingscriteria Meervoudig ruimtegebruik en Plaatsingspotentieel windturbines. Er zijn geen mitigerende maatregelen beschikbaar om dit aan te passen. Wel is te overwegen om in de windturbinebepalingen goed te beschrijven hoe moet worden omgegaan met de standaardwaarde en eventuele afwijkingmogelijkheden.

10.4 Leemten in kennis

Voor de beoordelingscriteria Externe veiligheid kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten bestaan nog leemten in kennis. De leemten in kennis worden in Tabel 10-2 toegelicht. In paragraaf 15.1 wordt ingegaan op de consequenties voor de besluitvorming over de windturbinebepalingen.

Tabel 10-2 Beschrijving leemte in kennis per beoordelingscriterium

Thema's	Beoordelingscriterium	Beschrijving leemte in kennis
Externe veiligheid	Beperkt kwetsbare objecten	<p>Als gevolg van het groter worden van de windturbines worden de effecten op de omgeving verdeeld over een grotere zone. Een andere ontwikkeling is dat windturbines veiliger worden. Dit tezamen zorgt enerzijds voor een vergroting van de totale zone waarbinnen een effect kan optreden maar anderzijds voor een afname van het optredende risico per vierkante meter binnen deze zone. De toekomstige gevolgen van dit gecombineerde effect als gevolg van grotere windturbines is een nog onbekende factor.</p> <p>Om deze leemte in kennis te verkleinen kan een analyse uitgevoerd worden naar de verschillen tussen effectafstanden en risicobenadering bij moderne windturbines van een groter wordend formaat. Dit maakt inzichtelijk om welke afstanden het gaat bij het gros van de windturbines en hoe de formaat wijziging van windturbines kan leiden tot andere risicoprofielen. Hiermee wordt meer kennis vergaard over de risico's die in de toekomst zullen optreden en kan een betere afweging worden gemaakt tussen de belangen.</p> <p>Omdat risico's per nieuw(e) windturbine/windpark inzichtelijk worden gemaakt staat deze leemte in kennis een besluit over de windturbinebepalingen niet in de weg.</p>
	Kwetsbare objecten	
Externe veiligheid	Beperkt kwetsbare objecten	<p>Onzekerheid over de toepasbaarheid van de huidige faalfrequenties van windturbines en onzekerheden over de toe te passen faalscenario's behorende bij de faalfrequenties.</p> <p>Om deze leemte in kennis te verkleinen kan een analyse uitgevoerd worden van de faalscenario's van windturbines en verdere uitwerking van de nieuwe faalfrequenties (mei 2022) in de Handleiding Risicobeoordeling Windturbines.</p> <p>Uit het uitgevoerde onderzoek in mei 2022 blijkt dat de risico's kleiner zijn bij moderne windturbines. Naar verwachting zal een analyse van de faalscenario's enkel zorgen voor het verschuiven van de risico's binnen de aangegeven conservatief ingestelde maximale grenzen. Deze leemte in kennis staat een besluit over de windturbinebepalingen niet in de weg.</p> <p>Het RIVM heeft overigens aangegeven dat in 2023 nieuw onderzoek wordt uitgevoerd naar evaluatie van rekenmethodieken voor de beoordeling van faalscenario's die beschikbaar zijn in de huidige literatuur. Dit onderzoek is nog niet gestart maar kan invloed gaan hebben op de faalscenario's die gehanteerd worden in de Handleiding Risicobeoordeling Windturbines.</p>
	Kwetsbare objecten	

11 Beoordeling varianten slagschaduw

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de varianten voor het thema slagschaduw beoordeeld voor de in paragraaf 5.11 aangegeven beoordelingscriteria. De varianten die beoordeeld worden zijn:

- 0 uur slagschaduw per jaar per slagschaduwgevoelige object;
- 6 uur slagschaduw per jaar per slagschaduwgevoelige object;
- 16 uur slagschaduw per jaar per slagschaduwgevoelige object.

De varianten worden beoordeeld per beoordelingscriterium volgens een in hoofdstuk 6 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 11.2 wordt de effectbeoordeling van de varianten toegelicht. Vervolgens worden mitigerende maatregelen toegelicht in paragraaf 11.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 11.4. Na de effectbeoordeling zijn in paragraaf 11.5 enkele aandachtspunten voor slagschaduw opgenomen.

Slagschaduwgevoelige objecten

Voor *slagschaduwgevoelige objecten* wordt aangesloten bij de definitie van geluidgevoelige objecten. Dit zijn gebouwen en terreinen waaraan de regels van de Wet geluidhinder bijzondere bescherming bieden door middel van normstelling met betrekking tot de aanvaardbare geluidbelasting. De wet maakt onderscheid tussen woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Gebouwen en terreinen die onder de sfeer van de inrichting (in dit geval het windpark of de windturbine) vallen, worden niet als geluidgevoelig beschouwd.¹¹⁶

11.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf worden de varianten slagschaduw beoordeeld voor de relevante thema's en beoordelingscriteria. Tabel 11-1 bevat een overzicht van het resultaat. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

Tabel 11-1 Beoordeling slagschaduw*

Thema's	Beoordelingscriterium	Variant 0 uur per jaar	Variant 6 uur per jaar	Variant 16 uur per jaar
Zicht- en lichthinder	Hinder door slagschaduw	+++	0	---
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	0	0	0
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	-	0	+

* In de referentiesituatie is voor de grenswaarde sprake van een bandbreedte van 0 tot 6 uur slagschaduw per jaar. Er is voor gekozen om de effecten te beoordelen ten opzichte van de bovenkant van deze bandbreedte, dus ten opzichte van een slagschaduwduur van 6 uur per jaar.

11.2.1 Zicht- en lichthinder

Voor het thema zicht- en lichthinder zijn de beoordelingscriteria Hinder door slagschaduw, Meervoudig ruimtegebruik en Plaatsingspotentieel beoordeeld. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 11-1 toegelicht.

Hinder door slagschaduw

Door de Delfzijl Zuid-uitspraak is er geen eenduidige referentiesituatie voor slagschaduw. Er worden door gemeenten en provincies nu verschillende normeringen voor slagschaduw gehanteerd, variërend van 0 uur per jaar tot 6 uur per jaar. Met 0 uur per jaar wordt overigens bedoeld dat de slagschaduw voor zover als mogelijk wordt gereduceerd door de verantwoordelijke windturbine(s) telkens stil te zetten op de momenten dat deze tot slagschaduw op een of meerdere gevoelige objecten leiden. Door de noodzakelijke schakeltijd treedt er in de praktijk wel telkens kortstondig slagschaduw op. In werkelijkheid zal de slagschaduwduur dus niet 0 uur per jaar zijn, maar iets hoger. Er is voor gekozen om de effecten te beoordelen ten opzichte van de bovenkant van voornoemde bandbreedte, dus ten opzichte van een slagschaduwduur van 6 uur per jaar.

¹¹⁶ Voor meer informatie over de definitie van geluidgevoelige objecten, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/wet-geluidhinder/wgh-geluidsgoelinge/>

De grenswaardevariant van 0 uur per jaar leidt tot minder dan 1 uur slagschaduw per jaar en is om deze reden als zeer positief (+++) beoordeeld. De grenswaardevariant van 6 uur per jaar is gelijk aan de bovenkant van de bandbreedte van de referentiesituatie en is om deze reden als neutraal (0) beoordeeld. Op basis van de onderzoeken van Pohl et al. worden deze grenswaarden ook aanvaardbaar geacht voor het voorkomen en beperken van ernstige hinder.

De grenswaardevariant van 16 uur per jaar is zeer negatief (- -) beoordeeld. De slagschaduwduur voor deze variant is duidelijk hoger dan hetgeen op basis van voornoemde onderzoeken van Pohl et al. aanvaardbaar geacht wordt voor het beperken van ernstige hinder.

11.2.2 Ruimtegebruik

Voor het ruimtegebruik is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld. Voor dit beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 11-1 toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

De toepassing van slagschaduw-normering is in principe niet maatgevend voor de mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik, omdat dit kan worden opgelost door een stilstandsvoorziening. Concluderend leidt dit tot een beoordeling voor alle slagschaduwvarianten van een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

11.2.3 Energieopbrengst

Gevolgen grenswaardevarianten slagschaduw voor energieopbrengst.

Slagschaduwhinder wordt gelimiteerd door een windturbine stil te zetten op de momenten dat deze te veel slagschaduw kan veroorzaken. Het invoeren van een nieuwe regelgeving voor slagschaduw kan derhalve gevolgen hebben voor de energieopbrengst. De effectbeoordeling voor de invloed van de grenswaardevarianten voor slagschaduw op de energieopbrengst is in Tabel 11-1 samengevat en onder de tabel toegelicht.

Op basis van recente, openbare MER- en slagschaduwstudies voor tien windparken is nagegaan wat het productieverlies is bij een bepaalde grenswaarde. Dit is samengevat in Tabel 11-2. De tabel laat zien dat voor een grenswaarde van 6 uur per jaar voor de referentiesituatie de productieverliezen variëren van 0,2% tot 2,2%¹¹⁷. Dit hangt met name af van de afmetingen van de windturbines, het aantal gevoelige objecten in de omgeving van de windturbines en de afstand en oriëntatie ten opzichte van de windturbines. Voor de grenswaardevariant van 0 uur per jaar is het productieverlies 0,1 tot 0,6% hoger dan in de referentiesituatie. Om deze reden is deze variant licht negatief (-) beoordeeld. De grenswaardevariant van 6 uur per jaar is gelijk aan de bovenkant van de bandbreedte van de referentiesituatie en is om deze reden als neutraal (0) beoordeeld. Bij een grenswaarde van 16 uur per jaar laat onderstaande tabel een 0,1% tot 0,3% lager productieverlies zien dan de referentiesituatie. Om deze reden is de grenswaardevariant van 16 uur per jaar als licht positief (+) beoordeeld.

Tabel 11-2 Productieverliezen ten gevolge van stilstandsvoorzieningen voor slagschaduw

Project	Productieverlies ten gevolge van stilstand om aan grenswaarde voor slagschaduw te voldoen			
	Grenswaarde 0 uur per jaar	Grenswaarde 5:40 uur per jaar	Grenswaarde 6 uur per jaar	Grenswaarde 16 uur per jaar
Windenergie A16 (Bosch & van Rijn, 2018)	Niet onderzocht	0,5-1,1%	Niet onderzocht	Niet onderzocht
Windenergie Lorentz Harderwijk (Royal HaskoningDHV, 2019)	Niet onderzocht	Niet onderzocht	0,4%	Niet onderzocht
Windpark Caprice, gemeente Lingewaard (Kerkvliet, 2019)	Niet onderzocht	0,5-2,2%	Niet onderzocht	Niet onderzocht
Windpark Oude Mol, Strijensas (Kerkvliet, 2019)	Niet onderzocht	0,3-0,5%	Niet onderzocht	Niet onderzocht
Windpark De Pals, gemeente Bladel (Kerkvliet, 2019)	Niet onderzocht	0,1%	Niet onderzocht	Niet onderzocht

¹¹⁷ Dit is inclusief het productieverlies bij een grenswaarde van 5 uur en 40 minuten per jaar, afgerond 6 uur per jaar.

Project	Productieverlies ten gevolge van stilstand om aan grenswaarde voor slagschaduw te voldoen			
Windparken Willem Annapolder en Landmanslust, gemeente Kapelle (Pondera, 2020)	Niet onderzocht	Niet onderzocht	0,4-0,9%	Niet onderzocht
Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (Pondera, 2021)	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%
Windpark Beuningen (Schreurs, 2021) m.b.t. woningen	1,0-1,3%	0,5-0,7%	Niet onderzocht	Niet onderzocht
Windpark ZE-BRA (Pondera, 2021)	Niet onderzocht	Niet onderzocht	Max. 0,9%	Niet onderzocht
Windpark IJsselwind, gemeente Zutphen (Pondera Consult, 2022)	1,5%	1,4%	1,4%	1,1%

11.2.4 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Net als bij het alternatief ongewijzigde regels, geldt ook voor de slagschaduwvarianten dat er voor een aantal criteria sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is uiteengezet in paragraaf 8.2.4. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

11.3 Mitigerende maatregelen

Voor het thema slagschaduw worden zeer negatieve effecten verwacht voor het beoordelingscriterium hinder door slagschaduw voor de variant die uitgaat van maximaal 16 uur slagschaduw per jaar. Er zijn geen mitigerende maatregelen, anders dan minder uren slagschaduw per jaar te accepteren. Dit is al vormgegeven door andere slagschaduwvarianten.

11.4 Leemten in kennis

Voor het beoordelingscriterium hinder door slagschaduw bestaan geen leemten in kennis die de huidige besluitvorming over de windturbinebepalingen beïnvloeden.

11.5 Aandachtspunten voor slagschaduw

Behalve de beoordeelde normen voor slagschaduw zijn voor de uitvoering ook duidelijke definities en regels voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw van belang. In deze paragraaf wordt op deze aandachtspunten ingegaan.

Definitie slagschaduw

Een eenduidige definitie van slagschaduw verbetert de toepassing van de norm en de handhaafbaarheid. Een mogelijke definitie is 'schaduw die afkomstig is van een bewegende rotor van een windturbine als de ingestraalde energie van de zon hoger is dan 120 W/m² op een vlak loodrecht op de invalrichting van de zon' zoals opgenomen in de Vlaamse regeling voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw (Vlaamse overheid VLAREM II, n.d.). Deze definitie sluit aan bij de omschrijving voor slagschaduw in de Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), 2020). Het is een logische definitie omdat hiermee aansluiting is gezocht bij de definitie voor zonnenschijnduur van de World Meteorological Organization (WMO), te weten de som van de tijd dat de directe zonnestraling meer dan 120 W/m² bedraagt. Er wordt dus alleen van slagschaduw gesproken als de directe zonnestraling zodanig is dat er ook van zonnenschijn wordt gesproken.

Beoordelingsperiode slagschaduwduur

De grenswaarde voor slagschaduw betreft de werkelijke slagschaduwduur per (kalender)jaar. Met de automatische stilstandsvoorziening kan hier in de exploitatiefase actief op worden gestuurd. Voor onderzoeken in de prognosefase wordt uitgegaan van de gemiddelde slagschaduwduur. Deze onderzoeken zijn vooral bedoeld om de omgeving te informeren over de te verwachten effecten, om te bepalen welke windturbines moeten worden voorzien van een automatische stilstandsvoorziening en om een prognose te maken van het productieverlies door de stilstandsvoorziening. Het is in overweging te nemen om in de nieuwe regeling voor te schrijven over welke periode de

gemiddelde slagschaduw in de prognosefase moet worden beoordeeld. Dit kan namelijk het resultaat beïnvloeden en tot discussies leiden. Het lijkt logisch om hiervoor een meerjarige periode te hanteren van bijvoorbeeld 5 of 10 jaar.

Gevoelige objecten

In de Activiteitenregeling die tot de Delfzijl Zuid-uitspraak op windparken van toepassing was, is de norm voor slagschaduw alleen van toepassing op gevoelige objecten. Gevoelige objecten zijn in artikel 1.1 van het Activiteitenbesluit gedefinieerd als gevoelige gebouwen en gevoelige terreinen. Deze zijn in dit artikel gedefinieerd als:

- Gevoelige gebouwen: woningen en gebouwen die op grond van artikel 1 van de Wet geluidhinder worden aangemerkt als andere geluidgevoelige gebouwen, met uitzondering van die gebouwen behorende bij de betreffende inrichting;
- Gevoelige terreinen: terreinen die op grond van artikel 1 van de Wet geluidhinder worden aangemerkt als geluidgevoelige terreinen, met uitzondering van die terreinen behorende bij de betreffende inrichting.

Het bovenstaande betekent dat gevoelige objecten voor slagschaduw gelijk zijn aan de gevoelige objecten voor geluid. Dit omvat woningen, onderwijsgebouwen, ziekenhuizen, verpleeghuizen, verzorgingstehuizen, psychiatrische inrichtingen, kinderdagverblijven, woonwagendplaatsen en bestemde ligplaatsen voor woonschepen. In de praktijk kan er ook in andere dan de formeel gevoelige objecten hinder door slagschaduw optreden. Hierbij kan worden gedacht aan kantoren, recreatiewoningen, horecagelegenheden, hotels, penitentiaire inrichtingen en dergelijke. In het kader van een goede ruimtelijke ordening dient ook voor formeel niet-gevoelige objecten te worden beoordeeld of er sprake is van een aanvaardbare mate van hinder door slagschaduw. Dit is door de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State meerdere malen getoetst (ABRvS: 201809023/1/R1, 2019) (ABRvS: 201909109/2/R2, 2022).

In buurland Duitsland worden kantoren, laboratoria, werkplaatsen, trainingsruimten en vergelijkbare werkplekken ook als slagschaduwgevoelig aangemerkt (Länderausschuss für Immissionsschutz, 2002). In het Vlaamse gewest van België is een slagschaduwgevoelig object gedefinieerd als een binnenruimte waar slagschaduw van windturbines hinder kan veroorzaken. In het Waalse gewest is een slagschaduwgevoelige zone gedefinieerd als een binnenruimte van een toegestaan gebouw waarin personen gewoonlijk verblijven of een regelmatige activiteit uitoefenen die hinder van slagschaduw kunnen ondervinden (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022). In andere landen is de definitie van slagschaduwgevoelige objecten soms vergelijkbaar, soms enger en soms breder dan in de oude Nederlandse regeling. In Duitsland en het Waalse gewest van België wordt voor de genoemde gevoelige objecten dezelfde grenswaarde gehanteerd als voor woningen. Dit geldt ook voor het Vlaamse gewest van België, met uitzondering van slagschaduwgevoelige objecten anders dan woningen in een industriegebied. Hiervoor wordt een ruimere grenswaarde van 30 uur per jaar en 30 minuten per dag gehanteerd¹¹⁸.

In Nederland is in jurisprudentie een slagschaduwduur van 50 tot 100 uur per jaar op kantoorruimten en van 136 uur per jaar op een bedrijfsgebouw met gebruiksdoel lichte industrie niet onaanvaardbaar geacht (ABRvS: 201809023/1/R1, 2019) (ABRvS: 201909109/2/R2, 2022). Hierbij is opgemerkt dat er wezenlijke verschillen bestaan tussen bedrijfsbebouwing met een ondergeschikte kantoorfunctie en woningen, zowel wat betreft de aard van het gebruik als de bouwkundige eisen (bijvoorbeeld in verband met daglichttoetreding). Ook is de verblijfstijd in kantoren en bedrijfsgebouwen beperkter dan in woningen.

Het kan overwogen worden om voor slagschaduwgevoelige objecten een bredere definitie te hanteren dan voor geluidgevoelige objecten. Hier zouden dan ook grenswaarden aan kunnen worden gesteld. Het lijkt redelijk om hiervoor ruimere grenswaarden te hanteren dan voor woningen, ziekenhuizen en dergelijke. Uit voornoemde jurisprudentie blijkt dat voor andere typen objecten (veel) hogere slagschaduwduren dan voor woningen aanvaardbaar worden geacht. Buiten de gebruiksuren van een gebouw kan slagschaduw niet tot hinder leiden. Er zou kunnen worden gekozen voor een basisbescherming die alle betrokken partijen vooraf duidelijkheid biedt, maar daarnaast ruimte te bieden voor lokaal maatwerk. De hinder die daadwerkelijk optreedt is mede afhankelijk van het precieze gebruik van het object.

Definitie maximale invloedsafstand slagschaduw

In de Activiteitenregeling die tot de Delfzijl Zuid-uitspraak op windparken van toepassing was, is opgenomen dat de slagschaduw wordt beschouwd tot op een afstand van 12 keer de rotordiameter. De afstand geldt van een punt op

¹¹⁸ In het Vlaamse ontwerp besluit voor nieuwe sectorale voorwaarden voor windturbines wordt vastgehouden aan de bestaande slagschaduwnormen (zie <https://omgeving.vlaanderen.be/inspraak-sectorale-voorwaarden-windturbines>)

ashoogte van de windturbine tot de gevel van het gevoelige object. De achterliggende reden van de begrenzing van de maximale invloedsafstand van de slagschaduw is dat op grote afstand van windturbines de wisselingen in lichtintensiteit dermate gering zijn dat deze niet als hinderlijk worden beschouwd. Voor de keuze van de precieze afstand van 12 maal de rotordiameter is geen onderbouwing bekend.

Uit onderzoek blijkt dat elders in de wereld verschillende maximale invloedsafstanden worden gehanteerd variërend van 500 meter tot 2,5 kilometer, 10 maal de rotordiameter, 265 maal de lengte van de maximale dwarsdoorsnede van het rotorblad en de afstand tot waarop minimaal 20% van het zonnevlak door het rotorblad wordt afgeschermd (Koppen, Gunuru, & Chester, 2017). Van deze maximale invloedsafstanden zijn alleen de laatste twee definities gerelateerd aan de breedte van het rotorblad en gaat alleen laatstgenoemde definitie in op het percentage van de zon dat afgeschermd wordt. Deze definitie komt uit de Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), 2020). Deze definitie heeft dus een fysische basis, maar er ligt aan de keuze van 20% geen wetenschappelijk onderzoek ten grondslag. Ritter geeft aan dat de expertgroep die bij ontwikkeling van de Duitse richtlijn betrokken was is overeengekomen dat er een relevante invloed van slagschaduw is als meer dan 20% van het zonnevlak door de gemiddelde breedte van het rotorblad wordt afgeschermd (Ritter, 2017). Hierbij is rekening mee gehouden dat het menselijk oog helderheidsverschillen van meer dan 2,5% waarneemt. Uit praktijkervaringen blijkt dat de maximale invloedsafstand gebaseerd op minimaal 20% afscherming van het zonnevlak in bepaalde gevallen nagenoeg overeenkomt met een afstand van 12 maal de rotordiameter, maar in specifieke gevallen kan de afstand ook beduidend groter of kleiner zijn.

Het is te overwegen om in de nieuwe regeling opnieuw een maximale invloedsafstand op te nemen. Een mogelijke optie is aansluiting te zoeken bij de Duitse richtlijn voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw. Een andere optie is om vast te houden aan een maximale invloedsafstand van 12 maal de rotordiameter. In de beroepspraktijk en uit de vergelijking met regelgeving in het buitenland is namelijk niet gebleken dat deze afstand te kort is. Het voordeel van een aan de rotordiameter gerelateerde maximale afstand is dat dit een heel helder uitgangspunt is waar geen specifieke informatie over de bladbreedte en ingewikkelde berekeningen voor nodig zijn.

Zonnestand

Bij zonsopkomst en -ondergang, als de zon laag aan de horizon staat, is het licht vrij diffuus en minder sterk. Ook vindt bij een lage stand van de zon vaak afscherming plaats door aanwezige begroeiing en bebouwing. Om deze redenen wordt de slagschaduw bij een lage stand van de zon boven de horizon niet als hinderlijk beschouwd en in slagschaduwonderzoeken met een minimale stand van de zon boven de horizon gerekend. In de referentiesituatie wordt hiervoor echter geen eenduidig uitgangspunt gehanteerd. Voor bepaalde windparken wordt uitgegaan van een minimale stand van de zon van 3 graden boven de horizon en voor andere windparken wordt een minimale zonnestand van 5 graden boven de horizon gehanteerd. De waarde van 3 graden is gebaseerd op de Duitse richtlijn voor bepaling en beoordeling van slagschaduw en is in jurisprudentie geaccepteerd (ABRvS: 201707417/1/R6, 2018). De oorsprong van de ruimere waarde van een minimale zonnestand van 5 graden boven de horizon is niet duidelijk, maar ook dit uitgangspunt is door de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (ABRvS) geaccepteerd (ABRvS: 201608423/1/R6, 2018) (ABRvS: 201706637/1/R6, 2018). Voor de Beleidsregel slagschaduw Oosterwold (Gemeente Almere, 2022) is door middel van berekeningen nagegaan bij welke zonnestand boven de horizon onder onbewolkte omstandigheden de ingestraalde energie op een vlak loodrecht op de invalrichting van de zon de waarde van 120 W/m² bereikt. Dit is de waarde waarbij sprake is van zonneshijn. Voor de betreffende locatie in Almere varieert deze zonnestand van 3,4 graden in januari tot 5,4 graden in juli. Jaargemiddeld bedraagt deze 4,4 graden. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele afscherming door mogelijk aanwezige begroeiing en bebouwing. Het is niet onderzocht hoe zich dit verhoudt tot de rest van Nederland, maar het lijkt aannemelijk dat de voor slagschaduw relevante minimale zonnestand tussen de 3 en 5 graden bedraagt. Een minimale zonnestand van 3 graden lijkt een conservatieve benadering.

Het is te overwegen om in de nieuwe regeling voor te schrijven met welke minimale zonnestand in een slagschaduwonderzoek rekening moet worden gehouden. Hierbij kan worden overwogen een conservatief uitgangspunt te hanteren dan wel nader onderzoek te verrichten naar de meest toepasselijke waarde.

12 Beoordeling varianten afstandsnormen

12.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de varianten voor het thema afstandsnormen beoordeeld voor de in paragraaf 5.11 aangegeven beoordelingscriteria. Voor het bepalen van de absolute afstand ten opzichte van geluidgevoelige objecten worden de twee referentieturbines gebruikt met een tiphoogte van 235 meter en 280 meter. De varianten die beoordeeld worden zijn:

- 2 keer de tiphoogte (470 meter tot 560 meter);
- 3 keer de tiphoogte (705 meter tot 840 meter);
- 4 keer de tiphoogte (940 meter tot 1120 meter).

De varianten worden beoordeeld per beoordelingscriterium volgens een in hoofdstuk 6 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 12.2 wordt de effectbeoordeling van de varianten toegelicht. Vervolgens worden mitigerende maatregelen toegelicht in paragraaf 12.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 12.4.

Afstand tot objecten

Bij de beoordeling van afstand tot objecten is aangesloten bij de definitie van geluidgevoelige objecten. Deze zijn gebouwen en terreinen waaraan de regels van de Wet geluidhinder bijzondere bescherming bieden door normstelling voor aanvaardbare geluidbelasting. De wet onderscheidt woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Gebouwen en terreinen die onder de sfeer van de inrichting (in dit geval het windpark of de windturbine) vallen, worden niet als geluidgevoelig beschouwd.¹¹⁹ Bij de beoordeling van externe veiligheid is een uitzondering gemaakt op deze definitie. Dit is toegelicht in paragraaf 12.2.3.

12.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf worden de varianten voor het thema afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten beoordeeld per thema. Tabel 12-1 bevat een overzicht van het resultaat. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

Tabel 12-1 Beoordeling thema afstandsnormen

Thema	Beoordelingscriterium	2 keer de tiphoogte	3 keer de tiphoogte	4 keer de tiphoogte
Gezondheid	Geluidhinder	- - - tot +	- tot + + +	+ + tot + + +
Zicht- en lichthinder	Zichthinder veroorzaakt door obstakels	Niet beoordeelbaar (zie paragraaf 6.3.2.1)	Niet beoordeelbaar (idem)	Niet beoordeelbaar (idem)
	Hinder door slagschaduw	- - -	- - -	- - -
Externe veiligheid	Risico's voor kwetsbare objecten	+ +	+ +	+ +
	Risico's voor beperkt kwetsbare objecten	+ + +	+ + +	+ + +
Landschap & Cultuurhistorie	Unesco werelderfgoed	+	-	- - -
	Waardevolle landschappen	+	-	- - -
Natuur	Natura 2000	0	-	-
	NNN-gebieden	0	-	-
	Vogels	0	-	-
	Vleermuizen	0	0	0
Ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	0	- -	- - -

¹¹⁹ Voor meer informatie over de definitie van geluidgevoelige objecten, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/wet-geluidhinder/wgh-geluidsgeluidgevoelige/>

Thema	Beoordelingscriterium	2 keer de tiphoogte	3 keer de tiphoogte	4 keer de tiphoogte
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	0	---	---

12.2.1 Gezondheid

Geluidhinder

Voor het thema gezondheid is het beoordelingscriterium geluidhinder beoordeeld. Hierbij is gekeken naar het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting gelijk aan de beschouwde afstandsnormen – feitelijk de statistische kans op ernstige hinder - en de toe- of afname van de kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting representatief voor de beschouwde afstandsnormen ten opzichte van de referentiesituatie.

Uit het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat er op een bepaalde afstand van een windpark een grote spreiding in het beschermingsniveau optreedt. Dat betekent dat een afstandsnorm niet alle omwonenden dezelfde bescherming biedt. De statistische kans op ernstige geluidhinder neemt als functie van de afstand tot een windpark weliswaar af, maar de spreiding is enorm. Vooral omdat geluidbelasting afhangt van meer factoren dan alleen afstand, zoals de layout van het windpark, het type windturbine, de ashoogte, het windklimaat, de omgeving en het geluidsspectrum. Om toch iets van een onderscheid te kunnen geven, is het percentage ernstig gehinderden bepaald door de geluidbelasting bij een afstand van 2 keer, 3 keer of 4 keer de tiphoogte te beschouwen voor de twee referentieturbines én voor kleine en grote windparken¹²⁰. Vervolgens is analoog aan paragraaf 9.2 een statistische kans op ernstige hinder toegekend aan de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten. Voor solitaire windturbines zal de geluidbelasting en dus ook de statische kans op ernstige hinder wat lager zijn dan voor kleine windparken.

Bij een grenswaarde van 2 keer tiphoogte neemt de kans op ernstige hinder voor kleine windparken in het algemeen iets af tot sterk toe (circa -10 tot +30%) en voor grote windparken sterk tot zeer sterk toe (circa +40 tot +130%). Bij een grenswaarde van 3 keer tiphoogte neemt de kans op ernstige hinder sterk tot zeer sterk af voor kleine windparken (circa -35 tot -70%) en licht af tot licht toe voor grote windparken (circa -20 tot +20%). Bij een grenswaarde van 4 keer tiphoogte neemt de kans op ernstige hinder zeer sterk af voor kleine windparken (circa -70 tot -90%) en sterk af voor grote windparken (circa -30 tot -60%).

In Bijlage 5 is de geluidbelasting op een afstand van 2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoogte bepaald. Hierbij zijn zowel de onder- en bovengrens van de geluidbelasting in beeld gebracht als een representatieve geluidbelasting voor kleine en grote windparken. Dit is samengevat in Tabel 12-2. De geluidbelasting per afstandsnormvariant wordt niet beoordeeld, maar is ter informatie weergegeven. De representatieve geluidbelasting per afstandsnormvariant dient als uitgangspunt voor het bepalen van het percentage ernstig gehinderden.

Tabel 12-2 Geluidbelasting bij een afstandsnorm van 2 keer tiphoogte, 3 keer tiphoogte en 4 keer tiphoogte (afgeleid uit Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022)).

Referentieturbine	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm [m]	Onder- en bovengrens geluidbelasting L_{den} [dB]	Representatieve geluidbelasting kleine windparken *	Representatieve geluidbelasting grote windparken**
Referentiesituatie 47 dB L_{den}	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	47	47
Turbine met tiphoogte van 235 m	2 keer tiphoogte	470	39 – 54	48	51
	3 keer tiphoogte	705	36 – 51	44	48
	4 keer tiphoogte	940	32 – 48	41	45
Turbine met tiphoogte van 280 m	2 keer tiphoogte	560	38 – 52	47	50
	3 keer tiphoogte	840	34 – 49	42	46
	4 keer tiphoogte	1.120	30 – 46	38	43

* Gebaseerd op de helft van de maximale afstand.

¹²⁰ In het Onderzoek afstandsnormen windturbines is hiervoor uitgegaan van een windpark met respectievelijk drie en tien windturbines.

Referentieturbine	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm [m]	Onder- en bovengrens geluidsbelasting L_{den} [dB]	Representatieve geluidbelasting kleine windparken *	Representatieve geluidbelasting grote windparken**
** Gebaseerd op een gewogen gemiddelde afstand waarbij de maximale afstand tweemaal zo zwaar is meegewogen als de minimale afstand.					

Op basis van de geluidbelasting zoals weergegeven in Tabel 12-2 en de dosis-effectrelaties is voor de afstandsnormvarianten het percentage ernstig gehinderden bepaald. Voor kleine windparken is dit vermeld in Tabel 12-3 en voor grote windparken in Tabel 12-4. De bandbreedte in het percentage ernstig gehinderden is tussen haakjes weergegeven en wordt bepaald door de bandbreedte in geluidbelasting die op de betreffende afstand kan optreden. Om deze reden is in Tabel 12-3 en Tabel 12-4 dezelfde bandbreedte vermeld. In de bandbreedte is nog geen rekening gehouden met de bandbreedte op basis van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de dosis-effectrelaties. Hierdoor is de feitelijke bandbreedte van het percentage ernstig gehinderden nog groter.

Tabel 12-3 Onder- en bovengrens percentage ernstig gehinderden en percentage ernstig gehinderden behorend bij geluidbelasting kleine windparken, bij een afstandsnorm 2 keer tiphoogte, 3 keer tiphoogte en 4 keer tiphoogte (afgeleid uit Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022))

Referentieturbine in een klein windpark	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm [m]	Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Referentiesituatie 47 dB L_{den}	n.v.t.	n.v.t.	8,1 %	19,0 %	14,4 %
Turbine met tiphoogte van 235 m	2 keer tiphoogte	470	10,5 % (1 – 26%)	22,9 % (4 – 50 %)	16,8 % (3 – 26 %)
	3 keer tiphoogte	705	4,4 % (0 – 16%)	11,3 % (1 – 33 %)	9,4 % (1 – 20 %)
	4 keer tiphoogte	940	1,7 % (0 – 10%)	5,2 % (0 – 22 %)	4,8 % (0 – 14 %)
Turbine met tiphoogte van 280 m	2 keer tiphoogte	560	7,6 % (1 – 22%)	17,6 % (3 – 43 %)	13,6 % (2 – 24 %)
	3 keer tiphoogte	840	2,6 % (0 – 13%)	7,3 % (1 – 26 %)	6,5 % (0 – 16 %)
	4 keer tiphoogte	1.120	0,8 % (0 – 7%)	2,8 % (0 – 16 %)	2,8 % (0 – 11 %)

* Gebaseerd op de dosis-effectrelaties zoals vastgesteld door Janssen et al. van TNO in 2008 en door Michaud et al. in 2016. De bandbreedte wordt bepaald door de bandbreedte in geluidbelasting die op de betreffende afstand kan optreden, waarbij rekening is gehouden met zowel kleine als grote windparken. In de bandbreedte is nog geen rekening gehouden met de bandbreedte op basis van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de dosis-effectrelaties. Hierdoor is de feitelijke bandbreedte van het percentage ernstig gehinderden nog groter.

Tabel 12-4 Onder- en bovengrens percentage ernstig gehinderden bij een afstandsnorm gehinderden en percentage ernstig gehinderden behorend bij geluidbelasting grote windparken 2 keer tiphoogte, 3 keer tiphoogte en 4 keer tiphoogte (afgeleid uit Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022))

Referentieturbine in een groot windpark	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm [m]	Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Referentiesituatie 47 dB L_{den}**	n.v.t.	n.v.t.	8,1 %	19,0 %	14,4 %
Turbine met tiphoogte van 235 m	2 keer tiphoogte	470	18,4 % (1 – 26%)	36,8 % (4 – 50 %)	24,1 % (3 – 26 %)
	3 keer tiphoogte	705	9,6 % (0 – 16%)	21,2 % (1 – 33 %)	15,8 % (1 – 20 %)
	4 keer tiphoogte	940	5,2 % (0 – 10%)	12,8 % (0 – 22 %)	10,4 % (0 – 14 %)
Turbine met tiphoogte van 280 m	2 keer tiphoogte	560	14,3 % (1 – 22%)	29,6 % (3 – 43 %)	20,5 % (2 – 24 %)
	3 keer tiphoogte	840	6,7 % (0 – 13%)	15,8 % (1 – 26 %)	12,4 % (0 – 16 %)
	4 keer tiphoogte	1.120	3,3 % (0 – 7%)	8,9 % (0 – 16 %)	7,7 % (0 – 11 %)

* Gebaseerd op de dosis-effectrelaties zoals vastgesteld door Janssen et al. van TNO in 2008 en door Michaud et al. in 2016. De bandbreedte wordt bepaald door de bandbreedte in geluidbelasting die op de betreffende afstand kan optreden, waarbij rekening is gehouden met zowel kleine als grote windparken. In de bandbreedte is nog geen rekening gehouden met de bandbreedte op basis van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de dosis-effectrelaties. Hierdoor is de feitelijke bandbreedte van het percentage ernstig gehinderden nog groter.

Op basis van Tabel 12-3 en Tabel 12-4 zijn de percentages toe- en afname in de statistische kans op ernstige hinder voor de afstandsnormvarianten bepaald ten opzichte van de kans op ernstige hinder bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den} in de referentiesituatie. De vastgestelde relatieve toe- en afnames zijn vermeld in Tabel 12-5 en Tabel 12-6. Hieruit blijkt dat de relatieve verandering sterk afhangt van de uitgangspunten voor de referentieturbine en de omvang van het windpark, nog afgezien van de bandbreedtes zoals gepresenteerd in Tabel 12-3 en Tabel 12-4. Bij een norm van 2 keer tiphoogte of 3 keer tiphoogte kan de statistische kans op ernstige hinder ten opzichte van de referentiesituatie zowel toe- als afnemen. Bij een norm van 4 keer tiphoogte neemt de statistische kans op ernstige hinder af.

Tabel 12-5 Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij de afstandsnormvarianten ten opzichte van de kans op ernstige hinder behorend bij geluidbelasting kleine windparken bij de referentiesituatie conform Janssen et al. van TNO en Michaud et al.

Referentieturbine in een klein windpark	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm en [m]	Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij de afstandsnormvarianten		
			Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Referentiesituatie 47 dB L_{den}	n.v.t.	n.v.t.	Referentie	Referentie	Referentie
Turbine met tiphoogte van 235 m	2 keer tiphoogte	470	30% toename	21% toename	17% toename
	3 keer tiphoogte	705	45% afname	41% afname	35% afname
	4 keer tiphoogte	940	79% afname	73% afname	66% afname
	2 keer tiphoogte	560	6% afname	7% afname	6% afname

Referentieturbine in een klein windpark	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm en [m]	Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij de afstandsnormvarianten		
			Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Turbine met tiphoogte van 280 m	3 keer tiphoogte	840	68% afname	62% afname	55% afname
	4 keer tiphoogte	1.120	90% afname	85% afname	81% afname

* Deze percentages zeggen niets over een toe- of afname in het totaal aantal ernstig gehinderden bij een grenswaarde, alleen iets over een toe- of afname in de statistische kans op ernstig gehinderden bij de specifieke geluidbelasting behorend bij de afstandsnormvariant ten opzichte van de kans bij de referentiesituatie geluidbelasting van 47 dB L_{den} .

Tabel 12-6 Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij de afstandsnormvarianten ten opzichte van de kans op ernstige hinder behorend bij geluidbelasting grote windparken bij de referentiesituatie conform Janssen et al. van TNO en Michaud et al.

Referentieturbine in een groot windpark	Afstandsnorm	Afstand behorend bij de afstandsnorm en [m]	Percentage af- of toename in de statistische kans op ernstige hinder bij de afstandsnormvarianten		
			Binnenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Janssen et al. van TNO*	Buitenshuis conform Michaud et al.*
Referentiesituatie 47 dB L_{den}	-n.v.t.	n.v.t.	Referentie	Referentie	Referentie
Turbine met tiphoogte van 235 m	2 keer tiphoogte	470	128% toename	94% toename	67% toename
	3 keer tiphoogte	705	18% toename	12% toename	10% toename
	4 keer tiphoogte	940	36% afname	33% afname	28% afname
Turbine met tiphoogte van 280 m	2 keer tiphoogte	560	76% toename	56% toename	42% toename
	3 keer tiphoogte	840	18% afname	17% afname	14% afname
	4 keer tiphoogte	1.120	59% afname	53% afname	46% afname

* Deze percentages zeggen niets over een toe- of afname in het totaal aantal ernstig gehinderden bij een grenswaarde, alleen iets over een toe- of afname in de statistische kans op ernstig gehinderden bij de specifieke geluidbelasting behorend bij de afstandsnormvariant ten opzichte van de kans bij de referentiesituatie geluidbelasting van 47 dB L_{den} .

Concluderend kan gesteld worden dat voor alle afstandsnormen er een bandbreedte is van geluideffect in de vorm van aantal ernstig geluidgehinderden. Deze bandbreedte leidt tot de volgende beoordelingen:

- Voor 2 keer tiphoogte: zeer negatief tot licht positief ten opzichte van de referentie (- - - tot +);
- Voor 3 keer tiphoogte: licht negatief tot zeer positief ten opzichte van de referentie (- tot +++);
- Voor 4 keer tiphoogte: positief tot zeer positief ten opzichte van de referentie (++ tot +++).

12.2.2 Zicht- en lichthinder

Voor het thema Zicht en Lichthinder zijn de beoordelingscriteria hinder door obstakels en slagschaduw beoordeeld. Per beoordelingscriteria is de evaluatie uit Tabel 12-1 toegelicht.

Zichthinder door obstakels

De mate van zichthinder door obstakels wordt bepaald door verschillende factoren die onderling samenhangen. Daarbij is al eerder (zie paragraaf 6.3.2) aangegeven dat verschillende aspecten een rol spelen bij de ervaren (zicht)hinder, maar dat er geen eenduidig beeld is van wanneer effecten nu juist groter of kleiner zijn. Daarvoor zijn de empirische onderzoeksuitkomsten te verschillend.

Hinder door slagschaduw

Uit het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat de slagschaduwduur als functie van de afstand tot een windpark afneemt, maar dat er door de vele factoren die een rol spelen een zeer

grote spreiding in de slagschaduwduur optreedt. Voor slagschaduw is de specifieke oriëntatie ten opzichte van het windpark een cruciale factor. De meeste slagschaduw treedt ten zuidwesten en ten zuidoosten van een windturbine op. Dit hangt samen met de lage stand van de zon bij zonsopgang en -ondergang. Direct ten zuiden van een windturbine treedt nooit slagschaduw op, omdat in Nederland de zon nooit op het noorden staat.

Voor de grootste referentieturbine zoals beschreven in het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) is in Tabel 12-7 de onder- en bovengrens van de slagschaduwduur weergegeven voor de afstandsnormvarianten van 2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoogte. Hieruit blijkt dat de slagschaduwduur respectievelijk maximaal circa 72, 47 en 35 uur per jaar bedraagt. Met maximaal wordt bedoeld de slagschaduwduur op de locatie met de meest ongunstige oriëntatie ten opzichte van de windturbines. Om voornoemde reden zijn alle afstandsnormvarianten als zeer negatief (- - -) beoordeeld.

Tabel 12-7 Onder- en bovengrens slagschaduwduur bij 2 keer tiphoogte, 3 keer tiphoogte en 4 keer tiphoogte (afgeleid uit Onderzoek afstandsnormen windturbines)

Referentieturbine	Afstandsnorm	Afstanden [m]	Onder- en bovengrens slagschaduwduur [uren per jaar]
Turbine met tiphoogte van 247 m	2 keer tiphoogte	494	0 – 72
	3 keer tiphoogte	741	0 – 47
	4 keer tiphoogte	988	0 – 35

12.2.3 Externe veiligheid

Voor het thema externe veiligheid zijn de beoordelingscriteria risico's voor kwetsbare objecten en risico's voor beperkt kwetsbare objecten beoordeeld. Voor externe veiligheid zijn afstandsnormen beoordeeld ten opzichte van kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten alsof de afstandsnormen gelden voor deze objecten. Dit is een verschil met de andere thema's, waar afstandsnormen zijn beoordeeld ten opzichte van geluidgevoelige objecten. Het beoordelen van het thema externe veiligheid voor afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten, zou betekenen dat objecten die kwetsbaar zijn, maar niet geluidgevoelig (bijvoorbeeld kantoren), niet worden meegenomen in de effectbeoordeling van externe veiligheid. Ook woningen kunnen zowel beperkt kwetsbare als kwetsbare objecten in relatie tot veiligheid zijn. Hierdoor zou geen eenduidige effectbeoordeling gegeven kunnen worden voor dit thema. Daarom is gekozen om voor het thema externe veiligheid afstandsnormen ten opzichte van kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten te beoordelen. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 12-1 toegelicht.

De varianten voor het thema afstandsnormen zijn bepaald op:

- 2 keer de tiphoogte (470 meter tot 560 meter);
- 3 keer de tiphoogte (705 meter tot 840 meter);
- 4 keer de tiphoogte (940 meter tot 1120 meter).

Voor de bepaling van de effecten op externe veiligheid is de relatie tot de tiphoogte relevant. De evaluatie/beoordeling is gelijk voor een kleinere of grotere tiphoogte.

Relevant voor de beoordeling is dat de risico's van gondelfalen, mastfalen en bladworp nominaal toerental altijd fysiek beperkt blijven tot de afstand van maximaal 1x de tiphoogte (235 tot 280 meter). Dit betekent dat bij de beoordeelde afstandsnormvarianten van 2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoogte er enkel risico's kunnen optreden van het faalscenario bladworp bij overtoeren met een zeer beperkte kans van optreden.

12.2.3.1 Risico's voor kwetsbare objecten

Bij toepassing van de betrokken afstandsnormvarianten worden kwetsbare objecten uitgesloten binnen de aangegeven afstanden. Bij de afstand van 2 keer en 3 keer de tiphoogte kunnen nog risico's optreden afkomstig van het faalscenario bladworp bij overtoeren. Dit is afhankelijk van de maximale werpafstand bij overtoeren van de betrokken windturbintypes. Dit faalscenario heeft een zodanig kleine kans van optreden dat de plaatsgebonden risico's kleiner zijn dan PR10⁻⁸. Dergelijke risico's voor kwetsbare objecten kunnen als verwaarloosbaar klein worden gezien.

Concluderend betekent dit dat voor de afstandsnormvarianten 2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoogte geldt dat de risico's voor kwetsbare objecten afnemen van maximaal PR10⁻⁶ in de referentiesituatie tot een verwaarloosbaar klein risico van PR10⁻⁸ of geen risico. Dit is beoordeeld als positief (++).

12.2.3.2 Risico's voor beperkt kwetsbare objecten

Bij toepassing van de betrokken afstandsnormvarianten worden beperkt kwetsbare objecten uitgesloten binnen de aangegeven afstanden. Bij de afstand van 2 keer en 3 keer de tiphoogte kunnen nog risico's optreden afkomstig van het faalscenario bladworp bij overtoeren. Dit is afhankelijk van de maximale werpafstand bij overtoeren van de betrokken windturbintypes. Dit faalscenario heeft een zodanig kleine kans van optreden dat de plaatsgebonden risico's kleiner zijn dan PR10⁻⁸. Dergelijke risico's voor beperkt kwetsbare objecten kunnen als verwaarloosbaar klein worden gezien. Bij toepassing van de afstandsnormen treden de overige faalscenario's niet op.

Concluderend betekent dit dat voor alle drie de afstandsnormvarianten geldt dat de risico's voor beperkt kwetsbare objecten afnemen van maximaal PR10⁻⁵ in de referentiesituatie tot een verwaarloosbaar klein risico van PR10⁻⁸ of geen risico bij toepassing van de drie afstandsnormvarianten. De bescherming voor beperkt kwetsbare objecten is daarmee circa 1000 keer hoger dan wat momenteel als acceptabel wordt beoordeeld volgens de normstelling onder de referentiesituatie en is circa 100 keer hoger dan de richtwaarde / standaardwaarde die in de huidige situatie geldt voor andere risicovolle activiteiten.. Dit is beoordeeld als zeer positief (+++).

12.2.4 Landschap & Cultuurhistorie

Voor het thema Landschap & Cultuurhistorie zijn de beoordelingscriteria Unesco werelderfgoed en waardevolle landschappen beoordeeld. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 12-1 toegelicht.

12.2.4.1 Unesco werelderfgoed

Mogelijke landschappelijke en cultuurhistorische effecten zijn relevant geacht voor de Unesco werelderfgoederen Hollandse Waterlinies, Koloniën van Weldadigheid (met België), Droogmakerij De Beemster in Noord-Holland en Schokland. Hoe groter de kans is dat windturbines in de nabijheid geplaatst (kunnen) worden onder bepaalde afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten des te groter het negatieve effect is dat kan optreden. De analyse is dat ruimere afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten leiden tot meer risico op plaatsing nabij Unesco Werelderfgoederen.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie als volgt:

- Voor de ruimste afstand van 4 keer de tiphoogte zeer negatief (- - -), dit omdat dit naar verwachting kan leiden tot stimuleren van plaatsing dicht bij Unesco Werelderfgoederen.
- Voor de afstand 3 keer tiphoogte licht negatief (-), dit omdat dit naar verwachting kan leiden tot iets meer plaatsing dicht bij Unesco Werelderfgoederen.
- Voor de meest dichtbij afstand van 2 keer tiphoogte licht positief (+), omdat die afstand overeenkomt met een gemiddeld iets meer nabij woningen gelegen mogelijkheid voor plaatsing, dus gemiddeld verder van Unesco Werelderfgoederen.

12.2.4.2 Waardevolle landschappen

Mogelijke landschappelijke en cultuurhistorische effecten kunnen optreden op de waardevolle landschappen waarvoor het Rijk verantwoordelijk is, zoals het Groene Hart, de Waddenzee, de Zuidwestelijke Delta, de Veluwe, het IJsselmeergebied en de nationale parken. Hoe groter de kans is dat windturbines in de nabijheid geplaatst (kunnen) worden onder bepaalde afstandsnormen des te groter het negatieve effect is beoordeeld. De analyse is dat ruimere afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten leiden tot meer risico op plaatsing nabij waardevolle landschappen.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie als volgt:

- Voor de ruimste afstand van 4 keer de tiphoogte zeer negatief (- - -), dit omdat dit naar verwachting kan leiden tot stimuleren van plaatsing dicht bij waardevolle landschappen.

- Voor de afstand 3 keer tiphoogte licht negatief (-), dit omdat dit naar verwachting kan leiden tot iets meer plaatsing dichtbij Unesco Werelderfgoederen.
- Voor de meest dichtbij afstand van 2 keer tiphoogte licht positief (+), omdat die afstand overeenkomt met een gemiddeld iets meer nabij woningen gelegen mogelijkheid voor plaatsing, dus gemiddeld verder van waardevolle landschappen.

12.2.5 Natuur

Voor het thema natuur zijn de beoordelingscriteria Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland, vogels en vleermuizen beoordeeld. Per beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 12-1 toegelicht.

12.2.5.1 Natura 2000

Zoals in paragraaf 9.2.3.1 is aangegeven kunnen op Natura 2000 hooguit licht negatieve effecten optreden, vanwege de waarborgen die zijn ingebouwd in de Wet natuurbescherming.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie als volgt:

- De afstandsnorm van 3 keer en 4 keer de tiphoogte kan leiden tot plaatsing van windturbines dichtbij Natura 2000-gebieden dan in de referentiesituatie. Gezien de natuurbeschermingswetgeving kan dit hooguit leiden tot licht negatieve effecten (-) ten opzichte van de referentiesituatie.
- Voor de afstand van 2 keer tiphoogte wordt een neutrale beoordeling (0) toegekend, omdat die afstand ongeveer overeenkomt met de referentiesituatie.

12.2.5.2 Natuurnetwerk Nederland (NNN)

Zoals in paragraaf 9.2.3.2 is aangegeven kunnen op NNN hooguit licht negatieve effecten optreden, vanwege de planologische waarborgen.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie als volgt:

- De afstandsnorm van 3 keer en 4 keer de tiphoogte kan leiden tot plaatsing van windturbines dichtbij NNN-gebieden dan in de referentiesituatie. Gezien de planologische bescherming kan dit hooguit leiden tot licht negatieve effecten (-) ten opzichte van de referentiesituatie.
- Voor de afstand van 2 keer tiphoogte wordt een neutrale beoordeling (0) gegeven, omdat die afstand ongeveer overeenkomt met de referentiesituatie en waardoor windturbines verder af van NNN-gebieden geplaatst worden.

12.2.5.3 Vogels

Zoals in paragraaf 9.2.3.4 is aangegeven kunnen op vogels hooguit licht negatieve effecten optreden, vanwege de waarborgen die zijn ingebouwd in de Wet natuurbescherming.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie als volgt:

- Voor de afstand van 3 keer en 4 keer de tiphoogte wordt een licht negatieve beoordeling (-) gegeven. Dergelijke afstandsnormen kunnen leiden tot plaatsing van windturbines nabij gebieden waar vogels zich bevinden, foerageren of rusten. Vanwege de natuurbescherming kan dit hooguit licht negatieve effecten hebben ten opzichte van de referentiesituatie.
- Voor de afstand van 2 keer tiphoogte wordt een neutrale beoordeling (0) gegeven, omdat die afstand ongeveer overeenkomt met de referentiesituatie en daarmee de effecten van plaatsing van windturbines nabij leefgebieden van vogels neutraal zijn.

12.2.5.4 Vleermuizen

In paragraaf 9.2.3.4 is voor de geluidvarianten 37-50 dB een neutrale beoordeling (0) gegeven voor wat betreft de effecten op vleermuizen, vanwege het feit dat vleermuizen in heel Nederland voorkomen en per soort een eigen biotoop kent. Deze beoordeling geldt ook voor de afstandsnormen.

12.2.6 Ruimtegebruik

Voor het thema ruimtegebruik is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld. Voor dit beoordelingscriterium is de beoordeling uit Tabel 12-1 toegelicht.

Meervoudig ruimtegebruik

De verschillende afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten leiden ertoe dat windturbines meer of minder afstand tot gevoelige objecten hebben. Hoe groter de afstand, des te minder ruimte resteert voor windturbines, des te moeilijker ook combinaties met andere gebruiksfuncties ten behoeve van meervoudig ruimtegebruik mogelijk is.

Concluderend voor de afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten wordt de grootste afstandsnorm van 4 keer tiphoogte als zeer negatief beoordeeld (- - -), de afstandsnorm van 3 keer tiphoogte als negatief (- -) en afstandsnorm met 2 keer tiphoogte als neutraal (0).

12.2.7 Energieopbrengst

Plaatsingspotentieel

Voor het beoordelen van de energieopbrengst is gekeken naar het plaatsingspotentieel en de toe- of afname in plaatsingspotentieel voor de verschillende grenswaardevarianten ten opzichte van de referentie. Dit betreft de potentiële energieopbrengst zoals gebaseerd op het plaatsingspotentieel in MW dat op basis van het verwachte aantal vollasturen is omgerekend naar de energieopbrengst in TWh per jaar.

Uit Tabel 12-8 blijkt dat een afstandsnorm van 2 keer tiphoogte voor windparken in het algemeen weinig gevolgen heeft voor het plaatsingspotentieel. Deze variant wordt daarom als neutraal (0) beoordeeld. Overigens zou het in de praktijk wel (aanzienlijke) gevolgen kunnen hebben voor de plaatsing van 1 of 2 losse windturbines of voor windparken met stille windturbines. Bij een afstandsnorm van 3 keer tiphoogte neemt het plaatsingspotentieel zeer sterk af. Deze variant wordt derhalve als zeer negatief beoordeeld (- - -). Bij een afstandsnorm van 4 keer tiphoogte neemt het plaatsingspotentieel ook zeer sterk af. Deze variant wordt derhalve ook als zeer negatief beoordeeld (- - -). Hieronder is nader toegelicht hoe tot deze beoordeling is gekomen.

In 2022 is door Generation Energy onderzoek verricht naar de effecten van verschillende afstandsnormen ten opzichte van woningen op het plaatsingspotentieel (Witte & Kuijers, 2022). In overeenstemming met het voorliggende planMER zijn de volgende afstandsnormvarianten gehanteerd: 2, 3 en 4 keer tiphoogte voor een 5 MW windturbine met 235 meter tiphoogte en een 8 MW windturbine met 280 meter tiphoogte. Dit komt voor de 5 MW windturbine overeen met afstanden van respectievelijk 470, 705 en 940 meter en voor de 8 MW windturbine met afstanden van respectievelijk 560, 840 m en 1.120 meter. Vermeld dient te worden dat in het onderzoek enkel is gekeken naar de afstand ten opzichte van woningen. Dat betekent dat andere geluidgevoelige objecten, zoals scholen en ziekenhuizen, niet zijn meegenomen in het onderzoek. Voor dit planMER, waarin een effectbeoordeling op nationaal niveau wordt uitgevoerd, is de verwachting dat dit geen grote gevolgen heeft voor de te trekken conclusies voor de effectbeoordeling van energieopbrengst, omdat scholen en ziekenhuizen doorgaans voorkomen in een omgeving waar ook woningen staan en relatief weinig objecten betreffen.

Door Generation Energy is gekeken naar het effect van een afstandsnorm van 2 keer, 3 keer of 4 keer de tiphoogte op het plaatsingspotentieel voor windturbines ten opzichte van een referentieafstand. Voor de referentieafstand is door Generation Energy onderscheid gemaakt tussen woningen binnen woonkernen en individuele woningen buiten woonkernen. Er is voor de referentiesituatie gerekend met een contourafstand van 500 meter rondom woonkernen en 300 meter rondom woningen buiten woonkernen. In het rapport is hierover de volgende toelichting opgenomen: *'Dit onderscheid vindt zijn oorsprong niet in normering (die is voor beide situaties gelijk) maar in de praktijk. In het kader van het opstellen van de eerste versie van de Analysekaarten voor het NPRES is in overleg met NWEA en windenergie-experts gekomen tot uitgangspunten voor potentieberekeningen. Niet alleen voor het type windturbine en het aantal vollasturen maar ook voor de vertaling van de geluidnormering naar geluidscontouren. Voor woonkernen (aaneengesloten bebouwing) is uitgegaan van een afstand van 500 meter als vuistregel. Voor individuele woningen buiten woonkernen geldt in beginsel dezelfde afstand, maar uit ervaring is gebleken dat er in de praktijk meer*

mogelijkheden zijn bij individuele woningen om die afstand te verkorten tot (vuistregel) 300 meter.' De door Generation Energy gehanteerde referentiesituatie wijkt dus af van de referentiesituatie zoals gehanteerd in het voorliggende planMER waarin geen onderscheid tussen woningen in en buiten woonkernen wordt gemaakt.

In Tabel 12-8 is het plaatsingspotentieel weergegeven van de afstandsnormvarianten ten opzichte van alle woningen in vergelijking met het plaatsingspotentieel voor de referentieafstand van 500 meter tot woonkernen en 300 meter tot woningen buiten woonkernen. In de referentiesituatie zoals gehanteerd in dit PlanMER met een grenswaarde van 47 dB L_{den} wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen woningen in en buiten woonkernen en ook niet tussen het type referentieturbine. Doordat Generation Energy een andere referentiesituatie is gehanteerd is geen directe vergelijking mogelijk.

Er is daarom besloten om de effecten voor een afstandsnorm van 3 keer en 4 keer tiphoogte te beoordelen ten opzichte van de effecten zoals door Generation Energy gerapporteerd voor een afstandsnorm van 2 keer tiphoogte. Een afstandsnorm van 2 keer tiphoogte komt voor de 5 MW en 8 MW referentieturbine namelijk overeen met een afstand van respectievelijk 470 meter en 560 meter. Dit ligt dicht bij een representatieve afstand tot de 47 dB L_{den} contour voor kleine windparken die circa 525 meter bedraagt (zie Bijlage 5). Om deze reden is de toe- of afname van het plaatsingspotentieel beschouwd ten opzichte van het plaatsingspotentieel bij een afstand van 2 keer tiphoogte en zijn de effecten bij laatstgenoemde afstand als neutraal (0) beoordeeld. De resultaten van deze vergelijking zijn vermeld in Tabel 12-9. Hier moet de kanttekening bij worden geplaatst dat in bepaalde gevallen zoals bijvoorbeeld voor 1 of 2 losse windturbines en voor windparken met relatief stille windturbines ook een afstandsnorm van 2 keer tiphoogte tot een (aanzienlijke) afname van het plaatsingspotentieel kan leiden. Zo blijkt uit Bijlage 5 dat in bepaalde gevallen al op een afstand van circa 170 meter aan de grenswaarde van 47 dB L_{den} volgens de referentiesituatie wordt voldaan. Ook moet de kanttekening worden geplaatst dat voor grote windparken de relatieve veranderingen anders zullen zijn. Voor grote windparken is een afstand van 2 keer tiphoogte in veel gevallen kleiner dan de afstand tot de 47 dB L_{den} contour en zou het plaatsingspotentieel juist toenemen. Voor een afstand van 3 keer of 4 keer tiphoogte zou voor grote windparken de afname van het plaatsingspotentieel veel lager zijn dan voor kleine windparken.

Tabel 12-8 Plaatsingspotentieel bij verschillende afstandsnormen (2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoogte) ten opzichte van alle woningen uitgedrukt in percentages ten opzichte van de referentieafstand (500 meter voor woonkernen en 300 meter voor niet-woonkernen)¹²¹

Referentie-turbine	Afstandsnorm	Afstand [m] tot alle woningen	Plaatsingspotentieel incl. beperking N2000 en radargebieden	Percentage plaatsingspotentieel t.o.v. referentiesituatie (500 m en 300 m) incl. beperking N2000 en radargebieden*
5 MW (tiphoogte 235 meter)	Referentie GE 5 MW turbines*	In woonkernen: 500 Buiten woonkernen: 300	161 TWh/jaar	100%
	2 keer tiphoogte	470	98 TWh/jaar	61%
	3 keer tiphoogte	705	35 TWh/jaar	22%
	4 keer tiphoogte	940	13 TWh/jaar	8%
8 MW (tiphoogte 280 meter)	Referentie GE 8 MW turbines*	In woonkernen: 500 Buiten woonkernen: 300	207 TWh/jaar	100%
	2 keer tiphoogte	560	85 TWh/jaar	41%
	3 keer tiphoogte	840	25 TWh/jaar	12%
	4 keer tiphoogte	1.120	10 TWh/jaar	5%

* Door Generation Energy (GE) is onderscheid gemaakt tussen woningen in woonkernen en buiten woonkernen. Hiervoor is een referentieafstand van respectievelijk 500 en 300 meter gehanteerd. Dit wijkt af van de referentiesituatie zoals in het PlanMER wordt gehanteerd waarin geen onderscheid tussen woningen in en buiten woonkernen wordt gemaakt.

¹²¹ Het onderzoek van RIVM (2009) maakt gebruik van de term 'plaatsingspotentieel', geïnterpreteerd als 'de resterende vrije ruimte voor windenergie'. Het onderzoek van Generation Energy (2022) maakt gebruik van de term 'potentieel voor windenergie'. Het potentieel voor windenergie betreft de potentiële energieopbrengst zoals gebaseerd op het plaatsingspotentieel in MW dat op basis van het verwachte aantal vollasturen is omgerekend naar de energieopbrengst in TWh per jaar. In dit planMER is de term 'plaatsingspotentieel' gehanteerd welke – indien nodig – is omgerekend naar het aantal TWh/jaar.

Tabel 12-9 Toe- of afname van het plaatsingspotentieel bij verschillende afstandsnormen ten opzichte van woningen (2 keer, 3 keer en 4 keer tiphoopte) ten opzichte van het potentieel bij een afstand van 2 keer tiphoopte

Referentie-turbine	Afstandsnorm	Afstand [m] tot alle woningen	Percentage t.o.v. 2 keer tiphoopte*
5 MW (tiphoogte 235 meter)	2 keer tiphoopte	470	0% toe-/afname
	3 keer tiphoopte	705	64% afname
	4 keer tiphoopte	940	87% afname
8 MW (tiphoogte 280 meter)	2 keer tiphoopte	560	0% toe-/afname
	3 keer tiphoopte	840	61% afname
	4 keer tiphoopte	1.120	88% afname

* Uitgaande van een gemiddelde situatie voor kleine windparken. Voor 1 of 2 losse windturbines en voor windparken met relatief stille windturbines zal het plaatsingspotentieel meer afnemen.

12.2.8 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Net als bij het alternatief ongewijzigde regels, geldt ook voor de varianten met afstandsnormen dat er voor een aantal criteria sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is uiteengezet in paragraaf 8.2.4. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

12.3 Mitigerende maatregelen

Voor het thema afstandsnormen ten opzichte van geluidgevoelige objecten worden zeer negatieve en negatieve effecten verwacht voor een aantal beoordelingscriteria. Afhankelijk van de gekozen afstandsnorm treedt meer of juist minder hinder op. Een toename van ernstige hinder door geluid en slagschaduw bij het hanteren van een afstandsnorm kan worden voorkomen door naast een afstandsnorm ook een geluid- en slagschaduwnorm te hanteren. Een afstandsnorm is eigenlijk niet geschikt voor een volwaardige en gelijkwaardige bescherming voor geluid en slagschaduw, maar kan als aanvullende norm wel een basisbescherming bieden.¹²²

12.4 Leemten in kennis

Voor enkele beoordelingscriteria bestaan nog leemten in kennis. De leemten in kennis worden in Tabel 12-10 toegelicht. In paragraaf 15.1 wordt ingegaan op de consequenties voor de besluitvorming over de windturbinebepalingen.

Tabel 12-10 Beschrijving leemte in kennis per beoordelingscriterium

Thema	Beoordelingscriterium	Beschrijving leemte in kennis
Gezondheid	Geluidhinder	Windturbinegeluid wordt bij eenzelfde geluidbelasting hinderlijker beschouwd dan geluid van industrie, wegen en spoorwegen. Een belangrijke oorzaak hiervan is het ritmische karakter van het geluid. De ritmische variaties in het geluidniveau met de frequentie waarmee een rotorblad een bepaald punt passeert worden aangeduid met amplitudemodulatie. Overmatige amplitudemodulatie kan tot extra hinder leiden. Het is niet bekend in welke mate overmatige amplitudemodulatie optreedt. Het effect van de geluidvarianten op gezondheid is bepaald op basis van dosis-effectrelaties voor ernstige hinder die zijn vastgesteld door TNO (2008) en Michaud et al. (2016). Deze dosis-effect relaties geven voor het specifieke karakter van windturbinegeluid het verband tussen de geluidbelasting vanwege windturbines, uitgedrukt in L_{den} , en de ervaren (ernstige) hinder. Bij beide dosis-effectrelaties is sprake van brede betrouwbaarheidsintervallen en bij een geluidbelasting boven 40 dB L_{den} wijken de resultaten af. Dit wordt veroorzaakt

¹²² Dit is ook in lijn met deWHO, die opmerkt dat er voor geluid geen duidelijk bewijs is voor een aanvaardbare en uniforme afstand tussen windturbines en woonwijken, omdat het geluidniveau naast de afstand van vele andere factoren afhankelijk is zoals het type, de grootte en het aantal windturbines, de windrichting en -snelheid, de locatie van een woning boven- of benedenwinds van het windpark et cetera. Zie paragraaf 4.2.1 van dit planMER.

		<p>door verschillen in methoden, de context van de onderzoeken en de in het onderzoek betrokken windparken en landen. Het onderzoek van TNO is gebaseerd op onderzoeken uit Nederland en Zweden, maar dateert uit 2008. Het onderzoek van Michaud et al. bevat meer respondenten, heeft betrekking op modernere typen windturbines, maar beslaat ook gemeenschappen die voor de situatie in Nederland mogelijk minder representatief zijn.</p> <p>Deze leemte heeft geen gevolgen voor de besluitvorming over de windturbinebepalingen. De effectbeoordeling is gebaseerd op de huidige beschikbare informatie over dosis-effectrelaties van windturbinegeluid. De verschillen tussen de onderzoeken hebben geen rol gespeeld in de effectbeoordeling omdat de effectscore is gebaseerd op relatieve verschillen ten opzichte van de referentiesituatie. In absolute aantallen wijken bij een geluidbelasting van meer dan 40 dB L_{den} de effecten wel af.</p>
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	<p>Het effect van de afstandsnormen ten opzichte van woningen op de plaatsingsruimte is bepaald met behulp van onderzoeken van het RIVM en van Generation Energy. Door de gehanteerde systematiek is dit niet direct te vergelijken met eerder onderzoek door het RIVM in 2009. Ook wijkt de door Generation Energy gehanteerde referentiesituatie voor de beoordeling van de consequenties op het plaatsingspotentieel af van de referentiesituatie zoals gehanteerd in het PlanMER. Er is derhalve op basis van een inschatting een vertaalslag gemaakt naar een beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie zoals gehanteerd in dit PlanMER. Deze vertaalslag heeft consequenties voor de nauwkeurigheid van de beoordeling. Het wordt echter niet verwacht dat dit een wezenlijke invloed heeft op de uiteindelijke effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie. Dus heeft dit ook geen consequenties voor de besluitvorming over de windturbinebepalingen.</p>

13 Beoordeling variant naderingsdetectie

13.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de overige varianten beoordeeld voor de in paragraaf 5.11 aangegeven beoordelingscriteria. De variant die beoordeeld is:

- Obstakelverlichting conform de internationale verplichting met (vrijwillig) hanteren van naderingsdetectie als best beschikbare techniek (BBT).

De variant wordt beoordeeld per beoordelingscriterium volgens een in hoofdstuk 6 toegelicht beoordelingskader. In paragraaf 13.2 wordt de effectbeoordeling van de variant toegelicht. Vervolgens worden mitigerende maatregelen toegelicht in paragraaf 13.3 en tot slot leemten in kennis in paragraaf 13.4.

Gevoelige objecten

Bij de beoordeling van zicht- en lichthinder voor 'gevoelige objecten' wordt in de effectbeoordeling aangesloten bij definitie van geluidgevoelige objecten. Dit zijn gebouwen en terreinen waaraan de regels van de Wet geluidhinder bijzondere bescherming bieden door middel van normstelling met betrekking tot de aanvaardbare geluidbelasting. De wet maakt onderscheid tussen woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Gebouwen en terreinen die onder de sfeer van de inrichting (in dit geval het windpark of de windturbine) vallen, worden niet als geluidgevoelig beschouwd.¹²³

13.2 Effectbeoordeling

In deze paragraaf wordt de variant voor het hanteren van naderingsdetectie beoordeeld per thema. Tabel 13-1 bevat een overzicht van het resultaat. Na de tabel wordt de beoordeling toegelicht.

Tabel 13-1 Beoordeling naderingsdetectie

Thema	Beoordelingscriterium	Toepassen naderingsdetectie
Zicht- en lichthinder	Lichthinder	+++
Natuur	Vleermuizen	+

13.2.1 Zicht- en lichthinder

Voor het thema zicht- en lichthinder is het beoordelingscriterium lichthinder beoordeeld. De beoordeling uit Tabel 13-1 wordt hier toegelicht.

Lichthinder veroorzaakt door obstakelverlichting

Door het toepassen van naderingsdetectie op windturbines wordt de brandtijd van obstakelverlichting verkort. Dit reduceert de lichtemissie van een windturbine en daarmee ook de kans dat er lichthinder wordt ervaren door omwonenden. In de referentiesituatie (paragraaf 7.2.2) is beschreven dat veel windturbines van vóór 2021 nog niet zijn uitgerust met naderingsdetectie, omdat dit een relatief nieuwe techniek is. Wel worden andere technieken reeds toegepast om de lichthinder veroorzaakt door windturbines te verminderen, zoals het toepassen van permanent brandende lampen (in plaats van knipperend), het toepassen van minder obstakelverlichting en het dimmen van de verlichting bij helder zicht.

Ondanks dat er weinig wetenschappelijke literatuur beschikbaar is over het effect van naderingsdetectie op lichthinder, laten de eerste publicaties (Aaen, Lyhne, & Rudolph, 2022) en pilots (RVO, 2018) zien dat de brandtijd gereduceerd wordt en daarmee ook de ervaren lichthinder. Zoals beschreven in het beoordelingskader wordt de mate van lichthinder mede bepaald door parameters als de aard, intensiteit, duur en plaats van de verlichting. Wanneer de verlichting niet brandt dan is van geen van deze parameters sprake. Dat betekent dat het toepassen van naderingsdetectie een positief effect heeft op het reduceren van lichthinder. Voor de effectbeoordeling op

¹²³ Voor meer informatie over de definitie van geluidgevoelige objecten, zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/regelgeving/wet-geluidhinder/wgh-geluidsgevoelige/>

projectniveau spelen lokale factoren als de hoeveelheid vliegbewegingen nabij een windpark en de landschappelijke context een belangrijke rol. Bij Windpark Fryslân is inmiddels aangetoond dat bij naderingsdetectie de verlichting gemiddeld bijna 95% uit is. Studies in Flevoland tonen aan dat ondanks de aanwezigheid van vliegveld Lelystad het licht ook daar voor bestaande windturbines gemiddeld 98,4% van de tijd uit kan (To70, 2019; To70, 2020). Voor windpark Krammer zijn sinds december 2021 resultaten beschikbaar gekomen. Het inregelen van de naderingsdetectie wordt nog verbeterd om minder false meldingen te verkrijgen, die tot nu toe zorgden voor onnodige branduren van obstakelverlichting.

Concluderend leidt het toepassen van naderingsdetectie tot een zeer positieve beoordeling (+++), omdat er sprake is van een sterk merkbare afname in lichthinder.

13.2.2 Natuur

Voor het thema natuur is het beoordelingscriterium vleermuizen beoordeeld. De beoordeling uit Tabel 13-1 is toegelicht.

Vleermuizen

Obstakelverlichting kan mogelijk ook voor vleermuizen een probleem zijn. Enkele vleermuissoorten zijn gevoelig voor lichtverstoring, wat effect kan hebben op hun verblijfplaats, vliegroutes, en jachtgebied (Rijkswaterstaat, 2022; Zoogdiervereniging, 2011). Met de obstakelverlichting op windturbines, zullen vleermuizen eventuele hinder ondervinden. Dit is voornamelijk 's nachts, aangezien vleermuizen nachtdieren zijn. Met het toepassen van naderingsdetectie zal de obstakelverlichting enkel aangaan wanneer een luchtvaartuig nadert en dus veel minder vaak branden. Dit zal de eventuele hinder op vleermuizen naar verwachting verminderen.

Er is echter weinig bekend over de effecten van obstakelverlichting op vleermuizen. Een recente Amerikaanse studie (Cryan et al., 2022) keek naar de effecten van UV obstakelverlichting op gevogelte en vleermuisactiviteit rondom windturbines. Uit deze studie kwam naar voren dat er geen statistische verschillen werden waargenomen.

Concluderend leidt het toepassen van naderingsdetectie tot een licht positieve beoordeling (+). Dit is gebaseerd op het feit dat sommige vleermuissoorten lichtgevoelig zijn en dat naderingsdetectie de brandduur van obstakelverlichting zal verminderen, en hiermee dus ook de hinder ervan op sommige vleermuissoorten.

13.2.3 Grensoverschrijdende milieugevolgen

Net als bij het alternatief ongewijzigde regels, geldt ook voor de variant naderingsdetectie dat er voor een aantal criteria sprake kan zijn van grensoverschrijdende milieugevolgen. Dit is uiteengezet in paragraaf 8.2.4. Bij concrete windenergieprojecten aan de grens met België en Duitsland moet in meer detail naar grensoverschrijdende gevolgen worden gekeken.

13.3 Mitigerende maatregelen

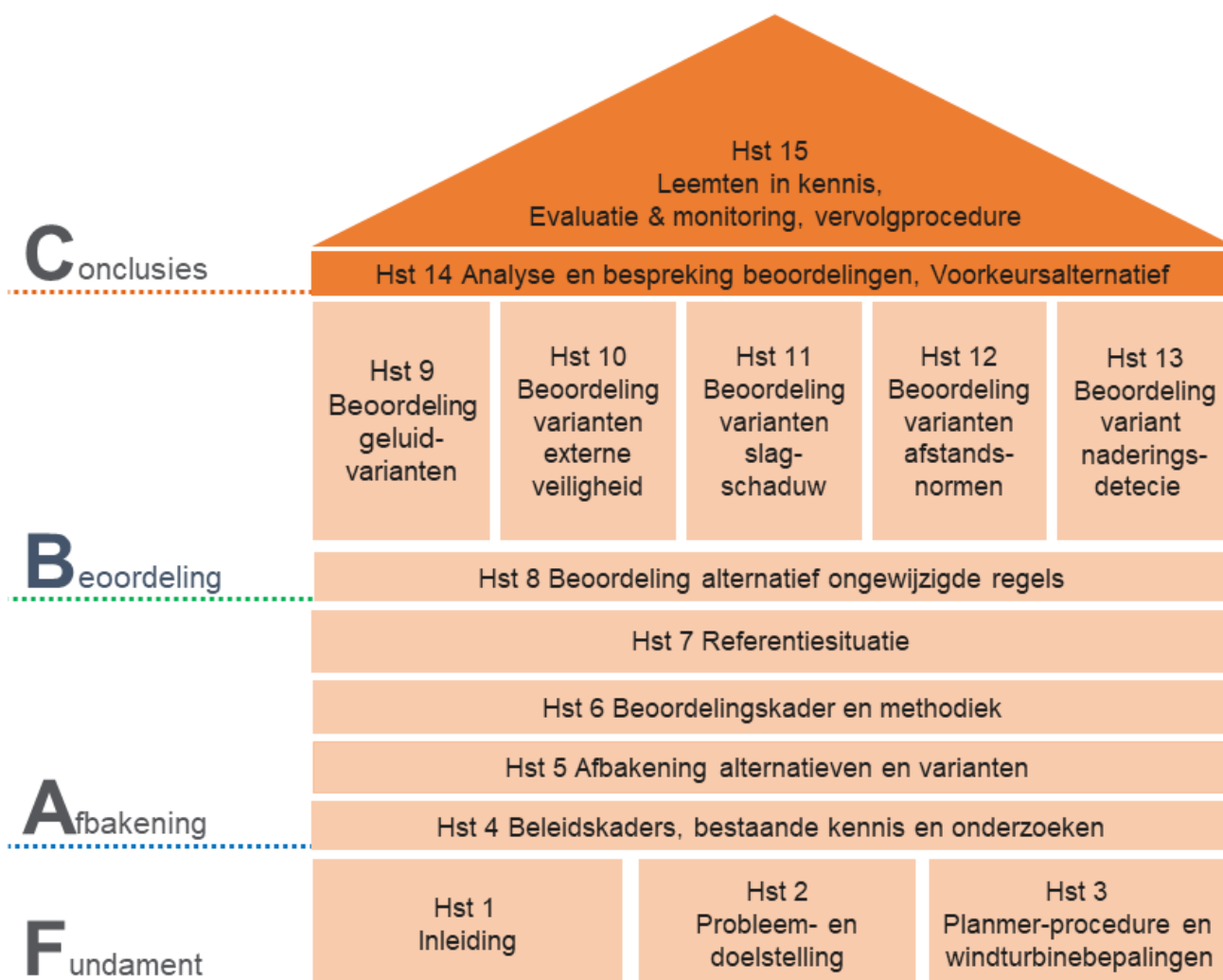
Omdat met naderingsdetectie alleen positieve effecten te verwachten zijn, zijn mitigerende maatregelen niet aan de orde.

13.4 Leemten in kennis

Zoals aangegeven in paragraaf 13.2 is er beperkt onderzoek beschikbaar over lichthinder. Omdat naderingsdetectie louter positieve milieueffecten met zich brengt, maar we alleen niet weten hoe positief exact, staat deze leemte in kennis niet in de weg om een besluit te nemen over de windturbinebepalingen.

CONCLUSIES

In dit deel worden eerst de resultaten van de beoordeling in samenhang besproken. Ook is er aandacht voor leemten in kennis, evaluatie en monitoring en informatie over de vervolprocedure.



14 Analyse en bespreking beoordelingen, Voorkeursalternatief

14.1 Overzicht beoordelingen, analyse en synthese

In de voorgaande hoofdstukken is het alternatief ongewijzigde regels en zijn verschillende varianten voor windturbinebepalingen beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie dat het Rijk geen windturbinebepalingen opstelt. De effectbeoordelingen zijn alle uitgevoerd met bestaande en beschikbare literatuur als kennisbasis voor dit planMER. De resultaten zijn besproken en getoetst in een begeleidingscommissie. Aanvullend zijn sommige onderwerpen en tussenresultaten expliciet besproken en getoetst met experts. Zo hebben er expertsessies plaatsgevonden en zijn er reviews uitgevoerd door experts. De samenstelling van de begeleidingscommissie en de deelnemers aan de expertsessies zijn opgenomen in Bijlage 7.

In Tabel 14-1 zijn alle effectscores op een rij gezet. Deze tabel volgt de variantenmatrix zoals die is weergegeven in Tabel 6-3. In Tabel 14-2 is de beoordeling van de subvarianten voor geluid samengevat. De belangrijkste bevindingen uit de effectbeoordelingen en beschouwingen zijn beschreven in paragraaf 14.2.

Tabel 14-1 Overzicht effectbeoordelingen alternatief en varianten voor windturbinebepalingen.

Thema's →		Gezondheid		Zicht- en lichthinder		Externe veiligheid		Landschap & Cultuurhistorie		Natuur				Ruimtegebruik	Energieopbrengst		
Beoordelingscriteria →		Percentage ernstig gehinderden	Zichthinder door obstakels	Hinder door slagschaduw	Lichthinder	Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten	Unesco Werelderfgoed	Waardevolle landschappen	Natura 2000	NNN-gebieden	Vogels	Vleermuizen	Stikstofemissie	Meervouding ruimtegebruik	Plaatsingspotentieel	
Alternatief ongewijzigde regels																	
Onderwerp																	
Geluid	47 dB Lden / 41 dB Lnight	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Externe veiligheid	PR10 ⁶ kwetsbare objecten / PR 10 ⁵ beperkt kwetsbare objecten					0	0										0
Slagschaduw	< 17 dagen/jaar max. 20 min.			---													0
Lichtschittering	Geen lichtschittering																+
Varianten in PlanMER																	
Onderwerp																	
Variant																	
Geluid	37 dB Lden	+++						---	---	-	-	-	0	0	---	---	---
Geluid	40 dB Lden	+++						---	---	-	-	-	0	0	---	---	---
Geluid	43 dB Lden	++						--	--	-	-	-	0	0	--	--	--
Geluid	45 dB Lden	++						-	-	-	-	-	0	0	-	-	-
Geluid	50 dB Lden	---						+	+	+	+	+	0	0	+	++	++
Externe veiligheid	Standaardwaarde PR10-6 beperkt kwetsbare objecten					0	+								0/-	0	0
Externe veiligheid	Tegengaan domino-effecten					+	0								0/-	0	0
Slagschaduw	0 uur per jaar			+++													0
Slagschaduw	6 uur per jaar			0													0
Slagschaduw	16 uur per jaar			---													0
Afstandsnorm	2 keer de tiphoogte	+/-	n.b.	---		++	+++	+	+	0	0	0	0		0	0	0
Afstandsnorm	3 keer de tiphoogte	+++/-	n.b.	---		++	+++	-	-	-	-	-	0		--	---	---
Afstandsnorm	4 keer de tiphoogte	+++	n.b.	---		++	+++	---	---	-	-	-	0		---	---	---
Obstakelverlichting	Naderingsdetectie				+++								+				

Tabel 14-2 Effectbeoordeling subvarianten laagfrequent geluid, binnenwaarde en tonaal geluid

Grenswaarde	Norm laagfrequent geluid	Norm tonaal geluid	Norm binnenwaarde
37 dB L _{den}	Geen meerwaarde	Lichte meerwaarde	Geen meerwaarde
40 dB L _{den}	Geen meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
43 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
45 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
47 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Lichte meerwaarde
50 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Grote meerwaarde

14.2 Toelichting beoordelingen alternatieven en (sub)varianten

- A. De **referentiesituatie** bestaat uit de invulling van de normen door overheden bij gebrek aan Rijksregels. Nadat de Rijksregels voor windturbines buiten werking waren gesteld door de Delfzijl Zuid-uitspraak, hebben overheden die als eerste eigen normen voor windturbines bepaalden, voor een invulling gekozen die vrijwel overeenkomt met die eerdere Rijksregels. De uitzondering hierop is slagschaduw, waarvoor een strengere norm werd ingesteld, oftewel er werden minder uren slagschaduw hinder per jaar toegestaan. Hierdoor is de effectbeoordeling van het Alternatief ongewijzigde regels vrijwel gelijk aan de referentiesituatie, dus een neutraal effect voor alle beoordeelde criteria met uitzondering van hinder door slagschaduw.
- B. Naar gelang de **geluidnormen** soepeler of strenger worden dan de norm van de referentiesituatie (47 dB L_{den}), neemt het aantal ernstig gehinderden toe respectievelijk af. Uitgaande van het TNO-onderzoek uit 2008 naar de dosis-effectrelatie voor windturbinegeluid varieert de range van afname van de kans op ernstige hinder buitenshuis bij blootstelling aan de normwaarde van circa 90% afname bij de strengste geluidnorm van 37 dB L_{den} tot circa 60% toename bij een geluidnorm van 50 dB L_{den}. Dit is redelijk in lijn met een analyse op basis van recenter onderzoek naar de dosis-effectrelatie door Michaud et al. in 2016 waaruit circa 90% afname bij de strengste geluidnorm van 37 dB L_{den} tot circa 40% toename bij een geluidnorm van 50 dB L_{den}.
- C. Voor vier **subvarianten geluid** is bekeken of het meerwaarde oplevert om voor deze onderdelen specifieke normen of toepassingen in de windturbinebepalingen op te nemen:
- Voor het instellen van een norm voor **laagfrequent geluid** (in het geluidspectrum van 20 tot 100 Hz) in aanvulling op de algemene geluidnormen zijn uit wetenschappelijk oogpunt geen zwaarwegende argumenten. Wel kan een dergelijke norm in de toekomst bescherming bieden tegen eventuele veranderingen in het geluidspectrum van windturbines, bijvoorbeeld door vergroting van de omvang van windturbines of het (meer) draaien in een geluidmodus. Ook kunnen hiermee typen windturbines met relatief veel laagfrequent geluid worden onderscheiden van typen met weinig laagfrequent geluid. Een aanvullende norm voor laagfrequent geluid heeft een lichte meerwaarde voor de grenswaardevarianten van 43, 45, 47 en 50 dB L_{den}. Voor de grenswaardevarianten van 37 dB en 40 dB L_{den} heeft een aanvullende norm geen meerwaarde, omdat de geluidbelasting al lager is.
 - Geluid van bedrijfsmatige activiteiten of verkeer wordt gewoonlijk beoordeeld op de buitengevel van gevoelige objecten. Voor sommige geluidbronsoorten is naast een norm voor het geluid op de gevel ook een norm voor de **binnenwaarde** van toepassing. Een aanvullende norm voor de binnenwaarde zorgt ervoor dat in situaties met een hoge gevelbelasting sprake is van een acceptabel binnenklimaat. Voor de grenswaardevariant van 50 dB L_{den} voor windturbines heeft een aanvullende norm voor de binnenwaarde een grote meerwaarde. Voor de grenswaardevariant van 47 dB L_{den} heeft dit lichte meerwaarde, omdat hiermee het binnenklimaat van slecht geïsoleerde woningen wordt gewaarborgd. Een norm voor de binnenwaarde heeft geen meerwaarde voor het verminderen van gezondheidseffecten wanneer gekozen wordt voor een variant met een lagere grenswaarde voor geluid.
 - **Tonaal geluid** is geluid dat duidelijk herkenbare zuivere tonen bevat. Het is algemeen bekend en aanvaard dat geluid met een tonaal karakter doorgaans als hinderlijker wordt ervaren dan een geluid van hetzelfde niveau met een ruisachtig karakter. Met een toeslag voor tonaal geluid en hiervoor een objectieve beoordelingsmethode voor te schrijven kan de hinder voor omwonenden worden teruggebracht. Bescherming kan worden geboden door twee opties, namelijk (1) beoordeling van de bron of (2) beoordeling bij de ontvanger. Voor de beoordeling van de bron kan aansluiting worden gezocht bij de internationale standaard IEC 61400-11:2018 en voor de beoordeling bij de ontvanger bij de internationale standaard ISO 1996-2:2017, bijlage J. Een aandachtspunt is de toepassing bij een jaargemiddelde norm. Als een toeslag alleen wordt toegepast op de perioden dat er sprake is van tonaal geluid, zou de toeslag bij toepassing op een jaargemiddelde waarde sterk kunnen worden uitgemiddeld. Hiermee zou deze mogelijk geen recht doen aan

de dagen dat er daadwerkelijk extra hinder door tonaal geluid optreedt. Het wordt daarom in overweging gegeven om bij hantering van een jaargemiddelde norm tevens een eis te stellen aan het hoogst optredende equivalente geluidniveau over de dag-, avond- en nachtperiode vermeerderd met een eventuele toeslag voor tonaal geluid.

- Bekeken is of het nuttig is om te **differentiëren** voor geluid naar gelang het type omgeving, het heersende achtergrondniveau of de gebiedsbestemming. Differentiatie in geluidnormen is mogelijk door te werken met een standaardwaarde en een grenswaarde. Een geluidbelasting van meer dan de standaardwaarde, maar niet meer dan de grenswaarde, kan op basis van een bestuurlijk afwegingsproces worden toegestaan. Hierbij kunnen extra voorwaarden worden gesteld. Bij een differentiatie van geluidnormen wordt veelal een verschil van 4 à 5 dB(A) in grenswaarde gehanteerd,
- D. Voor **externe veiligheid** zijn risico's voor kwetsbare objecten en risico's voor beperkt kwetsbare objecten beoordeeld:
- Bij toepassing van een standaardwaarde van PR10⁻⁶ voor beperkt kwetsbare objecten blijft de grenswaarde voor kwetsbare objecten gelijk aan de referentiesituatie. Regelgeving die voorkomt dat kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn binnen een vergrote PR10⁻⁶ contour van risicovolle bedrijven en buisleidingen als gevolg van het toegevoegde windturbinerisico, biedt extra bescherming voor kwetsbare objecten ten opzichte van de referentiesituatie. Dit resulteert in een wettelijke bescherming tegen een domino-effect als gevolg van windturbinerisico.
 - Door toepassing van een standaardwaarde van PR10⁻⁶ voor beperkt kwetsbare objecten wordt de grenswaarde van PR10⁻⁵ omgezet in een standaardwaarde van PR10⁻⁶. Dit leidt tot een licht positieve beoordeling. Deze score volgt uit de inschatting dat enerzijds overheden hiervan kunnen afwijken (de PR-norm voor beperkt kwetsbare objecten is immers een standaardwaarde geworden), maar anderzijds zal afwijking niet vaak voorkomen. Voor beperkt kwetsbare objecten heeft uitsluiting van kwetsbare objecten binnen de vergrote PR10⁻⁶ contour van risicovolle bedrijven en buisleidingen geen gevolgen.
- E. Voor **slagschaduw** wijkt de referentiesituatie van 6 uur slagschaduw per jaar af van de oorspronkelijke Rijksregels. De oorspronkelijke Rijksregels hielden in dat de grenzen van de oorspronkelijke regeling (meer dan 20 minuten slagschaduw gedurende maximaal 17 dagen per jaar) konden worden opgezocht, zodat circa 16 tot 20 uur per jaar slagschaduw kon optreden. Daarmee is het alternatief ongewijzigde regels als zeer negatief beoordeeld met betrekking tot ernstige hinder vanwege slagschaduw. De variant van 0 uur per jaar is als zeer positief beoordeeld, omdat hiermee slagschaduw op gevoelige objecten (vrijwel) geheel wordt voorkomen. De variant van 6 uur per jaar is als neutraal beoordeeld omdat de slagschaduwduur overeenkomt met de bovenkant van de bandbreedte van de referentiesituatie. Een normwaarde van 16 uur per jaar leidt tot duidelijk meer slagschaduw dan de referentiesituatie. Ook is de slagschaduwduur van deze variant duidelijk hoger dan op basis van de beperkte beschikbare onderzoeken aanvaardbaar geacht wordt voor het beperken van ernstige hinder. Daarmee is dit alternatief als zeer negatief beoordeeld met betrekking tot ernstige hinder vanwege slagschaduw. Eenduidige definities en regels voor de bepaling en beoordeling van slagschaduw verbeteren de toepassing van de norm en de handhaafbaarheid. Bijvoorbeeld een duidelijke definitie van slagschaduw, regels ten aanzien van de periode waarover slagschaduw moet worden beoordeeld, de maximaal te beschouwen invloedsafstand en de minimaal aan te houden stand van de zon boven de horizon. Ook kan overwogen worden om voor slagschaduwgevoelige objecten een bredere definitie te hanteren dan voor geluidgevoelige objecten.
- F. De zichthinder door obstakels bij verschillende **afstandsnormen** tot woningen wordt bepaald door verschillende factoren die onderling samenhangen. Verschillende aspecten spelen een rol bij de ervaren zichthinder door obstakels, maar er is geen eenduidig beeld van wanneer effecten nu juist groter of kleiner zijn. Ook blijkt dat er op een bepaalde afstand van een windpark of een windturbine een grote spreiding in het beschermingsniveau voor geluid en slagschaduw optreedt. De relatieve verandering hangt af van de uitgangspunten voor de referentieturbine en de omvang van een windpark. Bij een norm van 2 keer tiphoogte of 3 keer tiphoogte kan de statistische kans op ernstige hinder door geluid ten opzichte van de referentiesituatie zowel toe- als afnemen. Bij een norm van 4 keer tiphoogte neemt de statistische kans op ernstige hinder door geluid af. Een toename van ernstige hinder door een afstandsnorm kan worden voorkomen door aanvullend een geluid- en slagschaduwnorm te hanteren. Een afstandsnorm is eigenlijk niet geschikt voor een volwaardige en gelijkwaardige bescherming voor geluid en slagschaduw, maar kan als aanvullende norm wel een basisbescherming bieden. Negatieve beoordelingen worden gegeven voor de afstandsnormen ten opzichte van woningen, welke het gevolg zijn van een steeds verdere inperking van het plaatsingspotentieel van windturbines en daarmee een steeds grotere kans op negatieve effecten op Unesco werelderfgoed en waardevolle landschappen in de resterende gebieden. Ook natuur geeft negatieve beoordelingen door steeds verdere inperking van het plaatsingspotentieel van windturbines en daarmee een steeds grotere kans op negatieve effecten op Natura 2000- en NNN-gebieden in de resterende gebieden waar windturbines geplaatst kunnen worden. Voor de energieopbrengst heeft een inperking van plaatsingspotentieel bij grote afstandsnormen ten opzichte van woningen ook negatieve gevolgen.

- G. Het toepassen van **naderingsdetectie** zorgt ervoor dat de obstakelverlichting alleen inschakelt zodra een luchtvaartuig een windturbine(park) nadert. Via radardetectie of transponderdetectie worden luchtvaartuigen waargenomen, waarna de obstakelverlichting wordt geactiveerd. Ook al is dit een redelijk nieuwe technologie, recente studies laten zien dat het een positief effect heeft op het verminderen van de duur van toepassing van obstakelverlichting en daarmee het mogelijk verminderen van lichthinder.

14.3 Toelichting beoordeling effecten

In voorgaande paragraaf is de variatie van dit planMER behandeld. Hierbij zijn ook de effecten ten aanzien van geluid, externe veiligheid, slagschaduw en lichthinder aan bod gekomen. Deze paragraaf geeft een overzicht van de beoordeling van overige effecten die in dit planMER zijn behandeld.

- H. Vaak wordt gesteld dat de afmetingen van de windturbines en de afstand waarop deze zichtbaar zijn een belangrijke relatie hebben met de ervaren (zicht)hinder: hoe groter en dichter bij de waarnemer, des te negatiever de ervaren **zichthinder**. Uit de (internationale) onderzoeken blijkt echter een genuanceerder beeld, waaruit deze relatie lang niet zo duidelijk naar voren komt. Bij onderzoek dat algemene beelden toont aan random geselecteerde personen, die geen omwonenden van een windpark hoeven te zijn, ontstaat het beeld dat windturbines, die groter zijn en dichterbij staan, gemiddeld negatiever worden beoordeeld. Bij onderzoek middels enquêtes onder omwonenden van daadwerkelijk gerealiseerde of te realiseren projecten speelt zichtbaarheid van windturbines een veel bescheidener rol. Er wordt geen relevant (statistisch) verband gevonden tussen zichtbaarheid, afstand, afmetingen, type landschap en ervaren hinder. Er is op basis van de literatuur geen eenduidig beoordelingskader vast te stellen, en om die reden is een effectbeoordeling over zichthinder door obstakels niet uitgevoerd in dit planMER.
- I. Mogelijke **landschappelijke en cultuurhistorische effecten** zijn relevant geacht voor de Unesco Werelderfgoederen Hollandse Waterlinies, Koloniën van Weldadigheid (met België), Droogmakerij De Beemster in Noord-Holland en Schokland, en voor de waardevolle landschappen waaronder nationale parken. Hoe groter de kans is dat windturbines in de nabijheid geplaatst (kunnen) worden onder bepaalde geluids- en/of afstandsnormen ten opzichte van woningen des te groter het negatieve effect is beoordeeld. De analyse is dat strenge geluidsnormen of ruime afstandsnormen ten opzichte van woningen leiden tot meer risico op plaatsing nabij Unesco werelderfgoederen en waardevolle landschappen.
- J. Voor **natuur** is hooguit een licht negatief effect mogelijk bij de natuurgebieden (Natura 2000 en NNN). Dit heeft te maken met de verschillende wettelijke beschermingskaders, zoals de Wet natuurbescherming (Natura 2000) en de planologische bescherming (NNN). Op voorhand is geoordeeld dat significante gevolgen niet mogen optreden. Ook voor vogels en vleermuizen geldt dat er een licht negatief effect mogelijk is, hoewel de verstoringafstand per soort verschilt. De installatie van naderingsdetectie bij obstakelverlichting zal leiden tot minder hinder voor lichtgevoelige vleermuissoorten.
- K. Voor **ruimtegebruik** is het beoordelingscriterium meervoudig ruimtegebruik beoordeeld. Voor meervoudig ruimtegebruik wordt geconcludeerd dat hoe strenger de geluids- of afstandsnormen ten opzichte van woningen hoe kleiner de kansen voor meervoudig ruimtegebruik. Bij een geluidnorm van 37 dB L_{den} en 40 dB L_{den} wordt een zeer negatieve beoordeling gegeven, bij 43 dB L_{den} een negatieve beoordeling en bij 45 dB L_{den} een licht negatieve beoordeling. Bij de afstandsnormen ten opzichte van woningen is sprake van een zeer negatieve beoordeling bij 4 keer de tiphoogte, een negatieve beoordeling bij twee keer de tiphoogte een neutrale beoordeling bij twee keer de tiphoogte. Bij beide varianten van externe veiligheid is er sprake van een licht negatief effect op de kansen voor meervoudig ruimtegebruik. Tot slot is er bij de varianten slagschaduw geen effect te verwachten op meervoudig ruimtegebruik.
- L. Voor **energieopbrengst** geldt hetzelfde principe als voor ruimtegebruik: hoe strenger de geluids- en afstandsnormen ten opzichte van woningen, hoe lager het resterende plaatsingspotentieel. Dat betekent dat bij een geluidnorm van 37 dB L_{den} en 40 dB L_{den} een zeer negatieve beoordeling wordt gegeven en bij 43 dB L_{den} en 45 dB L_{den} een negatieve beoordeling. Bij de afstandsnormen ten opzichte van woningen is sprake van een zeer negatieve beoordeling bij 3 keer en 4 keer de tiphoogte en een neutrale beoordeling bij twee keer de tiphoogte. Bij externe veiligheid wordt een licht negatief effect verwacht op het plaatsingspotentieel in de bebouwde omgeving, o.a. doordat er geen tot weinig realisatie van windturbines meer mogelijk is op bedrijventerreinen bij een standaardwaarde van PR 10-6 voor beperkt kwetsbare objecten. Tot slot is er bij de variant 0 uur slagschaduw per jaar een licht negatief effect en bij de variant 16 uur slagschaduw per jaar een licht positief effect te verwachten op de energieopbrengst doordat er sprake is van respectievelijk iets meer en iets minder productieverlies dan in de referentiesituatie.

14.4 Doorkijk naar 2050

Bij de referentiesituatie (Hoofdstuk 7) is een beschrijving gegeven van de autonome- en toekomstige ontwikkelingen richting 2050. In Tabel 14-3 wordt toegelicht wat de invloed is van autonome- en toekomstige ontwikkelingen op de beoordeling van de thema's.

Tabel 14-3 Doorkijk naar 2050

Thema's	Beoordelingscriterium	Doorkijk naar 2050
Gezondheid	Geluidhinder	<p>De transitie van fossiele energie naar duurzame energie zorgt voor meer windturbines op land. De toenemende woningbouw kan er daarnaast voor zorgen dat meer woningen worden gebouwd nabij windturbines. De toename van het aantal windturbines en woningen kan tot een toename leiden van het aantal gehinderden door geluid of slagschaduw. Anderzijds worden op lange termijn diverse technische ontwikkelingen verwacht, zoals elektrisch vervoer, verbeterde isolatie van woningen, stillere luchtvaart, het vervangen van oudere windturbines en het introduceren van stillere moderne windturbines. Deze technologische ontwikkelingen dragen bij aan een betere leefomgeving als het gaat om geluid.</p> <p>Het introduceren van een afstandsnorm in combinatie met hoger wordende windturbines leidt ertoe dat de kans op ernstige geluidhinder in de toekomst afneemt.</p>
Zicht- en lichthinder	Zichthinder door obstakels	De factoren die invloed hebben op zichthinder door obstakels zijn in hoge mate locatiespecifiek, waardoor uit de literatuur niet duidelijk kan worden afgeleid in welke mate en/of combinatie deze factoren meewegen in een effectbeoordeling. Daarom is zichthinder door obstakels niet verder beoordeeld in dit planMER.
	Hinder door slagschaduw	Tot 2050 zullen er woningen bij komen in Nederland. Dit betekent ook dat er op meer woningen slagschaduwhinder kan optreden door windturbines. De slagschaduwhinder kan beperkt worden door in de toekomst de stilstandsvoorziening op alle windturbines toe te passen.
	Lichthinder door obstakelverlichting	Obstakelverlichting is een internationale verplichting op bouwwerken met een hoogte van 150 meter of meer ten opzichte van maaiveld. De komende jaren is de verwachting dat in het kader van de energietransitie het aantal windturbines op land toeneemt. Nieuwe windturbines zijn over het algemeen groter dan 150 meter, wat betekent dat nieuwe windturbines allemaal uitgerust worden met obstakelverlichting. Wanneer de ontwikkelingen op het gebied van naderingsdetectie zich voortzetten, dan worden deze nieuwe windturbines uitgerust met naderingsdetectie. Daarnaast worden de komende jaren oudere windturbines, die nog niet uitgerust zijn met naderingsdetectie, vervangen door moderne windturbines.
Externe veiligheid	Kwetsbare objecten	Door het groter worden van windturbines wordt het optredende risico verspreid over een groter oppervlakte rondom de windturbine. Hierdoor komt de PR10 ⁻⁶ contour in verhouding met de tiphoogte dichterbij de windturbine te liggen. Doordat windturbines groter worden kan het in de toekomst noodzakelijk zijn om het externe veiligheidsbeleid te optimaliseren, passend bij het dan geldende formaat van windturbines.
	Beperkt kwetsbare objecten	Voor de doorkijk naar 2050 voor beperkt kwetsbare objecten geldt hetzelfde als hierboven beschreven voor kwetsbare objecten.
Landschap & Cultuurhistorie	Unesco werelderfgoed	Op dit moment zijn geen nominaties voor Unesco werelderfgoed bekend die relevant zijn voor de effecten van windturbines op de langere termijn. Voor het reeds toegekend Unesco werelderfgoed betekenen meer windturbines meer aantasting van de ervaring van het werelderfgoed, maar de mate waarin dit optreedt hangt zeer af van de lokale situatie.
	Waardevolle landschappen	In dit planMER wordt bij de autonome ontwikkelingen beschreven dat waardevolle landschappen onder druk staan door ruimteclaims van andere functies en daarbij horend een toename van het aantal windturbines op land. Deze opgave is vertaald naar het doel uit de NOVI om het landschap te behouden en versterken. Door strengere geluid- of afstandsnormen te hanteren dan de referentiesituatie zal de druk op het landschap als gevolg van windturbines zich voortzetten richting 2050. Bij een soepelere geluid- of afstandsnorm ontstaan kansen om waardevolle landschappen te vermijden ten opzichte van de referentiesituatie.

Thema's	Beoordelingscriterium	Doorkijk naar 2050
Natuur	Natura 2000	Er is een verwachte groei van het aantal windparken tot 2050. De aanwezigheid van (steeds meer) windturbines kan een belemmering vormen voor soorten om hun leefgebied te bereiken en er kunnen aanvaringen optreden. In hoeverre bepaalde natuurkwaliteiten worden beïnvloed door een normstelling hangt mede samen met de ontwikkelrichting van natuur in de toekomst. Deze is beschreven in de autonome ontwikkelingen in dit planMER.
	NNN	Er is een verwachte groei van het aantal windparken tot 2050. De aanwezigheid van (steeds meer) windturbines kan een belemmering vormen voor soorten om hun leefgebied te bereiken en er kunnen aanvaringen optreden. In hoeverre bepaalde natuurkwaliteiten worden beïnvloed door een normstelling hangt mede samen met de ontwikkelrichting van natuur in de toekomst. Deze is beschreven in de autonome ontwikkelingen in dit planMER.
	Vogels	Er is een verwachte groei van het aantal windparken tot 2050. De aanwezigheid van (steeds meer) windturbines kan een belemmering vormen voor soorten om hun leefgebied te bereiken en er kunnen aanvaringen optreden. De effecten van windturbines kunnen zich bij vogels op termijn uiten in verandering in locatiekeuze, fysiologie, gedrag en uiteindelijk populatieomvang.
	Vleermuizen	Er is een verwachte groei van het aantal windparken tot 2050. De aanwezigheid van (steeds meer) windturbines kan een belemmering vormen voor soorten om hun leefgebied te bereiken en er kunnen aanvaringen optreden. De effecten van windturbines kunnen zich bij vleermuizen op termijn uiten in verandering in locatiekeuze, fysiologie, gedrag en uiteindelijk populatieomvang.
	Stikstofemissie	Te verwachten is dat in 2050 vrijwel alle materieel elektrisch (of niet fossiel) aangedreven is en dat de daarvoor geleverde elektriciteit door niet-fossiele bronnen is opgewekt. In lijn daarmee is de verwachting dat in 2050 de stikstofemissie door dit materieel in de aanlegfase nihil is. Voor de gebruiksfase geldt dat de verwachting is dat meer energie wordt opgewekt door windturbines. Er is dan minder uitstoot van stikstof vanwege het verminderd gebruik van fossiele brandstoffen.
Meervoudig ruimtegebruik	Meervoudig ruimtegebruik	De toepassing van het beleid voor meer productie van duurzame energiebronnen in 2050 zorgt voor een additionele vraag naar meervoudig ruimtegebruik. De locaties waar plaatsing van windenergie in gebieden mogelijk is zonder toepassing van meervoudig ruimtegebruik nemen af of zijn reeds in gebruik. Er ontstaat daardoor een verhoogde druk op de ruimte in Nederland om locaties te vinden waar meervoudig ruimtegebruik toegepast kan worden. Bij het hanteren van strenge normen neemt de kans op meervoudig ruimtegebruik af, waar bij soepelere normen de kans op meervoudig ruimtegebruik toeneemt. Op lokaal niveau dient dit per project getoetst te worden.
Energieopbrengst	Plaatsingspotentieel	De Nederlandse klimaatdoelen omvatten onder andere 95% minder CO ₂ -uitstoot in 2050 ten opzichte van 1990. Te verwachten is dat het aandeel windenergie daarbinnen substantieel zal zijn. Het toepassen van soepelere normen leidt tot een hoger plaatsingspotentieel van windturbines, waardoor het mogelijk is meer duurzame energieopbrengst te realiseren.

14.5 Voorkeursalternatief

In de AMvB zal een keuze worden gemaakt en toegelicht welke bepalingen zijn opgenomen en hoe. De keuze in de AMvB dient binnen de bandbreedte te vallen van het Alternatief ongewijzigde regels en van de thematische varianten die in dit planMER zijn behandeld.

15 Leemten in kennis, evaluatie & monitoring, vervolgpcedure

15.1 Leemten in kennis

Dit planMER staat ten dienste van de windturbinebepalingen leefomgeving. Deze algemene regels voor windturbinebepalingen zijn gebaseerd op de onderwerpen die in het alternatief ongewijzigde regels en in de varianten zijn onderzocht. Voor de beschouwde bandbreedte van alternatieven en varianten is het relevant om leemten in kennis te benoemen. Voor enkele thema's bestaan leemte in kennis, welke reeds besproken zijn bij de beoordeling van de varianten in de voorgaande hoofdstukken. Eventuele leemten in kennis die hieronder worden behandeld hebben dus betrekking op de volgende onderwerpen: geluid, externe veiligheid, slagschaduw, afstandsnormen en naderingsdetectie.

In Tabel 15-1 zijn de leemten in kennis samengevat. Ook is toegelicht of er invloed is op de besluitvorming over de windturbinebepalingen leefomgeving.

Tabel 15-1 Beschrijving leemte in kennis

Thema's	Beschrijving leemte in kennis	Invloed op de besluitvorming?
Gezondheid	<p>Windturbinegeluid wordt bij eenzelfde geluidbelasting hinderlijker beschouwd dan geluid van industrie, wegen en spoorwegen. Een belangrijke oorzaak hiervan is het ritmische karakter van het geluid. De ritmische variaties in het geluidniveau met de frequentie waarmee een rotorblad een bepaald punt passeert worden aangeduid met amplitudemodulatie. Overmatige amplitudemodulatie kan tot extra hinder leiden. Het is niet bekend in welke mate overmatige amplitudemodulatie optreedt.</p> <p>Het effect van de geluidvarianten op gezondheid is bepaald op basis van dosis-effectrelaties voor ernstige hinder die zijn vastgesteld door TNO (2008) en Michaud et al. (2016). Deze dosis-effect relaties geven voor het specifieke karakter van windturbinegeluid het verband tussen de geluidbelasting vanwege windturbines, uitgedrukt in L_{den}, en de ervaren (ernstige) hinder. Bij beide dosis-effectrelaties is sprake van brede betrouwbaarheidsintervallen en bij een geluidbelasting boven 40 dB L_{den} wijken de resultaten af. Dit wordt veroorzaakt door verschillen in methoden, de context van de onderzoeken en de in het onderzoek betrokken windparken en landen. Het onderzoek van TNO is gebaseerd op onderzoeken uit Nederland en Zweden, maar dateert uit 2008. Het onderzoek van Michaud et al. bevat meer respondenten, heeft betrekking op modernere typen windturbines, maar beslaat ook gemeenschappen die voor de situatie in Nederland mogelijk minder representatief zijn.</p>	<p>NEE: De effectbeoordeling is gebaseerd op de huidig beschikbare informatie over dosis-effectrelaties van windturbinegeluid. De verschillen tussen de onderzoeken hebben geen rol gespeeld in de effectbeoordeling omdat de effectscore is gebaseerd op relatieve verschillen ten opzichte van de referentiesituatie. In absolute aantallen wijken bij een geluidbelasting van meer dan 40 dB L_{den} de effecten wel af.</p>
Externe veiligheid	<p>Als gevolg van het groter worden van de windturbines worden de effecten op de omgeving verdeeld over een grotere zone. Een andere ontwikkeling is dat windturbines veiliger worden. Dit tezamen zorgt enerzijds voor een vergroting van de totale zone waarbinnen een effect kan optreden maar anderzijds voor een afname van het optredende risico per vierkante meter binnen deze zone. De toekomstige gevolgen van dit</p>	<p>NEE: Voor de huidige besluitvorming kan uitgegaan worden van de huidige situatie. In de toekomst dient echter bezien te worden hoe windturbines zich ontwikkelen qua formaat en veiligheid. Om deze leemte in kennis te verkleinen kan een analyse uitgevoerd worden naar de verschillen tussen effectafstanden en risicobenadering bij moderne windturbines van een groter wordend formaat. Dit maakt inzichtelijk om welke afstanden het gaat bij het gros van de windturbines en hoe de</p>

Thema's	Beschrijving leemte in kennis	Invloed op de besluitvorming?
	gecombineerde effect als gevolg van grotere windturbines is een nog onbekende factor.	<p>formaatwijziging van windturbines kunnen leiden tot andere risicoprofielen. Hiermee wordt meer kennis vergaard over de risico's die in de toekomst zullen optreden en kan een betere afweging worden gemaakt tussen de belangen.</p> <p>Omdat de risico's per nieuw(e) windturbine/windpark inzichtelijk worden gemaakt staat deze leemte in kennis een besluit over de windturbinebepalingen niet in de weg.</p>
	Onzekerheid over de toepasbaarheid van de huidige faalfrequenties van windturbines en onzekerheden over de toe te passen faalscenario's behorende bij de faalfrequenties.	<p>NEE: Uit het uitgevoerde onderzoek in mei 2022 blijkt dat de risico's kleiner zijn bij moderne windturbines. Naar verwachting zal een analyse van de faalscenario's enkel zorgen voor het verschuiven van de risico's binnen de aangegeven conservatief ingestelde maximale grenzen. Deze leemte in kennis staat een besluit over de windturbinebepalingen niet in de weg.</p> <p>Het RIVM heeft overigens aangegeven dat in 2023 nieuw onderzoek wordt uitgevoerd naar evaluatie van rekenmethodieken voor de beoordeling van faalscenario's die beschikbaar zijn in de huidige literatuur. Dit onderzoek is nog niet gestart maar kan invloed gaan hebben op de faalscenario's die gehanteerd worden in de Handleiding Risicobeoordeling Windturbines.</p>
Energieopbrengst	Het effect van de geluidvarianten en afstandsnormen ten opzichte van woningen op de plaatsingsruimte is bepaald met behulp van onderzoeken van het RIVM en van Generation Energy. Door de gehanteerde systematiek is dit niet direct te vergelijken met eerder onderzoek door het RIVM in 2009. Ook wijkt de door Generation Energy gehanteerde referentiesituatie voor de beoordeling van de consequenties op het plaatsingspotentieel af van de referentiesituatie zoals gehanteerd in het PlanMER. Er is derhalve op basis van een inschatting een vertaalslag gemaakt naar een beoordeling ten opzichte van de referentiesituatie zoals gehanteerd in dit PlanMER. Deze vertaalslag heeft consequenties voor de nauwkeurigheid van de beoordeling.	NEE: Het wordt niet verwacht dat de benodigde vertaalslag en de consequenties voor de nauwkeurigheid een wezenlijke invloed hebben op de uiteindelijke effectbeoordeling ten opzichte van de referentiesituatie.

15.2 Evaluatie en monitoring

Bij het Rijk bestaat een stelsel van beleidsevaluaties en daarop gebaseerde beleidsdoorlichtingen. Dit is eveneens een systeem van doelen stellen, instrumenten zoals regelgeving hieraan koppelen en nagaan of dit ook als bedoeld heeft gewerkt, gekoppeld aan de begroting. Meer informatie is te vinden op de website:

<https://www.rijksfinancien.nl/beleidsevaluatie>.

Algemeen kan gesteld worden dat nieuwe inzichten die nu nog leemten in kennis zijn of huidige inzichten die in de toekomst wijzigen gemonitord zouden moeten worden. Deze kunnen op termijn aanleiding zijn om de normstelling te evalueren en eventueel aan te passen. Vanuit dit planMER komen enkele onderwerpen naar voren die specifiek aandacht verdienen bij monitoring van Windturbinebepalingen Leefomgeving:

- De periodieke uitvoering van hinderonderzoek zoals RIVM dat gaat uitvoeren (zie paragraaf 4.2.2 en de Kamerbrief van 6 juli 2022 uit voetnoot 29) levert mogelijk nieuwe inzichten op. Dit kan voor de wetgever aanleiding geven om in te grijpen, bijvoorbeeld als het geluid van toekomstige windturbines hinderlijker wordt dan het geluid van de huidige generatie als gevolg van sterkere amplitudemodulatie, meer laagfrequent geluid

en dergelijke. Anderzijds kunnen windturbines ook minder hinderlijk worden, hetgeen ook aanleiding zou kunnen zijn om de windturbinebepalingen aan te passen in de toekomst.

- Door periodieke afleiding van de windverdeling in Nederland door het KNMI kan worden gevolgd of klimaatverandering leidt tot meer of minder geluid van windturbines. Nu werkt het systeem dat de wetgever gegevens over de windverdeling in Nederland ter beschikking stelt. Initiatiefnemers moeten van deze gegevens gebruik maken om aan te tonen dat L_{den} en L_{night} voldoen aan de norm. Indien de wind door veranderingen van het klimaat toeneemt of afneemt, zullen L_{den} en L_{night} toenemen resp. afnemen. Het is dus belangrijk dat bij de prognose uitgegaan wordt van actuele winddata.
- De groei van het formaat windturbines heeft invloed op de externe veiligheid, zodat het nodig kan zijn om dit te monitoren en zo nodig in de toekomst aanpassingen te doen in de normstelling voor externe veiligheid.

15.3 Vervolgprocedure

Het planMER bevat de relevante milieu-informatie die gebruikt is voor de onderbouwing van de ontwerp-windturbinebepalingen. Het planMER gaat samen met de concept-windturbinebepalingen ter visie. Eenieder kan hier een zienswijze over indienen. De Commissie voor de milieueffectrapportage toetst het planMER op kwaliteit en volledigheid. Het Rijk bepaalt haar standpunt over de windturbinebepalingen op grond van de zienswijzen en de toetsing, maar heeft ook haar eigen afweging te maken. Hier kunnen meer factoren een rol spelen dan milieueffecten alleen. De verdere procedure is dat de Raad van State nog adviseert over de windturbinebepalingen. Daarna worden deze politiek besproken en vastgesteld. Windprojecten zijn dan weer te baseren op nationale windturbinebepalingen.

Windenergieprojecten doorlopen uiteraard de wettelijke procedures. Onder andere hoort bij drie of meer windturbines een MER, dat meer op de details ingaat van dat project en de locatie.

Literatuurlijst

- Aaen, S. B., Lyhne, I., & Rudolph, D. e. (2022). Do demand-based obstruction lights on wind turbines increase community annoyance? Evidence from a Danish case. *Renewable Energy*, 164-173.
- Aarts, F. (2022). *Gebiedsbescherming Natuurnetwerk Nederland (NNN)*. Opgehaald van <https://www.tauw.nl/op-welk-gebied/ecologie/gebiedsbescherming-nnn/>.
- ABRvS. (2006, juni 21). Uitspraak 200509480/1 Afdeling Bestuursrechtspraak Raad van State.
- ABRvS. (2012, december 19). Uitspraak 201107737/1/A4 Afdeling Bestuursrechtspraak Raad van State.
- ABRvS. (2020, januari 29). Uitspraak 201902414/1/R1 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State.
- ABRvS. (2021, juli 28). Uitspraak 201906442/1/R2 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State.
- ABRvS: 201608423/1/R6. (2018, februari 21). Uitspraken 201608423/1/R6 en 201703826/1/R6 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State inzake Windpark De Drentse Monden en Oostermoer.
- ABRvS: 201706637/1/R6. (2018, juni 21). Uitspraak 201706637/1/R6 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State inzake Windpark Avri.
- ABRvS: 201707417/1/R6. (2018, september 19). Uitspraak 201707417/1/R6 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State inzake Windpark Weijerswold Coevorden.
- ABRvS: 201809023/1/R1. (2019, december 18). Uitspraak 201809023/1/R1 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State inzake Windpark Greenport Venlo.
- ABRvS: 201909109/2/R2. (2022, april 6). Uitspraak 201909109/2/R2 van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State inzake Windpark Veghel Win(d)t.
- Afdeling bestuursrechtspraak Raad van State. (2021, juni 30). Uitspraak 202003882/1/R3.
- Anteagroup. (2020). *Windturbines bij risicobedrijven*. Den Haag.
- Atlas van de Leefomgeving. (2020, 10 16). *Waar is het licht in Nederland en mag dat iets minder?* Opgehaald van <https://www.atlasleefomgeving.nl/nieuws/waar-is-licht-in-nederland-en-mag-dat-iets-minder>
- Atlas van de leefomgeving. (2021, November). *Kaarten*. Opgehaald van <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten>
- Bakx, M., & Witte, J. (2021, februari 10). Ruimtelijke effecten van een strengere geluidsnorm voor windturbines. *Generation Energy*.
- Berg, G. v., & Kuijeren, N. v. (2008). Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden. *RIVM Briefrapport 60933002/2008*.
- BIJ12. (sd). *ADC-toets*. Opgehaald van BIJ12: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/vergunningen-en-toestemmingsbesluiten/adc-toets/>
- BIJ12. (sd). *Passende Beoordeling*. Opgehaald van BIJ12: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/stikstof-en-natura2000/vergunningen-en-toestemmingsbesluiten/passende-beoordeling/>
- Bijl, D. (2021). *Gezondheidseffecten van windturbinegeluid, Analyse van het RIVM-rapport 2020-0214*. Utrecht: Wind Wiki.
- Biomaatschappij. (2020, Juni 10). *De sluipende effecten van stikstofdepositie op de natuur*. Opgehaald van Biomaatschappij: <https://www.biomaatschappij.nl/artikel/de-sluipende-effecten-van-stikstofdepositie-op-de-natuur/>
- Bolders, A., Reedijk, M., Van Wijnen, H., & Van Kamp, I. (2022). Annoyance and sleep disturbance responses in people living in the vicinity of wind turbines in the Netherlands. *inter.noise*. Glasgow: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Bolin, K. (2011, September 22). Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects. *Environmental reasearch lettes*.
- Bolin, K., Nilsson, E. M., & Khan, S. (2010). The Potential of Natural Sounds to Mask Wind. *Acta Acustica united with Acustica Vol. 96*, 131-137.

- Bosch & van Rijn. (2018). *Windenergie A16 - Milieueffectrapport*. Opgeroepen op 08 23, 2022, van <https://www.commissiomer.nl/projectdocumenten/00004200.pdf>
- Brouwers, H., Verwoerd, L., & Klaassen, P. (2021). *Op weg naar verantwoord en waardevol leren: Impactstudie van de lerende evaluatie van het natuurpact 2020*. Amsterdam: PBL.
- Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI). (2020, januari 23). Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen – Aktualisierung 2019.
- CBS. (2020). *Nederland in cijfers*. Opgehaald van <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2020/hoe-wordt-de-nederlandse-bodem-gebruikt/>
- CBS. (2020, 12 29). *Vervijfvoudiging vleermuizen sinds 1986*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/53/vervijfvoudiging-vleermuizen-sinds-1986>
- CBS. (2022, 2 24). *Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar bedrijfstype, nationaal*. Opgehaald van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80782ned/table?ts=1555061922213>
- CBS. (2022, Juni 6). *Stikstofdepositie*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-stikstof/stikstofdepositie>
- CBS. (2022, Juni 6). *Stikstofemissies naar lucht*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-stikstof/stikstofemissies-naar-lucht>
- CBS. (2022, 5 18). *Toename bebouwd gebied ten koste van landbouw*. Opgehaald van https://www.cbs.nl/item?sc_itemid=4a66dae7-b48c-40a5-948e-6659fc6cd364&sc_lang=nl-nl
- CLO. (2014, 07 9). *Zichtbaarheid en invloed op landschapswaardering van windturbines*. Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1408-zichtbaarheid-windturbines?ond=20886>
- CLO. (2020, Juni 19). *Aandeel beschermde natuurgebieden in Nederland*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1425-begrenzing-van-het-natuurnetwerk-en-natura-2000-gebieden>
- CLO. (2020, Juni 19). *Aandeel beschermde natuurgebieden in Nederland*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1425-begrenzing-van-het-natuurnetwerk-en-natura-2000-gebieden>
- CLO. (2020, Januari 8). *Kaart bodemgebruik van Nederland, 2015*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0061-bodemgebruikskaat-voor-nederland>
- CLO. (2020). *Veranderingen bodemgebruik, 1996 - 2015*. Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0060-bodemgebruik-in-nederland>
- CLO. (2021, Oktober 25). *Trend van vleermuizen, 1986-2020*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1070-aantalsontwikkeling-van-vleermuizen>
- CLO.
- CLO. (2022, April 28). *Openheid landschap 2018*. Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1022-openheid-landschap>
- CLO. (2022, Mei 17). *Realisatie Natuurnetwerk - verwerving en inrichting, 1990 - 2020*. Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1307-realisatie-natuurnetwerk---verwerving-en-inrichting>
- CLO. (2022, Maart 24). *Trend van boerenlandvogels (1915 - 2020)*. Opgehaald van Compendium voor de leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1479-boerenlandvogels>
- CLO. (2022, Juni 22). *Trends van soorten van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn, 1990 - 2020*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1085-habitatrichtlijnsoorten>
- CLO. (2022, April 6). *Windturbines op land en op zee, 1990 - 2020*. Opgehaald van Compendium voor de Leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1475-windturbines-in-de-groene-ruimte>
- Crommentuijn, L., Farjon, J., den Dekker, C., & Van der Wulp, N. (2007). *Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006 - Nulmeting landschap en groen in en om de stad*. Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau .
- Cryan et al. (2022). *Influencing Activity of Bats by Dimly Lighting wind turbine surfaces with Ultraviolet Light*. Fort Collins: MDPI.

- De Vries, S., De Groot, M., & Boers, J. (2012). Eyesores in sight: Quantifying the impact of man-made elements on the scenic beauty of Dutch landscapes. *Urban Planning*.
- Dirkzwager. (2018). *Grensoverschrijdende Milieueffecten project-mer*. Opgehaald van Dirkzwager: <https://www.dirkzwager.nl/omgevingswet/wettekst/hoofdstuk-16-procedures/afdeling-164-milieueffectrapportage/1642-milieueffectrapportage-voor-projecten/1653b-grensoverschrijdende-milieueffecten-project-mer/>
- Dotinga, H. (2020, December 17). *5 vragen over windenergie en vogels*. Opgehaald van Vogelbescherming: <https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/5-vragen-over-windenergie-en-vogels>
- Dröes, M., & Koster, H. (2019). *Windturbines, zonneparken en woningprijzen*.
- ETFI. (2014). *Windpark Fryslân Potentiële toeristische impact - Literatuurstudie in opdracht van Pondera Consult*.
- ETFI. (2016). *Toeristisch-economische potentie windparken gemeente Emmen - Onderzoek naar de impact van windparklocaties op het toerisme*.
- Europese Commissie. (2020). *Richtsnoeren betreffende windenergieprojecten en EU-natuurwetgeving*. Brussel.
- Evert et al. (2019). *Wind-op-land: lessen en ervaringen*. PBL. Opgehaald van <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-wind-op-land-lessen-en-ervaringen-3379.pdf>
- Feder, K., Michaud, D. S., Keith, S. E., Voicescu, S. A., & et al. (2015). An assessment of quality of life using the WHOQOL-BREF among participants living in the vicinity of wind turbines. *Environmental Research*, pp. 227-238.
- Gasunie. (sd). *Waterstofnetwerk Nederland*. Opgehaald van [gasunie.nl: https://www.gasunie.nl/projecten/waterstofnetwerk-nederland](https://www.gasunie.nl/projecten/waterstofnetwerk-nederland)
- Geertsema, E., Scheele, M., & van den Brink, H. (2018). Windgegevens voor het berekenen van de geluidsbelasting door windturbines, TR-370. *KNMI*.
- Gemeente Almere. (2022, april 20). *Beleidsregel slagschaduw Oosterwold gemeente Almere*. Opgehaald van Overheid.nl: <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR644592>
- Generation Energy. (2021). *Ruimtelijke effecten van een strengere geluidsnorm voor windturbines*. Den Haag.
- Generation Energy. (2022). *Ruimtelijke effecten van alternatieve afstandsnorm voor windturbines en een effect voor de RES zoekgebieden [ongepubliceerd rapport]*. Den Haag.
- Haac, T., Kaliski, K., Landis, M., & et al. (2019). Wind turbine audibility and noise annoyance in a national U.S survey: Individual perception and influencing factors. *The Journal of the Acoustical Society of America vol. 146*, 1124-1141.
- HaskoningDHV, R. (2019). *Milieueffectrapport Nationale Omgevingsvisie*.
- Henk Sierdsema et al. (2021). *Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels*. Sovon.
- Hübner, G., Pohl, J., Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliot, D., & Haac, R. (2019). Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of U.S. and European samples. *Environment International*.
- InfoMil. (sd). *NEC-stoffen*. Opgehaald van Kenniscentrum InfoMil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/nec-stoffen/#Plafondsvoor2020>
- Informatiepunt Leefomgeving. (2022, 8 30). *Lichthinder*. Opgehaald van <https://iplo.nl/thema/licht/lichthinder/>
- Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. (2021). *Effecten van windturbines op vleermuizen in Vlaanderen*. Brussel: Maurice Hoffmann.
- Janssen, S. A., Vos, H., & Eisses, A. R. (2008). *Hinder door geluid van windturbines. Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens*. TNO 2008-D-R1051/B.
- Janssen, S., Vos, H., & Eisses, A. (2008). *Hinder door geluid van windturbines*. TNO.
- Janssen, S., Vos, H., Eisses, A., & Pedersen, E. (2011). A comparison between exposure–response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *The Journal of the Acoustical Society of America 130*(6), pp. 3746–53.

- Johansson, A., Alvarsson, J., & Bolin, K. (2017). Partial masking and perception of wind turbine noise in ambient noise. *7th International Conference on Wind Turbine Noise*. Rotterdam.
- Kerkvliet, H. (2019, 08 28). *Windpark Caprice Lingewaard*. Opgeroepen op 08 19, 2022, van <https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/00006349.pdf>
- Kerkvliet, H. (2019, 11 06). *Windpark de Pals - Slagschaduwonderzoek t.b.v. projectMER en aanvraag omgevingsvergunning*. Opgeroepen op 08 19, 2022, van <https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/00005122.pdf>
- Kerkvliet, H. (2019, 03 29). *Windpark Oude Mol – opschaling Mariapolder*. Opgeroepen op 08 18, 2022, van <https://www.commissiemer.nl/projectdocumenten/00005903.pdf>
- Koeman, N., van den Berg, F., & Breugelmans, O. (2022). *Advies expertgroep gezondheidseffecten windturbines*. Gemeente Amsterdam.
- Kok, J. (2020). *Woningbouwopgave tot 2035 en investeringscapaciteit corporaties*. Economisch Instituut voor de Bouw (EIB). Opgehaald van <https://www.eib.nl/pdf/Rapport%20Woningbouwopgave%20tot%202035%20en%20investeringscapaciteit%20corporaties.pdf>
- Koppen, E., & Ekelschot - Smink, M. (2022, april 19). Onderzoek afstandsnormen windturbines. *Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Arcadis rapport D10048616.25*.
- Koppen, E., & Ekelschot - Smink, M. (2022, april 19). *Onderzoek afstandsnormen windturbines*.
- Koppen, E., Gunuru, M., & Chester, A. (2017). International Legislation and Regulations for Wind Turbine Shadow Flicker Impact. *7th International Conference on Wind Turbine Noise*. Rotterdam.
- Kuwano, S., Yano, T., Kageyama, T., Sueoka, S., & Tachibanae, H. (2014). Social survey on wind turbine noise in Japan. *Noise Control Engineering Journal* 62(6), pp. 503-20.
- Länderausschuss für Immissionsschutz. (2002). *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)*.
- Land-id. (2021). *Afweginskader energieopwekking Hollandse Waterlinies*. Arnhem.
- Lensink, R. (2018). *Vormen vliegbewegingen van lokale vogels en trekkende vogels een risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport ? Bureau Waardenburg*.
- LNV. (2021). *Op weg naar Basiskwaliteit Natuur*. Leiden: Naturalis Biodiversity Center.
- M+P. (2021). *Consequenties van het verlagen van de norm voor windturbinegeluid voor plaatsbaarheid en energieopbrengst*.
- Michaud, D. S., Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., & et al. (2016). *Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance*. The Journal of the Acoustical Society of America.
- Milieucentraal. (2022). *Stikstof*. Opgehaald van Milieucentraal: <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/milieu Problemen/stikstof-in-de-lucht-en-bodem/#Te-veel-stikstof-slecht-voor-natuur>
- Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. (2007, november 9). Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2022-07-01>. Opgeroepen op november 18, 2021, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2018-04-05>
- Ministerie BZK. (2020). *Nationale Omgevingsvisie - Duurzaam perspectief voor onze leefomgeving*. Den Haag.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties. (2021, 12 1). *Kamerbrief over voortgang plancapaciteit oktober 2021 en Nationale Woningbouwkaart*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/12/01/kamerbrief-bij-abf-rapportage-voortgang-plan-capaciteit-oktober-2021-en-nationale-woningbouwkaart>
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken. (2014). *Structuurvisie Windenergie op land*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020). *Verantwoord vliegen naar 2050 - Luchtvaartnota 2020-2050*. Den Haag.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM). (1999). *Handleiding meten en rekenen industrielawaai*.

- Møller, H. (2011, June). Low-frequency noise from large wind turbines. *J. Acoust. Soc. Am.*
- Mulder, P., Boonman, H., & Sterkenburg, R. (2022). *De Impact van Windturbines op Huizenprijzen in Nederland - Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030*. TNO.
- Natuurmonumenten. (sd). *Vleermuis*. Opgehaald van Natuurmonumenten: <https://www.natuurmonumenten.nl/dieren/vleermuis>
- Nederlandse overheid. (2018). *Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180, houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Opgeroepen op november 18, 2021, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2018-04-05>
- Nederlandse overheid. (2018, april 5). *Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180, houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Opgeroepen op november 18, 2021, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2018-04-05>
- Nederlandse overheid. (2021, november 18). *Besluit van 19 oktober 2007, houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Opgeroepen op november 18, 2021, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2021-07-01>
- NEN. (2003). NPR 5272:2003. *Geluidwering in gebouwen - Aanwijzingen voor de toepassing van het rekenvoorschrift voor de geluidwering van gevels op basis van NEN-EN 12354-3*.
- NEN. (2006). NEN 5077:2006. *Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd*.
- Nieuwenhuizen, E. (2020). Consequenties van het verlagen van de norm voor windturbinegeluid voor plaatsbaarheid en energieopbrengst. Quick scan. *Presentatie M+P i.o.v. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland* (https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/10/Consequenties_verlagen_norm_WTgeluid.pdf).
- Noord Hollandse Energie Regio. (2020). *Energie en Infrastructuur*.
- Noord Hollandse Energie Regio. (2020b). *Energie en Natuur*.
- Noord Hollandse Energie Regio. (2020c). *Landbouw en Energie*.
- Noordover, E. (2016). *Windturbines en Ecologie: Gebiedsbescherming*. Amsterdam.
- PBL. (2021). *Monitor RES 1.0 - Een analyse van de Regionale Energie Strategieën 1.0*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL; WUR. (2020). *Referentiescenario's natuur - tussenrapportage natuurverkenning 2050*. Den Haag: PBL.
- Pedersen, E., & Van Den Berg, F. (2010). Why is wind turbine noise poorly masked by road traffic noise? *Internoise 2010*. Lisbon.
- Pedersen, E., Berg, F. v., Bakker, R., & Bouma, J. (2010, januari 4). Can road traffic mask sound from wind turbines? Response to windturbine sound at different levels of road traffic sound. *Energy Policy* 38, pp. 2520-2527.
- Peeters, B., & Nusselder, R. (2019, oktober 9). Overview of critical noise values in the European Region. *European Network of the Heads of Environment Protection Agencies, M+P rapport M+P.BAFU.18.01.1*.
- Peuchen, R., Kox, E., Klösters, M., & Straver, K. (2022). *Beleving windenergie op land; inzichten uit vier windparken*. TNO.
- Pohl, J., Faul, F., & Mausfeld, R. (1999). *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen*. Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität.
- Pohl, J., Faul, F., & Mausfeld, R. (2000). *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen Laborpilotstudie*. Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität.
- Pohl, J., Hübner, G., & Mohs, A. (2012). Acceptance and stress effects of aircraft obstruction markings of wind turbines. *Energy Policy*, 592-600.
- Poll, R. v. (2019). *Ernstige Hinder en Slaapverstoring, Monitoringsgegevens Onderzoek Beleving Woonomgeving*. RIVM.

- Pondera. (2020, 06 16). *Milieu-effectrapportage Windenergie Kapelle*. Opgeroepen op 08 19, 2022, van <https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/00007176.pdf>
- Pondera. (2021, 03 25). *Goede ruimtelijke onderbouwing Windpark ZE-BRA, gemeenten Reimerswaal en Woensdrecht*. Opgeroepen op 8 19, 2022, van <https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/00008417.pdf>
- Pondera. (2021). *Onderzoek milieunormen windenergie - Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding*.
- Pondera Consult. (2022, maart 9). *Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduw Windpark IJsselwind*. Opgeroepen op 08 19, 2022
- Posad Spatial Strategies / Generation.Energy, FABRICations, et al. (2018). *Ruimtelijke verkenning energie en klimaat*.
- Pouwels, R., & Henkens, R. (2020). *Naar een hoger doelbereik van de Vogel- en Habitatrichtlijn in Nederland*. Wageningen.
- Reedijk, M., van Kamp, I., & Hin, J. (2021). *Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid*. Bilthoven: RIVM.
- Richardson, S. (2015). *The effect of wind turbines on bats in Britain*. University of Exeter.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Ministerie van Volksgezondheid, W. e. (2021). *Reactie RIVM op het evaluatierapport van Bijl 03-11-2021*. Bilthoven.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2021). *Gezondheidseffecten van windturbinegeluid, rapport 2020-0214*. RIVM.
- Rijksoverheid. (2019). *Klimaatakkoord hoofdstuk Elektriciteit*. Den Haag.
- Rijkswaterstaat. (2016, januari 12). *Uitvoeringskader Gevelisolatie 2016 (UGI 2016)*. *Landelijk project Gevelisolatie*.
- Rijkswaterstaat. (2022, Oktober 12). *Vleermuisvriendelijke verlichting (Batlamp)*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegbeheer/natuur-en-milieu/verbinden-natuurgebieden/vleermuisvriendelijke-verlichting>
- Ritter, P. (2017). *The development and limits of the German shadow flicker guidelines guidelines*. *7th International Conference on Wind Turbine Noise*. Rotterdam.
- RIVM. (2013). *Special 'nachtelijke verlichting' in tijdschrift Milieu*. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/nieuws/special-nachtelijke-verlichting-in-tijdschrift-milieu>
- RIVM. (2015, 07 22). *Geluid van windturbines nader bekeken*. Opgehaald van RIVM: <https://www.rivm.nl/nieuws/geluid-van-windturbines-nader-bekeken>
- RIVM. (2019). *Vliegtuiggeluid: meten, berekenen en beleven - Een verkenning van wensen en ontwikkelopties*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- RIVM. (2021). *Inzicht in emissies van chemische stoffen bij windturbines op zee*. Bilthoven: RIVM.
- RIVM. (2022, 8 17). *Lichtemissie 2020*. Opgehaald van <https://www.atlasleefomgeving.nl/>: <https://www.atlasleefomgeving.nl/lichtemissie-2018>
- RIVM. (2022). *Stikstof*. Opgehaald van RIVM: <https://www.rivm.nl/stikstof>
- Royal HaskoningDHV. (2019, 9 13). *MER Windpark Lorentz Harderwijk*. Opgeroepen op 8 18, 2022, van <https://www.commissiener.nl/projectdocumenten/00006413.pdf>
- RVO. (2015). *Windmolens voor de industrie*. Utrecht.
- RVO. (2018, Juni 12). *Obstakelverlichting bij windprojecten*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/windenergie-op-land/obstakelverlichting>
- RVO. (2018). *Resultaten Pilot Radardetectiesystemen - Proof of Concept Luchtvaartverlichting Windturbines*.
- RVO. (2020). *Radartoetsing en windturbines*. Utrecht: RVO.
- RVO. (2021, 08 19). *Handhaving geluidsnormen windturbines*. Opgehaald van www.rvo.nl: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/windenergie-op-land/geluid/handhaving-geluidsnormen>
- RVO. (2022, 8 27). *Cijfers elektrisch vervoer*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/elektrisch-rijden/cijfers#downloads>

- RVO. (2022). *Monitor Wind op Land over 2021*. Den Haag: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Schreurs, L. (2021). *Oplegnotitie slagschaduw - Windpark Beuningen*.
- Sierdsema, H., Foppen, R., van Els, P., Kampichler, C., & Stahl, J. (2021). *Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels*. Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland. Opgehaald van Sovon: <https://sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/energietransitie/windenergie-gevoeligheidskaart>
- Søndergaard, B. (2014). Noise and Low frequency noise from Wind Turbines. *Inter-noise 2014*.
- Sovon. (sd). *Bepaling van Staat van Instandhouding (geen Natura 2000)*. Opgehaald van Sovon: <https://sovon.nl/bepaling-staat-van-instandhouding-geen-natura-2000>
- Stahl, J., & Epe, M. (2021). *Gevoeligheid van vogels en vleermuizen voor windturbines in de provincie Utrecht - Achtergronddocument bij de ruimtelijke modellering van verspreiding en vliegbewegingen*. Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- To70. (2019). *Het nut van een naderingsdetectiesysteem in provincie Flevolan*. Den Haag.
- To70. (2020). *Kwantitatieve analyse minimaliseren hinder door obstakelverlichting*. Den Haag.
- UNESCO. (sd). *Netherlands*. Opgehaald van <https://whc.unesco.org/en/statesparties/nl>
- Unesco. (sd). *The criteria for selection*. Opgehaald van <https://whc.unesco.org/en/criteria/>
- van Kamp, I., & van den Berg, G. (2020). *Gezondheidseffecten van windturbinegeluid*. Bilthoven: RIVM.
- Van Renterghem, T., Bockstael, A., De Weirt, V., & Botteldooren, D. (2013). Annoyance, detection and recognition of wind turbine noise. *Science of The Total Environment vol. 456-457*, 333-345.
- Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, R., Poll, R. v., & Pon, B. d. (2009). *Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid. Invloed van verschillende grenswaarden op blootstelling, hinder en mogelijkheden ontwikkelingslocaties*. RIVM 680300007.
- Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, T., van Poll, R., & du Pon, B. (2009). *Evaluatie nieuwe normstelling*. RIVM.
- Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, T., Van Poll, R., & du Pon, B. (2009). *Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Versluis, S., Pompe, C., & Manuel, H. (2022). *Actualisatie faalfrequenties windturbines*. RIVM.
- Vlaamse overheid VLAREM II. (n.d.). *VLAREM II, Besluit van de Vlaamse regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne*. Retrieved januari 6, 2021, from <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=40985>
- Voicescu, S., Michaud, D., Feder, K., & 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, pp. 1480-1492.
- Welkers, D., Kempen, E. v., Helder, R., Verheijen, E., & Poll, R. v. (2020). Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018). Het doel heiligt de middelen. *RIVM-rapport 2019-0227*.
- Welkers, D., van Kempen, E., Helder, R., Verheijen, E., & van Poll, R. (2018). *Motie Schonis en de WHO-richtlijnen*. RIVM.
- White, K., Versteeg, A., Kok, A., van Poll, R., Benhadi, R., & Dusseldorp, A. (2021). *Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek*. Bilthoven: RIVM.
- WHO. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. WHO.
- WHO. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. WHO.
- Wing, Alterra, Bosch & Van Rijn, Student Hogeschool Van Hall Larenstein. (2016). *Verkenning (on)mogelijkheden windenergie in bosgebieden*.
- Winkelman, J., Kistenkas, F., & Epe, M. (2008). *Ecologische en natuurbeschermingsrechtelijke aspecten van windturbines op land*. Wageningen: Alterra.
- Witte, J., & Kuijers, T. (2022). Ruimtelijke analyse van de effecten van verschillende afstansnormen voor windturbines op land. *Generation Energy*.

- World Health Organization (WHO). (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. Opgeroepen op 11 30, 2021, van <https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- WOt. (2019). *Vogel- en Habitatrichtlijnrapportage 2019*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- WOt. (2020). *Vogelrichtlijnrapportage 2013 - 2018 van Nederland - status en trends van soorten*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- WOt Natuur & Milieu. (2022). *Storymaps Natuurverkenning 2050*. Opgehaald van StoryMaps ArcGIS: <https://storymaps.arcgis.com/collections/31d381ab470643708349f1dce75bb60e>
- WWF. (sd). *Stikstof*. Opgehaald van WWF: <https://www.wwf.nl/wat-we-doen/waar-zijn-we-actief/nederland/stikstof>
- Zock, J., Reedijk, M., van Kempen, E., & Devilee, J. (2022). *Verkenning van opties voor gezondheidsonderzoek rond windturbines*. Bilthoven: RIVM.
- Zoogdiervereniging. (2011, September 8). *Een vleermuisvriendelijke kleur voor verlichting*. Opgehaald van Zoogdiervereniging: <https://www.zoogdiervereniging.nl/nieuws/2011/een-vleermuisvriendelijke-kleur-voor-verlichting#:~:text=Licht%20kan%20vleermuizen%20op%20verschillende%20manieren%20verstoren.%20Soorten,te%20jagen%2C%20of%20tot%20verlaten%20van%20de%20verblijfplaats.>

Colofon

PLANMER WINDTURBINEBEPALINGEN LEEFOMGEVING

KLANT

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEUR

-

DATUM

2 december 2022

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 33
6800 LE Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis.nl](https://www.arcadis.nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.ArcadisNetherlands.com)

Bijlage 1 Afkortingen en begrippen

Afkorting of begrip	Toelichting
ABRvS	Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State
ADC-toets	Toets onder de Habitatrichtlijn en de Wet natuurbescherming in geval significante gevolgen niet zijn uit te sluiten. Deze loopt drie voorwaarden na waar een project aan moet voldoen; (A) er zijn geen alternatieve locaties, (D) er is sprake van dwingende redenen van groot openbaar belang en (C) de nodige compenserende maatregelen worden getroffen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft.
A-gewogen	Gecorrigeerd voor de gemiddelde gevoeligheid van het menselijke gehoor.
Alternatief	Samengestelde variatie over meerdere (sectorale) onderdelen op de referentiesituatie. De Wet milieubeheer schrijft voor, dat in een MER alleen alternatieven moeten worden beschouwd, die redelijkerwijs in de besluitvorming een rol kunnen spelen.
Amplitudemodulatie	Ritmische variaties in het geluidniveau van een windturbine met de frequentie waarmee een rotorblad een bepaald punt passeert.
AMvB	Algemene Maatregel van Bestuur
Astronomisch maximaal mogelijke slagschaduw	De maximale slagschaduw die theoretisch kan optreden, uitgaande van altijd aanwezige zonneschijn gedurende daglichturen, windturbines die altijd in bedrijf zijn en rotorbladen die altijd loodrecht op de lijn van de zon naar de ontvanger staan.
Autonome ontwikkeling	Op zichzelf staande ontwikkeling (geen onderdeel van de voorgenomen activiteit) die, op basis van vastgesteld beleid, in de toekomst wordt uitgevoerd.
BBT (Best Beschikbare Techniek)	Het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) staat voor de meest doeltreffende methoden die technisch en economisch haalbaar zijn, om nadelige gevolgen voor het milieu van een bedrijf te voorkomen.
Beperkt kwetsbare objecten	Objecten die vanuit hun beperkte kwetsbaarheid een bepaalde mate van bescherming verdienen. Dit zijn o.a. alle bedrijfswoningen, verspreid liggende woningen, recreatieve terreinen en objecten met een hoge infrastructurele waarde. Onder de Omgevingswet wordt de terminologie aangepast. Beperkt kwetsbare objecten worden daarin verder opgesplitst in beperkt kwetsbare gebouwen en locaties.
Bevoegd gezag	Overheidsorgaan dat bevoegd is een besluit te nemen over de voorgenomen activiteit van de initiatiefnemer, en de mer-procedure organiseert.
Beoordelingscriteria	Beoordelingscriteria zijn de onderwerpen die binnen een thema worden onderzocht.
Bevi	Besluit externe veiligheid inrichtingen
BZK	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Commissie m.e.r.	Onafhankelijke commissie die het bevoegd gezag adviseert over de inhoud van het MER en de beoordeling van de kwaliteit van het MER.
Criterium	Onderdeel van een thema aan de hand waarvan de effectbeoordeling plaatsvindt.
dB(A)	Decibel, maat voor het geluiddrukkniveau waarbij een frequentieafhankelijke correctie wordt toegepast voor de gevoeligheid van het menselijk oor.
dB	Decibel, maat voor de omvang van geluidenergie ofwel geluidsterkte die de verhouding weergeeft tussen de omvang en de hoogte (intensiteit).
Domino effect	Bij het onderwerp externe veiligheid betekent een domino-effect een situatie waarbij een risico veroorzakende activiteit (bijv. windturbine) faalt en daardoor een andere risicovolle installatie of activiteit beïnvloed waardoor er vervolgens een nog groter ongeluk of aantasting van de veiligheid ontstaat.
Depositie	Depositie is het neerslaan van minerale stoffen en gassen op een vaste ondergrond. Relevant vanwege de luchtverontreiniging en oppervlaktevervuiling, etc. die hierdoor op kan treden.
Dosis-effectrelatie geluidhinder	De relatie tussen de geluidbelasting en de hinder die hierdoor ervaren wordt.
Effectieve slagschaduw	De slagschaduw die effectief optreedt, dus de werkelijk optredende slagschaduw.
Effectafstand	De afstand tot waar een bepaald effect kan optreden. In het kader van veiligheid is dit de maximale afstand tot waar een bepaald faalscenario nog een risico kan veroorzaken. Bijvoorbeeld een afstand gelijk aan de tiphoogte bij het omvallen van de mast (mastfalen).
Erosie	Erosie is het proces van slijtage van een vast oppervlak waarbij materiaal wordt verplaatst of geheel verdwijnt, vooral door de werking van wind, stromend water en/of ijs.
EU	Europese Unie
Externe veiligheid	De veiligheid van personen in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen. Centraal in het externe veiligheidsbeleid staan de bescherming van het individu tegen de kans op overlijden, en de bescherming van de samenleving tegen het ontwrichtende effect van een ramp met een groep slachtoffers, als gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen.

Afkorting of begrip	Toelichting
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Fauna	De dierenwereld.
Flora	De plantenwereld.
Geluidmodus	Windturbines kunnen in een zogenaamde geluidmodus worden geschakeld. In "mode 0" (standaard) is het geleverde elektrisch vermogen van de windturbine optimaal en de geluidsemissie maximaal. Door de windturbine in geluidmodus te schakelen, wordt het rotortoerental begrensd, waardoor de geluidproductie daalt. Dit gaat wel ten koste van het rendement van de windturbine. De geluidsemissie kan meestal in stappen van ongeveer 1 dB worden teruggebracht, waarbij het rendement bij iedere stap daalt (geluidmodus, 1, 2 etc.)
Gevoeligheidsanalyse	Voor een specifiek thema wordt bekeken wat een aanpassing/aanvulling van het alternatief of van de variant betekent voor enkele met dat thema samenhangende relevante beoordelingscriteria.
Grenswaarde	Kwaliteitsniveau van water, bodem, lucht, geluid of trillingen dat ten minste moet worden bereikt of gehandhaafd.
Habitatrichtlijn	Europese richtlijn die de bescherming regelt van bedreigde natuurtypen (habitats) en in het wild levende soorten planten en dieren, die op Europees niveau van belang zijn.
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Kwalitatieve beoordeling	Beoordeling op basis van deskundigheid (expert judgement) in plaats van cijfers en berekeningen.
Kwetsbare objecten	Objecten die vanuit hun kwetsbaarheid een bepaalde mate van bescherming verdienen. Dit zijn o.a. Woningen, ziekenhuizen, scholen en grote kantoorgebouwen. Onder de Omgevingswet wordt de terminologie aangepast. Kwetsbare objecten worden daarin verder opgesplitst in zeer kwetsbare gebouwen en kwetsbare gebouwen en locaties.
L	Level (zie hieronder)
LA50	A-gewogen geluidniveau dat 50% van de tijd wordt overschreden.
L90, 10 min	Geluidniveau (meestal A-gewogen) dat in een tijdsinterval van 10 minuten meer dan 90% van de tijd wordt overschreden.
Laagfrequent geluid	Het geluidniveau in het frequentiegebied van circa 10/20 Hz tot 125/160 Hz.
LAeq	LAeq is het A-gewogen Equivalent Geluidniveau. De A-gewogen energetisch (d.w.z. logaritmisch) gemiddelde waarde van de gedurende een bepaalde periode optredende fluctuerende geluidniveaus uitgedrukt in dB(A).
LAeq max	Het A-gewogen equivalente geluidniveau dat optreedt als de windturbines maximaal geluid produceren.
LA rated, 10min	Het geluidniveau gemeten als het A-gewogen L90,10 min niveau buiten bij geluidgevoelige locaties plus eventuele toeslagen voor speciale hoorbare karakteristieken van het windturbinegeluid, zoals tonaal geluid en amplitudemodulatie met een modulatiediepte van 3 dB of meer.
Lden	Lden is de afkorting voor Lday-evening-night. Deze eenheid is, met de Lnight, in de Europese richtlijn voor omgevingsgeluid (EU, 2002) opgenomen als Europese dosismaat voor de beoordeling van het geluid van verkeer en industrie. Het betreft het tijdgewogen jaargemiddelde geluidniveau in de dag, de avond en de nachtperiode. Het betreft het tijdgewogen jaargemiddelde geluidniveau in de dag, de avond- en de nachtperiode. 's Avonds geldt er een correctie van +5 dB en 's nachts van +10 dB.
Lnight	Het A-gewogen equivalente geluidniveau LAeq gemiddeld over alle nachtperiodes in een jaar, zoals gedefinieerd in de Europese richtlijn 2002/49/EG en uitgedrukt in dB.
LWA	Het A-gewogen geluidbronvermogen, ook wel aangeduid als geluidsvermogen of bronvermogen, dat door een windturbine wordt uitgestraald uitgedrukt in dB(A). Het bronvermogen van een windturbine is geen vaste waarde, maar afhankelijk van de windsnelheid. Het hoogst voorkomende bronvermogen per turbine wordt aangeduid als LWA max.
LWA max	De maximale waarde van het geluidbronvermogen LWA, dat wil zeggen de maximale geluidproductie van een windturbine.
LNV	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Megawatt (MW)	Megawatt = 1.000 kilowatt (kW). kW is een eenheid van elektrisch vermogen.
mer-plicht	De verplichting tot het opstellen van een milieueffectrapport ten behoeve van de besluitvorming over een bepaalde activiteit.
Milieueffectrapportage mer)	De wettelijk geregelde procedure van milieueffectrapportage.
Milieueffectrapport (MER)	Milieueffectrapport. Openbaar document waarin de voorgenomen activiteit en de redelijkerwijs in beschouwing te nemen alternatieven en de te verwachten gevolgen op het milieu in hun onderlinge samenhang worden beschreven en beoordeeld. Het MER wordt

Afkorting of begrip	Toelichting
	opgesteld ten behoeve van een of meer besluiten die over de betreffende activiteit genomen moeten worden.
Mitigerende maatregelen	Maatregelen die worden genomen om de nadelige effecten van activiteiten of fysieke ingrepen te verminderen dan wel te voorkomen.
Modulatie diepte	Het verschil tussen het laagste en hoogste geluidniveau dat bij amplitudemodulatie optreedt.
Naderingsdetectie	Naderingsdetectie zorgt ervoor dat de obstakelverlichting op een windturbine alleen gaat branden als een luchtvaartuig de windturbine nadert.
Natura 2000	Europees netwerk van beschermde natuurgebieden op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie, gebaseerd op de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn.
Natuurnetwerk Nederland (NNN)	Het Natuurnetwerk Nederland (NNN) is het Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden. Dit netwerk vormt de ecologische hoofdstructuur (EHS) van Nederland. Het netwerk moet natuurgebieden beter verbinden met elkaar en met het omliggende agrarisch gebied.
Nominaal vermogen	Het vermogen dat gedurende langere tijd maximaal opgewekt kan worden, Het nominale vermogen wordt ook wel aangeduid als het geïnstalleerde vermogen of het maximale vermogen.
Notitie reikwijdte en detailniveau (NRD)	In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) beschrijft het bevoegd gezag de scope van het MER en de aanpak van de milieubeoordeling.
Obstakelverlichting	De rood knipperende verlichting bij windturbines.
PAS	Programmatische Aanpak Stikstof.
Passende Beoordeling (PB)	Een Passende Beoordeling is een beoordeling van de effecten van een activiteit op de natuurdoelstellingen van een Natura 2000-gebied. Wanneer significante effecten op Natura 2000-gebieden niet op voorhand uitgesloten kunnen worden of onzeker zijn, moet er een Passende Beoordeling worden uitgevoerd. In de Passende Beoordeling worden de mogelijke effecten van de aanleg, het beheer, het gebruik en de verwijdering van de activiteit, in cumulatie met andere plannen en projecten, beoordeeld in het licht van de instandhoudingsdoelstellingen van de betrokken Natura 2000-gebieden.
Plaatsgebonden risico (PR)	De plaatsgebonden kans op overlijden per jaar, als gevolg van een ongeval, voor een fictief persoon die zich continue en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt.
PlanMER	Milieueffectrapport voor de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's zoals beschreven in de Europese richtlijn 2001/42/EG. Een MER wordt opgesteld om de milieueffecten van een plan te onderzoeken.
Plan-mer	De procedure voor het opstellen van een PlanMER.
Referentiesituatie	De referentiesituatie gaat uit van de bestaande situatie en de autonome ontwikkelingen. Deze situatie dient als referentiekader voor de effectbeschrijving van de alternatieven in het MER.
RES	Regionale Energie Strategie
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Risicovolle activiteiten	Risicovolle activiteiten staan voor alle risicovolle terreinen, installaties, inrichtingen, transporten en activiteiten waarbij er sprake is van een optredend risico voor de veiligheid van de omgeving van de betrokken activiteit. Afhankelijk van de betrokken activiteit kan er verschillende regelgeving van toepassing zijn.
SMB-richtlijn	Strategische Milieubeoordeling. Europese richtlijn voor planmer.
Standaardwaarde	Het bevoegd gezag dient rekening te houden met een standaardwaarde. Rekening houden met betekent dat de overheid een eigen afweging maakt. Maar de instructieregel geeft wel inhoudelijk sturing aan de afweging. Instructieregels van het type 'rekening houden met' geven het bevoegd gezag een zekere mate van beoordelingsvrijheid.
Tonaal geluid	Geluid dat ter plaatse van een gevoelig object een duidelijk hoorbaar tonaal karakter heeft.
Variant	Een variatie op een alternatief op een (klein/sectoraal) onderdeel, subkeuze binnen een alternatief.
Verwachte slagschaduw	De astronomisch maximaal mogelijk slagschaduw gecorrigeerd voor het statistisch verwachte aantal uren zonschijn en het statistisch verwachte aantal productie uren per windrichtingsector.
VKA	Voorkeursalternatief.
Vogelrichtlijn	Europese Richtlijn die de bescherming van in het wild levende vogels in Europa en hun leefgebieden regelt.
Voorgenomen activiteit/Voornemen	Datgene, wat het ministerie van IenW voornemens is uit te voeren. Dit is een beschrijving van de activiteit, inclusief de wijze waarop de activiteit zal worden uitgevoerd en de alternatieven die redelijkerwijs daarvoor in beschouwing worden genomen.
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
Wgh	Wet geluidhinder
Wnb	Wet natuurbescherming

Bijlage 2 Stand van kennis en ontwikkelingen

In deze bijlage wordt een samenvatting gegeven van de onderzoeken welke in paragraaf 4.2.1 zijn toegelicht. Bij ieder onderzoek wordt afgesloten met wat de resultaten van de onderzoeken betekenen voor het planMER.

Hinder door geluid van windturbines (Janssen, Vos, & Eisses, 2008)

TNO heeft in 2008 onderzoek verricht naar de relatie tussen de blootstelling aan geluid door windturbines en verwachte hinder. Hiervoor is gekeken naar bestaande gegevens uit eerder verrichte onderzoeken in Zweden en Nederland.

Uit het onderzoek van TNO blijkt dat een deel van de omwonenden het geluid (van de rotorbladen) dat door windturbines wordt geproduceerd als hinderlijk ervaart. Verschillende respondentenkenmerken en omgevingskenmerken zijn van invloed op de ervaren hinder. Zo blijkt uit het onderzoek dat geluidhinder door windturbines vaker voorkomt wanneer de windturbine zichtbaar is dan wanneer deze niet zichtbaar is vanuit de woning, en dat wanneer mensen economisch profijt hebben van de windturbines ze minder hinder ervaren. In de eerdere studies bleek het effect van urbanisatiegraad niet eenduidig, oftewel: in de ene studie wordt de hoogste hinder gevonden in landelijk gebied, terwijl in de andere studie in landelijke gebieden juist minder geluidhinder door windturbines werd gerapporteerd dan in de bebouwde omgeving. Tot slot wordt in de studie van TNO geconcludeerd dat in vergelijking met andere geluidbronnen al bij een relatief lage geluidbelasting hinder van windturbinegeluid wordt ervaren. De hinder buitenshuis bleek groter te zijn dan binnenshuis.

Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid (Verheijen, et al., 2009)

In dit RIVM-rapport wordt een evaluatie voor nieuwe normstelling van windturbinegeluid verricht. De invloed van verschillende grenswaarden op blootstelling, hinder en mogelijke ontwikkelingslocaties wordt onderzocht. Uit het rapport blijkt dat ongeveer 1500 omwonenden rondom bestaande windturbines ten tijde van het onderzoek kans hebben op ernstige geluidhinder. Een richtwaarde van 40 dB in de nieuwe regelgeving voor windturbines kan een verdere toename tot een minimum beperken. Boven de 45 dB zijn in toenemende mate hinderklachten en gezondheidsproblemen te verwachten. In vergelijking met andere typen geluidbronnen ontstaan bij windturbines eerder hindereffecten voor omwonenden bij een lagere geluidbelasting. De keuze van grenswaarden heeft gevolgen voor de hoeveelheid ruimte op land die beschikbaar is voor nieuwe windturbines, hogere grenswaarden bieden meer ruimte aan op te wekken vermogen duurzame energie. Het idee is dat onder de richtwaarde er geen belemmeringen zijn om nieuwe windturbines te plaatsen; boven de maximale grenswaarde kan het bevoegde gezag geen vergunning verlenen. Tussen deze waarden zullen belangen via inspraakprocedure worden afgewogen.

Geluid van windturbines Pilot Kennisplatform Windenergie (RIVM, 2015)

Het doel van het kennisplatform is het faciliteren en organiseren van een open dialoog tussen alle belanghebbenden bij de realisatie van windenergie. Hierbij worden kennis en ervaringen van alle belanghebbenden bij elkaar gebracht wat leidt tot een breed gedragen kennisbericht. Het kennisplatform Windenergie heeft in 2015 aan de Tweede Kamer het bericht "Geluid van windturbines" aangeboden, waarin op een rij wordt gezet wat bekend is over geluid van windturbines en het mogelijke effect daarvan op omwonenden. Hierin wordt vermeld dat de (toen geldende) geluidnorm in Nederland (47 dB L_{den} en 41 dB L_{night}) tot stand is gekomen op basis van een afweging tussen het te verwachten percentage mensen dat last heeft van het geluid en de noodzaak om meer duurzame energie op te wekken. Op grond van de toen beschikbare kennis wordt verwacht dat ongeveer 8% tot 9% van de omwonenden ernstige hinder kan ondervinden als het geluidniveau gelijk is aan de (toen geldende) norm. Het overige geluid in de omgeving, de mening over windenergie en uitzicht op windturbines spelen ook nog een rol. De beoordeling van geluid is daarom niet los te zien van andere factoren. Het bericht geeft aan dat mensen gezondheidsklachten toeschrijven aan windturbines in hun omgeving. Uit onderzoek bij andere geluidbronnen blijkt dat chronische hinder, of het gevoel dat de kwaliteit van de leefomgeving afneemt, een negatieve invloed kan hebben op de gezondheid en het welbevinden. Er is echter geen duidelijk wetenschappelijk bewijs dat geluid van windturbines leidt tot slaapverstoring, vermoeidheid, hoge bloeddruk of 'het windturbinesyndroom'. Tot slot worden in het kennisbericht enkele aanbevelingen gedaan voor verbetermogelijkheden bij het plannen of exploiteren van windturbineparken.

Environmental Noise Guidelines for the European Region (WHO, 2018)

Volgens de WHO is omgevingsgeluid een belangrijk volksgezondheidsprobleem. Het Regionaal Bureau voor Europa van de WHO heeft daarom richtlijnen inzake omgevingsgeluid voor de Europese regio opgesteld. Het doel van deze richtlijnen is om te voorzien in aanbevelingen voor het beschermen van de volksgezondheid van blootstelling aan omgevingsgeluid veroorzaakt door uiteenlopende geluidbronnen, zoals transport, windturbines en geluid veroorzaakt door vrijetijdsbesteding. Op het gebied van gemiddelde blootstelling aan geluid veroorzaakt door windturbines, is te

overwogen om geproduceerde geluidniveaus te verlagen tot minder dan 45 dB L_{den} . Er wordt geen aanbeveling gedaan voor de gemiddelde blootstelling aan nachtelijke geluidniveaus (L_{night}) van windturbines, omdat de kwaliteit van het bewijsmateriaal voor blootstelling aan windturbinegeluid gedurende de nacht te laag is om aanbevelingen te kunnen doen. Indien bevolkingsgroepen worden blootgesteld aan hogere geluidniveaus dan 45 dB L_{den} , dan is in overweging te nemen om passende maatregelen te treffen om de blootstelling aan geluid te verminderen.

In de 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' van 2018 (World Health Organization (WHO), 2018) geeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) de voorwaardelijke aanbeveling om het geluidniveau van windturbines tot beneden 45 dB L_{den} te beperken. Boven dit niveau kan windturbinegeluid nadelige gezondheidseffecten hebben. Om de gezondheidseffecten te verminderen, wordt beleidsmakers voorwaardelijk aanbevolen passende maatregelen te treffen om de blootstelling aan windturbinegeluid boven 45 dB L_{den} te beperken. Voor het type interventie dat daarvoor moet plaatsvinden doet de WHO geen aanbeveling, omdat er geen bewijzen zijn welk type interventie het meest effectief is.

Een voorwaardelijke aanbeveling vereist een beleidsvormingsproces met een substantieel debat en betrokkenheid van verschillende belanghebbenden. Er is minder zekerheid over de doeltreffendheid ervan als gevolg van een lagere kwaliteit van het bewijs, tegengestelde waarden en voorkeuren van de getroffen personen en populaties of de gevolgen van de aanbeveling op de ontwikkeling van windenergie. Dit betekent dat er omstandigheden of situaties kunnen zijn waarin de aanbeveling niet van toepassing is.

De advieswaarde van 45 dB L_{den} is voorwaardelijk omdat er geen studies beschikbaar waren over de relatie tussen het blootstellingsniveau en een toename in het optreden van ischemische hartziekten, hoge bloeddruk, permanente gehoorschade en een vertraging in de ontwikkeling van leesvaardigheid en mondeling begrip bij kinderen. Tevens ook omdat de bewijzen inzake het percentage ernstig gehinderden door windturbinegeluid van lage kwaliteit waren. De aanbeveling van 45 dB L_{den} is gebaseerd op het gemiddelde geluidniveau waarbij buitenshuis 10% van de blootgestelden ernstig gehinderd is. Dit is gebaseerd op vier studies. Drie van deze studies zijn opgenomen in het TNO-onderzoek van Janssen et al. van 2008 waarbij de dosis-effectrelaties op basis van de geluidbelasting in L_{den} zijn bepaald (Janssen, Vos, & Eisses, 2008) (Janssen S. , Vos, Eisses, & Pedersen, 2011). De vierde studie betreft een Japanse studie van Kuwano et al. (Kuwano, Yano, Kageyama, Sueoka, & Tachibanae, 2014). De studies geven bewijzen voor een verband tussen windturbinegeluid en ernstige hinder. De bewijzen voor de vorm van de dosis-effectrelatie zijn echter van lagere kwaliteit. De vergelijking van voornoemde studies door de WHO liet namelijk grote verschillen in het percentage ernstig gehinderden zien. Door de wijze waarop de dosis-effectrelaties tot stand zijn gekomen konden de datasets ook niet worden gecombineerd. De dosis-effectrelatie zoals afgeleid door Janssen et al. toont een snellere toename van het percentage ernstig gehinderden als functie van de geluidbelasting dan de studie van Kuwano et al. De waarde van 45 dB L_{den} komt ongeveer overeen met het punt waar beide dosis-effectcurves elkaar snijden.

De WHO geeft geen aanbeveling voor het nachtelijke blootstellingsniveau (L_{night}). De zes beschikbare studies leverden geen consistente resultaten over de effecten van windturbinegeluid op slaap en leverden geen algemeen bewijs op voor slaaperstoring. De WHO heeft eerder wel algemene richtlijnen voor nachtelijk geluid uitgebracht waarin een grenswaarde van 40 dB L_{night} wordt geadviseerd om de bevolking te beschermen, inclusief kwetsbare groepen zoals kinderen, ouderen en chronisch zieken (WHO, 2009).

Door de WHO wordt opgemerkt dat er voor geluid geen duidelijk bewijs is voor een aanvaardbare en uniforme afstand tussen windturbines en woonwijken, omdat het geluidniveau naast de afstand van vele andere factoren afhankelijk is zoals het type, de grootte en het aantal windturbines, de windrichting en -snelheid, de locatie van een woning boven- of benedenwinds van het windpark et cetera.

Motie Schonis en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (Welkers, van Kempen, Helder, Verheijen, & van Poll, 2018)

Dit onderzoek van het RIVM borduurt voort op het hiervoor beschreven WHO-onderzoek (WHO, 2018). In het onderzoek beschrijft het RIVM de achtergronden van de WHO-richtlijnen en het Nederlandse beleid. Vervolgens is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om het beleid te verbeteren.

Windturbines, zonneparken en woningprijzen (Dröes & Koster, 2019)

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat dient dit rapport drie vragen te beantwoorden:

- Wat zegt de internationale wetenschappelijke literatuur over de effecten van energieproductie in het algemeen en de effecten van windturbines en zonneparken in het bijzonder op waardes van omliggende woningen?
- Wat zijn de effecten van windturbines op woningprijzen als er gebruikt wordt gemaakt van recente data?
- Wat zijn de effecten van zonneparken op waardes van omliggende woningen?

De belangrijkste bevindingen uit het onderzoek zijn:

- Uit de internationale literatuurstudie blijkt dat ruimtelijke ingrepen in het landschap nagenoeg altijd effecten hebben op de waardeontwikkeling van woningen.
- Allereerst blijkt dat er veel onderzoek is gedaan naar de effecten van windturbines op huizenprijzen. De meeste recente studies vinden effecten van zo rond de 2-5%. Er zijn studies die grotere effecten vinden en ook studies die geen effecten vinden; dit komt dan waarschijnlijk door het geringe aantal transacties en windparken dat wordt meegenomen, wat leidt tot statistische onzekerheid en onnauwkeurige schattingen.
- Uit de literatuur, evenals uit de studie, blijkt dat de gemiddelde woningprijseffecten als gevolg van energieproductie niet of zeer zelden boven de 10% van de woningwaarde uitkomen.
- De studie laat zien dat de relatieve woningwaardedaling van turbines op huizenprijzen tussen 1985-2019 gemiddeld zo'n 2% is binnen 2km van een windturbine. Dat wil zeggen, woningprijzontwikkelingen blijven achter ten opzichte van vergelijkbare woningen waar geen windturbines in de buurt staan. Vooral de plaatsing van de eerste windturbine binnen 2km heeft een aantoonbaar effect op woningwaarde. Het effect is binnen de range van 1.4-2.3%.
- De effecten van windturbines zijn echter bijna twee keer zo sterk na 2011 (gemiddeld 1.3% voor 2011 en gemiddeld 3% na 2011). Een belangrijke reden hiervoor is dat de windturbines hoger zijn geworden.
- In het onderzoek worden geen sterke aanwijzing gevonden dat de effecten van windturbines op woningwaardes, als gevolg van bijvoorbeeld een veranderende perceptie, veel verschillen over de tijd, mits gecorrigeerd wordt.
- Tenslotte werden de effecten van zonneparken op woningprijzen geanalyseerd. Veel zonneparken zijn pas in de afgelopen jaren gerealiseerd, waardoor er weinig transacties zijn na de realisatie van een zonnepark. Desalniettemin wordt licht bewijs gevonden voor een daling in woningwaardes binnen 1km van een zonnepark van gemiddeld zo'n 3%. Het effect is echter onnauwkeurig gemeten. In het onderzoek wordt gevonden dat de invloed van zonneparken veel lokaler is dan voor windturbines (binnen 1km vis-à-vis 2km). Dit hangt samen met het feit dat zonneparken veel minder opvallen en van minder ver te zien zijn.

Tot slot worden er enkele aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

Gezondheidseffecten van windturbinegeluid (van Kamp & van den Berg, 2020)

Het RIVM heeft wetenschappelijke literatuur omtrent door windturbines veroorzaakte gezondheidseffecten bij omwonenden tussen 2017 en medio 2020 op een rij gezet. Hieruit blijkt dat hinder optreedt als gevolg van geluid: hoe sterker het geluid (in dB) van windturbines, hoe groter de hinder. Uit het onderzoek bleek niet dat het laagfrequent geluid van windturbines voor extra hinder zorgt tot die gerelateerd aan "gewoon" geluid. Voor andere gezondheidseffecten, zoals slaapverstoring, slapeloosheid en geestelijke gezondheidseffecten, zijn de resultaten van wetenschappelijk onderzoek niet eenduidig, oftewel: de gezondheidseffecten hangen niet duidelijk samen met het geluidniveau, maar soms wel met de ervaren hinder. Daarnaast ervaren omwonenden minder hinder van de windturbines als ze betrokken worden bij de plaatsing en het planvormingsproces ervan.

Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek (White, et al., 2021)

Laagfrequent geluid is geluid met lage tonen (tussen 20 en 100/125 Hertz). De laatste jaren is er meer maatschappelijke onrust over laagfrequent geluid en de vraag of het schadelijk is voor de gezondheid.

In het onderzoek doet het RIVM aanbevelingen welk onderzoek nodig is om mogelijke gezondheidseffecten beter te begrijpen, ook omdat het aantal bronnen naar verwachting toeneemt. Zo is het niet bekend hoeveel laagfrequent geluid er in Nederland is en wanneer het hinder veroorzaakt. Het RIVM vindt het belangrijk om onderzoek te doen naar de blootstelling aan laagfrequent geluid in combinatie met onderzoek naar de gezondheid.

Ook blijkt dat niet alle betrokkenen (GGD'en, gemeenten, omgevingsdiensten, huisartsen, audiologen, kno-artsen) goed samenwerken. De aanpak en de samenwerking van de verschillende organisaties verschillen nu per regio. Het RIVM beveelt aan om meer samen te werken. Verder is onderzoek nodig of (cognitieve) therapie helpt om mensen te leren omgaan met hun klachten. Deze therapie wordt soms aangeraden als er geen laagfrequent geluid wordt gemeten of de bron niet te vinden is.

Grofweg zijn er grote bronnen (zoals industrie, festivals, en transport) en kleine bronnen van laagfrequent geluid. De laatste zitten in huizen of kantoren (wasmachines, warmtepompen, ventilatiesystemen). Het is vaak lastig om de bron van laagfrequent geluid te vinden. Laagfrequent geluid van grote bronnen valt vaak op grotere afstand meer op, waardoor de bron moeilijk te achterhalen is. Maatregelen zijn meestal maatwerk. Voor de grotere bronnen kunnen dat dempers en isolerende kasten om apparaten zijn. Bij kleine bronnen helpen kleine ingrepen al om laagfrequent geluid te voorkomen, bijvoorbeeld door een koelkast op de goede manier te plaatsen.

Ruimtelijke effecten van een strenge geluidnorm voor windturbines (Generation Energy, 2021)

RVO heeft Generation.Energy gevraagd om te berekenen wat het effect is op het plaatsingspotentieel voor windturbines, wanneer de geluidnorm zou worden aangescherpt naar 45 dB. Aanleiding voor het onderzoek is de aanbeveling door de WHO uit 2018 om te overwegen voor de geluidnorm van windturbines een norm van L_{den} 45 dB te hanteren. Het gaat daarbij om een landelijk beeld, waarbij ook de regionale verschillen in kaart zijn gebracht.

Het landelijk beeld is dat het totale plaatsingspotentieel met 20% afneemt voor wind op land en op water samen, als uitgegaan wordt van een geluidnorm L_{den} 45 dB in plaats van de huidige norm L_{den} 47 dB. In absolute zin neemt het totale potentieel dan af met circa 95.000 GWh. Op land is de afname verreweg het grootst (-30%). Het potentieel op water neemt nauwelijks af (-2%); enkel in gebieden waar bebouwing in kustzones te vinden is, en waar de geluidnorm dus enige impact heeft.

In het onderzoek is ook het potentieel berekend exclusief Natura 2000 gebieden en radar invloedsgebieden. Binnen de Natura 2000 gebieden neemt de potentie nauwelijks af als gevolg van de nieuwe norm. Dit is logisch; op open water is er niet of nauwelijks impact wegens het ontbreken van bebouwing, en dit geldt ook voor grote aaneengesloten natuurgebieden op land. Indien sec wordt gekeken naar de impact van de nieuwe geluidnorm buiten deze gebieden, zien we dat de potentie op land met 34% afneemt (tabel 2). In absolute zin neemt de potentie af met circa 80.000 GWh (van de eerdergenoemde 95.000).

Consequenties van het verlagen van de norm voor windturbinegeluid voor plaatsbaarheid en energieopbrengst (M+P, 2021)

In deze quickscan is bekeken wat het effect is van de vergroting van de geluidscontour van een windturbine als in plaats van L_{den} 47 dB een geluidnorm van L_{den} 45 dB aangehouden wordt. Uit de quickscan blijkt dat de (aan te houden) afstand van de windturbine tot een geluidgevoelig object dan met circa 35% toeneemt. Dit betekent dat windturbines bij die lagere geluidnorm verder van een geluidgevoelig object af moeten staan (35%). Er is geen direct verband tussen de grootte van de windturbine en de grootte van de geluidscontour. Wel zijn er stillere en minder stille windturbines.

Beleving windenergie op land (Peuchen, Kox, Klösters, & Straver, 2022)

Bij een aantal van de gerealiseerde windparkprojecten ging de ontwikkeling gepaard met maatschappelijke onrust, weerstand van de omgeving en veel aandacht in de media en politiek. TNO heeft daarom onderzoek verricht naar welke factoren bepalen hoe omwonenden (de ontwikkeling van) een windpark in hun directe leefomgeving ervaren. Daarvoor zijn ervaringen voor, tijdens en na de realisatie van vier windprojecten in kaart gebracht tijdens een case-studie. Uit dit onderzoek blijkt een verband tussen de afstand tot de windturbines, de ervaren overlast door de windturbines en de houding ten opzichte van het windpark. Hoe dichter men bij de windturbines woont, hoe meer overlast men ervaart en hoe negatiever men over het windpark is. Mensen die meer overlast ervaren hebben meer het gevoel dat de lusten en lasten van het windpark onrechtvaardig verdeeld zijn, dat er bij het ontwerp van de windturbines niet goed is nagedacht over landschappelijke inpassing, dat ze minder respectvol zijn behandeld en dat er minder met hun inbreng is gedaan. Geluidsoverlast en de norm voor geluidsoverlast waren belangrijke thema's en bron voor weerstand bij alle parken.

Advies expertgroep gezondheidseffecten windturbines (Koeman, van den Berg, & Breugelmans, 2022)

In opdracht van de Gemeente Amsterdam is een advies rapport opgesteld door een expertgroep over de mogelijke gezondheidseffecten van windturbines, naar aanleiding van discussie over de voorgenomen plaatsing van windturbines in het kader van de Regionale Energiestrategie. Uit het rapport blijkt dat bij voorkeur voorkomen dient te worden dat de gehanteerde tijdelijke normen in Amsterdam worden ingehaald door strengere landelijke normen. Advies is daarom dat de gemeente in haar afspraken met initiatiefnemers kijkt hoe om te gaan met een dergelijke situatie. Daarnaast wordt een behoedzame normering waarmee de gezondheidseffecten van windturbines worden beperkt en tegemoet wordt gekomen aan de vragen en zorgen van inwoners van Amsterdam aanbevolen terwijl tegelijkertijd afspraken binnen het Klimaatakkoord gehaald moeten worden. Geadviseerd wordt om uit te gaan van een

grenswaarde die niet mag worden gepasseerd en een standaardwaarde waarvan alleen onderbouwd kan worden afgeweken. Een norm op basis van geluidbelasting in plaats van een afstandsnorm wordt aangeraden en aangesloten wordt bij de grenswaarde die de WHO adviseert van 45 dB L_{den} . Uit het rapport blijkt ook dat het waardevol is als er ruimte is tussen grens- en standaardwaarde, waarbinnen het bevoegd gezag een expliciete afweging maakt over de effecten van de plaatsing van windturbines voor de omwonenden en de mogelijkheden om deze te mitigeren. Advies is binnen deze bandbreedte een standaardwaarde aan te houden van 42 dB L_{den} . Een straffactor toepassen op windturbines die tonaal geluid veroorzaken, aparte norm hanteren voor laagfrequent geluid en streven naar tegengaan van ritmische geluiden worden aanbevolen om hinder geluidsproductie tegen te gaan. Om slagschaduw te verminderen wordt een grenswaarde van maximaal 17 dagen per jaar 20 minuten aangeraden.

De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland (Mulder, Boonman, & Sterkenburg, 2022)

In deze studie van TNO wordt de impact van toekomstige windturbines op huizenprijzen in Nederland onderzocht voor de periode tot 2030. Windturbines geven overlast door geluid en slagschaduw en hebben impact op het landschapsbeeld. Deze 'externe effecten' van windturbines op hun directe omgeving hebben een aantoonbaar negatief effect op de relatieve waarde van woningen in de nabijheid van windturbines.

Uit het onderzoek blijkt dat bij volledige realisatie van de RES-plannen, er tussen 2020 en 2030 naar verwachting ruim 1.400 windturbines op land bij komen. Het aantal woningen in de nabijheid van windturbines groeit naar verwachting tot ruim 1.6 miljoen in 2030. Voor alle woningen in de nabijheid van windturbines samen bedraagt het geschatte relatieve waardeverlies ongeveer €15,5 miljard in 2030; in 2020 was dat ongeveer €5,7 miljard. Deze relatief sterke toename van het totale woningwaardeverlies wordt veroorzaakt door twee ontwikkelingen: i) doordat er meer windturbines komen, staan ze onvermijdelijk vaker dichter op huizen en ii) nieuwe windturbines zijn gemiddeld hoger dan bestaande windturbines.

Het huizenprijseffect treedt op binnen een straal van 2,5 km rond een windturbine, waarbij sprake is van een afruil: dichterbij de windturbine is het effect per woning groter maar staan doorgaans ook minder huizen. Ook laat de analyse zien dat de groei van het totale relatieve woningwaardeverlies door toename van het aantal windturbines op land, aanzienlijk wordt gedempt door een gelijkmatigere ruimtelijke verdeling van windturbines per 2030.

Bij het vergelijken van de kosten en de baten blijkt dat de economische baten van de windturbines ruimschoots opwegen tegen de op het eerste oog hoge totale kosten van woningwaardedaling als gevolg van windturbines.

Onderzoek effecten verschillende afstandsnormen (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022)

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat is onderzoek verricht om gedeeltelijk invulling te geven aan de op 22 juni 2021 aangenomen motie Erkens/Leijten¹²⁴ en aan het in het coalitieakkoord 2021-2025 opgenomen voornemen om heldere afstandsnormen voor de bouw van windturbines vast te stellen. Het doel van het onderzoek is om op basis van bestaande inzichten in beeld te brengen wat de effecten van verschillende afstandsnormen op de hinder voor omwonenden zijn en wat de voor- en nadelen van een afstandsnorm zijn ten opzichte van specifieke normen voor geluid- en slagschaduw door middel van literatuuronderzoek.

Van de acht onderzochte landen hebben Nederland, het Vlaamse Gewest van België en het Verenigd Koninkrijk geen landelijke afstandsnorm. Er is geen enkel land dat de hinder van windturbines alleen door middel van een afstandsnorm reguleert, ofschoon het in Polen en de Duitse deelstaat Beieren door de ruime afstandsnorm van 10 keer tiphoogte hier effectief wel op neerkomt.

Geluid

Nederland hanteert voor windturbinegeluid de jaargemiddelde beoordelingsmaten L_{den} en L_{night} . Een vergelijking van de geluidnormen voor windturbines laat zien dat een uniforme benadering ver te zoeken is. Voor de acht onderzochte landen varieert de grenswaarde voor het equivalente geluidniveau bij maximale geluidproductie van de windturbines, deels omgerekend vanuit andere geluidparameters, in de nachtperiode van 35 dB(A) t/m 45 dB(A). Meestal ligt de grenswaarde voor het equivalente geluidniveau in de bandbreedte van 39 dB(A) t/m 45 dB(A). De Nederlandse

¹²⁴ Voor motie Erkens/Leijten (22 juni 2021), zie: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z10842&did=2021D23600> Voor aanvullende informatie en beantwoording vragen over uitvoering onderzoek motie Erkens/Leijten, zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/11/22/antwoorden-kamervragen-over-uitvoering-motie-onderzoek-afstandsnormen-windturbines-op-land>

grenswaarden komen meestal overeen met een equivalent geluidniveau van 43 dB(A) t/m 45 dB(A) bij maximale geluidproductie van de windturbines. Hiermee bevinden deze grenswaarden zich aan de bovenkant van voornoemde bandbreedte. In de meeste landen wordt windturbinegeluid met speciale hoorbare karakteristieken zoals tonaal geluid strenger beoordeeld dan in Nederland.

Slagschaduw

Een vergelijking van de normen voor slagschaduw laat zien dat de meeste landen voor de beoordeling van slagschaduw aansluiting hebben gezocht bij een op wetenschappelijk onderzoek gebaseerde Duitse richtlijn. Deze richtlijn stelt een grenswaarde van 30 uur per jaar en 30 minuten per dag voor de astronomisch maximaal mogelijke schaduwduur (worst-case scenario). In het geval dat een automatische stilstandsvoorziening wordt gebruikt, moet de werkelijke slagschaduwduur worden beperkt tot 8 uur per jaar. Nederland heeft de meest afwijkende norm voor slagschaduw. De grenswaarde van gemiddeld niet meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw per dag wordt meestal toegepast in de vorm van een grenswaarde van 5 à 6 uur slagschaduw per jaar.

Afstandsnormen

Berekeningen laten zien dat de geluidbelasting en slagschaduwduur als functie van de afstand tot een windpark afneemt. Door de vele factoren die een rol spelen is er echter een zeer grote spreiding in de geluid- of slagschaduwbelasting die op een specifieke afstand optreedt. In de praktijk wordt in Nederland vrijwel altijd een mitigerende maatregel in de vorm van automatische stilstandsvoorziening toegepast waarmee de slagschaduw sterk wordt beperkt. Hierdoor is in de praktijk niet de afstand tot een windpark bepalend voor de hinder die vanwege slagschaduw wordt ondervonden, maar de gekozen uitgangspunten voor de stilstandsregeling.

In het coalitieakkoord 2021 -2025 is uitgesproken dat er heldere afstandsnormen voor de bouw van windturbines op land komen. De belangrijkste voordelen zijn dat het makkelijk communiceerbaar, heel transparant en nauwkeurig handhaafbaar is. Ook is het een goede maat om visuele impact te reguleren. Belangrijke nadelen van alleen een afstandsnorm zijn dat er op een vaste afstand een grote spreiding is in het beschermingsniveau. Relatief lawaaige windturbines kunnen op dezelfde afstand van woningen komen als relatief stille windturbines. Er wordt geen rekening gehouden met het gezamenlijke effect van meerdere windturbines of windparken in de buurt en er is geen mogelijkheid tot maatwerk bijvoorbeeld in geval van tonale geluiden. Er is ook geen reden meer om een automatische stilstandsvoorziening toe te passen, wat tot meer slagschaduweffecten dan in de huidige praktijk kan leiden.

Ruimtelijke effecten van alternatieve afstandsnorm voor windturbines en een effect voor de RES zoekgebieden, (Generation Energy, 2022)

Het Rijk werkt aan het vaststellen van nieuwe algemene milieuregels op basis van een plan-MER. In het coalitieakkoord is opgenomen dat er heldere afstandsnormen komen voor de bouw van windturbines op land. Generation Energy voert, in opdracht van RVO, een verkenning uit wat de effecten van afstandsnormen zijn op de RES-plannen in de energieregio's en het plaatsingspotentieel van windturbines.

Actualisatie faalfrequenties windturbines (Versluis, Pompe, & Manuel, 2022)

De huidige rekenmethodiek maakt gebruik van data die inmiddels deels verouderd zijn. Zo zijn windturbines de laatste jaren technisch verder ontwikkeld en zijn er recentere data over ongevallen. Dit was aanleiding om opnieuw te kijken naar faalkansen en -scenario's. Uit dit RIVM-onderzoek blijkt dat nieuw berekende kansen iets kleiner zijn dan eerder ingeschat.

Bijlage 3 Relatie tussen L_{den} en L_{Aeq}

Inleiding

Naar aanleiding van de NRD zijn veel zienswijzen ingediend die de beoordelingsmaat voor geluid ter discussie stellen. Daarom is in deze bijlage een nadere verdieping opgenomen inzake deze methodiek en hoe de beoordelingsmaat L_{den} zich verhoudt tot het equivalente geluidniveau L_{Aeq} bij maximale geluidsemissie van de windturbines.

In de referentiesituatie wordt de geluidbelasting vanwege windturbines beoordeeld met de geluidsdosismaat L_{den} (day-evening-night), die al sinds de invoering van de Europese richtlijn omgevingslawaai voor andere bronsoorten als "standaard" dosismaat geldt. Hiernaast geldt voor geluid van windturbines in de referentiesituatie een aanvullende norm voor de nachtperiode, uitgedrukt in L_{night} . L_{den} en L_{night} zijn jaargemiddelde waarden. L_{night} betreft de jaargemiddelde geluidbelasting in de nachtperiode. L_{den} is het energetisch gewogen gemiddelde geluidniveau van de dag, avond- en nachtperiode, waarbij voor de avondperiode een toeslag van 5 dB geldt en voor de nachtperiode een toeslag van 10 dB van toepassing is. Dit is gedefinieerd in de Europese richtlijn omgevingslawaai. De avond- en nachtperiode wegen bij L_{den} dus zwaarder mee dan de dagperiode, omdat 's avonds en 's nachts mensen vaker in rust zijn en het omgevingsgeluid minder sterk is.

Om inzicht te geven hoe verschillende jaargemiddelde geluidsparementers zich tot elkaar verhouden is in Tabel 0-1 een voorbeeldberekening voor de geluidbelasting in L_{den} weergegeven.

Tabel 0-1 Voorbeeldberekening geluidbelasting L_{den} . Het voorbeeld gaat uit van een geluidbelasting van 41 dB in alle beoordelingsperioden. Een geluidbelasting van maximaal 41 dB L_{night} is conform het alternatief ongewijzigde regels toegestaan. Het voorbeeld laat zien dat L_{night} vanwege de toeslag van 10 dB in de nachtperiode zwaar meeweegt in de berekening van L_{den} .

Geluidparameter	Periode	Jaargemiddeld equivalent geluidniveau	Toeslag	Niveau incl. toeslag
L_{day}^*	Dagperiode (07.00-19.00 uur)	41 dB	0 dB	41 dB gedurende 12 uur
$L_{evening}^*$	Avondperiode (19.00-23.00 uur)	41 dB	5 dB	46 dB gedurende 4 uur
L_{night}^*	Nachtperiode (23.00-07.00 uur)	41 dB	10 dB	51 dB gedurende 8 uur
L_{den}^*	Etmaal inclusief toeslag voor avond- en nachtperiode			47 dB

* Deze indicatoren gaan uit van een jaargemiddelde niveau

Naast Nederland normeren Portugal en Noorwegen windturbinegeluid met de L_{den} dosismaat. Veel andere Europese landen reguleren windturbinegeluid op basis van een L_{Aeq} norm, waarbij geen middeling over het hele jaar wordt toegepast (Peeters & Nusselder, 2019) (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022). L_{Aeq} is het A-gewogen equivalente geluidniveau, oftewel het gemiddelde over de duur van een beoordelingsperiode van het wisselende geluidniveau, voorzien van de A-weging (gehoorcorrectie voor lage en gemiddelde geluidniveaus). De eenheid wordt gegeven in dB(A).

Sommige omwonenden hebben moeite met de L_{den}/L_{night} systematiek en pleiten voor een normering op basis van een L_{Aeq} geluidsmaat¹²⁵. Er zijn twee aspecten die vaak in verband worden gebracht met de geluidsmaat. Deze aspecten zijn transparantie en handhaafbaarheid. Beide aspecten worden hieronder toegelicht.

Transparantie

In het belang van een constructieve dialoog met de omgeving is het gunstig als de beoordeling van windturbinegeluid eenvoudig en inzichtelijk is. Omwonenden zijn vooral geïnteresseerd in de waarde van het geluidniveau waaraan ze worden blootgesteld als de windturbine maximaal geluid produceert, verder aangeduid met $L_{Aeq,max}$. Bij toepassing van

¹²⁵ Een geluidsmaat is een grootheid waarin de geluidbelasting wordt uitgedrukt. L_{den} en L_{Aeq} zijn daar voorbeelden van. Een norm is de maatstaf voor de geluidbelasting. Hierin komt tot uitdrukking welke getalswaarde, behorend bij de gekozen geluidsmaat, acceptabel is (bijvoorbeeld 47 dB L_{den}).

een $L_{Aeq,max}$ geluidsmaat dient de geluidbelasting in principe bij alle windcondities lager te zijn dan de norm. Dit is relatief eenvoudig inzichtelijk te maken en te handhaven.

Door de toepassing van jaarmiddeling, wegingen en straffactoren heeft de getalswaarde van L_{den} daarentegen geen eenvoudig te begrijpen relatie met de werkelijke, maximale geluidbelasting. Het geeft omwonenden geen goed beeld van het geluidniveau dat zij daadwerkelijk ervaren. Wat dat betreft is L_{night} een grootheid die gemakkelijker te doorgronden is. Dit is weliswaar ook een jaargemiddelde waarde, maar er worden geen wegingen of straffactoren toegepast. In de communicatie met omwonenden heeft L_{night} daarom meerwaarde boven L_{den} .

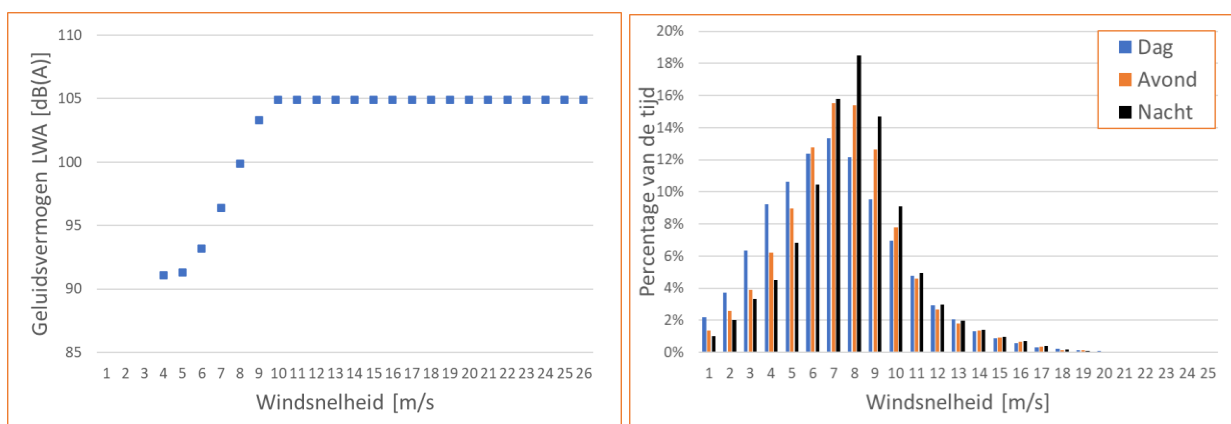
De dosismaten L_{den} en L_{night} zijn bij geluidbronnen die in alle beoordelingsperioden ongeveer even sterk zijn, zoals het geval is bij windturbines, nauw aan elkaar verbonden. Door toepassing van een straffactor van 10 dB voor de nachtperiode en energetische middeling is de nachtperiode in hoge mate bepalend voor het L_{den} -niveau. Het gevolg is dat L_{den} vrijwel altijd 6 dB hoger is dan L_{night} , zoals ook te zien in Tabel 0-1. De norm 41 dB L_{night} biedt in de praktijk dus geen betere bescherming tegen windturbinegeluid dan 47 dB L_{den} .

Het verschil tussen L_{night} en $L_{Aeq,max}$ is dat bij L_{night} jaarmiddeling van alle nachten wordt toegepast, terwijl $L_{Aeq,max}$ geldt voor de maximale situatie. Die maximale situatie treedt op bij harde wind en kan in alle beoordelingsperioden (dag, avond of nacht) voorkomen. Vanwege de middeling over het hele jaar hangt L_{night} , naast van de geluidskarakteristiek van de windturbine, af van de lokale windtoestand (jaarlijkse windverdeling) op de ashoogte van de windturbine.

De geluidskarakteristiek van een windturbine geeft inzicht in hoeveel geluid een windturbine bij een specifieke windsnelheid maakt. De benodigde gegevens worden meestal door de beoogde leverancier van de windturbine aangeleverd. Het linkerdeel van Figuur 0-1 illustreert de geluidskarakteristiek van een windturbine. De vorm van de grafiek is typerend voor moderne windturbines. Vanaf een windsnelheid van ongeveer 3 m/s gaat de rotor langzaam draaien. De windturbine produceert dan relatief weinig geluid. Met toenemende windsnelheid gaat de rotor steeds sneller draaien, waardoor de geluidsproductie ook stijgt. Bij een windsnelheid van ongeveer 8-13 m/s bereikt de omwentelingssnelheid van de rotor haar maximum. De geluidsproductie is dan maximaal en blijft met toenemende windsnelheid op ongeveer hetzelfde niveau.

De lokale windtoestand wordt afgeleid van langjarige windgegevens die door het KNMI zijn vastgesteld. De windverdeling geeft aan hoeveel procent van de tijd welke windsnelheid optreedt ter hoogte van de rotoras van de windturbine. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de dag-, avond- en nachtperiode. De windverdeling is sterk afhankelijk van de locatie in Nederland (aan de kust of landinwaarts) en de ashoogte van de windturbine. Het rechterdeel van Figuur 0-1 geeft een voorbeeld van de windverdeling op 100 meter hoogte op een willekeurige locatie in Nederland. Deze figuur laat zien dat in de nachtperiode hogere windsnelheden voorkomen dan in de dag- en avondperiode. Dit is typerend voor de situatie op de ashoogte van moderne (hoge) windturbines. Op lage hoogte is 's nachts juist minder wind aanwezig dan 's avonds en 's nachts.

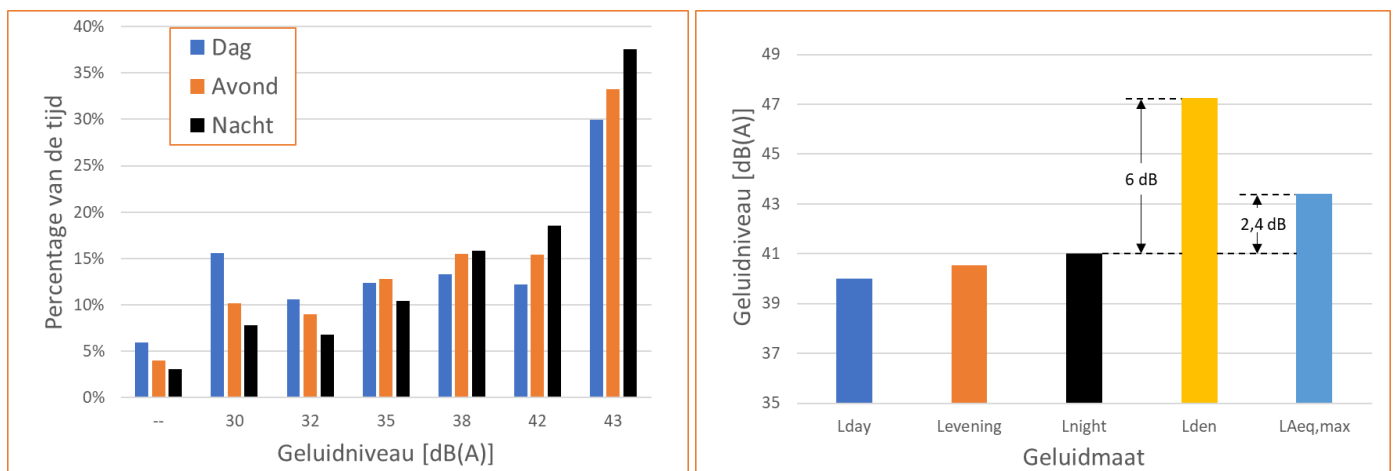
Met geluidskarakteristiek en de windverdeling wordt vervolgens de jaargemiddelde geluidsemisatie per dag-, avond- en nachtperiode bepaald. Dit wordt gedaan door het energetische product te bepalen van het geluidsvermogen van de windturbine en de windsnelheidsverdeling voor de dag-, avond- en nachtperiode.



Figuur 0-1 Voorbeeld bepaling jaargemiddelde geluidsemisatie; links: windsnelheidsafhankelijke geluidsvermogen van een windturbine (geluidskarakteristiek); rechts: lokale windverdeling per dag-, avond- en nachtperiode

De berekende geluidsemisies vormen de basis voor de bepaling van de jaargemiddelde geluidbelasting ter plaatse van gevoelige objecten. Hiertoe wordt op de emissiedata de zogenaamde overdrachtsverzwakking (o.a. absorptie en verstrooiing door de bodem en lucht) in mindering gebracht. Door de data te combineren kan inzicht gegeven worden in hoeveel procent van de tijd in de dag-, avond- en nachtperiode een bepaald geluidniveau in de omgeving optreedt en wat de maximale geluidbelasting bedraagt.

In Figuur 0-2 is ter illustratie een realistisch voorbeeld gegeven van het percentage van de tijd dat voor een windturbine een bepaald equivalent geluidniveau optreedt en hoe zich dit verhoudt tot de jaargemiddelde waarde. De figuur is afgeleid van de gegevens in Figuur 0-1, waarbij rekening is gehouden met de overdrachtsverzwakking. In het voorbeeld bedraagt L_{night} (jaargemiddeld) 41,0 dB en het maximaal equivalent geluidniveau 43,4 dB(A). Het verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} bedraagt hier 2,4 dB.



Figuur 0-2 Voorbeeld bepaling jaargemiddelde geluidbelasting bij geluidgevoelige objecten; links; frequentie van voorkomen van geluidklassen; rechts; jaargemiddelde geluidbelasting per dag, avond en nacht, vergeleken met L_{den} en $L_{\text{Aeq,max}}$, berekend uit het linker deel van de figuur.

Sommige omwonenden denken dat het middelen over het hele jaar tot gevolg heeft dat windturbines zo nu en dan zeer hoge geluidniveaus mogen veroorzaken (groot verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night}). De zeer hoge niveaus zouden kunnen worden weggestreept tegen stillere perioden in het jaar. Die vrees is echter ongegrond. Doordat L_{den} en L_{night} logaritmische maten zijn, tellen de hoogste niveaus zwaar mee bij de bepaling van de jaargemiddelde waarde. Hierbij speelt ook een rol dat het geluidsvermogen van moderne windturbines vanaf een bepaalde windsnelheid niet meer toeneemt. Zie als voorbeeld de geluidskarakteristiek in Figuur 0-1.

Voor het Nederlandse windklimaat bevindt het verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} zich bijna altijd binnen een bandbreedte van 2 tot 4 dB. Dit houdt in dat de maximale geluidbelasting $L_{\text{Aeq,max}}$ in de praktijk ongeveer 43 tot 45 dB(A) bedraagt, uitgaande van 41 dB L_{night} . Het voorbeeld in Figuur 0-2 betreft een situatie aan de onderzijde van de bandbreedte. Zoals vermeld bedraagt tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} in dat voorbeeld 2,4 dB. De maximale geluidbelasting van 43,4 dB(A) treedt in circa 38% van de tijd in de nachtperiode op. Voor een situatie aan de bovenzijde van de bandbreedte - dus bij een verschil van 4 dB - is $L_{\text{Aeq,max}}$ hoger, namelijk 45 dB(A), maar dat hogere niveau mag dan minder vaak optreden. Anders is de geluidbelasting hoger dan 41 dB L_{night} .

Het verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} is over het algemeen kleiner naarmate de windturbine een grotere rotordiameter en ashoogte heeft, omdat deze dan een groter deel van de tijd maximaal geluid produceert. Een groter verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} dan 4 dB komt praktisch niet voor omdat de windturbine dan, om gemiddeld het grotere verschil in dB (logaritmische schaal) te overbruggen, maar een klein deel van de tijd op maximaal vermogen (met maximale geluidsuitstraling) mag draaien. Dat is ongunstig voor de energieopbrengst en het financieel rendement. De tendens is dat het verschil tussen $L_{\text{Aeq,max}}$ en L_{night} de laatste jaren kleiner wordt en voor moderne windturbines steeds meer neigt naar de onderzijde van voornoemde bandbreedte. Dit hangt samen met toenemende hoogte en rotordiameter van windturbines. Op grotere hoogte waait het immers vaker en harder dan op een lagere hoogte en een grotere rotor vangt meer wind. Hierdoor produceert de windturbine een groter deel van de tijd maximaal geluid, maar bij gelijke waarde van L_{den} dient de maximale geluidbelasting wel lager te zijn. Een norm die gericht is op beperking van $L_{\text{Aeq,max}}$ biedt dit voordeel niet. Een dergelijke norm legt geen beperking op aan het deel van de tijdduur van het maximale geluid.

De WHO plaatst een kritische kanttekening bij het gebruik van de parameters L_{den} en L_{night} voor de akoestische beschrijving van windturbinegeluid. Dit kan namelijk het vermogen beperken om de relatie tussen windturbinegeluid en gezondheidseffecten waar te nemen. De reden hiervoor is dat de conversie van het equivalente geluidniveau (L_{Aeq}) naar L_{den} en L_{night} gegevens verlangt over de statistische verdeling van de jaarlijkse windsnelheid op een bepaalde hoogte en de van het type windturbine afhankelijke relatie tussen de geluidproductie en de windsnelheid. Vanwege praktische beperkingen of gebrek aan gegevens en middelen wordt soms een conversiefactor gebruikt die niet specifiek voor een bepaald gebied is gevalideerd. Dit kan leiden tot een grotere onzekerheid bij de beoordeling van de relatie tussen blootstelling aan windturbinegeluid en gezondheidseffecten. Dit speelt ook een rol in de studies op basis waarvan de WHO tot haar aanbeveling is gekomen. Sinds 2010 is in Nederland een gedetailleerde dataset beschikbaar voor de conversie van het equivalente geluidniveau (L_{Aeq}) naar L_{den} en L_{night} . Deze dataset biedt voor geheel Nederland de windsnelheidsverdeling op een hoogte van 10 tot 200 meter boven maaiveld. Deze data is specifiek voor de bepaling van de jaargemiddelde geluidbelasting door het KNMI gegenereerd. Het betreft data gegenereerd met het meteorologisch model HARMONIE over een periode van 10 jaar (Geertsema, Scheele, & van den Brink, 2018).

Handhaafbaarheid

Praktijktoepassing L_{den} en L_{night}

Bij de oorspronkelijke regels (referentiesituatie) moest een windpark voldoen aan de geluidnormen 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} . De waarden worden bepaald op basis van een methode die bij ministeriële regeling is vastgesteld. Bij het akoestisch onderzoek wordt gebruik gemaakt van langjaargemiddelde lokale windgegevens die speciaal voor windturbines door het KNMI zijn vastgesteld. De benodigde geluidgegevens van de windturbines worden in de regel verstrekt door de beoogde leverancier van de windturbine. Echter, op het moment dat het akoestisch onderzoek wordt verricht, is vaak nog geen keuze gemaakt voor het merk en type windturbine. Het akoestisch onderzoek wordt dan gebaseerd op een type windturbine dat representatief geacht wordt voor de betreffende locatie. Vaak wordt een “worst case” scenario doorgerekend met een type windturbine dat voldoet aan bepaalde randvoorwaarden (zoals tiphoogte en nominaal vermogen) en relatief lawaaiig is ten opzichte van windturbines die aan dezelfde randvoorwaarden voldoen. Wanneer het windpark met de worst case windturbine niet voldoet aan de geluidnormen, kan een stillere geluidmodus (zie kader) worden gekozen, waarmee het windpark wel binnen de norm blijft. Als voor een stille windturbine wordt gekozen, kan deze geluidmodus vaak worden vermeden.

Deze methodiek brengt met zich mee dat na realisatie van een windpark niet altijd direct inzichtelijk is aan welke geluidbelasting de omgeving zal worden blootgesteld. Zo is het mogelijk dat de werkelijke geluidsuitstraling van de windturbine afwijkt van de specificaties van de leveranciers. Soms worden andere windturbintypen gebouwd dan voorzien en is onduidelijk of een stille geluidmodus met dat type windturbine wel of niet vereist is. Onzekerheden kunnen worden weggenomen door het akoestisch onderzoek voorafgaand aan de bouw van een windpark te actualiseren met de geluidgegevens van de definitieve windturbine.

In de referentiesituatie dient de exploitant geluidgegevens te registreren, waarmee L_{den} en L_{night} op basis van de “effectieve werking gedurende het afgelopen kalenderjaar” wordt bepaald. Hoewel dit niet letterlijk in de regeling staat, impliceert dit dat bij toezicht en handhaving van windturbinegeluid moet worden uitgegaan van de werkelijke lokale windtoestand van het afgelopen kalenderjaar. Zo is in ieder geval de gebruikelijke interpretatie van de regeling (RVO, 2021). Dit is een essentiële afwijking van de prognoseberekeningen, waarbij gebruik wordt gemaakt van langjarige gegevens van het KNMI. Het houdt in dat L_{den} en L_{night} van jaar tot jaar kunnen variëren, afhankelijk van het windaanbod in dat kalenderjaar. Volgens gangbare inzichten moet het windpark ieder kalenderjaar voldoen aan de norm, ook als er in dat jaar meer wind is dan gemiddeld. Het is echter de vraag of het de bedoeling van de wetgever was om de geluidnorm te handhaven op basis van de werkelijke windverdeling van het kalenderjaar. Een aanwijzing hiervoor is dat de rekenmethode voor het bepalen van L_{den} en L_{night} wel een verwijzing bevat naar de (langjaargemiddelde) KNMI windgegevens, maar niet naar windgegevens (op basis van één kalenderjaar) van de exploitant. Mogelijk was de verplichting tot registratie vooral bedoeld om te controleren of de windturbine in de juiste geluidmodus heeft gedraaid.

In de uitvoeringspraktijk van de referentiesituatie kan de exploitant ieder kalenderjaar invloed uitoefenen op L_{den} en L_{night} . Bij een dreigende overschrijding van de normen (veel wind) kan de exploitant lopende het kalenderjaar bijsturen, zodanig dat wel aan de normen voor L_{den} en L_{night} wordt voldaan. Dit kan door één of meerdere windturbines de resterende tijd van het jaar in een geluidmodus te laten draaien. Andersom is in theorie ook mogelijk. Indien windturbines in een gemiddeld windjaar in een stille geluidmodus moeten draaien om aan de norm te voldoen, kan de geluidmodus in een windarm jaar deels worden opgeheven. De windturbine gaat dan meer elektriciteit en geluid produceren, maar zo lang dat binnen de norm blijft is dat toegestaan. Het “opvullen” van de geluidruimte is alleen

mogelijk als een windturbine standaard in een geluidmodus draait. Het is niet bekend of exploitanten in de praktijk gebruik maken van deze mogelijkheid.

Geluidmodus

Windturbines kunnen in een zogenaamde geluidmodus worden geschakeld. In "mode 0" (standaard) is het geleverde elektrisch vermogen van de windturbine optimaal en de geluidsemissie maximaal. Door de windturbine in geluidmodus te schakelen, wordt het rotortoerental begrensd, waardoor de geluidproductie daalt. Dit gaat wel ten koste van het rendement van de windturbine. De geluidsemissie kan meestal in stappen van ongeveer 1 dB worden teruggebracht, waarbij het rendement bij iedere stap daalt (geluidmodus, 1, 2 etc.)

Mogelijkheden voor toezicht en handhaving

Het bevoegd gezag heeft in de referentiesituatie twee mogelijkheden voor toezicht en handhaving van windturbinegeluid. Ten eerste kan de geluiduitstraling bij verschillende windsnelheden worden gemeten en vergeleken met de gegevens die zijn gebruikt bij het akoestisch onderzoek. Het gaat hierbij om emissiemetingen, wat inhoudt dat op relatief korte afstand van de mast wordt gemeten. De metingen kunnen direct na in bedrijfname van het windpark plaatsvinden, maar ook na geruime tijd, als vermoed wordt dat de emissie in de loop der tijd door bijvoorbeeld slijtage of vervuiling van de rotorbladen is toegenomen.

Een tweede mogelijkheid is het opvragen van de geluidgegevens van het afgelopen kalenderjaar bij de exploitant op basis van de daadwerkelijke windsnelheid en eventueel toegepaste geluidmodus. De exploitant is verplicht om de gegevens te registreren en te verstrekken als het bevoegd gezag daarom vraagt. Het bevoegd gezag kan de geluidgegevens vergelijken met de waarden in het akoestisch onderzoek. Uit deze informatie kan worden afgeleid of over dat kalenderjaar werd voldaan aan de geluidnorm.

Ten aanzien van toezicht en handhaving hebben omwonenden een voorkeur voor immissiemetingen, dus bij de woningen, maar dergelijke metingen zijn bij het alternatief ongewijzigde regels uitgesloten omdat metingen op grotere afstand van windturbines complex en minder goed reproduceerbaar zijn. Emissiemetingen zijn met de inzet van de juiste apparatuur en deskundigheid wel binnen een kleine marge reproduceerbaar.

Zorgpunten bij handhaving van L_{den} en L_{night}

Omwonenden maken zich zorgen over de handhaafbaarheid van L_{den} en L_{night} . Ten eerste wordt het handhavingstraject als traag ervaren. Dit is het gevolg van het beoordelen van geluid op basis van de werkelijke windtoestand over een geheel kalenderjaar. Indien emissiemetingen uitwijzen dat er sprake is van een verhoogde geluidsemissie van de windturbine, wordt het einde van het kalenderjaar afgewacht voordat wordt geëvalueerd of aan de normen werd voldaan. Als het windpark pas in de loop van het kalenderjaar in bedrijf is genomen, is het onwaarschijnlijk dat de norm het eerste kalenderjaar wordt overschreden. De maanden waarin het windpark nog in aanbouw was, tellen immers niet mee bij de bepaling van de emissie-term en drukken het gemiddelde. Na een mogelijk eerste overtreding zou weer een kalenderjaar moeten worden gewacht voor een tweede toetsing. Deze gang van zaken laat omwonenden lange tijd in onzekerheid.

Het tweede punt van zorg is de regel dat bij de beoordeling wordt uitgegaan van de gegevens van de exploitant. Dit wordt als niet transparant ervaren en veroorzaakt wantrouwen bij omwonenden. Het vergt veel deskundigheid om te beoordelen of de informatie die door de exploitant wordt aangeleverd juist is. Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat de regels over hoe de geluidwaarden precies moeten worden aangeleverd niet geheel eenduidig zijn. Bij omwonenden heerst soms het beeld dat gemanipuleerd wordt met de gegevens. Hierbij helpt het niet dat exploitanten zouden kunnen bijsturen om de geluidsruimte van dat jaar vol te maken.

Oplossingsrichtingen

In voorgaande alinea's is geschetst dat de methodiek van handhaving volgens de referentiesituatie in de ogen van omwonenden niet redelijk is. De achterliggende oorzaak hiervan houdt echter geen verband met het gebruik van de dosismaten L_{den} en L_{night} , maar met de invulling en interpretatie van de regeling. Bij verduidelijking van de regels zal handhaving van L_{den}/L_{night} even adequaat zijn als handhaving van een L_{Aeq} norm. Hierbij kan worden gedacht aan het volgende:

- Ondanks de sterke relatie tussen L_{den} , L_{night} en $L_{Aeq,max}$, biedt inzicht in $L_{Aeq,max}$ voor omwonenden toch meer houvast. Mogelijk kan hieraan tegemoet worden gekomen door $L_{Aeq,max}$ niet te normeren maar in de nieuwe

regeling voor te schrijven dat $L_{Aeq,max}$ en de frequentie van voorkomen inzichtelijk gemaakt moeten worden in het akoestisch onderzoek.

- De problemen met handhaving conform de regels in de referentiesituatie zouden kunnen worden opgelost door bij handhaving van de geluidnorm niet uit te gaan van de werkelijke windtoestand van ieder kalenderjaar, maar van de langjaargemiddelde gegevens van het KNMI. Mogelijk was dit de oorspronkelijke bedoeling van de wetgever. De tekst in de regeling van de referentiesituatie is echter niet eenduidig. Als wordt uitgegaan van de langjaargemiddelde gegevens is, net als bij een beoordeling op basis van het $L_{Aeq,max}$ niveau, een geluidsemissiemeting toereikend voor handhaving. De meetgegevens worden dan gecombineerd met de langjarige windgegevens die ook bij het akoestisch onderzoek zijn gebruikt. De door de exploitant jaarlijks aan te leveren geluidsgegevens, gebaseerd op de werkelijke windtoestand van dat kalenderjaar, dienen in dat geval uitsluitend ter informatie en worden niet gebruikt voor handhaving van de normen. Het gevolg van het gebruik van langjaargemiddelde windgegevens is dat de werkelijke jaargemiddelde geluidbelasting in een windrijk kalenderjaar hoger is dan gemiddeld. Dit wordt gecompenseerd door een lagere jaargemiddelde geluidbelasting in een windarm kalenderjaar. Een impactanalyse kan uitwijzen hoe groot de verschillen daadwerkelijk zijn. Als besloten wordt om ook bij handhaving uit te gaan van langjaargemiddelde windgegevens is het noodzakelijk om deze periodiek (bijvoorbeeld om de tien jaar) opnieuw vast te laten stellen. Zo kan worden voorkomen dat de gemiddelde geluidbelasting stijgt door verandering van het windklimaat.
- Een andere mogelijke oplossingsrichting is wel uit te gaan werkelijke windtoestand, maar de frequentie van toetsing te verhogen. Zo kan het geluid bijvoorbeeld worden beoordeeld op basis van een voortschrijdend jaargemiddelde, waarbij toetsing iedere maand plaatsvindt in plaats van ieder kalenderjaar. Een variant hierop is een regeling waarbij de exploitant de geluidsgegevens periodiek overdraagt, maar toetsing per kalenderjaar plaatsvindt. Bevoegde instanties en mogelijk ook andere belanghebbenden kunnen zodoende regelmatig controleren hoe L_{den} en L_{night} zich gedurende het kalenderjaar ontwikkelen. Indien nodig kan op tijd worden ingegrepen. Bij een dreigende overschrijding kan een last onder dwangsom worden opgelegd. Deze vorm van toezicht is bij het alternatief ongewijzigde regels in principe mogelijk, maar ongebruikelijk.
- De transparantie van het handhavingssysteem kan worden verhoogd door de procedure voor aanlevering van geluidgegevens door de exploitant aan te scherpen. Hierdoor wordt het resultaat nauwkeuriger en beter controleerbaar. Het resultaat is bijvoorbeeld afhankelijk van de gehanteerde tijdbasis. Registratie van windgegevens per uur geeft andere (lagere) geluidwaarden dan registratie per minuut. Door de logaritmische middeling van geluid tellen hoge niveaus immers zwaarder mee dan lage niveaus. Ook de wijze waarop de windsnelheid op ashoogte wordt vastgesteld is van invloed op het resultaat. De power curve van een windturbine geeft het verband tussen het geleverde elektrisch vermogen en de windsnelheid op ashoogte. Bepaling van de windsnelheid met behulp van de power curve is nauwkeurig, maar voor hogere windsnelheden niet mogelijk. Voor hogere windsnelheden dient daarom gebruik gemaakt te worden van de anemometer op de gondel. De met de anemometer gemeten waarden moeten echter wel worden gecorrigeerd. De windmeting op de gondel wordt namelijk verstoord door het draaien van de rotor en is zonder hiervoor te corrigeren niet betrouwbaar.

Bijlage 4 Beoordeling subvarianten laagfrequent geluid, tonaal geluid, binnenwaarde en gedifferentieerde normen

Overzicht beoordelingen meerwaarde subvarianten geluid

In Tabel 0-1 is de effectbeoordeling voor de subvarianten laagfrequent geluid, binnenwaarde en tonaal geluid samengevat. Deze tabel geeft aan in hoeverre het invoeren van een aanvullende norm extra bescherming tegen hinder biedt (geen meerwaarde / lichte meerwaarde / grote meerwaarde). De effectbeoordeling is onder de tabel per subvariant toegelicht.

Voor de subvariant gedifferentieerde normen is geen beoordeling per grenswaardevariant opgenomen. De toegevoegde waarde is namelijk afhankelijk van de wijze van differentiatie en van de extra bescherming die een gedifferentieerde norm biedt. In algemene zin biedt een mogelijkheid tot maatwerk een toegevoegde waarde, maar de inzichten in het maskerende karakter van omgevingsgeluid zijn nog te beperkt voor een goede beoordeling van de toegevoegde waarde. In deze bijlage zijn de overwegingen voor een gedifferentieerde norm samengevat.

Tabel 0-1 Effectbeoordeling subvarianten laagfrequent geluid, binnenwaarde en tonaal geluid

Grenswaarde	Norm laagfrequent geluid	Norm tonaal geluid	Norm binnenwaarde
37 dB L _{den}	Geen meerwaarde	Lichte meerwaarde	Geen meerwaarde
40 dB L _{den}	Geen meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
43 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
45 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Geen meerwaarde
47 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Lichte meerwaarde
50 dB L _{den}	Lichte meerwaarde	Grote meerwaarde	Grote meerwaarde

* Laagfrequent geluid dringt makkelijker in woningen door dan ander geluid. Hierdoor wordt de binnenwaarde voor een belangrijk deel bepaald door laagfrequent geluid. Een norm voor de binnenwaarde heeft daarom ook een positieve uitwerking op beheersing van laagfrequent geluid. Evenzo geldt dat een norm voor tonaal geluid ook goed uitwerkt voor beheersing van laagfrequent geluid. In geval van klachten over laagfrequent geluid gaat het immers veelal over tonaal laagfrequent geluid. Deze kruisbestuiving is bij de beoordeling niet meegewogen.

Laagfrequent geluid

Toelichting beoordeling

Veel zienswijzen gaan over de behoefte aan betere bescherming tegen infrason geluid en laagfrequent geluid vanwege windturbines. Deze bijlage geeft informatie over de meerwaarde van een aanvullende norm voor infrason en/of laagfrequent geluid ten opzichte van alleen een norm voor het volledige hoorbare geluidsspectrum.

Infrageluid betreft geluid met een frequentie van minder dan 20 Hz. Onder laagfrequent geluid wordt verstaan het geluid in het frequentiebereik van 20 Hz tot 100/200 Hz. In 2017 en 2021 heeft het RIVM een literatuurstudie verricht naar gezondheidseffecten van windturbinegeluid. Hierbij is naast 'normaal' hoorbaar geluid gekeken naar de effecten van laagfrequent en infrason geluid. Het RIVM heeft geen aanwijzing gevonden dat het infrageluid van windturbines enig effect kan hebben op de gezondheid. Over laagfrequent geluid oordeelt het RIVM dat er geen wetenschappelijk bewijs bestaat dat laagfrequent geluid andere effecten voor omwonenden heeft dan 'normaal' geluid. Het RIVM concludeert dat de voornaamste oorzaak van hinder ten gevolge van windturbinegeluid wordt veroorzaakt door blootstelling aan de optelsom van geluid in alle frequenties in combinatie met het ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie). Deze effecten zijn meegenomen in de dosis-effect relaties van windturbinegeluid. Dit betekent dat laagfrequent geluid vanwege windturbines niet afzonderlijk hoeft te worden beoordeeld, maar in principe als onderdeel van 'normaal geluid' kan worden meegenomen.

Vanuit wetenschappelijk oogpunt zijn er op dit moment dus geen zwaarwegende argumenten om een aanvullende norm voor laagfrequent geluid in te stellen. Laagfrequent geluid kan vrijwel even effectief worden verminderd door het verlagen van de generieke norm voor geluid op de gevel. Een aparte norm voor laagfrequent geluid kan wel een

waarborg vormen tegen verandering van het geluidsspectrum van windturbines. Toekomstige windturbines veroorzaken mogelijk meer laagfrequent geluid, waardoor de dosis-effect relaties zouden kunnen veranderen. Een norm voor laagfrequent geluid kan ook een rol spelen bij de uiteindelijke keuze van het fabricaat en type windturbine. Hiermee kunnen windturbines met weinig laagfrequent geluid worden onderscheiden van windturbines met soortgelijk elektrisch vermogen en rotordiameter maar met meer laagfrequent geluid.

Concluderend heeft het invoeren van een norm voor laagfrequent geluid lichte meerwaarde voor de grenswaardevarianten van 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} . De effecten van laagfrequent geluid zijn al meegenomen in de dosis-effectrelaties van windturbinegeluid. Een aanvullende norm voor laagfrequent zou echter wel kunnen fungeren als verzekering tegen verschuivingen van het geluidsspectrum van windturbines naar lagere frequenties en om te voorkomen dat wordt gekozen voor windturbines met bovenmatig veel laagfrequent geluid. Voor de grenswaardevarianten van 37 dB en 40 dB L_{den} heeft het invoeren van een extra norm voor laagfrequent geluid geen meerwaarde, omdat de geluidbelasting al lager is en te verwachten is dat een verschuiving van het spectrum naar lagere frequenties minder effect heeft op de hinderbeleving.

Achtergrondinformatie

Het geluid van windturbines omvat verschillende frequenties. Laagfrequent geluid en infrageluid maken onderdeel uit van dat geluidsspectrum. Over laagfrequent geluid en infrason geluid van windturbines bestaat bij omwonenden bezorgdheid over de effecten op de gezondheid. In deze paragraaf wordt ingegaan op de vraag of het aanvullend normeren van infrason en/of laagfrequent geluid meerwaarde heeft ten opzichte van alleen een norm voor het volledige hoorbare geluidsspectrum.

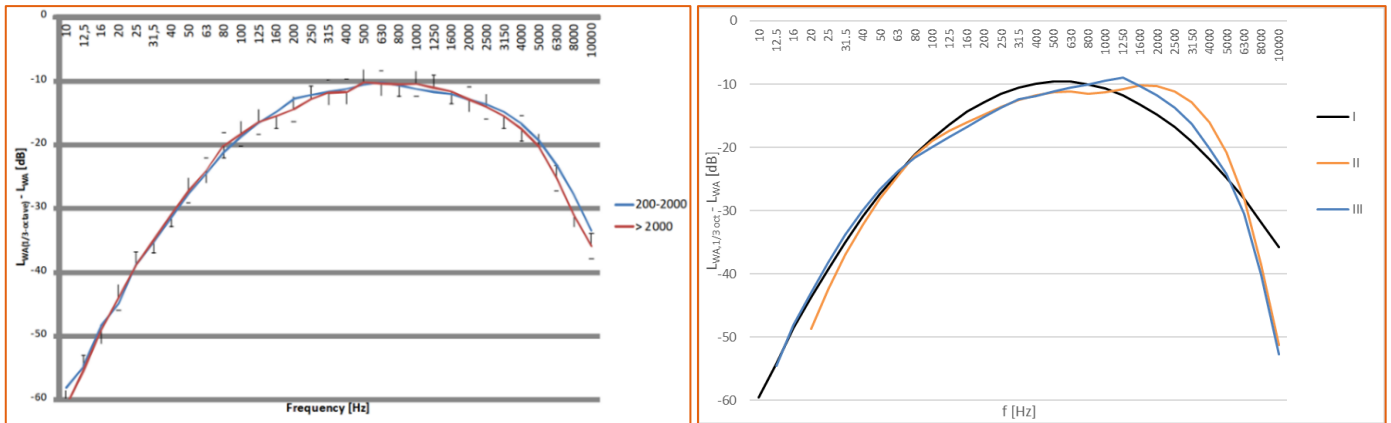
Het menselijk gehoor is in staat om frequenties vanaf ca. 20 Hz tot ca. 20.000 Hz waar te nemen. Volgens de gangbare definitie wordt onder laagfrequent geluid verstaan het geluid in het frequentiebereik van 20 Hz tot 100 Hz. Soms wordt een ruimere definitie gehanteerd en gaat men uit van een bovengrens van 160 of 200 Hz. Infrageluid betreft geluid met een frequentie van minder dan 20 Hz. Deze frequentie is zo laag dat het menselijk gehoor dit niet als geluid kan waarnemen. Infrason geluid kan wel door het lichaam worden gevoeld (onder meer als druk op de oren), maar alleen wanneer het geluid een zeer hoog niveau heeft.

Laagfrequent en infrason geluid worden voortgebracht door de natuur (bijvoorbeeld door wind en golven op water), door ons eigen lichaam (hartslag, bloedcirculatie), maar ook door menselijke activiteiten, zoals (zwaar) wegverkeer en luchtvaart. Windturbines stralen net als veel andere bronnen ook laagfrequent en infrason geluid uit. Infrason geluid vanwege windturbines ligt ver onder de grens waarboven het kan worden waargenomen (Bolin, 2011), zelfs op korte afstand van de windturbine. Sommige onderzoekers vermoeden echter dat infrason geluid onder de waarneemgrens gezondheidseffecten kan veroorzaken. Het laagfrequente geluid is in de woonomgeving van windturbines, afhankelijk van de afstand, wel hoorbaar. Een eigenschap van laagfrequent geluid is dat het zich minder makkelijk laat dempen dan geluid met hogere frequenties. Hierdoor draagt laagfrequent geluid in de buitenlucht verder dan 'normaal' geluid en bovendien wordt het minder makkelijk tegengehouden door gevel- en dakconstructies. Het geluid dat binnenshuis wordt ervaren is daarom laagfrequenter van karakter dan geluid buiten, vlakbij de geluidbron. Echter, volgens de WHO is het niet zeker of laagfrequent geluid binnenshuis waarneembaar is, vooral als de ramen gesloten zijn (World Health Organization (WHO), 2018).

Door de toename van de omvang van windturbines neemt ook het aandeel van laagfrequent geluid relatief iets toe. Hier is veel aandacht voor, omdat meer laagfrequent geluid zou kunnen leiden tot meer hinder. In 2011 toonden Møller en Pedersen aan dat het geluidsspectrum van grote windturbines (nominaal vermogen 2.3-3.6 MW) ongeveer een 1/3 octaafband naar onder is geschoven ten opzichte van kleine windturbines (≤ 2 MW) (Møller, 2011). De onderzoekers spraken de verwachting uit dat het spectrum van nog grotere windturbines (10 MW) in dezelfde mate in de richting van lage frequenties zou verschuiven. In 2014 voerde Søndergaard soortgelijk onderzoek uit maar met een grotere steekproef (Søndergaard, 2014). Søndergaard vond weliswaar een verband tussen het aandeel laagfrequent geluid en het nominale vermogen van windturbines, maar het effect was kleiner dan bij het onderzoek van Møller en Pedersen. Per verdubbeling van het nominaal vermogen bleek het laagfrequent geluid met 0,43 dB toe te nemen.

Sinds het onderzoek van Søndergaard heeft de tendens naar grotere windturbines zich voortgezet. Bij de ontwikkeling van nieuwe windturbines wordt veel aandacht besteed aan de beheersing van geluid. Hierdoor is het totale geluidsvermogen de laatste jaren, ondanks de toenemende omvang, niet of nauwelijks gestegen (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022). Sommige maatregelen, zoals het bestrijden van de emissie van tonaal geluid door de aandrijflijn, leiden tot een afname van het aandeel van laagfrequent geluid. Ook optimalisatie van de rotorbladen zou een verschuiving naar hogere frequenties tot gevolg hebben (Søndergaard, 2014), wat resulteert in een kleiner aandeel

laagfrequent geluid. Dergelijke innovaties zouden kunnen verklaren dat het spectrum van nieuwe, grote windturbines niet wezenlijk verschilt van kleinere windturbines. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 0-1, waarin de relatieve geluidspectra van drie moderne windturbines worden vergeleken met de resultaten van het onderzoek van Søndergaard uit 2014.



Figuur 0-1 Relatieve 1/3 octaafbandspectra van windturbines. Links: gemiddelde van de groepen van windturbines (200 kW – 2 MW en >2 MW) volgens (Søndergaard, 2014). Rechts: steekproef van windturbines (>5 MW) met Trailing Edge Serrations.

A-weging en laagfrequent geluid

Het menselijk gehoor is niet voor alle frequenties even gevoelig. Het oor verzwakt zowel geluid met lage frequenties als met hele hoge frequenties. De mate van verzwakking is afhankelijk van de frequentie en daarnaast ook van het geluidniveau. Om de gevoeligheid voor verschillende frequenties te verdisconteren wordt bij de beoordeling van omgevingsgeluid standaard een weging met een zogenaamd A-filter toegepast. De weging heeft als voordeel dat geluid als een getalswaarde kan worden beoordeeld. De L_{den} en L_{night} geluidsmaten die bij windturbines worden toegepast zijn ook A-gewogen geluidwaarden. Het A-filter is geschikt voor de beoordeling van geluidniveaus onder de 55 dB. Voor hele lage geluidniveaus wordt het geluid ook wel gewogen met de inverse gehoordrempel (HT). Deze weging onderdrukt laagfrequent geluid nog verder dan de A-weging, omdat de waarneembaarheid van laagfrequent geluid sterker daalt met het geluidniveau dan ander geluid met hogere frequenties. Sommige onderzoekers suggereren dat de A-weging en de gebruikelijke energetische maatstaf het laagfrequent geluid en het typische karakter van windturbines kan maskeren. Dit kan het gevolg zijn van het feit dat geluid met twee oren wordt waargenomen (binauraal), terwijl de geluidindicatoren zijn gebaseerd op vaststelling op één punt en uitmiddeling over een bepaalde tijdruimte. Deze aspecten zijn echter nog onvoldoende onderzocht.

Normen voor laagfrequent geluid

Normen voor 'normaal' breedbandig geluid gelden in de regel op de gevel. Normen voor laagfrequent geluid worden daarentegen meestal betrokken op de situatie binnenshuis. Een voordeel hiervan is dat de werkelijke gevelisolatie van de betrokken woningen meegenomen kan worden in de beoordeling. Omdat de gevelisolatie voor laagfrequent geluid tussen woningen onderling sterk kan verschillen, kan met een binnennorm beter maatwerk worden geleverd.

Relevante normen voor laagfrequent geluid zijn de Deense norm voor windturbines en de zogenaamde 'Vercammen' curve.

Denemarken heeft sinds 2012 een aparte norm voor laagfrequent geluid vanwege windturbines. De methode komt neer op het bepalen van het A-gewogen geluid (zie kader voor meer informatie over de A-weging en laagfrequent geluid) op de gevel in 1/3 octaafbanden van 10 tot en met 160 Hz. Vervolgens wordt spectraal (per 1/3 octaafband) een forfaitaire aftrek gehanteerd voor de gevelwering, die voor iedere woning gelijk is. De 1/3 octaafbandwaarden worden tot slot energetisch gesommeerd en getoetst aan een norm van 20 dB(A). De te hanteren gevelwering is vastgesteld op basis van meetonderzoek aan typisch Deense woningen, rekening houdend met een 67% overschrijdingskans. Dit betekent dat de gevelwering van de meeste Deense woningen hoger is dan de waarde die

wordt gehanteerd. Voor 33% van de woningen is de gevelisolatie echter slechter dan de waarden die gebruikt worden om het binnenniveau te berekenen. Die woningen kunnen in de praktijk dus worden blootgesteld aan laagfrequent geluid met een hoger niveau dan 20 dB(A). De Deense norm is niet onomstreden. Er is kritiek geweest op de keuze om de gevelwering niet te baseren op een worst case situatie. Daarnaast is het de vraag of de norm voldoende onderscheidend is ten opzichte van de norm voor normaal geluid. In de Deense praktijk wordt altijd voldaan aan de norm voor de binnenwaarde als de norm voor de buitenwaarde wordt gehaald. Het is niet zonder meer mogelijk om de Deense methode toe te passen in de Nederlandse situatie. De methode is namelijk gebaseerd op de gevelwering van typisch Deense woningen. Voor het bepalen van de gevelwering voor laagfrequent geluid van Nederlandse woningen zou nader onderzoek nodig zijn.

Hoewel in Nederland geen wettelijk kader bestaat voor het beoordelen van laagfrequent geluid wordt bij vergunningverlening van bedrijven met een verhoogd risico op laagfrequent geluid in het kader van zorgplicht vaak wel onderzoek gedaan naar het aspect laagfrequent geluid. In die gevallen wordt laagfrequent geluid meestal getoetst aan de 'Vercammen' curve. De Vercammen curve is een combinatie van de 20 dB(A) en de 86 dB(G)¹²⁶ weegcurves en is gebaseerd op hinderlijkheid. In 2006 heeft de Raad van State geoordeeld dat geen sprake is van onaanvaardbare hinder, indien het laagfrequent geluidniveau binnenshuis lager is dan deze curve (ABRvS, 2006). Een belangrijk verschil ten opzichte van de Deense methode is dat de 1/3 octaafbanden niet worden gesommeerd, maar afzonderlijk beoordeeld. De toetswaarde voor iedere 1/3 octaafband is gelijk aan de waarde die volgens de Deense methode geldt voor het hele frequentiebereik van 10 t/m 160 Hz. Toepassing van de Vercammen curve is daarom minder streng dan de Deense methode. Toetsing aan de Vercammen curve kan als prognose (voor realisatie van een project) en ter controle achteraf (na realisatie van een project) gedaan worden. Als het gaat om een prognose is het problematisch om een goede inschatting te maken van de gevelwering. Bij een controle achteraf kunnen binnenshuis geluidsmetingen worden uitgevoerd. De gevelwering hoeft dan niet te worden bepaald.

Bij mer-procedures voor windturbineparken wordt de Vercammen systematiek soms ook toegepast. Dit leidt vrijwel nooit tot overschrijdingen, ook niet als uitgegaan wordt van een worst case situatie.

Onderzoek RIVM

In 2017 en 2021 heeft RIVM een literatuurstudie gedaan naar gezondheidseffecten van windturbinegeluid. Hierbij is naast 'normaal' hoorbaar geluid gekeken naar de effecten van laagfrequent en infrasoongeluid. Het onderzoek uit 2017 omvat relevante wetenschappelijke artikelen over laagfrequent en infrasoongeluid. Bij het onderzoek uit 2021 zijn 19 extra artikelen betrokken, voornamelijk uit de periode van 2017 tot 2020.

Sommige artikelen wijzen op hersenactiviteit ten gevolge van infrasoongeluid. Die onderzoeken zijn niet specifiek gericht op windturbines, maar gebaseerd op infrageluidniveaus die nabij of boven de waarneemgrens liggen. Infrasoongeluid vanwege windturbines is veel zwakker en ligt ver onder de waarneemgrens. Het RIVM is van oordeel dat er geen aanwijzing is dat het infrageluid van windturbines enig effect kan hebben op de gezondheid.

Over laagfrequent geluid oordeelt het RIVM dat er geen wetenschappelijk bewijs is dat laagfrequent geluid andere effecten voor omwonenden heeft dan 'normaal' geluid. Het RIVM concludeert dat de voornaamste oorzaak van hinder ten gevolge van windturbinegeluid wordt veroorzaakt door blootstelling aan de optelsom van geluid in alle frequenties in combinatie met het ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie).

De conclusies van het RIVM betekenen niet dat laagfrequent geluid niet hinderlijk kan zijn en dat laagfrequent geluid indirect geen nadelige gevolgen voor de gezondheid kan hebben. Het betekent echter wel dat laagfrequent geluid vanwege windturbines niet afzonderlijk hoeft te worden beoordeeld, maar in principe als onderdeel van 'normaal geluid' kan worden meegenomen. De dosis-effect relaties die bijvoorbeeld door TNO zijn vastgesteld, zijn bepaald op basis van het gehele spectrum van windturbinegeluid. Deze dosis-effect relaties geven daarom een goed beeld van de gevolgen van windturbinegeluid, inclusief het laagfrequente geluid. Dit geldt te meer omdat afzonderlijke relaties zijn vastgesteld voor buitenshuis en voor binnenshuis. Van de dosis-effect relatie die geldt voor binnenshuis kan worden verwacht dat de effecten ten minste voor een deel worden veroorzaakt door laagfrequent geluid. Hogere frequenties worden door de scheidingsconstructie van het gebouw immers sterker gedempt dan lagere frequenties. Het is echter wel van belang dat de geluidspectra niet significant verschillen ten opzichte van de situatie waarbij de dosiseffect

¹²⁶ De G-weging is gericht op infrasoongeluid met frequenties tussen 10 en 20 Hz. Andere frequentie worden sterk gedempt.

relaties zijn vastgesteld. Als het relatieve aandeel laagfrequent geluid toeneemt, heeft dat immers mogelijk gevolgen voor de ervaren hinder, vooral binnenshuis.

Conclusies

Vanuit wetenschappelijk oogpunt zijn er op dit moment geen zwaarwegende argumenten om een aanvullende norm voor laagfrequent geluid, bijvoorbeeld volgens de Deense of de Vercammen methode, in te stellen. Laagfrequent geluid kan vrijwel even effectief worden verminderd door het verlagen van de generieke norm voor geluid op de gevel. Een aparte norm voor laagfrequent geluid zou wel kunnen fungeren als verzekering tegen veranderingen van het geluidsspectrum van windturbines. Tot nu toe heeft het groter worden van windturbines niet geleid tot een significante toename van laagfrequent geluid. Maar het is onzeker hoe de ontwikkeling zich in de toekomst doorzet. Daarnaast is het mogelijk dat windturbines die in een geluidmodus draaien relatief meer laagfrequent geluid produceren dan windturbines die onbelemmerd draaien. Een norm voor laagfrequent geluid kan ook een rol spelen bij de uiteindelijke keuze van het fabricaat en type windturbine. Hiermee kunnen windturbines met weinig laagfrequent geluid worden onderscheiden van windturbines met soortgelijk elektrisch vermogen en rotordiameter maar met meer laagfrequent geluid.

Verder kunnen eventuele aanvullende normen voor de binnenwaarde en tonaal geluid een positieve uitwerking hebben op laagfrequent geluid:

1. Norm voor de binnenwaarde. Vanwege de lagere gevelwering van laagfrequent geluid is het aandeel van laagfrequent geluid aan het geluidniveau binnenshuis groter dan buitenshuis. Dit betekent dat een eventuele norm voor de binnenwaarde meer zekerheid biedt op beheersing van laagfrequent geluid dan een norm voor geluid op de gevel. Hierbij moet er wel op worden toegezien dat laagfrequent geluid op representatieve wijze wordt meegenomen.
2. Norm voor tonaal geluid. Bij windparken waar regelmatig melding wordt gemaakt van hinder ten gevolge van laagfrequent geluid is meestal sprake van tonaal laagfrequent geluid. Het verminderen van overlast vanwege tonaal laagfrequent geluid kan ook wordt bewerkstelligd door het instellen van een norm voor tonaal geluid.

Tonaal geluid

Toelichting beoordeling

Tonaal geluid is geluid dat duidelijk herkenbare zuivere tonen bevat. Het is algemeen bekend en aanvaard dat geluid met een tonaal karakter doorgaans als hinderlijker wordt ervaren dan een geluid van hetzelfde niveau met een ruisachtig karakter. In Nederland wordt voor industriegeluid al sinds de invoering van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai IL-HR-13-01 in 1981 een toeslag – een straffactor - van 5 dB op het geluidniveau toegepast als het geluid ter plaatse van een gevoelig object een tonaal karakter heeft.

Voor windturbinegeluid met een tonaal karakter wordt in Nederland in de referentiesituatie en het alternatief ongewijzigde regels geen toeslag voor tonaal geluid toegepast. Het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Nederlandse overheid, 2018) geeft aan dat er geen toeslag wordt toegepast omdat het karakteristieke geluid van windturbines al bij de normstelling is meegenomen. Dit argument is deels juist. Bij de vaststelling van de dosis-effectrelaties is inderdaad rekening gehouden met het karakteristieke geluid van windturbines. Er is omwonenden namelijk gevraagd hoe zij het windturbinegeluid beleven en dit omvat alles wat zij ervaren. Als een windturbine tonaal geluid heeft veroorzaakt, dan zullen de omwonenden dit waarschijnlijk als relatief hinderlijk hebben beoordeeld. Het is echter niet zo dat windturbines per definitie tonaal geluid maken. De meeste windturbines produceren geen tonaal geluid, maar de windturbines die wel tonaal geluid veroorzaken worden veelal als hinderlijker ervaren. De vastgestelde dosis-effectrelaties zijn waarschijnlijk dus beïnvloed door windturbines die tonaal geluid produceren, maar slechts ten dele omdat deze dosis-effectrelaties ook vele windturbines zonder tonaal geluid omvatten.

Uit het onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat de meeste Europese landen voor tonaal geluid van windturbines een toeslag op het geluidniveau toepassen. De hoogte van de toeslag varieert van 1 tot 6 dB, mede afhankelijk van de sterkte van het tonale karakter.

Laagfrequent geluid versus Tonaal laagfrequent geluid

Voor windturbines wordt regelmatig gesproken over tonaal laagfrequent geluid, omdat als er tonaal geluid optreedt dit vaak bij een lage frequentie is. Er wordt ook wel eens over laagfrequent geluid gesproken, terwijl eigenlijk een tonaal geluid bij een lage frequentie wordt bedoeld. Ook tonaal geluid met een middelhoge of hoge frequentie wordt echter als hinderlijker ervaren dan regulier geluid. De beoordeling van tonaal geluid zou zich dus niet alleen op de lage frequenties moeten richten maar op het gehele hoorbare frequentiegebied. Het is dan ook beter om te spreken van tonaal geluid dan van tonaal laagfrequent geluid.

Het toepassen van een toeslag op het geluidniveau voor windturbines die ter plaatse van gevoelige objecten tonaal geluid veroorzaken, biedt omwonenden meer bescherming. Ook sluit het beter aan bij de specifieke beleving van het geluid dan de regeling in de referentiesituatie. Een toeslag helpt om probleemsituaties te voorkomen. Windturbines die tonaal geluid produceren veroorzaken namelijk meer hinder dan windturbines die geluid van eenzelfde niveau maar zonder tonaal karakter produceren. Toepassing van een toeslag betekent dat het geluidniveau van windturbines met tonaal geluid moet worden gereduceerd, tenzij door maatregelen het tonale karakter kan worden weggenomen waardoor een toeslag niet langer van toepassing is.

Een toeslag voor tonaal windturbinegeluid vormt voor fabrikanten en ontwikkelaars een belangrijke prikkel om door een goed ontwerp en een zorgvuldige uitvoering tonaal geluid te voorkomen. Ook is het een stimulans voor fabrikanten en ontwikkelaars om onderling goede afspraken te maken over de verantwoordelijkheden als zich na realisatie van een windturbine toch onverhoopt tonaal geluid blijkt te manifesteren. In die gevallen dat er zich na realisatie toch tonaal geluid blijkt voor te doen, vormen de financiële consequenties van een toeslag een belangrijke drijfveer om het tonaal geluid door middel van een technische oplossing te reduceren. Toepassing van zogenaamde geluidmodus¹²⁷ instellingen om het geluidniveau te reduceren gaan namelijk ten koste van de opbrengst van een windpark gedurende de gehele exploitatietermijn.

Om voornoemde redenen wordt in overweging gegeven om in de vast te stellen windturbinebepalingen een toeslag voor tonaal geluid op te nemen en hiervoor een objectieve beoordelingsmethode voor te schrijven. Een algeheel verbod op tonaal geluid wordt niet opportuun geacht, omdat tonaal geluid op voorhand niet volledig kan worden uitgesloten en bovenmatige hinder ook kan worden voorkomen met een toeslag voor tonaal geluid. Door in het ontwerp en de uitvoering hier meer aandacht aan te besteden wordt de kans op tonaal geluid verkleind, maar desondanks zou in bepaalde gevallen tonaal geluid kunnen optreden. Als zich tonaal geluid manifesteert zou het kunnen voorkomen dat dit met technische aanpassingen niet volledig kan worden weggenomen. In deze gevallen wordt door het toepassen van een toeslag, waardoor de windturbines effectief minder geluid mogen veroorzaken op gevoelige objecten, geborgd dat de windturbines niet bovenmatig veel hinder produceren.

Internationaal worden verschillende methoden toegepast om vast te stellen of er sprake is van tonaal geluid. Ook verschilt de hoogte van de toeslag die wordt toegepast. Dit is of een vaste toeslag of een toeslag die afhankelijk is van de sterkte van het tonale karakter. Voor industriegeluid met een tonaal karakter in Nederland wordt een toeslag van 5 dB toegepast (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), 1999). Deze toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) dat er sprake is van tonaal geluid. Voor windturbinegeluid zou ook een toeslag van 5 dB kunnen worden toegepast, maar er kan ook worden overwogen om een toeslag te hanteren die afhankelijk is van de mate van tonaliteit zoals in het buitenland wel gebeurt.

Voor de beoordeling van het tonale karakter van windturbinegeluid zijn twee opties mogelijk:

- Beoordeling van de bron op basis van de internationale standaard IEC 61400-11:2018.
- Beoordeling bij de ontvanger op basis van de internationale standaard ISO 1996-2:2017, bijlage J.

Voor de beoordeling van het tonale karakter van de bron lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de internationale standaard 'IEC 61400-11, editie 3.1, Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques' van juni 2018. Voor de beoordeling van het tonale karakter bij de ontvanger lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de

¹²⁷ Windturbines kunnen in een zogenaamde geluidmodus worden geschakeld. In "mode 0" (standaard) is het geleverde elektrisch vermogen van de windturbine optimaal en de geluidsemisatie maximaal. Door de windturbine in geluidmodus te schakelen, wordt het rotortoerental begrensd, waardoor de geluidproductie daalt. Dit gaat wel ten koste van het rendement van de windturbine. De geluidsemisatie kan meestal in stappen van ongeveer 1 dB worden teruggebracht, waarbij het rendement bij iedere stap daalt (geluidmodus, 1, 2 etc.).

internationale standaard ISO 1996-2:2017, 'Akoestiek - Beschrijving beoordeling en meting van omgevingsgeluid - Deel 2: Bepaling van omgevingsgeluidniveau', Bijlage J. In deze bijlage is onder 'achtergrondinformatie' nader op voornoemde opties ingegaan.

Een aandachtspunt is de toepassing bij een jaargemiddelde norm. Als een toeslag alleen zou worden toegepast op de perioden dat er sprake is van tonaal geluid, zou de toeslag bij toepassing op een jaargemiddelde waarde sterk kunnen worden uitgemiddeld. Hiermee zou deze mogelijk geen recht doen aan de dagen dat er daadwerkelijk extra hinder door tonaal geluid optreedt. Het wordt daarom in overweging gegeven om bij hantering van een jaargemiddelde norm tevens een eis te stellen aan het hoogst optredende equivalente geluidniveau over de dag-, avond- en nachtperiode vermeerderd met een eventuele toeslag voor tonaal geluid.

Concluderend, wordt het invoeren van een norm voor tonaal geluid voor de grenswaardevarianten van 40, 43, 45, 47 en 50 dB L_{den} als grote meerwaarde beoordeeld, omdat deze omwonenden extra bescherming biedt en helpt om probleemsituaties te voorkomen. Het is daarbij belangrijk om te melden dat windturbines niet per definitie tonaal geluid maken. Voor de grenswaardevariant van 37 dB L_{den} heeft het invoeren van een extra norm voor tonaal geluid een lichte meerwaarde, omdat de geluidbelasting en ervaren hinder in de basis al lager is. Met een extra norm wordt dus naar inschatting een minder sterke verbetering gerealiseerd dan bij een hogere grenswaarde.

Achtergrondinformatie

Beoordeling van de bron

Voor de beoordeling van het tonale karakter van de bron lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de internationale standaard 'IEC 61400-11, editie 3.1, Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques' van juni 2018. Deze norm beschrijft meetprocedures om de geluidsemissie van een windturbine op een consistente en nauwkeurige manier te karakteriseren. De metingen worden verricht op een horizontale afstand die ongeveer gelijk is aan de tiphoogte van de windturbine. Dit is een afstand die dichtbij genoeg is om de geluidoverdracht nauwkeurig te bepalen, maar ver weg genoeg gezien de brongroote van de windturbine. De IEC 61400-11 is de norm die fabrikanten toepassen om het geluidsvermogen van een windturbine te bepalen. Paragraaf 9.5 van deze norm beschrijft een methodiek om de tonaliteit van een windturbine te bepalen. De methodiek richt zich op het identificeren van eventuele tonen in het geluidsignaal en een beoordeling van de hoorbaarheid van de tonen rekening houdend met een eventuele maskering van de tonen door het geluidniveau in naastliggende frequentiebanden. De beoordelingsmethodiek is gebaseerd op zogenaamde FFT metingen¹²⁸, dat wil zeggen metingen in smalle frequentiebanden. De tonaliteit wordt per windsnelheidsklasse bepaald.

Beoordeling bij de ontvanger

Voor de beoordeling van het tonale karakter bij de ontvanger lijkt het logisch om aansluiting te zoeken bij de objectieve methode die bij de invoering van de Omgevingswet voor industriegeluid wordt geïntroduceerd. De in de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet opgenomen 'Meet- en rekenmethode geluid industrie' is op 26 maart 2021 gepubliceerd in de Staatscourant nr. 15868.¹²⁹ Hierin is opgenomen dat voor de beoordeling van tonaal geluid de kritische bandbreedtemethode volgens de internationale standaard ISO 1996-2:2017 bijlage J als hulpmiddel zou kunnen dienen. Deze methode is net als de IEC 61400-11 methode ook gebaseerd op FFT analyse. De mate van tonaliteit wordt uitgedrukt middels de grootte K_t . Alleen als de grootte K_t in genoemde norm tenminste 5 dB bedraagt, kan sprake zijn van tonaal geluid zoals bedoeld in de meet- en rekenmethode geluid industrie. In dat geval kan een toeslag van 5 dB worden toegepast op het langtijdgemiddeld geluidniveau voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van tonaal geluid.

Voor industriegeluid geldt dat het tonale karakter op het beoordelingspunt ook op subjectieve wijze kan worden beoordeeld. Dit gebeurt door auditieve waarneming door vertegenwoordigers van het bevoegd gezag. In de toelichting van de nieuwe meet- en rekenmethode geluid industrie is vermeld dat in het verleden het wel of niet toepassen van de toeslag vanwege tonaal geluid voor veel discussie heeft gezorgd. Met behulp van ISO 1996-2:2017 bijlage J kan de mate van tonaliteit op objectieve en kwantitatieve wijze worden vastgesteld. Toepassing van de kritische bandbreedte methode als beschreven in ISO 1996-2 voor de bepaling van het tonale karakter van industriegeluid is overigens ook al in de huidige situatie in jurisprudentie geaccepteerd (ABRvS, 2006) (ABRvS, 2012), maar dit is nog geen gangbare

¹²⁸ FFT staat voor Fast Fourier Transformatie. Dit is een algoritme om een tijdsignaal om te zetten naar het frequentiedomein. Hiermee wordt de hoeveelheid energie per frequentie zichtbaar gemaakt.

¹²⁹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2021-15868.html>

praktijk. Voor windturbinegeluid is beoordeling van tonaal geluid op basis van subjectieve beoordeling niet aan te bevelen.

In de internationale standaard ISO 1996-2:2017 wordt in bijlage J verwezen naar de internationale standaard ISO/PAS 20065 als een objectieve methode voor het beoordelen van de hoorbaarheid van tonen in een geluidsspectrum. Dit betreft net als de IEC 61400-11 standaard een methode die gebaseerd is op smalbandige FFT-metingen. De ISO/PAS 20065 kan worden gebruikt om de hoorbaarheid van in een spectrum aanwezige tonen te bepalen. De ISO/PAS methode kan worden toegepast als de frequentie van de te evalueren toon gelijk is aan of groter is dan 50 Hz. De mate van hoorbaarheid kan worden gebruikt om te bepalen of een toon al dan niet prominent aanwezig is en of een toeslag voor tonaal geluid moet worden toegepast. Hierbij wordt in ISO 1996-2:2017 opgemerkt dat op dit moment noch ISO/PAS 20065, noch ISO 1996-1 specificeert hoe de toeslag (K_T), moet worden bepaald. In de tussentijd kan voor de bepaling van de toeslag gebruik gemaakt worden van Tabel J.1 uit ISO 1996-2:2017. Deze is hieronder weergegeven als Tabel 0-2.

Het criterium bij toepassing van een toeslag is dat het tonale karakter op het beoordelingspunt duidelijk hoorbaar is. De nieuwe 'Meet- en rekenmethode geluid industrie' geeft aan dat alleen als de grootte K_t (de mate van tonaliteit) tenminste 5 dB bedraagt, er sprake kan zijn van tonaal geluid zoals bedoeld in de meet- en rekenmethode. Dat betekent dat alleen bij een gemiddelde hoorbaarheid (ΔL) van meer dan 9 dB een toeslag voor tonaal geluid wordt toegepast.

Tabel 0-2 Toeslag voor tonaal geluid volgens ISO 1996-2:2017

Gemiddelde hoorbaarheid ΔL in dB	Tonale toeslag K_T in dB
$\Delta L \leq 0$	0
$0 < \Delta L \leq 2$	1
$2 < \Delta L \leq 4$	2
$4 < \Delta L \leq 6$	3
$6 < \Delta L \leq 9$	4
$9 < \Delta L \leq 12$	5
$12 < \Delta L$	6

Binnenwaarde voor geluid

Toelichting beoordeling

Deze bijlage gaat in op de vraag in hoeverre het invoeren van een aanvullende norm voor de binnenwaarde extra bescherming biedt tegen hinder vanwege windturbines.

Een aanvullende norm voor de binnenwaarde, ofwel het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten, zorgt ervoor dat in situaties met een hoge gevelbelasting in ieder geval wel sprake is van een acceptabel binnenklimaat. Een eventuele norm voor de binnenwaarde zou voor windturbines alleen ingesteld hoeven te worden voor de nachtperiode, gericht op het voorkomen van slaapverstoring. Overdag en 's avonds is de binnenwaarde door windturbinegeluid namelijk niet hoger dan in de nachtperiode, terwijl voor de dag- en avondperiode in de regel een respectievelijk 10 en 5 dB hogere binnenwaarde toelaatbaar wordt geacht dan voor de nachtperiode.

In 2018 heeft de WHO de effecten van het geluid van windturbines en andere geluidbronsorten onderzocht (WHO, 2018). Voor de (dag-avond-nacht) gemiddelde geluidbelasting van windturbines stelt de WHO een norm voor van 45 dB L_{den} op de gevel. Voor windturbines hangt deze waarde samen met 39 dB L_{night} . De WHO acht de kwaliteit van het bewijs voor de effecten van nachtelijke blootstelling aan windturbinegeluid te laag voor een aanbeveling voor een norm voor L_{night} op de gevel. De WHO doet verder ook geen aanbevelingen voor het normeren van de binnenwaarde. Op grond van de bevindingen van de WHO kan echter wel worden geconcludeerd dat een aanvullende norm voor de binnenwaarde niet nodig is als wordt gekozen voor een norm op de gevel van 45 dB L_{den} / 39 dB L_{night} of lager.

Er bestaat geen algemeen erkende norm voor de binnenwaarde die toegespitst is op het geluid van windturbines. Bij gebrek aan grenswaarden die beter passen bij windturbines wordt in deze bijlage in kaart gebracht wat de gevolgen zouden zijn als de norm die geldt voor industriegeluid, gelijkwaardig aan 25 dB $L_{night,binnen}$, zou gelden voor

windturbines. Uit die vergelijking blijkt de binnenwaarde bij de normstellingsvariant 47 dB L_{den} / 41 dB L_{night} (referentiesituatie) 1 dB hoger is dan 25 dB $L_{night,binnen}$, indien sprake is van een slecht geïsoleerde woning en tevens rekening wordt gehouden met het typische geluidsspectrum van windturbines. Bij de normstellingsvariant 50 dB L_{den} / 44 dB L_{night} is de binnenwaarde van de meeste oudere woningen hoger dan 25 dB $L_{night,binnen}$. Voor deze variant heeft een norm voor de binnenwaarde meer toegevoegde waarde dan voor de referentiesituatie.

Concluderend, geldt dat het invoeren van een aanvullende norm voor de binnenwaarde voor de grenswaardevariant van 50 dB L_{den} grote meerwaarde heeft. Voor de grenswaardevariant van 47 dB L_{den} heeft dit lichte meerwaarde, omdat hiermee het binnenklimaat van slecht geïsoleerde woningen wordt gewaarborgd. Een norm voor de binnenwaarde heeft geen meerwaarde wanneer gekozen wordt voor een variant met een lagere grenswaarde.

Achtergrondinformatie

Geluid van bedrijfsmatige activiteiten of verkeer wordt gewoonlijk beoordeeld op de buitengevel van gevoelige objecten. Voor sommige geluidbronsoorten is naast een norm voor het geluid op de gevel een extra geluidnorm van toepassing, namelijk de norm voor de binnenwaarde, ofwel het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten. Hiermee wordt ondervangen dat in situaties met een hoge gevelbelasting in ieder geval wel sprake is van een acceptabel binnenklimaat. De referentiesituatie kent geen geluidnorm voor de binnenwaarde. Het is de vraag of het zinvol is om voor windturbinegeluid grenzen te stellen aan de binnenwaarde.

Het hanteren van een norm voor de binnenwaarde moet functioneren als vangnet voor schrijnende gevallen. Het heeft altijd de voorkeur om zorg te dragen dat de geluidbelasting op de gevel acceptabel is. Daarmee wordt ook gewaarborgd dat de milieuhygiënische situatie in de buitenruimte (in tuinen en op balkons) gunstig is en ramen naar wens geopend kunnen worden. De norm voor de buitenwaarde moet zodanig zijn dat in de meeste gevallen impliciet sprake is van een acceptabel binnenklimaat. Dit voorkomt ook dat het akoestisch onderzoek te complex wordt. De inspanning die benodigd is voor het bepalen van de binnenwaarde is namelijk veel groter dan het berekenen van de buitenwaarde.

Bepaling geluidwering

De binnenwaarde wordt bepaald door de geluidwering¹³⁰ van de gevel- en dakconstructie in mindering te brengen op het geluidniveau op de gevel. De Nederlandse regelgeving voorziet in standaardmethoden om de geluidwering op betrouwbare wijze te bepalen. Deze methoden zijn vervat in Nederlandse praktijkrichtlijnen. In bestaande situaties kan de geluidwering van gevels worden bepaald uit metingen (NEN, NEN 5077:2006, 2006). Bij bestaande bouw of nieuwbouw voorziet de regelgeving ook in een rekenmethode om de geluidwering te kunnen berekenen op basis van de akoestische eigenschappen van de samenstellende geveldelen en de betreffende ruimte (NEN, NPR 5272:2003, 2003).

Praktijkwaarden van de gevelwering

De geluidwering is sterk afhankelijk van de akoestische kwaliteit van de betreffende woning. In 1982 trad het Besluit geluidwering gebouwen in werking, met grenswaarden die in 1992 in het eerste Bouwbesluit zijn overgenomen. Aan woningen die vanaf 1982 zijn gebouwd, zijn hiermee eisen gesteld aan de akoestische prestaties van bouwkundige constructies van een woonfunctie. Eisen zijn momenteel geformuleerd in de vorm van een minimaal te realiseren karakteristieke geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie ($G_{A,k}$). De minimale eis, ongeacht de aanwezige geluidbelasting, is $G_{A,k} \geq 20$ dB geluidwering voor het standaardspectrum voor buitengeluid. De minimale eis is bedoeld voor het verblijfsgebied, bijvoorbeeld de hele eerste verdiepingvloer of samenstel van kamers. Op verblijfsruimteniveau, bijvoorbeeld een slaapkamer, is de eis $G_{A,k} \geq 18$ dB. Het idee hierachter is dat een verblijfsgebied naar behoefte moet kunnen worden ingedeeld.

In de praktijk is de geluidwering van verblijfsruimten van woningen met bouwjaar vanaf 1982 vaak hoger dan 20 dB, en met de aangescherpte energie-eisen de laatste jaren in veel gevallen zelfs hoger dan 25 dB. Bij kleine verblijfsruimten kan het echter ook voorkomen dat de gevelwering lager is dan de eis voor verblijfsgebieden.

Voor woningen die voor 1982 zijn gebouwd bestaan geen eisen ten aanzien van de gevelwering. Oudere woningen beschikken vaak niet over ventilatievoorzieningen. Het openen van een raam is in dat geval de enige mogelijkheid om te kunnen voldoen aan voldoende woonkwaliteit. In die gevallen is een geluidwering van 17 tot 19 dB van toepassing.

¹³⁰ De geluidwering is het verschil tussen het geluidniveau buiten en het geluidniveau binnen. De geluidwering geeft aan in welke mate geluid door een scheidingsconstructie wordt doorgelaten. Dit is afhankelijk van de frequentie van het geluid.

Het gaat hier om het merendeel van de woningen die dateren van voor 1982. Dergelijke woningen komen veel voor in de (meestal landelijke) omgeving van windparken.

Invloed van geluidspectra

De geluidwering van de gevel is afhankelijk van het geluidsspectrum van het invallende buitengeluid. Hierbij geldt dat lage frequenties minder gedempt worden door de gevel (scheidingconstructies). Conform NEN 5077, zoals aangestuurd in het Bouwbesluit, wordt de karakteristieke geluidwering van gevels bepaald op basis van het standaardspectrum (wegverkeerslawaai). Hierbij worden vijf octaafbanden beschouwd, namelijk de octaafbanden met middenfrequenties van 125, 250, 500, 1000 en 2000 Hz. Lage frequenties worden buiten beschouwing gelaten, mede omdat ze bij weg- en railverkeer en bij industrie minder relevant zijn. Bovendien is het lastig om de geluidwering bij lage frequenties betrouwbaar vast te stellen. De realiteit is dat bij nieuwbouw steeds lichtere bouwconstructies worden toegepast, waardoor de geluidwering van lage frequenties afneemt en eerder hinder te verwachten is.

Het spectrum van invallend windturbinegeluid is in de frequentiebanden van 125 tot 2000 Hz vergelijkbaar met dat van wegverkeer. Het aandeel van de 63 Hz octaafband is bij windturbinegeluid hoger dan bij wegverkeer. Hierdoor is de werkelijke geluidwering tegen windturbinegeluid op overall niveau mogelijk tot enkele dB's lager dan op basis van het standaardspectrum voor wegverkeerslawaai kan worden verwacht.

Voor de beheersing van laagfrequent geluid van windturbines binnen in woningen is het relevant om de 63 Hz octaafband mee te nemen bij de eventuele beoordeling van de binnenwaarde. Het beschouwen van de 63 Hz octaafband stuit echter op praktische bezwaren. De meetmethode is omslachtig en niet geschikt voor kleine ruimten. De rekenmethode is slecht uitvoerbaar, omdat voor de meeste materialen geen gegevens beschikbaar zijn.

Normen voor de binnenwaarde

Bij windturbines is het geluidniveau in de nachtperiode vergelijkbaar met het niveau in de dag- en avondperiode, tenzij er specifieke maatregelen worden getroffen om alleen het geluid in de nachtperiode te beperken. Hierdoor is de nachtperiode in de regel maatgevend voor de beoordeling. Als het niveau in de nachtperiode aanvaardbaar is, is dit in de dag- en avondperiode zeker het geval. Bij geluid vanwege windturbines zou dus kunnen worden volstaan met een norm voor de binnenwaarde in de nachtperiode, gericht op het voorkomen van slaapverstoring.

In de publicatie "Night Noise Guidelines for Europe" uit 2009 geeft de WHO aan dat er onvoldoende bewijs is dat de effecten die optreden bij een gevelbelasting van 40 dB L_{night} schadelijk zijn voor de gezondheid. Boven deze waarde ziet de WHO een toename van slapeloosheid en het gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen. De conclusie van het WHO geldt generiek en is niet specifiek voor windturbinegeluid. In 2018 heeft de WHO de effecten van het geluid van windturbines en weg-, rail- en vliegverkeer verder onderzocht (WHO, 2018). Het onderzoek leidt niet tot aanbeveling voor het normeren van L_{night} van windturbines. De WHO acht de kwaliteit van het bewijs voor de effecten van nachtelijke blootstelling aan windturbinegeluid te laag voor een aanbeveling. Voor de (dag-avond-nacht) gemiddelde geluidbelasting van windturbines stelt de WHO een norm voor van 45 dB L_{den} op de gevel. Voor windturbines hangt deze geluidbelasting samen met 39 dB L_{night} . De WHO doet geen aanbevelingen voor normering van geluid binnenshuis. Op grond van de advieswaarden van 45 dB L_{den} (2018) en 40 dB L_{night} (generiek, 2009) op de gevel kan echter worden geconcludeerd dat een aanvullende norm voor de binnenwaarde toegevoegde waarde biedt, als wordt gekozen voor een norm op de gevel van 45 dB L_{den} / 39 dB L_{night} of lager. Bij die geluidbelasting is de norm op de gevel van dien aard dat al voldaan wordt aan de WHO advieswaarden. Bij de normstellingsvarianten 47 dB L_{den} / 41 dB L_{night} en 50 dB L_{den} / 44 dB L_{night} heeft een aanvullende norm voor de binnenwaarde mogelijk wel meerwaarde.

Er bestaat geen advieswaarde voor de binnenwaarde vanwege windturbines. Geluid vanwege windturbines is het best te vergelijken met industriegeluid. Bij gebrek aan grenswaarden die beter passen bij windturbines is in het MER in kaart gebracht wat de gevolgen zouden zijn als de norm die geldt voor industriegeluid ook zou gelden voor windturbines.

Voor geluid vanwege bedrijfsmatige activiteiten zoals industriegeluid (windturbines uitgezonderd) gelden in Nederland normen voor de binnenwaarde (Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening, 1998). Voor de dag-, avond- en nachtperioden zijn voor nieuwe situaties grenswaarden van toepassing van 35, 30 en 25 dB(A). In de systematiek van de Handreiking is de geluidsdosismaat voor industriegeluid uitgedrukt in het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{\text{Ar,LT}}$. Deze geluidsmaat is betrokken op de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor een bedrijfsvoering bij volledige capaciteit. Deze definitie wijkt af van de jaargemiddelde

geluidsemissie die bij windturbines van toepassing is. De geluidbelasting vanwege industriegeluid wordt gecorrigeerd voor de invloed van de meteorologische omstandigheden op de jaargemiddelde geluidsoverdracht. Deze overdracht wordt beïnvloed door de windrichting en de temperatuurgradiënt in de atmosfeer. De correctie bedraagt in de regel enkele dB's tot maximaal 5 dB. Een dergelijke "meteocorrectie" is in principe ook van toepassing op windturbinegeluid. Echter, door de grote hoogte van de geluidbron is de invloed van de meteorologische omstandigheden op de geluidsoverdracht alleen op zeer grote afstand (typisch meer dan 1.000 meter) relevant. Bij de maatgevende woningen is de meteocorrectie bij windturbinegeluid altijd verwaarloosbaar. De effecten van wel/geen jaarmiddeling van de emissie en wel/geen beïnvloeding van de geluidsoverdracht door meteorologische omstandigheden zullen ongeveer tegen elkaar opwegen. Als hiermee rekening gehouden wordt, is een norm van 25 dB(A) voor de binnenwaarde voor industriegeluid in de nachtperiode gelijkwaardig aan 25 dB L_{night} voor windturbines.

Betekenis voor windturbinegeluid

Ter illustratie geeft Tabel 0-3 de binnenwaarden voor de normstellingsvarianten 45 dB L_{den} / 39 dB L_{night} , 47 dB L_{den} / 41 dB L_{night} en 50 dB L_{den} / 44 dB L_{night} . Hierbij is uitgegaan van een minimale gevelwering van 15, 17 en 20 dB. De veronderstelling is dat een minimale gevelwering van 15 dB representatief is voor slecht geïsoleerde woningen met een bouwjaar tot 1982 die blootgesteld worden aan een geluidsspectrum met lage frequenties. Een minimale gevelwering van 17 dB wordt representatief geacht voor slecht geïsoleerde woningen die worden belast met een standaard spectrum. Een minimale gevelwering van 20 dB is van toepassing op het merendeel van de woningen die gebouwd zijn na 1982. De berekende waarden kunnen worden vergeleken met de norm voor industriegeluid, die neerkomt op 25 dB $L_{\text{night,binnen}}$.

Tabel 0-3 Voorbeeldberekening geluidbelasting $L_{\text{night,binnen}}$

Grenswaarde geluid op de gevel	Maximale binnenwaarde, uitgaande van woningen:		
	Slecht geïsoleerd bouwjaar voor 1982 met laagfrequent spectrum	Slecht geïsoleerd bouwjaar voor 1982 met standaard spectrum	Bouwjaar na 1982
45 dB L_{den} / 39 dB L_{night}	24 dB $L_{\text{night,binnen}}$	22 dB $L_{\text{night,binnen}}$	19 dB $L_{\text{night,binnen}}$
47 dB L_{den} / 41 dB L_{night}	26 dB $L_{\text{night,binnen}}$	24 dB $L_{\text{night,binnen}}$	21 dB $L_{\text{night,binnen}}$
50 dB L_{den} / 44 dB L_{night}	29 dB $L_{\text{night,binnen}}$	27 dB $L_{\text{night,binnen}}$	24 dB $L_{\text{night,binnen}}$

De normstellingsvariant 45 dB L_{den} / 39 dB L_{night} sluit aan bij het advies van de WHO. Bij die norm is de binnenwaarde altijd lager dan de norm voor industriegeluid.

Bij een norm van 47 dB L_{den} / 41 dB L_{night} (referentiesituatie) bedraagt de binnenwaarde in slecht geïsoleerde woningen in het meest ongunstige geval 26 dB $L_{\text{night,binnen}}$. Dit is 1 dB hoger dan de norm voor industriegeluid. Ten aanzien van geluid binnenshuis ligt het beschermingsniveau voor windturbines in de referentiesituatie dus lager dan voor industriegeluid. Het betreft naar verwachting een deel van de woningen die voor 1982 zijn gerealiseerd.

Bij de normstellingsvariant 50 dB L_{den} / 44 dB L_{night} is de binnenwaarde van de meeste woningen van voor 1982 hoger dan 25 dB $L_{\text{night,binnen}}$. Voor deze variant heeft een norm voor de binnenwaarde meer toegevoegde waarde dan voor de referentiesituatie.

Gebiedsfondsen

Bij veel windparken worden gebiedsfondsen opgezet. Het rijk, de provincies, de gemeentes en de initiatiefnemers dragen vaak financieel bij aan dergelijke fondsen. Vanuit de gebiedsfondsen worden projecten gefinancierd om de leefbaarheid in de omgeving van het windpark te verbeteren. Vaak gaat het om projecten die leiden tot verbetering van de duurzaamheid. Een goed voorbeeld is het isoleren van woningen. Een gebiedsfonds biedt omwonenden geen harde rechten voor verbetering van de woningisolatie. Daarbij komt het gebiedsfonds pas tot uitvoering als het windpark al in werking is. Het instellen van rijksregels voor de binnenwaarde biedt voor omwonenden dus wel meer zekerheid dan een gebiedsfonds. Aan de andere kant wordt bij isolatie vanuit het gebiedsfonds in het algemeen wel zwaardere isolatie toegepast dan wanneer rijksregels zouden gelden.

Gedifferentieerde normen

Toelichting beoordeling

In de referentiesituatie wordt voor alle gevoelige objecten dezelfde geluidnorm gehanteerd, ongeacht het type omgeving, het heersende achtergrondniveau of de bestemming van het gebied. De enige uitzonderingen betreffen gevoelige objecten op een gezondeer industrieterrein en woningen die onder de sfeer van het windpark vallen. In deze gevallen geldt er geen grenswaarde.

Uit het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat er in andere landen vaak gedifferentieerde geluidnormen worden gehanteerd. Hierbij worden echter uiteenlopende keuzes gemaakt. In Vlaanderen, Denemarken en Duitsland gelden voor woonwijken strengere grenswaarden dan voor woningen in landelijk gebied.¹³¹ Andere landen zoals Zweden, Nieuw-Zeeland en de Australische deelstaat Zuid-Australië staan voor woonwijken juist meer geluid toe dan voor woningen in landelijk gebied. Dit geldt feitelijk ook voor Frankrijk en voor het ontwerp voor de nieuwe regelgeving in Ierland, omdat de grenswaarden hier gerelateerd zijn aan het achtergrondniveau van het omgevingsgeluid. Laatstgenoemde landen kiezen er dus voor om een stille landelijke omgeving relatief stil te houden, terwijl eerstgenoemde landen ervoor kiezen om hier juist meer geluid toe te staan. Waarschijnlijk speelt de relatief lage bevolkingsdichtheid in landelijke gebieden en het kleinere aantal potentieel ernstig gehinderden hierbij een rol. In Noorwegen, Wallonië, het Verenigd Koninkrijk (alleen in de nachtperiode) en in de thans nog vigerende norm in Ierland geldt net als in Nederland voor alle gevoelige objecten in alle type omgevingen dezelfde grenswaarde.

Bij de afweging om gedifferentieerde normen te hanteren spelen met name de volgende aspecten een rol:

- De bevolkingsdichtheid. Het absolute aantal ernstig gehinderden is naast het percentage ernstig gehinderden bij een bepaalde geluidbelasting afhankelijk van het totale aantal personen dat aan deze geluidbelasting wordt blootgesteld. Dat betekent dat in landelijk gebied bij een bepaald percentage (ernstig) gehinderden het aantal (ernstig) gehinderden in absolute zin minder is dan in woonkernen.
- Het heersende omgevingsgeluid. Aan de ene kant verandert in een relatief stille omgeving het geluidklimaat door de realisatie van een windpark sterker dan in een meer geluidbelaste omgeving. Aan de andere kant ondervinden in een geluidbelaste omgeving mensen al relatief veel hinder en kan deze hinder door cumulatieve effecten toenemen. Als de geluidbelasting echter dermate hoog is dat het windturbinegeluid (grotendeels) wordt gemaskeerd hoeft de hinder door de ontwikkeling van een windpark niet relevant toe te nemen.

In plaats van nationale differentiatie op basis van type omgeving, het heersende achtergrondniveau of de gebiedsbestemming zou ook kunnen worden gekozen voor een differentiatie op basis van een lokale, situatie specifieke afweging. Hierbij wordt gedacht aan de systematiek van een voorkeursgrenswaarde en een hogere grenswaarde zoals ook voor andere soorten geluid wordt gehanteerd.

Bij de systematiek van een standaardwaarde en grenswaarde, wordt een geluidbelasting die niet hoger is dan de standaardwaarde zonder meer acceptabel geacht. Er is dan geen afweging nodig. Als de geluidbelasting de standaardwaarde overschrijdt kan deze op basis van een bestuurlijk afwegingsproces worden toegestaan mits deze niet hoger is dan de grenswaarde. Hierbij kunnen economische en maatschappelijke belangen worden afgewogen

¹³¹ Dit blijkt ook uit de nieuw voorgestelde gedifferentieerde normen in Vlaanderen. Zie: <https://omgeving.vlaanderen.be/inspraak-sectorale-voorwaarden-windturbines>

tegen de bevolkingsdichtheid - het aantal woningen waar de standaardwaarde wordt overschreden - en de mate van overschrijding en het heersende omgevingsgeluid. Ook zouden aanvullende eisen gesteld kunnen worden aan bijvoorbeeld de cumulatieve geluidbelasting, de binnenwaarde en/of de aanwezigheid van een geluidluwe gevel.

Achtergrondinformatie

Hieronder is meer achtergrondinformatie gegeven over cumulatie met andere geluidbronnen en maskering door andere geluidbronnen.

Cumulatie met andere geluidbronnen

In het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2007) is een methode opgenomen om het geluid van verschillende soorten geluidbronnen te cumuleren. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillen in dosis-effectrelaties van de verschillende soorten geluidbronnen. Om een beeld te geven van de cumulatieve effecten is als voorbeeld voor een situatie met een windpark nabij een gevoelig object dat ook door het geluid van wegverkeer wordt belast gekozen. In Tabel 0-4 zijn als voorbeeld de mogelijke grenswaarden van windturbinegeluid voor de beschouwde grenswaardevarianten gecumuleerd met de grenswaarden voor wegverkeersgeluid.

Bij de cumulatie wordt het windturbinegeluid eerst omgerekend naar de geluidbelasting vanwege wegverkeer met eenzelfde percentage ernstig gehinderden en vervolgens wordt het omgerekende windturbinegeluid bij het wegverkeersgeluid opgeteld. Zo leidt een geluidbelasting van 48 dB L_{den} vanwege wegverkeer gecumuleerd met 40 dB L_{den} windturbinegeluid tot een cumulatieve geluidbelasting van 50,1 dB L_{cum} .

Uit Tabel 0-4 blijkt dat het afhangt van de geluidbelasting vanwege wegverkeer vanaf wanneer het windturbinegeluid een relevante bijdrage levert aan de cumulatieve geluidbelasting. Hoe lager het wegverkeersgeluidniveau, hoe eerder het windturbinegeluid relevant bijdraagt. Afhankelijk van de geluidbelasting vanwege wegverkeer kan het windturbinegeluid al relevant aan de cumulatieve geluidbelasting bijdragen bij een geluidbelasting vanwege windturbinegeluid dat ordegrrootte 10 tot 15 dB(A) lager is dan de geluidbelasting vanwege wegverkeer. Dus ook in het geval dat het windturbinegeluid veel lager is dan de heersende geluidbelasting kan het windpark een relevant bijdrage leveren aan de cumulatieve geluidbelasting. Dit komt doordat het geluid van windturbines als hinderlijker wordt ervaren dan eenzelfde geluidniveau vanwege wegverkeer. De precieze cumulatieve effecten zijn zeer situatie- en locatieafhankelijk. Zo zal in een bepaald gebied de mate van cumulatie veelal per gevoelig object verschillen.

Tabel 0-4 Voorbeeld van gecumuleerde geluidniveaus windturbinegeluid en wegverkeersgeluid

Grenswaarde (windturbinegeluid)	Berekend cumulatieve geluidbelasting (L_{cum}) met voorkeursgrenswaarde 48 dB L_{den} niveau wegverkeersgeluid (ondergrens)	Berekend cumulatieve geluidbelasting (L_{cum}) met 58 dB L_{den} niveau wegverkeersgeluid (bovengrens buitenstedelijk gebied)	Berekend cumulatieve geluidbelasting (L_{cum}) met 63 dB L_{den} niveau wegverkeersgeluid (bovengrens in stedelijk gebied)
37 dB L_{den}	48,8 dB L_{cum}	58,1 dB L_{cum}	63,0 dB L_{cum}
40 dB L_{den}	50,1 dB L_{cum}	58,3 dB L_{cum}	63,1 dB L_{cum}
43 dB L_{den}	52,7 dB L_{cum}	58,8 dB L_{cum}	63,3 dB L_{cum}
45 dB L_{den}	55,1 dB L_{cum}	59,5 dB L_{cum}	63,5 dB L_{cum}
47 dB L_{den}	58,0 dB L_{cum}	60,8 dB L_{cum}	64,1 dB L_{cum}
50 dB L_{den}	62,6 dB L_{cum}	63,8 dB L_{cum}	65,7 dB L_{cum}

Maskering door andere geluidbronnen

Geluid van windturbines leidt tot meer hinder dan andere geluidbronnen bij datzelfde geluidniveau (Janssen S. , Vos, Eisses, & Pedersen, 2011). Een belangrijke oorzaak hiervan is het typische ritmische karakter van windturbinegeluid (amplitudemodulatie). De hoeveelheid hinder die omwonenden van windparken ervaren neemt naar verwachting af wanneer geluidniveaus van andere geluidbronnen (algeheel omgevingsgeluid, wegverkeerslawaaï, etc.) toenemen. De amplitudemodulatie is namelijk kleiner naarmate het basisniveau van het omgevingsgeluid hoger is. In een onderzoek van (Bolin, Nilsson, & Khan, 2010) is met respondenten de herkenbaarheid onderzocht van windturbinegeluid ten opzichte van natuurlijk omgevingsgeluid bestaande uit geluid van het bladergeruis van bomen en de golven van de

zee. Uit het onderzoek blijkt dat windturbinegeluid volledig gemaskeerd wordt door deze natuurlijke omgevingsbronnen bij signaal-ruis verhoudingen van tussen de -8 tot -12 dB, dat wil zeggen als het equivalente niveau van windturbinegeluid 8 tot 12 dB lager is dan het equivalente geluidniveau van het heersende natuurlijke omgevingsgeluid. Bij een signaal-ruis verhouding van 2 dB – dus als het niveau van windturbinegeluid 2 dB hoger is dan het natuurlijke omgevingsgeluid - wordt het windturbinegeluid al als minder hinderlijk ervaren. Voor een volledige maskering moet het niveau van het natuurlijke omgevingsgeluid dus aanzienlijk hoger zijn dan het niveau van windturbinegeluid, maar een gedeeltelijke maskering van het windturbinegeluid wordt al bereikt bij een klein verschil tussen het windturbinegeluid en het natuurlijke omgevingsgeluid. Er blijkt dat wanneer een natuurlijke geluidbron (bijv. bomen) van een gelijk geluidniveau wordt toegevoegd als het windturbinegeluidniveau, qua beleving hetzelfde effect optreedt als het reduceren van het windturbinegeluidniveau met 5 dB. Dit geldt voornamelijk buitenshuis en voor equivalente geluidniveaus van windturbines van circa 40 dB. Deze resultaten komen uit experimenten met gehoorstenen. De ervaring in het veld is in deze studie niet onderzocht.

In een onderzoek van Pedersen et al. (Pedersen & Van Den Berg, 2010) (Pedersen, Berg, Bakker, & Bouma, 2010) is een hinderlijkheidsonderzoek in het veld gelinkt aan de berekende jaargemiddelde geluidbelasting uitgedrukt in L_{den} . Hieruit blijkt dat wegverkeersgeluid de hinder van windturbinegeluid niet deed afnemen, behalve wanneer het voorspelde windturbinegeluid laag was (35-40 dB L_{den}) en bij een signaal-ruis verhouding lager dan -20 dB. De lage maskering capaciteit van wegverkeersgeluid zou kunnen worden veroorzaakt doordat de geluidbelasting in L_{den} variaties in de verkeersintensiteit en door de dagelijkse patronen (spitsuur) uitmiddelt net als langzame variaties als gevolg van de weersomstandigheden zoals meewind en tegenwind. Het windturbinegeluid wordt mogelijk niet gemaskeerd op de momenten met lage achtergrondniveaus. Het kunnen juist deze momenten zijn die de hinder bepalen, ongeacht de blootstellingsduur. Het maskerende vermogen van wegverkeersgeluid is dus beperkt en treedt alleen op als het wegverkeer behoorlijk luid is en het windturbinegeluid betrekkelijk zacht. Vooral in de nacht zal maskering door stedelijk wegverkeer nauwelijks een rol spelen, maar mogelijk nog wel bij drukke (snel)wegen.

In plaats van het gebruik van berekeningen in combinatie met een hinderlijkheidsonderzoek om de maskering te bepalen zoals in de studie van Pedersen et al., wordt in een studie van Van Renterghem et al. (Van Renterghem, Bockstaal, De Weirt, & Botteldooren, 2013) gebruik gemaakt van luisterproeven met gemeten windturbinegeluid en gemeten wegverkeersgeluid van lokale- en snelwegen. In een experiment waar werd gevraagd om het identificeren van windturbinegeluid, kwam dat voor het equivalente geluidniveau de detectiegrens van windturbinegeluid samen met snelweg verkeerslawaai is geschat bij een signaal-ruis verhouding van -23 dB(A).

In een recenter onderzoek van (Johansson, Alvarsson, & Bolin, 2017) is onderzoek gedaan door middel van luisterproeven naar maskering van windturbinegeluid door wegverkeersgeluid, achtergrondgeluid van een drukke stad en achtergrondgeluid van een bos. Uit de luisterproeven bleek dat bij signaal-ruis verhoudingen van rond de -10 dB het achtergrondgeluid van een stad tweemaal zo efficiënt was in het verminderen van hinder door windturbines in vergelijking met het achtergrondgeluid van een bos. In geluidniveaus gaat dit om 5 dB verschil. Hierbij is uitgegaan van equivalente geluidniveaus. Bij een signaal-ruis verhouding van 0 is dit effect helemaal weg en wordt voor alle maskeringen dezelfde hinder ervaren van het windturbinegeluid. Ook als het windturbinegeluid iets hoger is dan het wegverkeersgeluid, het achtergrondgeluid van een drukke stad en het achtergrondgeluid van een bos wordt het windturbinegeluid gedeeltelijk gemaskeerd. In het algemeen komt een drukke stad als beste geluidmaskeerder uit de test en het bos als minst goede. Dit kan te maken hebben met dat het geluidsspectrum van een drukke stad meer in overeenstemming is met het gemiddelde geluidsspectrum van de windturbines dan het geluidsspectrum van bos-achtergrondgeluid. Voor wegverkeer is volgens Johansson et al. al sprake van een sterke maskering bij een signaal-ruisverhouding van -9 dB. Volgens Johansson et al. wordt windturbinegeluid dus al voor een veel kleinere signaal-ruisverhouding door wegverkeersgeluid gemaskeerd dan eerder door Pedersen et al. en van Renterghem et al. is vastgesteld. Echter, deze effecten zijn alleen statistisch relevant bij lage geluidniveaus, lager dan 35-45 dB(A).

Het heersende omgevingsgeluid kan het geluid van windturbines dus gedeeltelijk maskeren en hiermee de hinderlijkheid van het windturbinegeluid verminderen. Zelfs als het geluidniveau van windturbines iets hoger is dan het omgevingsgeluid kan het al deels worden gemaskeerd. Een volledige maskering van het windturbinegeluid treedt pas op als het niveau van omgevingsgeluid veel hoger is, orde grootte 10 tot 20 dB(A). Voor de bepaling van de exacte signaal-ruisverhouding is nader onderzoek nodig. Het lijkt waarschijnlijk dat deze verhouding afhankelijk is van de precieze geluidbron(nen) en situatie.

Bijlage 5 Contourafstanden voor geluid

De geluidbelasting op een bepaalde afstand van windturbines is naast de omvang en de lay-out van een windpark afhankelijk van vele andere factoren. De belangrijkste factoren zijn:

- **Het type windturbine.**

Uit het 'Onderzoek afstandsnormen windturbines' (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022) blijkt dat afhankelijk van het type windturbine de maximale geluidsemissie van de windturbine bij een bepaald nominaal vermogen tot circa 5 dB(A) kan verschillen. Dit is te zien in Figuur 0-1 waarin het maximale bronvermogen van 55 typen windturbines met een nominaal vermogen van 1,8 MW t/m 7,2 MW is weergegeven. Deze spreiding in het maximale bronvermogen is in goede overeenstemming met een eerdere analyse van Nieuwenhuizen (Nieuwenhuizen, 2020). Uit voornoemd onderzoek naar afstandsnormen blijkt dat het bronvermogen van een windturbine niet als functie van het nominaal vermogen van de windturbine toeneemt. Een klasse 6 MW windturbine maakt dus niet per se meer geluid dan een klasse 2 MW windturbine. Dit komt door technologische ontwikkelingen zoals de optimalisatie van de vorm van het rotorblad, toepassing van zogenaamde vortex generators voor de vermindering van het overtrekgeluid en toepassing van zogenaamde trailing edge serrations voor de vermindering van het achterrandsgeluid. Ook is het nominale toerental van een windturbine lager naarmate het rotorblad groter wordt, waardoor de tipsnelheid van de rotorbladen vergelijkbaar blijft.

- **Het lokale windklimaat.**

Het windklimaat speelt een relevante rol in de bepaling van de geluidbelasting. De geluidbelasting in L_{den} is namelijk een gewogen jaargemiddelde beoordelingsmaat. Dat betekent dat de geluidbelasting hoger is naarmate er gemiddeld meer wind is. In het noordwesten van Nederland heerst gemiddeld een hogere windsnelheid en in het zuidoosten van Nederland heerst gemiddeld een lagere windsnelheid dan in het midden van Nederland. Hierdoor valt de geluidbelasting in L_{den} voor een specifieke windturbine voor een windturbine in het noordwesten van Nederland hoger uit dan voor een windturbine in het midden of zuidoosten van Nederland. Dit verschil kan tot circa 3 dB(A) bedragen (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022). Ook heerst er gemiddeld meer wind naarmate de ashoogte groter is. Hierdoor neemt geluidbelasting in L_{den} vanwege een windturbine toe met de ashoogte van de windturbine. Dit zijn in de praktijk echter geen grote toenames.

- **Het geluidsspectrum.**

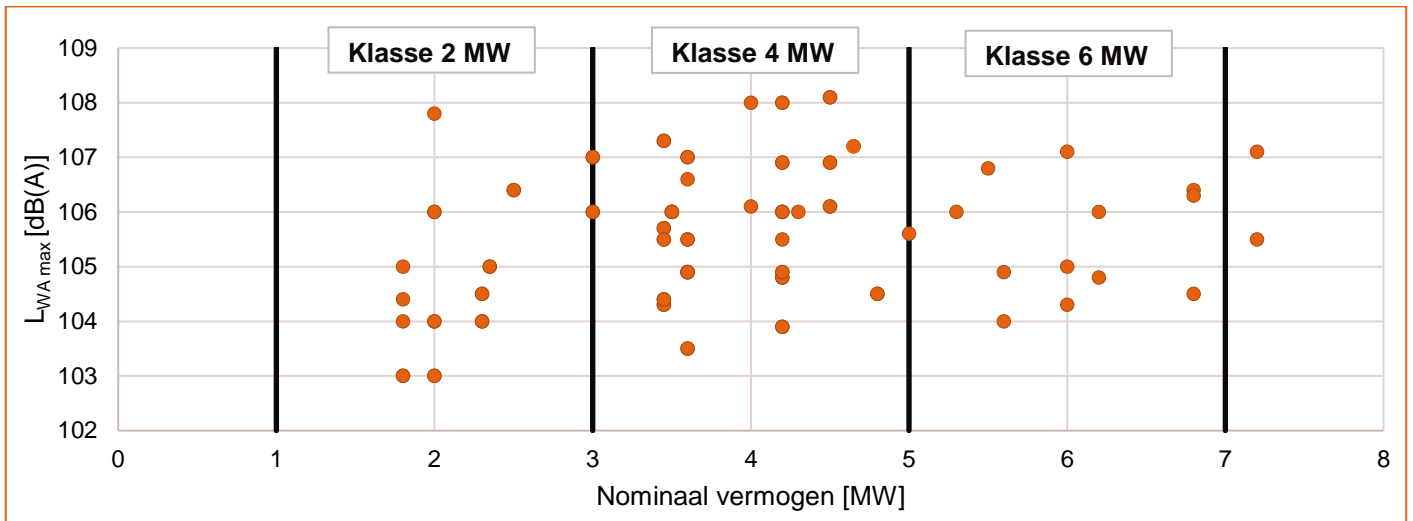
Het geluidsspectrum verschilt per type windturbine. Het geluid van windturbines draagt verder naarmate het aandeel laagfrequent geluid groter is.

- **Het type bodemgebied.**

Voor een windpark in een landelijke omgeving is over het algemeen sprake van een overwegend absorberend bodemgebied zoals grasland, landbouwgronden en bossen. Voor windturbines in een bebouwde omgeving zoals op een industrieterrein met veel verharde terreinen of voor windturbines nabij een groot watervlak is vaak sprake van een overwegend reflecterend bodemgebied. Vanwege de hoogte van de geluidbron is het effect van het type bodem beperkt. Het verschil in geluidbelasting tussen een windpark in een omgeving met een overwegend reflecterend bodemgebied met een windpark in een omgeving met een overwegend absorberend bodemgebied bedraagt circa 1,3 tot 1,5 dB(A) (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022).

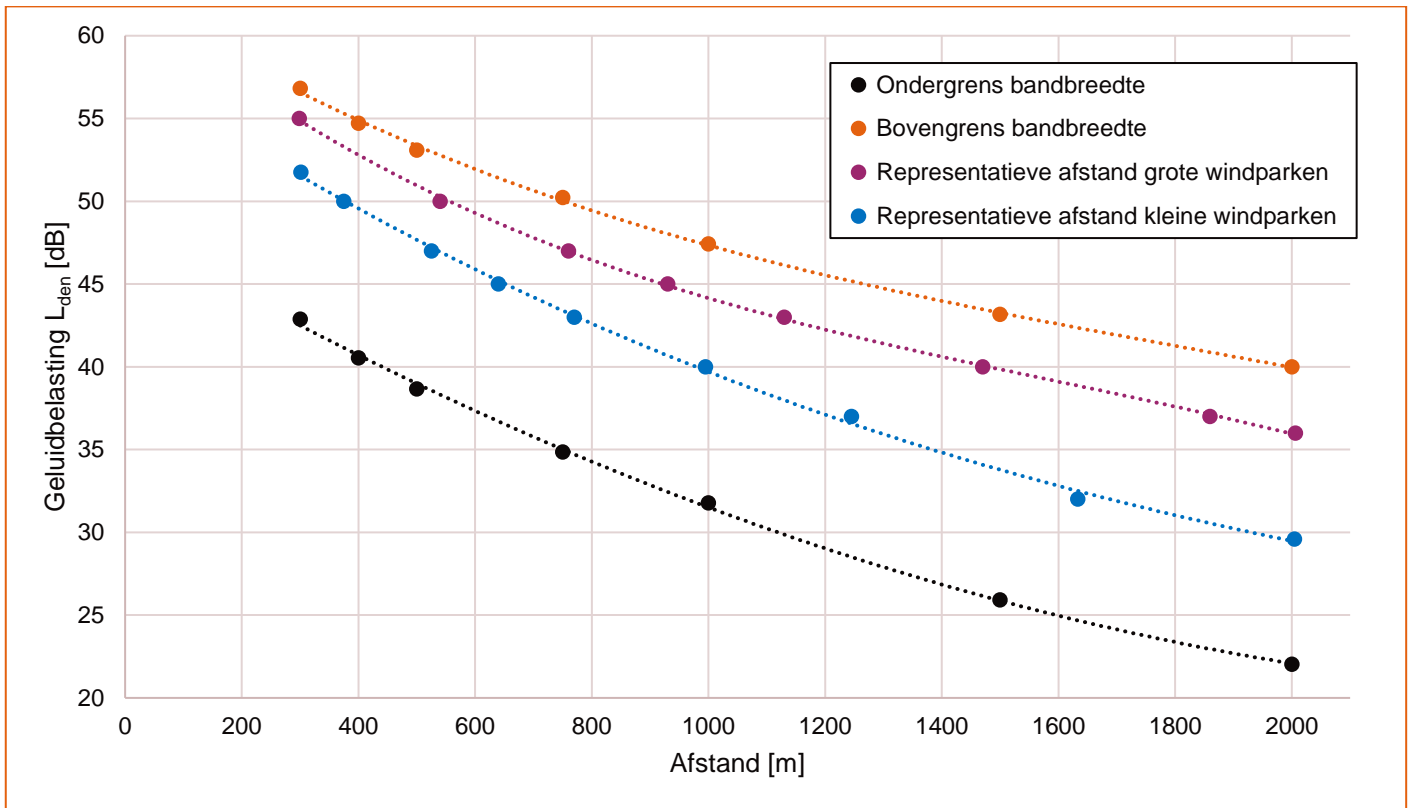
- **De oriëntatie ten opzichte van het windpark.**

Onder meewindcondities - voor wind van de windturbines naar de ontvanger - wordt het geluid beter overgedragen dan onder tegenwindcondities. Op korte afstanden is dit effect vanwege de grote bronhoogte van windturbines verwaarloosbaar, maar op grote afstanden speelt dit een relevante rol. Vanwege de in Nederland overheersende zuidwestelijke windrichting treedt in noordoostelijke richting een hogere jaargemiddelde geluidbelasting op dan in zuidwestelijke richting.



Figuur 0-1 Overzicht van maximaal bronvermogen $L_{WA \max}$ [dB(A)] van 55 typen windturbines van verschillende fabrikanten met een vermogen van 1,8 MW tot 7,2 MW (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022)

In het voornoemde ‘Onderzoek afstandsnormen windturbines’ is op basis van berekeningen voor windparken de laagste en hoogste geluidbelasting op verschillende afstanden tot een windpark in beeld gebracht. Dit is weergegeven in Figuur 0-2. Hierbij is uitgegaan van een windpark bestaande uit een lijnopstelling van drie windturbines en een windpark bestaande uit een dubbele lijnopstelling van tweemaal vijf windturbines. Daarnaast zijn beschouwd de bandbreedte in bronvermogens, de verschillen in windklimaat, de verschillen door de mate van reflectie van de bodem en het verschil in geluidbelasting door oriëntatie ten opzichte van overheersende windrichting. Dit laat zien dat de geluidbelasting als functie van de afstand tot een windpark afneemt, maar dat door de voornoemde factoren die een rol spelen een zeer grote spreiding optreedt in de geluidbelasting op een specifieke afstand. Onder bepaalde omstandigheden zou de geluidbelasting zelfs nog lager of hoger kunnen uitvallen, zoals bijvoorbeeld voor respectievelijk één enkele windturbine of een zeer groot windpark.



Figuur 0-2 Onder- en bovengrens van de bandbreedte van de geluidbelasting L_{den} [dB] als functie van de afstand tot de rand van een windpark. Tevens is ook de geluidbelasting in L_{den} [dB] als functie van de representatieve afstanden voor grote en kleine windparken weergegeven (Koppen & Ekelschot - Smink, 2022)

De minimale en maximale afstanden tot het punt waar de geluidbelasting gelijk is aan de grenswaarde voor de beschouwde grenswaardevarianten zijn vermeld in Tabel 0-1. Om een beeld te geven van een redelijk representatieve afstand per grenswaardevariant is ook een representatieve afstand vermeld voor zowel kleine als grote windparken.¹³² Voor kleine windparken wordt uitgegaan van de helft van de maximale afstand. Voor vele kleine windparken wordt aan deze afstand in de praktijk voldaan. De representatieve afstand voor grote windparken is een afstand waarbij de maximale afstand tweemaal zo zwaar is meegewogen dan de minimale afstand. Dit is dus geen gemiddelde afstand, maar de geluidbelasting voor relatief lawaaiige windturbines en ongunstige uitgangspunten is relatief zwaar meegewogen. In de praktijk zal voor de meeste grote windparken aan deze afstand worden voldaan. De geluidbelasting L_{den} [dB] als functie van de gewogen afstand is weergegeven in Tabel 0-1.

Tabel 0-1 Afstand tot het punt waar de geluidbelasting gelijk is aan de grenswaarde voor de beschouwde grenswaardevarianten

Grenswaarde	Minimale afstand [m]	Maximale afstand [m]	Representatieve afstand kleine windparken [m]*	Representatieve afstand grote windparken [m]**
37 dB L_{den}	600	2490	1245	1860
40 dB L_{den}	430	1990	995	1470
43 dB L_{den}	300	1540	770	1130
45 dB L_{den}	230	1280	640	930
47 dB L_{den}	170	1050	525	760
50 dB L_{den}	120	750	375	540

¹³² Onder een representatieve afstand wordt verstaan de afstand waarop in veel gevallen aan de betreffende grenswaarde wordt voldaan, maar afhankelijk van de precieze situatie kan de daadwerkelijke afstand zowel beduidend kleiner als groter zijn.

* Representatieve afstand voor kleine windparken gebaseerd op het Onderzoek afstandsnormen windturbines (Koppen & Ekelschot – Smink, 2022) en bepaald uit de helft van de maximale afstand.

** Representatieve afstand voor grote windparken, gebaseerd op een gewogen gemiddelde afstand waarbij de maximale afstand tweemaal zo zwaar is meegewogen als de minimale afstand

In Tabel 0-2 is het percentage toe- of afname weergegeven voor de afstand tot het punt waar de geluidbelasting gelijk is aan een specifieke grenswaarde ten opzichte van de afstand waar de geluidbelasting gelijk is aan 47 dB L_{den}. Hieruit blijkt dat de afstand bij een geluidbelasting van 37, 40 en 43 dB L_{den} respectievelijk circa 145%, 93% en 49% groter is dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Bij een geluidbelasting gelijk aan de WHO-advieswaarde van 45 dB L_{den} is de afstand circa 22% groter dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Bij een geluidbelasting van 50 dB L_{den} is de afstand circa 29% kleiner dan bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den}.

Tabel 0-2 Percentage toe- of afname van de afstand tot het punt waar de geluidbelasting gelijk is aan de grenswaarde voor de grenswaardevarianten ten opzichte van de afstand waar de geluidbelasting gelijk is aan 47 dB L_{den}

Grenswaarde	Percentage toe- of afname minimale afstand t.o.v. referentie	Percentage toe- of afname maximale afstand t.o.v. referentie	Percentage toe- of afname representatieve afstand kleine windparken t.o.v. referentie*	Percentage toe- of afname representatieve afstand grote windparken t.o.v. referentie**
37 dB L _{den}	253% toename	137% toename	137% toename	145% toename
40 dB L _{den}	153% toename	90% toename	90% toename	93% toename
43 dB L _{den}	76% toename	47% toename	47% toename	49% toename
45 dB L _{den}	35% toename	22% toename	22% toename	22% toename
47 dB L_{den} (referentie)	Referentie	Referentie	Referentie	Referentie
50 dB L _{den}	29% afname	29% afname	29% afname	29% afname

* Representatieve afstand voor kleine windparken gebaseerd op het Onderzoek afstandsnormen windturbines en bepaald uit de helft van de maximale afstand.

** Representatieve afstand voor grote windparken, gebaseerd op een gewogen gemiddelde afstand waarbij de maximale afstand tweemaal zo zwaar is meegewogen als de minimale afstand

De contourafstanden worden hier niet beoordeeld en zijn puur weergegeven ter indicatie. De toe- of afname van de contourafstanden behorend bij de grenswaardes, zoals hierboven weergegeven, heeft effect op de potentiële plaatsingsruimte van windturbines. Het plaatsingspotentieel dat overblijft bij de verschillende grenswaardes is beschreven in paragraaf 9.2, maar is gebaseerd op onderzoeken van het RIVM uit 2009 en van Generation Energy uit 2021.

Bijlage 6 Literatuuronderzoek zichthinder als gevolg van windturbines

**PlanMER windturbinebepalingen
leefomgeving:**

Literatuuronderzoek zichthinder als gevolg van windturbines

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

2-12-2022

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Beperkingen	3
1.1.1	Afbakening en definities	3
1.1.2	Methode	4
1.1.3	Datering van onderzoeken	4
1.2	Kwaliteitswaarborging	4
2	Overzicht onderzoeken en relevantie	5
3	Parameters	9
4	Conclusie	15
	Literatuurlijst	16
	Bijlage 1 Visuele (fictieve) voorbeelden	20
	Bijlage 2 Stand van kennis en ontwikkelingen	41

1 Inleiding

Vanwege hun afmetingen zijn windturbines goed zichtbaar in het landschap. Door die zichtbaarheid hebben windturbines een visuele impact, die van invloed kan zijn op de perceptie en acceptatie van windturbines bij omwonenden. In het maatschappelijk-politieke debat rond windenergie speelt het aspect zicht en 'horizonvervuiling' vaak een prominente rol, waarbij de aanname is dat de zichtbare aanwezigheid van windturbines een grote invloed heeft op de ervaren hinder (zichthinder). Recente wetenschappelijke studies onder omwonenden van windenergieprojecten, waaronder Hoen et al. (2019), laten echter een genuanceerder beeld zien. Uit deze studies blijkt dat de visuele impact van windturbines slechts marginale invloed heeft op de algehele perceptie en acceptatie, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de betrokkenheid in het planningsproces, het kunnen horen van de windturbines binnenshuis en de algehele houding naar windenergie. Ondanks de geringe invloed van de visuele impact van windturbines, is er in het verleden wel veel onderzoek verricht naar factoren die de visuele impact van windturbines bepalen en hoe deze factoren de perceptie en acceptatie kunnen beïnvloeden.

In de beoordeling van diverse varianten in het plan-milieueffectrapport Windturbinebepalingen Leefomgeving (hierna: planMER) op het thema 'Zichthinder als gevolg van obstakels' is behoefte aan een overzicht van de huidige stand van kennis over parameters die de visuele impact van windturbines bepalen en hoe deze van invloed kunnen zijn op de perceptie en acceptatie van windturbines. In het onderhavige literatuuronderzoek worden daarom de parameters die voortkomen uit wetenschappelijke literatuur en andere relevante informatiebronnen beschreven en geïllustreerd aan de hand van visuele (fictieve) voorbeelden. Dit literatuuronderzoek geeft hiermee de huidige stand van kennis over de visuele impact van windturbines.

In de volgende paragrafen worden eerst enkele beperkingen en aandachtspunten van het onderzoek en geraadpleegde literatuur toegelicht (paragraaf 1.1). Vervolgens is in paragraaf 1.2 een verantwoording opgenomen die ingaat op de waarborging van de kwaliteit van geraadpleegde literatuur.

In hoofdstuk 2 is een beknopt overzicht gegeven van de geraadpleegde literatuur. In hoofdstuk 3 worden de gevonden parameters uit geraadpleegde literatuur besproken die de visuele impact van windturbines bepalen. In hoofdstuk 4 wordt afgesloten met een conclusie. In Bijlage 1 is een aantal visuele (fictieve) voorbeelden gegeven van de visuele impact van windturbines op variërende afstand en met variërende zichtbaarheid.

1.1 Beperkingen

1.1.1 Afbakening en definities

De visuele impact van windturbines vormt één van de vele factoren die van invloed zijn op de perceptie en hinder van windturbines bij bewoners. Hoewel er tal van onderzoeken bestaan die zich op andere factoren richten dan de visuele impact, is dit niet de focus van het onderhavige literatuuronderzoek en wordt om deze reden niet verder op dergelijke factoren ingegaan. Deze literatuurstudie richt zich nadrukkelijk op de visuele impact van windturbines en gaat daarom in op de parameters die van invloed zijn op de visuele impact.

De visuele impact van windturbines wordt door alle visuele aspecten van de windturbines gevormd, zoals de zichtbaarheid van de windturbines, maar ook slagschaduw veroorzaakt door windturbines en obstakelverlichting gemonteerd op de windturbines. Deze aspecten kunnen allen van invloed zijn op de perceptie en acceptatie bij bewoners. Deze literatuurstudie richt zich echter niet op aspecten als slagschaduw en obstakelverlichting, maar richt zich nadrukkelijk op de visuele impact van de obstakels die de windturbines vormen.

In de aangehaalde literatuur is onderzoek gedaan naar parameters die de visuele impact van de windturbines bepalen. De visuele impact heeft invloed op de perceptie en acceptatie van de windturbines bij bewoners. Deze visuele impact kan zowel van positieve of negatieve invloed zijn op de perceptie en acceptatie. Indien er een dusdanige negatieve invloed is, kan men spreken over het ondervinden van zichthinder. Doordat de term 'hinder' duidt op een negatieve ervaring, terwijl er anderzijds ook een positieve ervaring mogelijk is als gevolg van de visuele impact, wordt in het onderhavige literatuuronderzoek de voorkeur gegeven aan de term 'perceptie' boven de term 'hinder'. Met de 'perceptie' wordt in dit onderzoek bedoeld hoe iemand iets waarneemt of ervaart. De term 'perceptie' wordt voornamelijk toegepast in dit rapport, tenzij er nadrukkelijk wordt verwezen naar de resultaten van een onderzoek waar de verwijzing naar een andere term (zoals 'hinder') meer gepast wordt bevonden.

1.1.2 Methode

In de geraadpleegde literatuur zijn diverse methoden toegepast om de invloed van de visuele impact van windturbines te onderzoeken. In sommige onderzoeken zijn bijvoorbeeld enquêtes gebruikt waarin fotobeelden van windparken in diverse landschappen worden getoond of zijn er simulaties met *virtual reality* verricht. In andere onderzoeken zijn geen beelden gebruikt, waarmee meer aanspraak wordt gemaakt op het inbeeldingsvermogen van deelnemers.

Ook is in de onderzoeken sprake van diverse doelgroepen. In een aantal onderzoeken zijn interviews of enquêtes verricht bij een groep heterogene, random geselecteerde respondenten, terwijl bij andere onderzoeken doelbewust omwonenden van een bestaand windpark is gevraagd naar hun perceptie van en houding naar de windturbines. Deze omwonenden krijgen op regelmatige te maken met de windturbines en zien deze in werking (met draaiende rotorbladen). Dergelijke alledaagse omstandigheden kunnen niet worden nagebootst in labonderzoeken of grootschalige enquêtes. Om deze reden kan de visuele impact van de windturbines bij omwonenden anders worden ondervonden dan bij deelnemers van labonderzoeken of grootschalige enquêtes. Draaiende rotorbladen kunnen het visuele effect geven dat windturbines tot 15-20% groter zijn dan wanneer de rotorbladen stilstaan (Bishop, 2002) en juist het dynamische karakter van windturbines kan als extra hinderlijk worden ervaren bij mensen (Pedersen, Hallberg, & Wayne, 2007), of anderzijds juist als positiever ondervonden worden (Bishop & Miller, 2006).

Om bovengenoemde redenen kunnen de resultaten uit onderzoeken met diverse methoden en doelgroepen leiden tot uiteenlopende resultaten en kunnen deze niet zomaar gegeneraliseerd worden tot een eenduidige conclusie. Dit literatuuroverzicht geeft echter wel goed weer welke parameters een rol spelen en waar de uithoeken van het speelveld zich bevinden qua effecten.

1.1.3 Datering van onderzoeken

Tevens dient vermeld te worden dat de beschouwde onderzoeken zijn gepubliceerd tussen 2002 en het moment van schrijven van dit rapport (2022). Windturbines veranderen door de jaren heen waarbij de vaste trend is dat windturbines steeds groter worden (zowel in rotordiameter als tiphoogte). Daarom kan de invloed van de visuele impact op de perceptie die volgt uit onderzoeken van bijvoorbeeld meer dan tien jaar geleden anders zijn dan bij onderzoeken naar visuele impact van hedendaagse windturbines. Ondanks dit gegeven zijn de oudere onderzoeken wel meegenomen voor het verkrijgen van een zo groot mogelijke kennisbank, maar is wel gekeken of de conclusies uit dergelijke onderzoeken worden bevestigd door recente onderzoeken. Daarmee is ook de verandering in afmetingen in voldoende mate meegenomen. Waar dit leidt tot onzekerheden of tegenstrijdige resultaten is dit aangegeven.

1.2 Kwaliteitswaarborging

In het literatuuronderzoek is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van wetenschappelijke literatuur die onderhevig is aan peer-review. Middels peer-review wordt de kwaliteit van de wetenschappelijke bronnen gewaarborgd en biedt dit een betrouwbare bron van informatie. Waar nodig bevonden, is de kennis uit wetenschappelijke literatuur aangevuld met kennis verkregen uit andersoortige informatiebronnen. Een voorbeeld hiervan zijn studies die de visuele impact van windturbines (in Nederlands landschap) met (foto)beelden in kaart brengen en bespreken. Omdat dergelijke informatiebronnen niet onderhevig zijn aan peer-review en soms meer een opinie geven in plaats van objectieve waarnemingen, is er kritisch gekeken naar de betrouwbaarheid van de bevindingen uit deze informatiebronnen.

2 Overzicht onderzoeken en relevantie

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de geraadpleegde onderzoeken die zijn aangehaald in hoofdstuk 3. In Tabel 2-1 is een korte samenvatting gegeven van de wetenschappelijke onderzoeken (peer-reviewed). In Tabel 2-2 is hetzelfde gedaan voor overige informatiebronnen en is er een kolom waar wordt ingegaan op de kwaliteit van de informatiebron. In Bijlage 2 is een uitgebreidere samenvatting gegeven van de onderzoeken (wetenschappelijke en overige informatiebronnen).

Tabel 2-1 Overzicht beschikbare kennis wetenschappelijke literatuur

Onderzoek	Inhoud onderzoek
Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines (Bishop, 2002)	Onderzoek naar de waargenomen dimensies van windturbines en de drempelwaarde voor afstand waarop windturbines zichtbaar worden. Uit het onderzoek blijkt dat windturbines met draaiende rotorbladen 10 tot 20% groter lijken dan windturbines met stilstaande rotorbladen.
Beyond NIMBYism: towards an Integrated Framework for Understanding Public Perceptions of Wind Energy (Devine-Wright, 2004)	Een literatuuronderzoek naar de houding van mensen naar windenergie. Op gebied van visuele perceptie wordt benoemd dat uit meerdere onderzoeken een voorkeur volgt naar windparken met een klein aantal windturbines. Daarbij is er ook een voorkeur naar een klein aantal grote windturbines ten opzichte van een groot aantal kleine windturbines. Er is een positieve impact op de visuele perceptie van windturbines in industrieel of agrarisch gebied.
'Green On Green': Public Perceptions of Wind Power in Scotland and Ireland (Warren, Lumsden, O'Dowd, & Birnie, 2005)	Er is onderzoek gedaan naar de houding naar windturbines onder omwonenden van een bestaand windpark, en onder omwonenden van een plangebied waar een windpark wordt gepland. Er volgt dat mensen nabij een bestaand windpark een positievere houding hebben ten opzichte van windturbines. Op gebied van visuele impact is de esthetische perceptie van de windturbines de belangrijkste indicator voor de houding naar windturbines. De zichtbaarheid van de windturbine kan zowel een positieve als negatieve impact hebben op de visuele perceptie.
Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables (Bishop & Miller, 2006)	In het onderzoek is de impact van zichtbaarheid in diverse weersomstandigheden en de afstand tot de windturbines onderzocht. Uit de resultaten blijkt dat de negatieve impact toeneemt naarmate de afstand tot de windturbines afneemt. Ook neemt de negatieve impact toe naarmate er meer contrast is van de windturbines in het landschap als gevolg van weersomstandigheden. Het (negatieve) effect is minder sterk op grotere afstand doordat het contrast van windturbines met het landschap al afneemt door atmosferische verstrooiing. Een opmerkelijke bevinding is tevens dat de negatieve impact van het zien van draaiende rotorbladen minder sterk was dan het zien van stationaire rotorbladen.
Wind energy: an international journal for progress and applications in wind power conversion technology (Johansson & Laike, 2007)	Een onderzoek naar de rol van de houding naar en visuele perceptie van windturbines in mogelijke weerstand tegen windturbines. De belangrijkste factor in verwachte weerstand is de perceptie van een visuele eenheid van windturbines in het landschap. Dit kan eerder worden bereikt in een industriële omgeving dan in een onaangetast landschap.
Scenic Perceptions of the Visual Effects of Wind Farms on South Australian Landscapes (Lothian, 2007)	Onderzoek naar de visuele impact van windturbines op de esthetische kwaliteit van landschappen. Er is een negatieve impact van windturbines op de visuele perceptie van landschappen van hoge esthetische waarde, en een positieve impact bij landschappen van lage esthetische waarde. Er zijn daarbij voorlopige (<i>tentative</i>) resultaten gevonden: de afstand heeft geen invloed op visuele perceptie en er gaat een voorkeur uit naar wit, blauw of grijs getinte windturbines.
Living in the Vicinity of Wind Turbines — A Grounded Theory Study (Pedersen, Hallberg, & Wayne, 2007)	Het onderzoek bevat diepte-interviews met omwonenden van 44 windturbines. Uit de resultaten volgt onder andere dat het draaien van de rotorbladen als negatief visueel effect wordt ondervonden. Daarbij is dit effect sterker in de winterperiode.
Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation (Wolsink, 2007)	In het onderzoek is een secundaire analyse verricht van de resultaten uit eerder onderzoek. De belangrijkste factor voor de visuele perceptie van windturbines is de voorkeur voor realisatie van windturbines in landschappen van lage esthetische kwaliteit. Daarnaast is gevonden dat voorkeur gaat naar clustering van windturbines in plaats van verspreide, solitaire windturbines, een klein aantal windturbines en windturbines met een lage ashoogte.
Landscape externalities from onshore wind power (Meyerhoff, Ohl, & Hartje, 2009)	Een keuze-experiment naar de voorkeur van fictieve windparken, waarbij wordt gevarieerd in grootte van het windpark, hoogte van windturbines en afstand tot woongebieden. Over het algemeen gaat een voorkeur naar een grotere afstand tot woongebieden. Er is geen eenduidige voorkeur voor de grootte van het windpark en

Onderzoek	Inhoud onderzoek
	er is geen significante invloed gevonden van de hoogte van de windturbines op visuele perceptie.
Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics (Molnarova, 2012)	In het onderzoek wordt de visuele impact van windturbines in het landschap onderzocht middels een vragenlijst waarin foto's van diverse landschappen worden getoond. Uit het onderzoek blijkt dat de esthetische kwaliteit van het landschap, het aantal windturbines en de afstand tot windturbines van invloed zijn op de visuele perceptie van de respondenten.
The effects of vision-related aspects on noise perception of wind turbines in quiet areas (Maffei, et al., 2013)	Middels <i>virtual reality</i> is onderzoek gedaan naar de invloed van visuele en auditieve aspecten van windturbines op de perceptie. Op visueel gebied is gevonden dat de negatieve impact afneemt naarmate de afstand tot de windturbines toeneemt. Daarnaast is aangetoond dat er een visuele voorkeur gaat naar witte of groen getinte windturbines.
See me, Feel me, Touch me, Heal me: Wind turbines, culture, landscapes, and sound impressions (Firestone, Bates, & Knapp, 2015)	Omwonenden van een windturbine is middels een enquête gevraagd naar hun houding naar de windturbine. Het merendeel vindt de windturbine een prettig aanzien. Van de omwonenden die het geen prettig aanzien vinden, is de voornaamste reden dat deze geen visuele eenheid vormt met het landschap. Er is geen significante relatie gevonden tussen de afstand van de woning tot de windturbine en de visuele perceptie ervan.
Mehr Abstand – mehr Akzeptanz? Ein umweltsychologischer Studienvergleich (Hübner & Pohl, 2015)	Literatuurreview van onderzoeken naar de beleving van windenergieprojecten door omwonenden aan de hand van bestaande studies. Onder andere komt aan de orde dat effecten die omwonenden ervaren vaak een combinatie van factoren zijn, waarbij zicht (het al dan niet kunnen waarnemen van de windturbines vanuit de leefomgeving) een belangrijke rol speelt bij de ervaren hinder (meer dan afstand).
The Impact of Auditory and Visual Experience with Wind Turbines on Support for Wind Production and Proximity-Based Opposition (Krause, Pierce, & Steel, 2016)	Uit het onderzoek naar de impact van de visuele perceptie van windturbines blijkt dat er meer weerstand is wanneer een hypothetisch windpark op kleine afstand wordt gerealiseerd. Wel blijkt dat omwonenden die dichtbij een bestaand windpark wonen de windturbines visueel aantrekkelijker vinden dan omwonenden die op grotere afstand wonen. Er worden hiervoor meerdere verklaringen geven, waaronder economisch profijt en bekendheid (<i>familiarity</i>) met de windturbines
Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines (Frantál, Van der Horst, Kunc, & Jaňurová, 2017)	Uit een vragenlijst naar omwonenden van bestaande windparken zijn parameters geanalyseerd die de visuele perceptie van windturbines beïnvloeden. Er wordt een hogere negatieve impact ondervonden bij omwonenden die op grotere afstand van de windturbines wonen. Dit komt mogelijk doordat deze omwonenden geen economisch profijt ondervinden van de windturbines. Factoren die geen significante invloed blijken te hebben, zijn de hoogte van en het aantal windturbines, en of de windturbines zichtbaar zijn vanaf de woning.
Thirty years of North American wind energy acceptance research: What have we learned? (Rand & Hoen, 2017)	Een literatuuronderzoek naar de acceptatie van windenergie in Noord V.S. Er blijkt geen eenduidige voorkeur voor een windpark nabij de woning of verder weggelegen. De onderzoekers geven aan dat het vaak onduidelijk is of onderzoeken adequaat samenhangende variabelen beschouwen, zoals de invloed van economisch profijt of compensatie op de visuele perceptie.
Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes (Sklenicka & Zouhar, 2018)	Een onderzoek naar de visuele impact van windturbines in diverse landschapstypen. Er is een lagere negatieve impact op de visuele perceptie wanneer windturbines in industrieel gebied of gebied met veel infrastructuur wordt geplaatst, in tegenstelling tot bosrijk gebied of gebied met hoogteverschil.
Attitudes of U.S. Wind Turbine Neighbors: Analysis of a Nationwide Survey (Hoen, et al., 2019)	In een grootschalige enquête naar omwonenden van windparken in de Verenigde Staten is onderzoek gedaan naar factoren die van invloed zijn op de acceptatie van windturbines. De visuele impact heeft een geringe invloed op de acceptatie. Het gaat niet zozeer om het kunnen zien van de windturbines, maar meer om hoe men het uiterlijk van de windturbine ondervindt en of men deze vindt passen in de lokale identiteit van het landschap. Er is tevens gevonden dat mensen die dicht bij de windturbines wonen, een meer positieve houding hebben naar de windturbines.
Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of U.S. and European samples (Hübner G. , et al., 2019)	In dit vergelijkend onderzoek zijn factoren onderzocht die hinder en zelfs stress kunnen induceren bij omwonenden als gevolg van windturbines. Uit de resultaten blijkt dat over het algemeen weinig hinder en stresssymptomen als gevolg van windturbines worden ondervonden. Er wordt meer hinder ondervonden naarmate er meer windturbines zichtbaar zijn vanaf de woning. Er is geen eenduidige relatie gevonden tussen de omvang van het windpark en hinder.
A survey of the visual impact and community acceptance of wind farms in Australia (Lothian, 2020)	De visuele effecten op de esthetische kwaliteit van landschappen zijn onderzocht middels een vragenlijst met foto's van landschappen met bestaande en fictieve windparken. Windturbines in landschappen met hoge esthetische waarde hebben een grotere negatieve impact op de visuele perceptie. Er gaat een visuele voorkeur

Onderzoek	Inhoud onderzoek
	naar een kleiner aantal windturbines in een ordelijke opstelling. De hoogte van windturbines heeft geen effect op de visuele perceptie.
Visual impacts and acceptability of wind farms to councillors and senior council staff in Britain (Lothian, 2022)	Een onderzoek naar visuele impact van windturbines bij raadsleden en gemeentelijk personeel. Er blijkt dat windturbines een sterkere negatieve impact hebben bij landschappen van hoge esthetische waarde. De negatieve impact is het laagst in akkerlandschap. Een groot aantal windturbines heeft een sterkere negatieve impact, echter grote windturbines hebben een minder sterke negatieve impact op de visuele perceptie dan kleine windturbines indien grote windturbines tezamen gaan met een lager aantal. De afstand tot de windturbine heeft geen significant effect.

Tabel 2-2 Overzicht beschikbare kennis overige informatiebronnen

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Kwaliteit van informatiebron
Sociological Investigation of The Reception of Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms In the Local Communities (Kuehn, 2005)	Het rapport is een verslaglegging van de perceptie onder omwonenden van de offshore windparken Horns Rev en Nysted in Denemarken. In enquêtes is onder andere gevraagd naar de voorkeur van de bewoners voor de locatie en opstelling van de offshore windparken.	Het rapport vormt een verslaglegging van de perceptie van offshore windparken in Denemarken. Er is grondig onderzoek gedaan middels enquêtes en de resultaten zijn op objectieve wijze toegelicht. De informatiebron wordt als betrouwbaar ondervonden.
Handreiking waardering landschappelijke effecten van windenergie (H+N+S Landschapsarchitecten, 2013)	Uit opdracht van Agentschap NL is de handreiking opgesteld waarin aspecten worden beschreven ter beoordeling van de visuele impact van windturbines in het landschap. Er worden criteria voorgesteld ter beoordeling van de visuele impact van alternatieven in een MER. Relevante parameters voor de visuele perceptie zijn onder andere opstellingsvorm, zichtbaarheid, horizonbeslag en insluiting, aantal windturbines en hoogte en verhouding van windturbines.	In het rapport wordt in bevindingen verwezen naar diverse informatiebronnen, zowel wetenschappelijk als niet-wetenschappelijk (bijvoorbeeld architectenbureaus en planologische bureaus). Hier is kritisch naar gekeken.
Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden: GGD Informatieblad medische milieukunde, update 2013 (RIVM, 2013)	Uit het literatuuronderzoek verricht door RIVM komt een aantal visuele aspecten van windturbines naar voren. Er is voorkeur naar de realisatie van windturbines in industrieel en bebouwd gebied in tegenstelling tot natuurlijk landschap. Ook gaat visuele voorkeur naar regelmaat in opstelling en in het synchroon draaien van rotorbladen.	In het rapport wordt in bevindingen verwezen naar wetenschappelijke literatuur. Daarmee worden de bevindingen als betrouwbaar beschouwd.
Siting and designing wind farms in the landscape – version 3a (NatureScot, 2017)	Een rapport van een natuuragentschap in Schotland. Het rapport geeft richtlijnen voor overwegingen in de plaatsing en het ontwerp van windturbines in landschappen om visuele impact te reduceren.	In het rapport wordt in bevindingen niet verwezen naar wetenschappelijke literatuur. De bevindingen zijn daarom kritisch overwogen.
Energieparken in beeld: Een fotoanalyse van de visuele impact van de huidige wind- en zonneparken in de provincie Zuid-Holland (Buro Sant en Co, 2021)	De visuele impact van bestaande windparken in Zuid-Holland zijn met foto's in beeld gebracht. Door een landschapsarchitect wordt opgemerkt dat de windturbines geplaatst in gebieden met veel infrastructuur en industrie worden geassocieerd met dit gebied. In open landschappen vormen windturbines een groter contrast. Bij opstellingen zonder rechte lijnopstelling kan dit tot een onrustig beeld leiden. Windturbines in open landschap worden zichtbaar vanaf 5-7 km, en in dichtbevolkte gebieden vanaf 2,5-3 km.	De bevindingen opgenomen in het rapport komen van een landschapsarchitect, er wordt niet verwezen naar wetenschappelijke literatuur. Om deze reden worden de bevindingen beschouwd als persoonlijke opinie en zijn deze kritisch in overweging genomen. De visuele beelden zijn echter een nuttige aanvulling voor de kennisbank ter illustratie van de impact van bepaalde parameters.
Windturbines in levend landschap: Rapportage van de CoP Windenergie en Landschapskwaliteit (Community of Practice (CoP), 2021)	Het rapport gaat vooral over esthetische 'kwaliteit' en minder over beleving en zicht(hinder). Het beschrijft de uitdagingen die er bestaan rondom landschappelijke waarden en beleving van windturbines in het landschap. In het rapport doen ze aanbevelingen voor 10 kwaliteitsregels voor een betere	De bevindingen opgenomen in het rapport komen van een groep van landschapsarchitecten die actief zijn in het werkveld van windenergie en energietransitie. Er wordt gebruik gemaakt van (beleids)studies, rapporten en wetenschappelijke publicaties. Er is

Onderzoek	Inhoud onderzoek	Kwaliteit van informatiebron
	landschappelijke kwaliteit bij realisatie van windturbines. Deze aanbevelingen zijn getoetst in scenario's voor realisatie middels fotovisualisaties. Interessant zijn de conclusies over leeftijd en beleving waarbij de auteurs stellen dat ouderen een negatievere attitude hebben t.a.v. windturbines in het landschap dan jongeren.	geen eigen empirisch onderzoek uitgevoerd. Om deze reden worden de bevindingen beschouwd als opinie van de opstellers en zijn deze kritisch in overweging genomen.
Aktive Bürgerexpert: innen in Klimaschutz und Energiewende (Aktiv BüKE). Bürgerexpert:innen und Partizipation – generationen über greifende Verantwortung im Klimaschutz und Gestaltung von erneuerbaren Energien in der Landschaft (Schöbel, et al., 2022)	In dit onderzoek is de invloed van actieve participatie van omwonenden in het planningsproces van windenergieprojecten onderzocht. In een werkgroep is een concept door bewoners voorgesteld voor de indeling van windturbines in de regio. Het concept werd positief ontvangen en ondervonden als eerlijk en passend bij de regio en het landschap. De belangrijkste conclusie is dat actieve participatie een positieve invloed heeft op de acceptatie van en houding naar windturbines onder omwonenden.	De informatiebron is een uitgebreid rapport van wetenschappelijke onderzoekers en wordt dit jaar (2022) nog gepubliceerd (het is niet bekend of dit in een peer-reviewed wetenschappelijk blad zal zijn). De wetenschappelijke onderzoekers hebben in het verleden meerdere peer-reviewed onderzoeken gepubliceerd. De informatiebron wordt daarmee als van goede kwaliteit ondervonden en als betrouwbare informatiebron beschouwd.

3 Parameters

In dit hoofdstuk worden de parameters besproken die de visuele impact van windturbines bepalen en van invloed kunnen zijn op de perceptie en acceptatie van windturbines bij omwonenden. We onderscheiden de volgende negen belangrijke parameters:

1. Landschapstype en lokale identiteit;
2. Regelmaat in windturbineopstelling;
3. Insluiting (horizonbeslag);
4. Zichtbaarheid en afscherming;
5. Afstand tot windturbines;
6. Aantal windturbines;
7. Hoogte en verhouding;
8. Kleurstelling en vormgeving;
9. Synchron draaien van rotorbladen.

Hieronder lichten we deze parameters nader toe.

Landschapstype en lokale identiteit

In meerdere studies is onderzoek verricht naar de visuele impact van windturbines in diverse landschapstypen. Uit de literatuur volgt een relatie tussen de ondervonden esthetische kwaliteit van het landschapstype en de perceptie. In meerdere onderzoeken is gevonden dat de plaatsing van windturbines in landschappen van hoge esthetische kwaliteit een grotere negatieve impact heeft op de perceptie dan in landschappen van lage esthetische kwaliteit (Molnarova, 2012; Lothian, 2020; 2022; Sklenicka & Zouhar, 2018; Wolsink, 2007). Landschappen van hoge esthetische kwaliteit zijn onder andere kustgebieden, bosgebieden en gebieden met hoogteverschil. Gebieden van lage esthetische kwaliteit zijn industriële gebieden, agrarische akkerlandschappen en gebieden met hoge dichtheid van infrastructuur.

De resultaten uit bovengenoemde grootschalige enquêtes met statische foto's worden echter tegengesproken door resultaten uit empirisch onderzoek. Uit empirisch onderzoek blijkt dat niet per se de esthetische kwaliteit van het landschap doorslaggevend is, maar dat de windturbines moeten passen bij de lokale identiteit van het landschap die wordt toegekend door de omwonenden (Hoen, et al., 2019; Hübner G., et al., 2019; Schöbel, et al., 2022). In het onderzoek van Schöbel et al. (2022) bijvoorbeeld is in een actief participatieproces in de planningsfase een aantal bewoners gevraagd om met een concept te komen voor de locatie van meerdere windturbines in de regio Beieren (Duitsland). Het resultaat was dat in het concept van de bewoners de gekozen windturbinelocaties er anders uitzien dan wanneer een 'logische' opstelling voor het gebied werd gekozen (bijvoorbeeld clustering in bepaalde landschappen). De bewoners hadden de positionering van de windturbines dusdanig gekozen naar wat zij ondervinden als passend bij de lokale identiteit van het landschap. Het concept van de bewoners werd dan ook positiever ontvangen doordat deze eerlijker en als meer passend in het landschap werd bevonden.

Met de kennis uit beschikbare wetenschappelijke literatuur is er niet per se een eenduidige conclusie over het beste landschap waar windturbines kunnen worden geplaatst, maar is dit afhankelijk van de lokale bewoners en de mate waarin zij de windturbines vinden passen bij lokale identiteit die aan het gebied wordt toegekend.

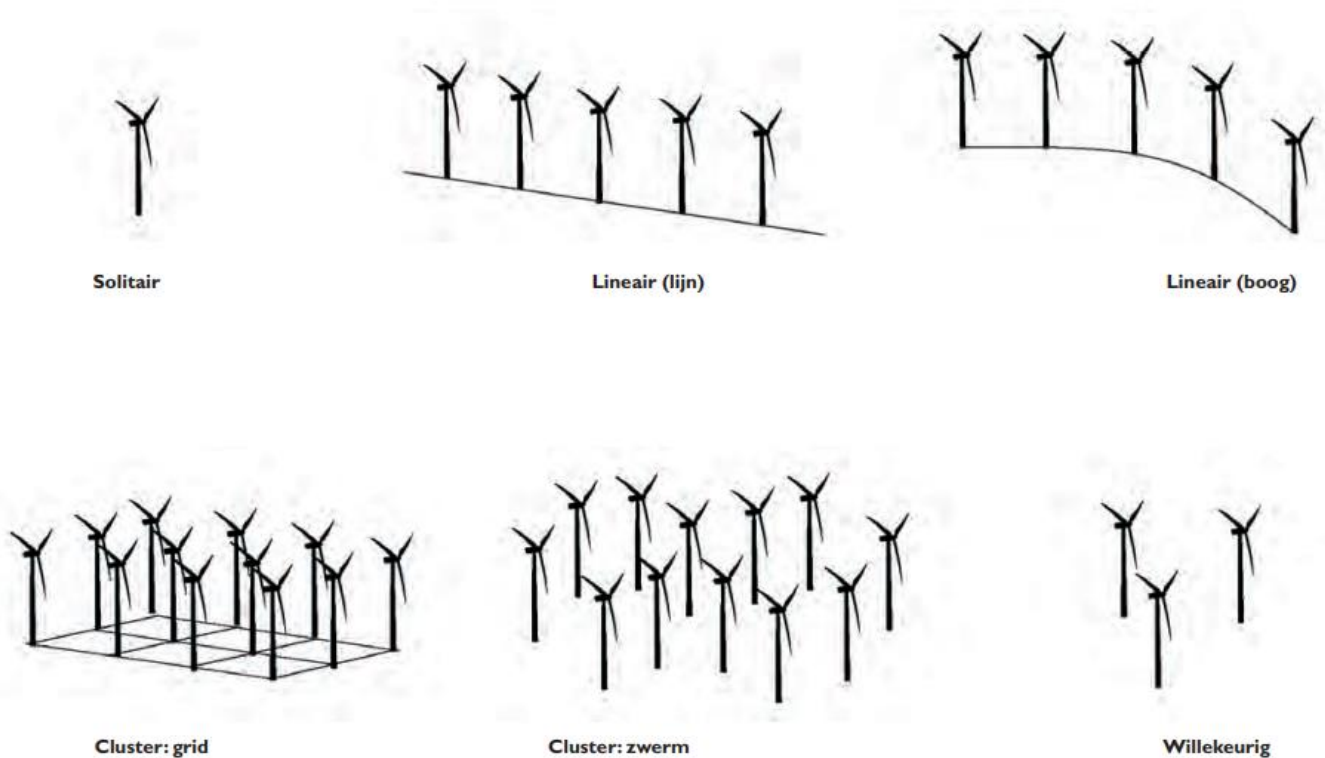
Regelmaat in windturbineopstelling

Uit wetenschappelijk onderzoek volgt dat er een visuele voorkeur gaat naar regelmaat in de opstelling (bijvoorbeeld lijnopstelling) in tegenstelling tot een chaotische opstelling (bijvoorbeeld een cluster) zonder regelmaat (Lothian, 2020). Deze bevinding wordt bevestigd door de opinie van een beeldend landschapsarchitect (Buro Sant en Co, 2021). Wanneer er geen regelmaat in de opstelling zichtbaar is, kan een onrustig beeld worden ondervonden wat resulteert in een grotere negatieve impact op de perceptie. Dit wordt versterkt wanneer de bewegende rotorbladen van windturbines die achter elkaar te zien zijn niet synchron draaien (zie parameter 'Synchron draaien van rotorbladen').

H+N+S Landschapsarchitecten (2013) geeft een illustratie van een aantal mogelijke opstellingsvormen, weergegeven in Figuur 3.1. Er zou moeten worden gestreefd naar een opstelling wat een rustig en ordelijk beeld geeft dat past bij het karakter van het landschap. Waar een lijnopstelling (lineair en boog) vaak een ordelijke patroon schept, kan een dubbele lijnopstelling slechts van enkele standpunten als zodanig worden ervaren. Bij een gridopstelling is orde van enkele standpunten zichtbaar, terwijl bij een zwermopstelling geen orde herkenbaar is. Een zwermopstelling kan wel passend zijn bij de skyline van stedelijk of industrieel gebied.

Anderzijds moet de gekozen opstelling passen bij de lokale identiteit van het landschap (Hoen, et al., 2019), zie ook parameter 'Landschapstype en lokale identiteit'. Een voorbeeld is het offshore windpark Nysted in Denemarken waar vanuit het oog van de landschapsarchitect een boogopstelling in lijn met het verloop van de kust was voorgesteld. De lokale bewoners waren hier tegen, omdat deze boogopstelling niet passend was in de identiteit die werd toegekend aan het kustgebied waar men gewend was een onverstoorde horizon te kunnen zien. De voorkeur vanuit de bewoners ging uit naar een lijnopstelling haaks op de kustlijn, waarmee een groot deel van de horizon obstakelvrij zou blijven (Kuehn, 2005).

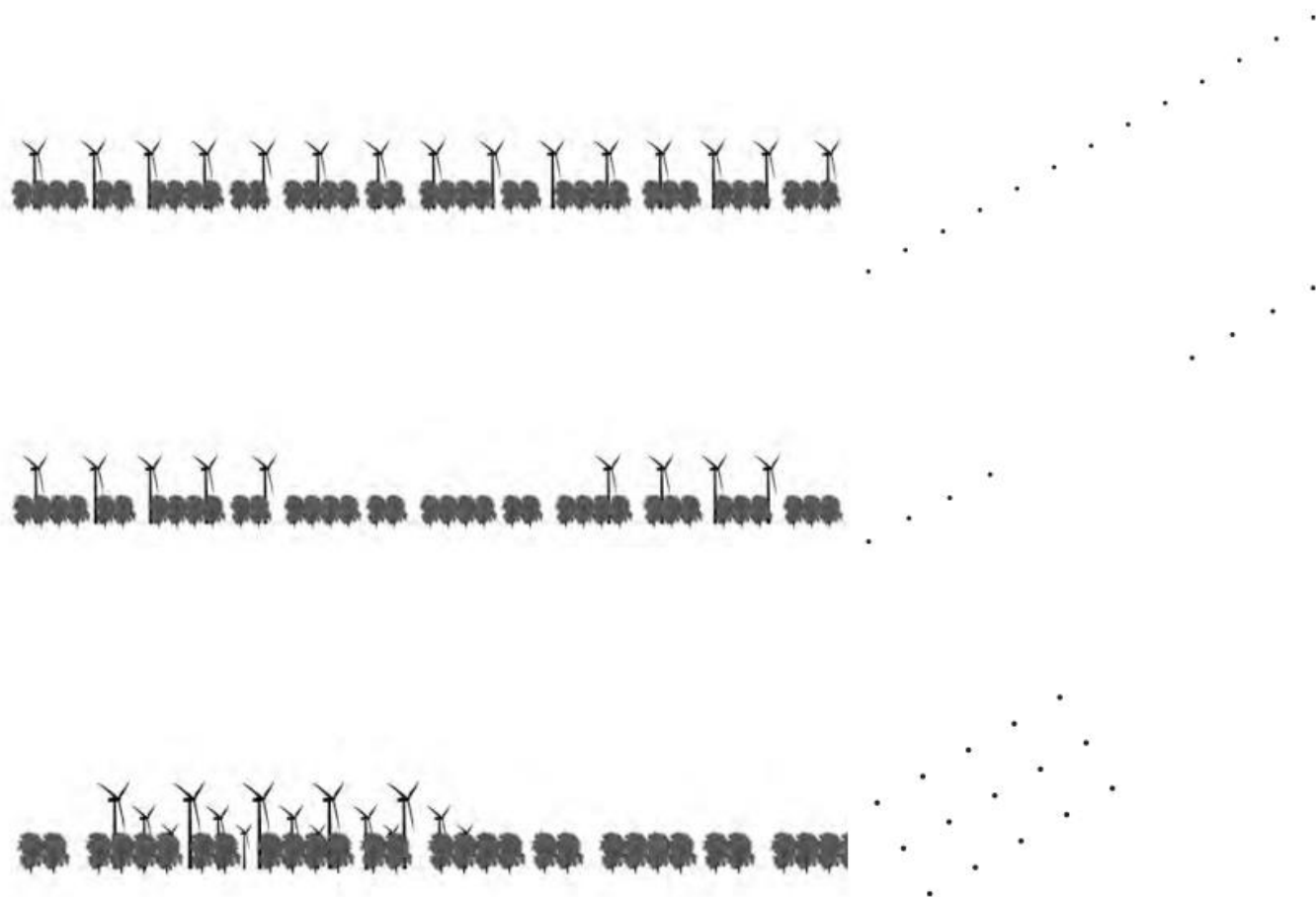
Kortom, in de overweging van een ordelijke opstelling is het belangrijk rekening te houden met de visuele integratie van de windturbines in het landschap en van de diverse standpunten waar vandaan de windturbineopstelling zichtbaar zal zijn, maar is het bovenal belangrijk rekening te houden met de lokale identiteit van het landschap die wordt toegekend door de bewoners.



Figuur 3.1 Opstellingsvormen voor windturbines. Bron: H+N+S Landschapsarchitecten (2013).

Insluiting (horizonbeslag)

In het voorgenoemde voorbeeld van het offshore windpark Nysted ging de voorkeur onder lokale bewoners naar een lijnopstelling in plaats van een boogopstelling, om een groot deel van de horizon obstakelvrij te laten. Wanneer een groot deel van de horizon is gevuld met windturbines, kan een gevoel van insluiting bestaan. Over de invloed van insluiting zijn geen wetenschappelijke onderzoeken beschikbaar. In het rapport van H+N+S Landschapsarchitecten (2013) wordt hier wel op ingegaan. Hierin wordt het (negatieve) effect van visuele insluiting als gevolg van horizonbeslag beschouwd. Horizonbeslag is de zichthoek waarover windturbines aan de horizon zichtbaar zijn. Bij een lijnopstelling die haaks op de aanschouwer staat, zal in meerdere kijkrichtingen een groot deel van de horizon worden 'gevu'ld met windturbines. Dit is ook het geval bij een opstelling waar de onderlinge afstand groot is, ten opzichte van een compacte opstelling. Bij een clusteropstelling (bij een gelijk aantal windturbines) zal minder sprake zijn van horizonbeslag. Dit is geïllustreerd in Figuur 3.2. Bij een hoge mate van horizonbeslag (windturbines zijn zichtbaar over meer dan een kwart van de horizon) kan dit leiden tot het gevoel van insluiting. Dit heeft een negatieve impact op de visuele perceptie. De mate van horizonbeslag en het gerelateerde gevoel van insluiting hangen samen met onder andere het aantal windturbines, het aantal windrichtingen waarin vanaf de waarnemer sprake is van horizonbeslag, de afstand tot windturbines en de zichtbaarheid van windturbines vanaf meerdere standpunten.



Figuur 3.2 Horizonbeslag van een lijnopstelling en clusteropstelling. Met een lijnopstelling is het horizonbeslag vanaf meerdere standpunten groter dan bij een clusteropstelling. Bron: H+N+S Landschapsarchitecten (2013)

Zichtbaarheid en afscherming

Er zijn meerdere onderzoeken gedaan naar de relatie tussen de mate waarin de windturbines zichtbaar zijn en de acceptatie en hinder van windturbines onder bewoners. Dergelijke onderzoeken zijn onder andere uitgevoerd middels interviews of enquêtes bij mensen die wonen in de nabijheid van windturbines. De parameter 'Zichtbaarheid' hangt daarmee sterk samen met de afstand waarop mensen wonen van windturbines: wanneer men dichterbij de windturbines woont, is er een grotere kans dat de windturbines zichtbaar zijn voor deze persoon. Op grotere afstand is de kans kleiner dat windturbines zichtbaar zijn, aangezien zicht wordt verhinderd door obstakels (zoals gebouwen of beplanting). In de parameter 'Afstand tot windturbines' wordt hier verder op ingegaan.

Onderzoeken geheel gericht op de invloed van zichtbaarheid van windturbines zijn niet eenduidig over de relatie tot visuele impact. De zichtbaarheid van windturbines en draaiende rotorbladen kan enerzijds een negatieve impact hebben op de perceptie, wat verergert in de winter wanneer er geen bladeren aan de boom zitten en de windturbines meer zichtbaar zijn (Pedersen, Hallberg, & Waye, 2007). Het zien van de constante aanwezigheid en het constante roteren van de rotorbladen kan als vervelend worden ervaren en iets waar men zich aan gaat ergeren. Ook kunnen de windturbines dan een confrontatie vormen en negatieve gevoelens oproepen over andere aspecten van de windturbines (bijvoorbeeld het horen van geluid), en kan men daarom de zichtbaarheid van de windturbines nog negatiever ondervinden. Hübner et al. (2019) hebben een zwak maar significant verband gevonden tussen (het aantal) zichtbare windturbines vanaf het erf of vanuit huis (bijvoorbeeld zichtbaar door huiskamerramen) en de ondervonden hinder: hoe meer zichtbare windturbines vanaf het erf of vanuit huis er zijn, hoe groter de ondervonden hinder.

Anderzijds kan de zichtbaarheid van de windturbines als positief worden ondervonden, bijvoorbeeld als functioneel oriëntatiepunt of als rustgevend om naar (draaiende rotorbladen) te kijken (Warren, Lumsden, O'Dowd, & Birnie, 2005). Het zien van draaiende rotorbladen kan de negatieve impact van de windturbines op de perceptie verlagen, omdat dit volgens de onderzoekers wordt geassocieerd met het goed presteren en opwekken van energie (Bishop & Miller, 2006). Wanneer de rotorbladen stilstaan wordt dit ondervonden als indringende objecten zonder doel. Uit de bovengenoemde onderzoeken blijkt dat het zien van de windturbines en de draaiende rotorbladen voor de één een negatieve, maar voor de ander een positieve impact kan hebben. Het is voornamelijk de associatie die men heeft en de gevoelens die het zien van de windturbines oproept (bijvoorbeeld frustratie door geluidhinder) die van invloed kunnen zijn op de hoeveelheid hinder die men ervaart als gevolg van de zichtbaarheid van de windturbines.

Bishop & Miller (2006) hebben de invloed van zichtbaarheid van windturbines als gevolg van weersomstandigheden (en daarmee het contrast die windturbines in het landschap vormen) op de visuele impact onderzocht. Zij tonen aan dat de negatieve impact toeneemt naarmate het contrast van de windturbines in het landschap toeneemt als gevolg van weersomstandigheden (de negatieve visuele impact van windturbines bij heldere hemel is bijvoorbeeld groter dan in zware nevel). Deze invloed van contrast is sterker naarmate de windturbines op kleinere afstand (4 km) werden waargenomen, waar het contrast van de windturbines in het landschap door variatie in weersomstandigheden goed waarneembaar is. Op grotere afstand (12 km) neemt de invloed van het contrast van windturbines met het landschap door variatie van de weersomstandigheden af. De onderzoekers geven de verklaring dat op dergelijke grote afstanden de atmosferische verstrooiing toeneemt waardoor het contrast van de windturbines met het landschap afneemt, los van dat er wordt gevarieerd in de weersomstandigheden. Door de atmosferische verstrooiing op grote afstanden (12 km) en de daarmee samenhangende afnemende zichtbaarheid van de windturbines, is er een minder sterke (negatieve) impact van de windturbines op de perceptie.

In Bijlage 1 zijn visuele (fictieve) voorbeelden gegeven van het effect van volledig tot beperkt zicht op de windturbines als gevolg van andere obstakels (zoals bomen, schuur of heg).

Afstand tot windturbines

Er is veel onderzoek verricht naar de relatie tussen de afstand tot de windturbines en de perceptie. De resultaten van deze onderzoeken zijn echter niet eenduidig. Diverse onderzoeken bevestigen de '*proximity hypothesis*' waarin wordt verondersteld dat mensen die dichtbij windturbines wonen een negatieve invloed ondervinden op de perceptie (Molnarova, 2012; Krause, Pierce, & Steel, 2016; Meyerhoff, Ohl, & Hartje, 2009). In deze onderzoeken is uitgegaan van fictieve windparken. Een aantal onderzoeken heeft geen significante correlaties gevonden tussen de afstand tot de windturbines en de perceptie of acceptatie (Firestone, Bates, & Knapp, 2015; Lothian, 2007; 2022; Hübner & Pohl, 2015). In de onderzoeken van Firestone et al. (2015) en Hübner & Pohl (2015) zijn deze bevindingen gekomen uit enquêtes bij bewoners die wonen in de nabijheid van een windpark. Er zijn zelfs onderzoeken die aantonen dat mensen die dicht bij de windturbines wonen, de windturbines positiever ondervinden dan mensen die op grotere afstand wonen (Frantál, Van der Horst, Kunc, & Jaňurová, 2017; Rand & Hoen, 2017; Hoen, et al., 2019). Het ontvangen van financiële compensatie onder mensen die dicht bij de windturbines wonen kan hierbij de algehele perceptie en acceptatie van windturbines positief beïnvloeden.

In Bijlage 1 zijn visuele (fictieve) voorbeelden gegeven van het visuele effect van de windturbines op toenemende afstand van de waarnemer.

Aantal windturbines

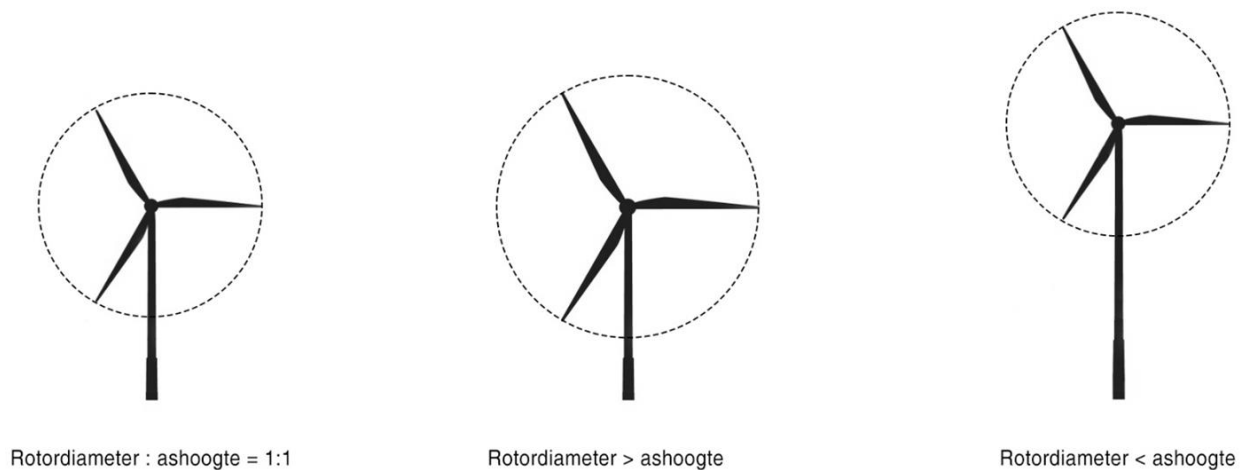
Op vlak van aantal windturbines komt uit de literatuur enerzijds bewijs dat een voorkeur gaat naar een klein aantal windturbines ten opzichte van windparken met een groot aantal windturbines (Devine-Wright, 2004; Molnarova, 2012; Lothian, 2020; Wolsink, 2007). Dit verandert ook niet over het verloop van de tijd. Over het algemeen gaat de voorkeur uit naar windparken met twee tot acht windturbines. De visuele effecten van solitaire, willekeurig verspreide windturbines of windparken met een groot aantal windturbines worden als negatiever ondervonden. Met andere woorden: een concentratie in een kleiner windpark (2-8 windturbines) wordt in dit onderzoek als positiever ervaren dan spreiding. Anderzijds is bij een aantal onderzoeken geen significante of eenduidige relatie gevonden tussen het aantal windturbines en de perceptie (Frantál, Van der Horst, Kunc, & Jaňurová, 2017; Meyerhoff, Ohl, & Hartje, 2009; Hübner G., et al., 2019).

Hoogte en verhouding

Hoewel meerdere onderzoeken zijn verricht naar de relatie tussen de hoogte van de windturbines en de perceptie, is er geen eenduidige relatie gevonden. Hogere windturbines kunnen een grotere negatieve impact hebben op de perceptie (Wolsink, 2007). Een aantal onderzoeken heeft echter geen significante impact gevonden van de hoogte van

de windturbines op de perceptie en acceptatie (Lothian, 2020; Frantál, Van der Horst, Kunc, & Jaňurová, 2017; Hoen, et al., 2019). Een onderzoek toont zelfs aan dat hogere windturbines een minder negatieve impact hebben op de perceptie dan kleinere windturbines (Lothian, 2022). De onderzoeker geeft de verklaring dat dit kan komen doordat de windparken met grote windturbines vaak gepaard gaan met een lager aantal windturbines, in tegenstelling tot windparken met een groter aantal kleine windturbines. Uit de beschouwde literatuur kan worden afgeleid dat de parameter 'Hoogte' moeilijk los te beoordelen is van de parameter 'Aantal windturbines', aangezien deze in de praktijk vaak samen gaan (zoals de hiervoor genoemde voorkeurskeuze van een windpark met een klein aantal grote windturbines in tegenstelling tot een groot aantal kleine windturbines).

Door H+N+S Landschapsarchitecten (2013) wordt tevens beschreven dat er een esthetische voorkeur gaat naar een verhouding van 1:1 van de rotordiameter en ashoogte, in tegenstelling tot een buiten proportioneel grote rotordiameter ten opzichte van de ashoogte of andersom. Voorbeelden van verschillen in verhouding van de rotordiameter en ashoogte zijn weergegeven in Figuur 3.3. Dit gegeven is echter niet wetenschappelijk aangetoond, maar komt voort uit persoonlijke van de opsteller van de informatiebronnen (er wordt door H+N+S Landschapsarchitecten (2013) verwezen naar een planologische informatiebron en een rapport van een architectenbureau).



Figuur 3.3 Verhouding rotordiameter:ashoogte. De eerste illustratie geeft de verhouding 1:1, de tweede een grotere rotordiameter ten opzichte van de ashoogte, de derde een kleinere rotordiameter ten opzichte van de ashoogte. Illustratie gebaseerd op H+N+S Landschapsarchitecten (2013)

Kleur en vormgeving van windturbines

Uit de literatuur is gevonden dat een voorkeur gaat naar een neutrale kleur voor de windturbines, zoals grijs, wit of blauw, in tegenstelling tot gebruikte, rode of regenboog getinte windturbines (Lothian, 2007; Devine-Wright, 2004; Maffei, et al., 2013). Lothian (2007) concludeert dat de kleur van de windturbines zorgvuldig moet worden gekozen in relatie tot de 'achtergrond' van de windturbines die zal worden waargenomen van diverse standpunten, om de impact van de windturbines te reduceren. De keuze voor een geschikte kleur waarmee de zichtbaarheid en het contrast van de windturbines met het landschap zoveel mogelijk worden beperkt, hangt af van diverse variabelen zoals het directe landschap en de 'achtergrond' van de windturbines die zichtbaar zal zijn voor de waarnemer (bijvoorbeeld de lucht, akkerland, weiland, bosgebied), de meest voorkomende weersomstandigheden en verandering van de landschapskleuren met de seizoenen (NatureScot, 2017). De mate waarin contrast van de windturbine kan worden beperkt en rust in het landschap kan worden gecreëerd middels kleur en vormgeving varieert daarmee sterk per landschap, weersomstandigheden en standpunten waar vandaan de windturbines zullen worden waargenomen. Windturbines worden standaard in een licht grijze kleur uitgevoerd. Reden hiervoor is dat deze kleur het meest overeenkomt met de kleur van een (licht) bewolkte lucht en windturbines daarmee het minste contrast met de achtergrond vormen.

Synchroon draaien van rotorbladen

Wanneer de windturbines operationeel zijn en er sprake is van meerdere windturbines die in één oogopslag zichtbaar zijn, gaat er een voorkeur uit naar het synchroon draaien van de rotorbladen (RIVM, 2013). Wanneer hier geen

regelmaat in zit, kan dit worden ondervonden als chaotisch en een onrustig gevoel geven. Dit resulteert in een negatieve impact op de perceptie.

4 Conclusie

In dit literatuuronderzoek zijn de relevante parameters beschreven die een rol spelen in de visuele impact van windturbines. Uit de beschikbare wetenschappelijke onderzoeken volgt dat diverse parameters een positieve dan wel negatieve invloed kunnen hebben op de perceptie en acceptatie van windturbines bij omwonenden. De gevonden parameters die de visuele impact van windturbines bepalen, zijn:

1. Landschapstype en lokale identiteit;
2. Regelmaat in windturbineopstelling;
3. Insluiting (horizonbeslag);
4. Zichtbaarheid en afscherming;
5. Afstand tot windturbines;
6. Aantal windturbines;
7. Hoogte en verhouding;
8. Kleurstelling en vormgeving;
9. Synchroon draaien van rotorbladen.

Hoewel veel onderzoek is verricht naar de invloed van deze parameters op de perceptie van windturbines bij omwonenden, is de invloed van deze parameters vaak niet eenduidig, noch is eenduidig vast te stellen welke mate van invloed een individuele parameter heeft. De verschillen in conclusies kunnen ontstaan door de manier waarop het onderzoek is uitgevoerd. De geraadpleegde onderzoeken bestaan enerzijds uit onderzoeken verricht onder een groep respondenten die random zijn geselecteerd. Anderzijds zijn onderzoeken verricht onder omwonenden van een bestaand of te realiseren windpark, waar de bewoners op regelmatige basis te maken krijgen met (plannen voor) het windpark. De visuele impact van windturbines kan bij deze laatstgenoemde groep een andere rol spelen, waar de windturbines meer een confrontatie kunnen vormen voor de ervaring die men heeft bij de windturbines. Iemand die een negatieve perceptie heeft van de windturbines (bijvoorbeeld als gevolg van geluid) en de windturbines dagelijks ziet vanuit de eigen woning, kan meer hinder ondervinden dan iemand die de windturbine niet ziet, maar wel dezelfde geluidbelasting ondervindt. Uit de empirische studies onder omwonenden blijkt dan ook dat andere factoren bepalend zijn voor de ondervonden (zicht)hinder bij omwonenden, zoals betrokkenheid in het planningsproces, financieel profijt en de het passend zijn van de windturbines in de lokale identiteit van het landschap. Parameters als afstand en omvang van de windturbines blijken in deze studies juist een marginale rol te spelen. Uit de onderzoeken volgt dan ook de aanbeveling om in windenergieprojecten de omwonenden actief te betrekken bij het planningsproces en deze een stem te geven in besluiten en het ontwerp van een windpark, met als doel de algehele hinder (waaronder ook zichthinder) zoveel mogelijk te beperken en de acceptatie van het windpark te verhogen.

Op basis van de literatuur kan daarmee alleen vastgesteld worden welke aspecten en parameters een rol spelen in de visuele perceptie van windturbines in de leefomgeving. Het is echter niet mogelijk om hieruit een eenduidig beoordelingskader op te stellen, omdat de relaties tussen de parameter en de perceptie niet eenduidig zijn.

Literatuurlijst

- Bishop, I. (2002). Determination of thresholds of visual impact: The case of wind turbines. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 707-718.
- Bishop, I., & Miller, D. (2006). Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables. *Renewable Energy*, 814-831.
- Buro Sant en Co. (2021). *Energieparken in beeld: Een fotoanalyse van de visuele impact van de huidige wind- en zonneparken in de provincie Zuid-Holland*. Den Haag: Provincie Zuid-Holland.
- Community of Practice (CoP). (2021). *Windturbines in levend landschap; Rapportage van de CoP Windenergie en Landschapskwaliteit*.
- Devine-Wright, P. (2004). Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy: An International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology*, 125-139.
- Firestone, J., Bates, A., & Knapp, L. A. (2015). See me, Feel me, Touch me, Heal me: Wind turbines, culture, landscapes, and sound impressions. *Land Use Policy*, 214-249.
- Frantál, B., Van der Horst, D., Kunc, J., & Jaňurová, M. (2017). Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines. *Tájökológiai Lapok*, 139-147.
- H+N+S Landschapsarchitecten. (2013). *Handreiking waardering landschappelijke effecten van windenergie*. Utrecht: Agentschap NL.
- Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliot, D., Hübner, G., Pohl, J., . . . Kaliski, K. &. (2019). Attitudes of US wind turbine neighbors: analysis of a nationwide survey. *Energy Policy*.
- Hübner, G., & Pohl, J. (2015). *Mehr Abstand - mehr akzeptanz? Ein umweltpsychologischer Studienvergleich*.
- Hübner, G., Pohl, J., Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliott, D., & Haac, R. (2019). Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of US and European samples. *Environment International*.
- Johansson, M., & Laike, T. (2007). Intention to Respond to Local Wind Turbines: The Role of Attitudes and Visual Perception. *Wind energy: an international journal for progress and applications in wind power conversion technology*, 435-451.
- Krause, R., Pierce, J., & Steel, B. S. (2016). The impact of auditory and visual experience with wind turbines on support for wind production and proximity-based opposition. *Society & Natural Resources*, 1452-1466.
- Kuehn, S. (2005). *Sociological Investigation of The Reception of Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms in the Local Communities*.
- Lothian, A. (2007). Scenic perceptions of the visual effects of wind farms on South Australian landscapes. *Geographical Research*.
- Lothian, A. (2020). A survey of the visual impact and community acceptance of wind farms in Australia. *Australian Planner*, 217-227.
- Lothian, A. (2022). Visual impacts and acceptability of wind farms to councillors and senior council staff in Britain. *International Journal of Environmental Studies*, 1-24.
- Maffei, L., Iachini, T., Masullo, M., Aletta, F., Sorrentino, F., Senese, V. P., & Ruotolo, F. (2013). The effects of vision-related aspects on noise perception of wind turbines in quiet areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1681-1697.
- Meyerhoff, J., Ohl, C., & Hartje, V. (2009). Landscape externalities from onshore wind power. *Energy Policy*, 82-92.
- Molnarova, K. S. (2012). Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics. *Applied Energy*, 269-278.
- NatureScot. (2017). *Siting and designing wind farms in the landscape - version 3a*.
- Pedersen, E., Hallberg, L., & Waye, K. (2007). Living in the vicinity of wind turbines—a grounded theory study. *Qualitative Research in Psychology*, 49-63.

- Rand, J., & Hoen, B. (2017). Thirty years of North American wind energy acceptance research: What have we learned? *Energy research & social science*, 135-148.
- RIVM. (2013). *Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden*. GGD Informatieblad medische milieukunde.
- Schöbel, S., Hübner, G., Leschinger, V., Barthel, P., Schmölz, M., & al., e. (2022). *Aktive Bürgerexpert: innen in Klimaschutz und Energiewende (Aktiv BüKE). Bürgerexpert:innen und Partizipation – generationen über greifende Verantwortung im Klimaschutz und Gestaltung von erneuerbaren Energien in der Landschaft*. Freising, Hamburg, Berlin.
- Sklenicka, P., & Zouhar, J. (2018). Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes. *Applied Energy*, 445-454.
- Warren, C. R., Lumsden, C., O'Dowd, S., & Birnie, R. V. (2005). 'Green on green': public perceptions of wind power in Scotland and Ireland. *Journal of environmental planning and management*, 853-875.
- Wolsink, M. (2007). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. *Energy Policy*, 2692-2704.

Colofon

PLANMER WINDTURBINEBEPALINGEN LEEFOMGEVING

KLANT

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEUR

-

DATUM

2-12-2022

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 33
6800 LE Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)

Bijlage 1 Visuele (fictieve) voorbeelden

Ter illustratie van de invloed van variatie in afstand en zichtbaarheid van de windturbines voor de waarnemer, is een aantal visuele fictieve voorbeelden gemaakt. Er is hierbij aangesloten bij het planMER waar een beoordeling plaatsvindt van twee referentie windturbines met respectievelijk een tiphoogte van 235 m en 280 m. Voor de visualisaties is uitgegaan van een verhouding tussen de rotordiameter en ashoogte die bijna overeenkomt met 1 op 1, namelijk:

- Tiphoogte 235 m: rotordiameter 160 m en ashoogte 155 m;
- Tiphoogte 280 m: rotordiameter 190 m en ashoogte 165 m.

In de visualisaties is gevarieerd ter illustratie van de parameters 'Afstand tot windturbines' en 'Zichtbaarheid en afscherming':

- Afstand tot windturbines: aansluitend met het planMER zijn de visualisaties gemaakt waarbij de dichtstbijzijnde windturbines op een afstand van 2x, 3x en 4x de tiphoogte staat van de waarnemer;
- Zichtbaarheid: de invloed van afscherming door bomen, schuren, etc., op het zicht op de windturbines is gevisualiseerd middels fotonbeelden vanuit een generieke tuinen met volledig zicht, gedeeltelijke afscherming en bijna volledige afscherming van de windturbines.

De visualisaties zijn gemaakt vanuit generieke tuinen, ter illustratie van de visuele impact van de windturbines vanaf de woning van een omwonende. Tevens zijn er visualisaties gemaakt vanaf een appartement op de eerste verdieping om het visuele verschil te laten zien vanaf een dergelijke verhoging ten opzichte van de begane grond (bijvoorbeeld voor omwonenden die in een flatgebouw of appartementencomplex wonen). Er zullen vrij weinig situaties voorkomen in Nederland waarbij windturbines binnen een afstand van de beschouwde afstandsnormen (tussen 470 en 1.120 m) van hoge flatgebouwen of appartementencomplexen (bijvoorbeeld met meer dan drie verdiepingen) worden gebouwd. Windturbines worden met name in de buitengebieden gebouwd, waar vaak de meest nabijgelegen woningen bestaan uit losstaande woningen. Indien in de omgeving van de windturbines flatgebouwen of appartementencomplexen staan, zullen deze vaak in woonkernen en op grotere afstand van de windturbines gelegen zijn. Derhalve zijn er geen visualisaties gemaakt vanaf hogere waarneempunten dan de eerste verdieping van een appartementencomplex.

In de visualisaties is gebruikgemaakt van een generiek windturbinemodel. De onderliggende afstand tussen de windturbines is 700 m (het gemiddelde van 4x de rotordiameter van de referentiewindturbines, respectievelijk 640 en 760 m. Er is uitgegaan van een opstelling van 6 windturbines (2 rijen van 3 windturbines) waarvan de meest dichtstbijzijnde windturbine op afstand van desbetreffende afstandsnorm gesitueerd is.

De visualisaties geven de situaties weer met een horizontale beeldhoek van 60 graden¹ en de visualisaties zijn getoond op liggende pagina's zodat de fotobeelden een zo groot mogelijk oppervlak beslaan van de breedte van het beeldscherm. De kijkafstand (afstand vanaf het waarnemende oog) tot het scherm met de afbeelding is dan ongeveer gelijk aan de afbeeldingsbreedte zelf. Dus de breedte van het scherm waarop de afbeeldingen worden bekeken is gelijk aan de kijkafstand. Dit is een normale werkafstand tot een beeldscherm. Met deze kijkafstand kan een goede weergave van de werkelijkheid worden getoond. Bij het inzien van de visualisaties (via een beeldscherm dan wel geprint op papier) wordt daarom aanbevolen erop te letten dat de kijkafstand gelijk is aan de afbeeldingsbreedte.

Een beperking van de 'platte' fotobeelden met horizontale beeldhoek van 60 graden is dat deze geen volledig beeld geven van de omgeving. Dit kan bijvoorbeeld wel bij gebruik van software waarin de aanschouwer 'rond kan kijken' in visualisaties van 360 graden bolfoto's. De visualisaties in dit rapport zijn ter illustratie van de invloed van afstand en zichtbaarheid van de windturbines. Dit is anders dan wanneer visualisaties van te realiseren windparken worden gemaakt waarbij de omwonenden een volledig en zo realistisch mogelijk beeld van de toekomstige situatie moeten krijgen. Om deze reden volstaat het gebruik van de visualisaties met horizontale beeldhoek van 60 graden voor de doeleinden van dit rapport.

Door de 60 graden beelden zijn in de visualisaties nooit alle 6 windturbines van de gehanteerde opstelling zichtbaar. Het aantal zichtbare windturbines varieert in de visualisaties tussen de 3 en 6 windturbines, afhankelijk van de afstand waarop de windturbines van de waarnemer staan.

¹ Ter indicatie: software zoals Google Streetview staat standaard ingesteld op 90 graden beeldhoek in één beeld.

Voorbeelden: Afstand tot windturbines in open zicht

Referentie windturbine: tiphoogte 235 m



Tiphoogte: 235 m

Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 2x tiphoogte (470 m)

Horizontale beeldhoek: 60 graden



Tiphoogte: 235 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 3x tiphoogte (705 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden



Referentie windturbine: tiphoogte 280 m







Tiphoogte: 280 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 4x tiphoogte (1.120 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Voorbeelden: Afstand tot windturbines met gedeeltelijke afscherming

Bij (gedeeltelijk) afgeschermd windturbines is met een rode contour het rotorvlak aangegeven ter indicatie van de windturbine.

Referentie windturbine: tiphoogte 235 m



Tiphoogte: 235 m

Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 2x tiphoogte (470 m)

Horizontale beeldhoek: 60 graden



Tiphoogte: 235 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 3x tiphoogte (705 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden



Tiphoogte: 235 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 4x tiphoogte (940 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Referentie windturbine: tiphoogte 280 m





Tiphoogte: 280 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 3x tiphoogte (840 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden



Tiphoogte: 280 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 4x tiphoogte (1.120 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Voorbeelden: Afstand tot windturbines met bijna volledige afscherming

Bij (gedeeltelijk) afgeschermd windturbines is met een rode contour het rotorvlak aangegeven ter indicatie van de windturbine. Enkel de voorbeelden met 2x en 3x de tiphoogte afstand zijn gegeven, aangezien de voorbeelden van 4x tiphoogte afstand door afscherming geen aanzienlijk andere beelden oplevert dan de beelden van 2x en 3x tiphoogte afstand.

Referentie windturbine: tiphoogte 235 m

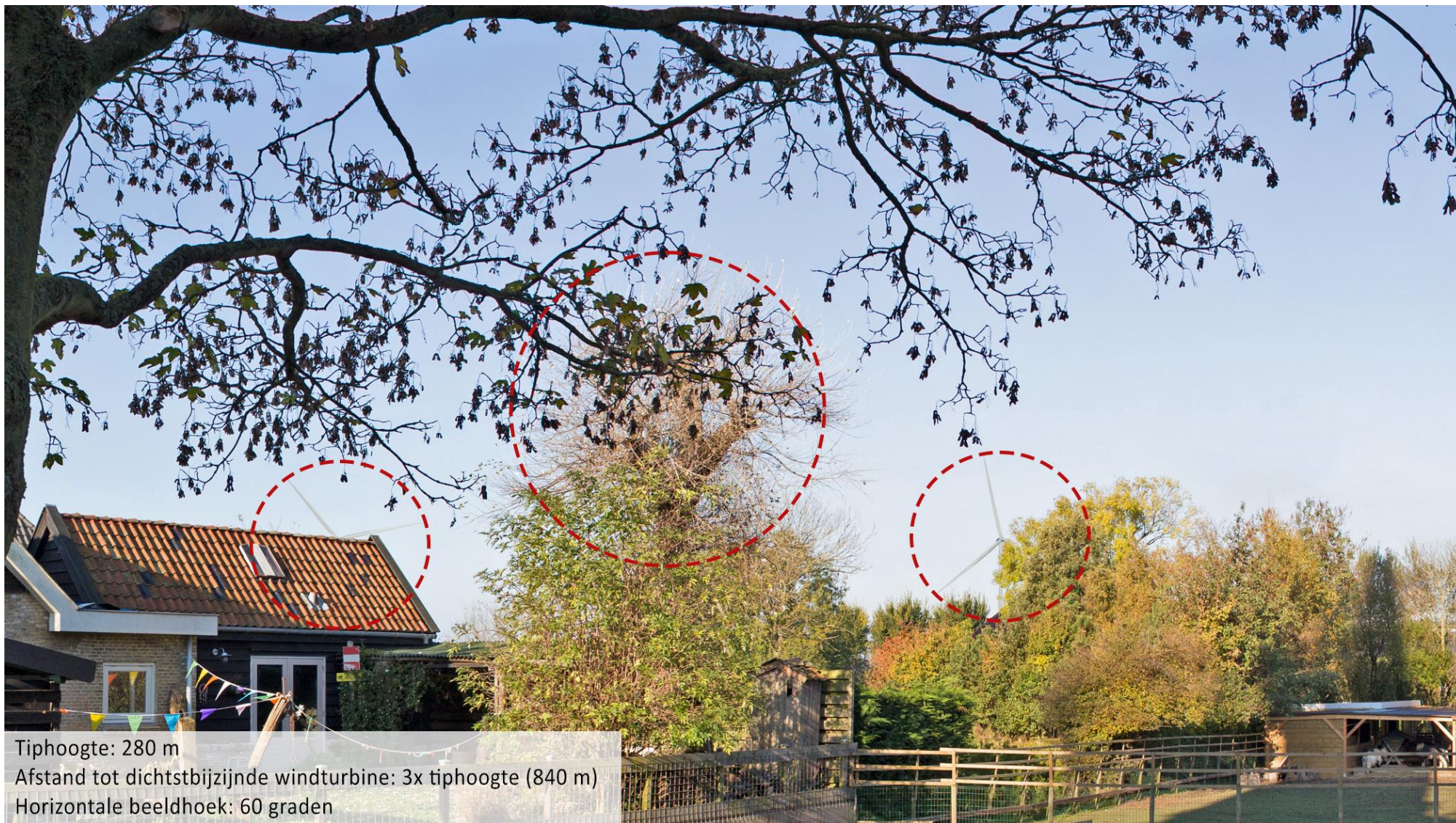




Tiphoogte: 235 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 3x tiphoogte (705 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Referentie windturbine: tiphoogte 280 m





Voorbeelden: Afstand tot windturbines vanaf eerste verdieping

Visualisaties vanaf een appartement op de eerste verdieping. Alleen de visualisaties met windturbines op een afstand van 2x en 4x de tiphoogte zijn getoond ter illustratie van het verschil met visualisaties vanaf de begane grond.

Referentie windturbine: tiphoogte 235 m





Tiphoogte: 235 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 4x tiphoogte (940 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Referentie windturbine: tiphoogte 280 m



Tiphoogte: 280 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 2x tiphoogte (560 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden



Tiphoogte: 280 m
Afstand tot dichtstbijzijnde windturbine: 4x tiphoogte (1.120 m)
Horizontale beeldhoek: 60 graden

Bijlage 2 Stand van kennis en ontwikkelingen

In deze bijlage wordt een samenvatting gegeven van de onderzoeken welke in paragraaf 2 zijn toegelicht

Determination of thresholds of visual impact: the case of wind turbines (Bishop, 2002)

In deze studie wordt onderzoek verricht naar de waargenomen dimensies van windturbines en wordt een schatting gedaan van de drempelwaarde van de afstand dat windturbines zichtbaar worden en een visuele impact kunnen veroorzaken. Een belangrijke bevinding is dat bij het beeld van roterende rotorbladen de algehele dimensie van de windturbine als 10 tot 20% groter kan worden bevonden dan wanneer de rotorbladen stilstaan.

Beyond NIMBYism: towards an Integrated Framework for Understanding Public Perceptions of Wind Energy (Devine-Wright, 2004)

In dit literatuuronderzoek wordt de houding naar windenergie onderzocht. Uit bestaande literatuur komen consistente resultaten dat windparken met een lager aantal windturbines beter worden ontvangen dan windparken met een groot aantal windturbines. Onderzoeken tonen aan dat een voorkeur uitgaat naar een lager aantal grote windturbines dan een hoger aantal kleinere windturbines. In meerdere onderzoeken is aangetoond dat er voorkeur is naar windturbines met neutrale kleuren. Bij één van de beschouwde onderzoeken wordt benoemd dat de toevoeging van windturbines wordt gezien als een esthetische verbetering van industriële of agrarische landschappen.

Sociological Investigation of The Reception of Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms In the Local Communities (Kuehn, 2005)

Het rapport vormt een verslaglegging van de perceptie onder omwonenden van de offshore windparken Horns Rev en Nysted in Denemarken. Het onderzoek vindt in diverse fasen plaats, namelijk vóór realisatie van de windparken, één jaar na realisatie van de windparken en tot slot een follow-up enkele jaren later. In de enquêtes is onder andere gevraagd naar de voorkeur van de bewoners voor de locatie en opstelling van de offshore windparken. Het rapport is ter illustratie van de ervaringen bij Nysted aangehaald, waar de lokale bewoners een andere opstelling prefereerden door de lokale identiteit die werd toegekend aan het landschap.

'Green On Green': Public Perceptions of Wind Power in Scotland and Ireland (Warren, Lumsden, O'Dowd, & Birnie, 2005)

In dit onderzoek zijn enquêtes uitgezet naar omwonenden van bestaande en geplande windparken in Schotland en Ierland. Er is gevraagd naar hun houding naar de windparken en onderzocht naar factoren die daarop van invloed zijn. Er waren 355 respondenten. Uit de resultaten blijkt dat mensen die wonen nabij een bestaand windpark een positievere houding hebben naar windturbines ten opzichte van mensen die verder weg wonen. De esthetische perceptie van de windturbines blijkt de belangrijkste indicator voor de houding naar windturbines. Uit de resultaten blijkt dat de zichtbaarheid van de windturbines zowel een positieve als negatieve invloed kan hebben op de visuele perceptie van de windturbines en op de houding naar windturbines.

Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables (Bishop & Miller, 2006)

Er wordt onderzoek gedaan naar de visuele impact van de zichtbaarheid van windturbines in variërende weersomstandigheden, de afstand tot windturbines en het zien van draaiende en stationaire rotorbladen. Er zijn beelden getoond van een windpark op 4, 8 en 12 km afstand waarin bij elke situatie is gevarieerd in weersomstandigheden, van heldere lucht tot zware nevel. Er is gebruik gemaakt van beelden met stationaire windturbines en beelden waarbij de rotorbladen van de windturbines in beweging zijn. De beelden zijn van een offshore windpark en een windpark op land. In totaal waren er 409 respondenten. Uit de resultaten blijkt dat de negatieve impact op de visuele perceptie afneemt naarmate de afstand tot de windturbines toeneemt. Tevens blijkt dat de negatieve impact toeneemt naarmate het contrast van de windturbines met het landschap toeneemt, als gevolg van de weersomstandigheden. Dit effect was sterker op korte afstand (4 km), omdat de invloed van de weersomstandigheden op kortere afstand meer zichtbaar was. Op grotere afstand (12 km) neemt het contrast van de windturbines in het landschap al toe doordat op grote afstand meer sprake is van atmosferische verstrooiing. De (negatieve) impact van variërende weersomstandigheden en de daaraan gerelateerde mate van zichtbaarheid was daardoor minder sterk op grote afstand. Tegen de verwachting van de onderzoekers in, was de negatieve impact van het zien van draaiende rotorbladen minder sterk dan wanneer beelden werden getoond met stilstaande rotorbladen. Dit effect was sterker op kortere afstand. Volgens de onderzoekers worden de draaiende rotorbladen ondervonden als het goed functioneren en produceren van energie, terwijl het zien van stilstaande rotorbladen wordt gezien als een indringend object zonder doel. Punt van aandacht is wel dat dit onderzoek uitgaat van relatief grote afstanden (> 4 km), waardoor andere factoren zoals geluid en slagschaduw geen rol van betekenis meer spelen in de beleving. Dit onderzoek is dus minder bruikbaar om inzicht te verkrijgen in effecten op visuele perceptie op kortere afstand.

Intention to Respond to Local Wind Turbines: The Role of Attitudes and Visual Perception (Johansson & Laike, 2007)

De onderzoekers analyseren de rol van houding naar en visuele perceptie van windturbines in de mogelijke weerstand tegen windturbines. Van 80 mensen is gevraagd een vragenlijst in te vullen na het observeren van twee bestaande windturbines op locatie in Zweden. Uit het onderzoek blijkt dat persoonlijke factoren in publieke weerstand van invloed zijn op de visuele perceptie van windturbines. De belangrijkste gevonden factor om mogelijke weerstand tegen windturbines te beperken is het creëren van een visuele eenheid van windturbines in het landschap, oftewel de windturbines moeten visueel opgaan in de omgeving als een eenheid. De onderzoekers beschrijven dat dit eerder kan worden bereikt in een industriële omgeving dan in een omgeving waar het landschap niet is aangetast door menselijke activiteiten of structuren.

Scenic Perceptions of the Visual Effects of Wind Farms on South Australian Landscapes (Lothian, 2007)

In het onderzoek is gekeken naar de visuele impact van een windpark op de esthetische kwaliteit van landschappen in Australië. Aan deelnemers is een vragenlijst gestuurd met foto's van 68 landschappen, zonder en met windturbines. Er waren 311 respondenten. Waar het windpark een negatief effect heeft op de visuele perceptie van landschappen van hoge esthetische kwaliteit, is gevonden dat het windpark een positief effect heeft op de visuele perceptie van landschappen van lage esthetische kwaliteit. Bij een kleine selectie beelden is ook gevarieerd in aantal, afstand en kleur van de windturbines. Er is gevonden dat de negatieve visuele impact niet afneemt met toenemende afstand. Wit, blauw of grijs getinte windturbines hebben de voorkeur over gebruinte of regenboog getinte windturbines. Er is geen significante invloed gevonden van het aantal windturbines op de visuele perceptie. Door het beperkt aantal beelden waarmee de aantallen, afstand en kleur zijn gevarieerd, benadrukt de onderzoeker dat deze resultaten voorlopig (*tentative*) zijn en dat hier meer onderzoek naar moet worden verricht.

Living in the Vicinity of Wind Turbines — A Grounded Theory Study (Pedersen, Hallberg, & Waye, 2007)

In het onderzoek zijn diepte-interviews gedaan met 15 omwonenden van 44 windturbines in Zweden. Uit de resultaten volgt dat door onder andere de zichtbaarheid van bewegende rotorbladen de windturbines constant de aandacht trekken wat als negatief visueel effect wordt ondervonden. Dit was nog vervelender in de winter wanneer de bomen geen bladeren hebben en het roteren van de bladen meer zichtbaar was.

Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation (Wolsink, 2007)

Het onderzoek bevat een secundaire analyse van bestaande data die is verkregen tussen 1986 en 2002 middels vragenlijsten. Hierin werd aan leden van de Wadden Vereniging (natuurorganisatie ter bescherming van de Waddenzee in Nederland) gevraagd naar de acceptatie van windturbines op verschillende locaties in het Waddenzeegebied. Uit het onderzoek komt dat er een voorkeur gaat naar de realisatie van windturbines in landschappen van relatief lage esthetische kwaliteit. Voor de visuele perceptie is gevonden dat dit de belangrijkste factor is voor de acceptatie van windturbines. Ook volgt uit het onderzoek dat het clusteren van windturbines in een windpark de voorkeur heeft ten opzichte van solitaire, verspreide windturbines. Windparken met een klein aantal windturbines heeft de voorkeur boven een groot aantal windturbines en windturbines met een ashoogte van minder dan 40 meter hebben de voorkeur boven windturbines met een ashoogte van 40 meter.

Landscape externalities from onshore wind power (Meyerhoff, Ohl, & Hartje, 2009)

In het onderzoek wordt een keuze-experiment gedaan waarbij deelnemers een voorkeurskeuze kunnen geven voor fictieve windprojecten. In de fictieve projecten wordt gevarieerd in onder andere de grootte van het windpark, maximale hoogte van de windturbines en afstand tot bewoonde gebieden. Uit antwoorden van de 708 respondenten blijkt dat over het algemeen een voorkeur gaat naar de plaatsing van de windturbines verder weg gelegen van bewoonde gebieden. Er is geen eenduidige voorkeur naar de grootte van het windpark en er is geen significante invloed van de maximale hoogte van de windturbines gevonden.

Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics (Molnarova, 2012)

In dit onderzoek wordt de visuele impact van windturbines in het landschap onderzocht waarbij de invloed van de volgende factoren wordt onderzocht: esthetische kwaliteit van landschap, aantal windturbines en afstand van windturbines tot de observant. Het onderzoek bestaat uit een vragenlijst waarin foto's worden getoond landschappen in Tsjechië, variërend in esthetische kwaliteit en zonder en met windturbines in variërende aantallen en variërende afstanden. Uit de resultaten van 336 respondenten volg dat er meer visuele voorkeur is naar de toevoeging van windturbines in een landschap van lage esthetische kwaliteit. Daarnaast is er een visuele voorkeur voor de plaatsing van één windturbine in tegenstelling tot meerdere windturbines en wordt deze bij voorkeur op grote afstand geplaatst. Uit het onderzoek blijkt dat respondenten die dichtbij een windturbine wonen minder gevoelig zijn voor het visuele

effect van de windturbines. De houding naar windturbines heeft de grootste invloed op de visuele voorkeur van de windturbines.

Handreiking waardering landschappelijke effecten van windenergie (H+N+S Landschapsarchitecten, 2013)

Uit opdracht van Agentschap NL is deze handreiking opgesteld welke aspecten beschrijft die van belang zijn voor een beoordeling van de visuele effecten van windturbines in het landschap. Er worden beoordelingscriteria (met sub-criteria) gegeven die kunnen worden toegepast in het MER om varianten te beoordelen. Op basis van een beoordeling van de criteria kan de variant een negatieve (-), neutrale (0) of positieve (+) beoordeling krijgen. Parameters van invloed op de visuele perceptie die naar voren komen zijn onder andere de opstellingsvorm, zichtbaarheid van de windturbines, horizonbeslag en insluiting, aantal windturbines, turbinedimensies en verhouding tussen rotordiameter en ashoogte.

The Effects of Vision-Related Aspects on Noise Perception of Wind Turbines in Quiet Areas (Maffei, et al., 2013)

De onderzoekers gebruiken de technologie van *virtual reality* om de impact van visuele en auditieve aspecten van windturbines op de perceptie inzichtelijk te maken. In de *virtual reality* beelden zijn windturbines in een plattelandomgeving getoond op afstanden van 150, 250 en 500m. Ook werden geluidsfragmenten afgespeeld die zijn opgenomen van een bestaand windturbinepark op dezelfde afstanden. Er werd gevarieerd in aantallen windturbines en kleur van de windturbines. Uit de resultaten van 46 deelnemers is gevonden dat de negatieve impact afneemt naarmate de afstand tot de windturbines toeneemt. Er gaat een visuele voorkeur naar groen getinte en witte windturbines ten opzichte van rood getinte windturbines. Er is geen significante invloed gevonden van het aantal windturbines op de visuele perceptie.

Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden: GGD Informatieblad medische milieukunde, update 2013 (RIVM, 2013)

Er is een literatuuronderzoek verricht naar de invloed van windturbines op de beleving en gezondheid van omwonenden. Een aantal visuele aspecten van windturbines komt naar voren uit de literatuur, waaronder de voorkeur voor de realisatie van windturbines in industrieel en bebouwd gebied waar deze minder zullen opvallen. In natuurlijk landschap vormen de windturbines een groter visueel contrast. Er gaat een voorkeur naar regelmaat in de opstelling en visuele rust kan worden gecreëerd door het synchroon laten draaien van de rotorbladen.

See me, Feel me, Touch me, Heal me: Wind turbines, culture, landscapes, and sound impressions (Firestone, Bates, & Knapp, 2015)

In een vragenlijst aan omwonenden van een windturbine (een *community based* windenergieproject) in Delaware (Verenigde Staten) is gevraagd naar de houding en factoren die van invloed zijn op de houding naar de windturbine. Van de 458 respondenten vindt het merendeel (82%) de windturbine een prettig aanzien, met als belangrijkste reden dat de windturbine staat voor vooruitgang in duurzame energie. Van de respondenten die de windturbine geen prettig aanzien vinden, is de belangrijkste reden dat deze geen visuele eenheid vormt met het landschap. Er is geen significante relatie gevonden tussen de afstand waarop omwonenden van de windturbine wonen en de visuele perceptie van de windturbine.

Mehr Abstand – mehr Akzeptanz? Ein umweltpsychologischer Studienvergleich (Hübner & Pohl, 2015)

In dit document worden verschillende milieu-psychologische wetenschappelijke onderzoeken beschouwd die ingaan op het aspect beleving en hinder van windenergie en de relaties tussen afstand en acceptatie van windenergie beschouwen. Het document is opgesteld door professor Hübner en Dr. Pohl, twee onderzoekers van de universiteit van Hamburg, in opdracht van de Fachagentur Windenergie an Land e.V. In dit document wordt onder andere gekeken naar statistische relevantie van verschillende factoren die invloed hebben op hinderbeleving, waaronder ook visuele perceptie (zichtbaarheid en afstand). Uit de beschouwde onderzoeken komt naar voren dat er verschillende factoren een rol spelen bij ervaren hinder, waarbij afstand eigenlijk geen goede parameter blijkt om ervaren hinder te voorspellen. Onder andere zichtbaarheid van de windturbines, maar ook financieel profijt en betrokkenheid bij het planproces blijkt een veel grotere rol te spelen. Interessant detail voor dit literatuuroverzicht is de constatering dat het effect 'optische onderdrukking' ("*optischen Bedrängung*") – het zich bedreigd voelen door aanwezigheid van windturbines in de leefomgeving, niet empirisch kon worden aangetoond, ongeacht de afstand tot de windturbines.

The Impact of Auditory and Visual Experience with Wind Turbines on Support for Wind Production and Proximity-Based Opposition (Krause, Pierce, & Steel, 2016)

Er wordt onderzoek gedaan naar de houding naar windturbines bij inwoners van counties in California en Washington (Verenigde Staten) waar één of meerdere windparken operationeel zijn. Van de 954 respondenten is onderscheid gemaakt in respondenten in de nabijheid van bewoners bij een windpark (zichtbaarheid van de windturbines vanaf de woning). Er is meer weerstand wanneer een hypothetisch windpark dichterbij wordt geplaatst (scenario 'ergens in de

V.S.' of 'op eigen terrein'). Echter, de resultaten laten ook zien dat van de omwonenden die dichtbij een windpark wonen een hoger aandeel een positieve houding heeft naar het windpark en de windturbines visueel aantrekkelijk vinden in het landschap dan omwonenden die minder dichtbij een windpark wonen. Er worden vier verklaringen hiervoor gegeven, namelijk bekendheid (*familiarity*), verminderde gevoeligheid (*desensitisation*), rationalisatie (*rationalisation*) en economisch (*economic*).

Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines (Frantál, Van der Horst, Kunc, & Jaňurová, 2017)

Middels een vragenlijst aan bewoners in de omgeving van zes bestaande windparken in Tsjechië is onderzoek gedaan naar factoren die de perceptie van landschapsverstoring door windturbines beïnvloeden. Uit de antwoorden van 474 respondenten blijkt dat negatieve impact op het landschap wordt ondervonden bij omwonenden die op een relatief grotere afstand wonen van de windturbines, terwijl door de onderzoekers werd verwacht dat grotere negatieve impact zou bestaan bij omwonenden die dichtbij de windturbines wonen. De onderzoekers geven de mogelijke verklaring dat de omwonenden die op grote afstand wonen, geen financiële baten ontvangen van de windturbines. In het onderzoek is geen significante invloed op de visuele perceptie gevonden van aantallen of hoogte van de windturbines, of het feit dat de windturbines wel of niet te zien zijn vanaf de woning van de respondent.

Siting and designing wind farms in the landscape - version 3a (NatureScot, 2017)

In dit rapport van een natuuragentschap NatureScot uit Schotland worden richtlijnen gegeven voor de plaatsing en het ontwerp van windturbines waarmee gereduceerde visuele impact dient te worden bereikt. Er worden diverse parameters aangehaald ter overweging, gerelateerd aan onder andere het windturbineontwerp (zoals kleur, vormgeving, dimensies) en de locatie van het windpark (zoals landschapstype en esthetische waarde).

Er wordt geen wetenschappelijke literatuur aangehaald ter onderbouwing van de richtlijnen. Dit maakt dat de aanbevelingen die worden gedaan, kritisch in overweging dienen te worden genomen. De aanbevelingen in dit rapport worden daarom alleen gebruikt ter ondersteuning van vindingen uit wetenschappelijke onderzoeken.

Thirty years of North American wind energy acceptance research: What have we learned? (Rand & Hoen, 2017)

In deze studie is een literatuuronderzoek verricht naar de acceptatie van windenergie in Noord V.S. Op gebied van impact op visuele perceptie is uit de literatuur geen eenduidige voorkeur gevonden voor een windpark nabij de woning of verder weggelegen. De onderzoekers geven aan dat het vaak onduidelijk is of onderzoeken adequaat samenhangende variabelen beschouwen, zoals de invloed van economisch profijt of compensatie op de visuele perceptie.

Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes (Sklenicka & Zouhar, 2018)

Er is onderzoek verricht naar de visuele impact van windturbines in verschillende landschapstypen in Duitsland, Polen, Tsjechië en Oostenrijk. Inwoners van deze landen is gevraagd een vragenlijst in te vullen waarbij foto's van de landschappen zonder en met windturbines wordt getoond. Van elk land zijn er 100 respondenten. Er is gevonden dat de negatieve visuele impact van windturbines lager is in industrieel gebied en gebieden met hoge dichtheid van infrastructuur. De esthetische kwaliteit van dergelijke gebieden wordt relatief laag gevonden en de toevoeging van windturbines wordt bij deze gebieden meer geaccepteerd. De toevoeging van windturbines in bosrijk gebied of landschappen waarin veel hoogteverschil zichtbaar is, heeft een sterkere negatieve visuele impact. De windturbines worden in dergelijke gebieden als meer contrasterend ondervonden.

Attitudes of U.S. Wind Turbine Neighbors: Analysis of a Nationwide Survey (Hoen, et al., 2019)

In het onderzoek is een grootschalige enquête uitgezet naar omwonenden van diverse windparken in de Verenigde Staten. Middels de enquête zijn factoren onderzocht die van invloed kunnen zijn op de acceptatie van de windturbines door de omwonenden. Uit de resultaten van 1.332 respondenten zijn meerdere factoren gekomen die de houding naar de windturbines beïnvloeden. Factoren die zijn gevonden bestaan uit onder andere de betrokkenheid in het planningsproces, algehele houding naar windenergie, geluid, visuele aspecten en het ontvangen van financiële compensatie. Op visueel aspect is gevonden dat het zien van de windturbines niet per se van sterke invloed zijn op de acceptatie, maar dat het meer gaat om hoe men de windturbines eruit vindt zien en of men deze passend vindt in de lokale identiteit van het landschap. Er is tevens gevonden dat mensen die dicht bij een windturbine wonen, een positievere houding hebben naar de windturbines.

Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of U.S. and European samples (Hübner G. , et al., 2019)

Er is onderzoek verricht naar hinder en mogelijke stresssymptomen als gevolg van windturbines. Het onderzoek bestaat uit een vergelijking van de resultaten van grootschalige enquêtes in de Verenigde Staten, Duitsland en Zwitserland onder omwonenden van windturbines. Uit de resultaten is gebleken dat onder de respondenten over het

algemeen weinig hinder en stresssymptomen als gevolg van windturbines worden ondervonden. Tevens blijkt dat er meer hinder wordt ondervonden wanneer meer windturbines zichtbaar zijn vanaf de woning. Er is geen significante invloed gevonden tussen de afstand van de windturbines tot de omwonenden en hinder. Er is geen eenduidige relatie gevonden tussen de omvang van het windpark en hinder. Belangrijke factoren die van invloed zijn op hinder en stress, naast visuele aspecten, zijn onder andere de betrokkenheid bij het planningsproces en de algehele houding naar de windturbines.

A survey of the visual impact and community acceptance of wind farms in Australia (Lothian, 2020)

In het onderzoek wordt de esthetische kwaliteit van diverse landschappen zonder en met windturbines onderzocht en wordt de acceptatie van windturbines in de diverse landschappen onderzocht. In een vragenlijst worden foto's getoond van 17 bestaande windparken en 10 fictieve windparken in Australië. De foto's van de windparken worden met en zonder windturbines getoond. Een opvallend resultaat volgens de onderzoeker is dat het merendeel van de respondenten de windturbines in alle getoonde foto's (ook landschappen met hoge esthetische kwaliteit) acceptabel of zeer acceptabel vond. De toevoeging van windturbines in kustlandschappen (hoge esthetische kwaliteit) heeft een relatief hoge negatieve invloed op de visuele perceptie. Er is een visuele voorkeur naar een kleiner aantal turbines en een ordelijke opstelling. De hoogte van de windturbines heeft in het onderzoek geen significante invloed op de visuele perceptie.

Energieparken in beeld: Een fotoanalyse van de visuele impact van de huidige wind- en zonneparken in de provincie Zuid-Holland (Buro Sant en Co, 2021)

In deze studie is de ruimtelijke impact van bestaande windturbine- en zonneparklocaties in de provincie Zuid-Holland met foto's in kaart gebracht. In de foto's komt de visuele impact van onder andere fysieke windturbine-eigenschappen, turbineopstelling, landschapstype en afstand tot de turbines naar voren. In een algemene nabeschuiving wordt een aantal bevindingen gedeeld door een fotograferend landschapsarchitect. Er wordt opgemerkt dat veel rijopstellingen zijn geplaatst in landschappen waar visuele ruis voorkomt van infrastructuur en bedrijventerreinen, waardoor men de windturbines met dit landschap associeert. In open landschappen (bijvoorbeeld als dijklijn) vormen de windparken meer een contrast met het landschap. Bij het merendeel van de beschouwde windparken is er geen rechte lijnopstelling wat tot een onrustig beeld kan leiden. In open delen van het Groene Hart zijn windturbines zichtbaar vanaf een afstand tussen de 5 en 7 km, in dichtbevolkte delen van de Randstad zijn de windturbines pas zichtbaar vanaf 2,5-3 km.

Visual impacts and acceptability of wind farms to councillors and senior council staff in Britain (Lothian, 2022)

De visuele impact en acceptatie van windturbines is onderzocht onder raadsleden (*councillors*) en gemeentelijk personeel (*senior council staff*) in Groot-Brittannië. In de vragenlijst zijn foto's van landschappen getoond zonder en met het bestaande windpark (met variërend aantal windturbines en dimensies en van variërende afstand). Uit de resultaten van 783 respondenten is gebleken dat het negatieve visuele effect van windturbines in landschappen sterker is bij landschappen van hoge esthetische kwaliteit. De negatieve impact van windturbines is groter bij landschappen met dennen, grasland en natuurlandschap, dan bij landschap met akkerland. Een groter aantal windturbines heeft een sterkere negatieve impact op de visuele perceptie van het landschap dan een kleiner aantal windturbines. Het zien van hogere windturbines heeft een kleiner negatief effect op de visuele perceptie dan kleinere windturbines. De onderzoeker geeft daarbij aan dat dit kan komen doordat de windparken met grotere windturbines een lager aantal windturbines heeft dan windparken met kleinere windturbines. Er is geen significant effect gevonden van de afstand tot de windturbines in de visuele perceptie.

Aktive Bürgerexpert: innen in Klimaschutz und Energiewende (Aktiv BüKE). Bürgerexpert:innen und Partizipation – generationen über greifende Verantwortung im Klimaschutz und Gestaltung von erneuerbaren Energien in der Landschaft (Schöbel, et al., 2022)

Het doel van het project is om te onderzoeken hoe het planningsproces van windenergieprojecten kan worden verbeterd door actieve participatie van bewoners, om hiermee een meer positieve houding van bewoners bij het windproject te bewerkstelligen. Het project vond plaats in de regio Beieren (Duitsland). In gezamenlijke workshops is een werkgroep van bewoners gekomen met een voorstel voor de aangewezen locaties van windenergie in de regio. Door de werkgroep werd benadrukt dat windturbines niet als hinderlijk werden ervaren. In het ontwerp zou elke gemeenschap haar eigen windturbine krijgen, zodat elke gemeenschap daarmee bijdraagt aan de transitie. De windturbine vormt zo een trots voor elke gemeenschap. Er ging een voorkeur naar het concept van de werkgroep omdat deze werd beschouwd als eerlijk en passend bij de regio en het gebied. De conclusie van dit project is dat de mogelijkheid van actieve participatie in het planningsproces de acceptatie van en houding naar windturbines positief beïnvloedt bij bewoners.

Bijlage 7 Begeleidingscommissie en expertsessies

Gedurende het opstellen van de NRD en het planMER is de begeleidingscommissie (BC) zes keer samengekomen. De rol van de begeleidingscommissie is om te reflecteren op en input te leveren aan het planMER. Onderwerpen die besproken zijn in de begeleidingscommissie zijn weergegeven in Tabel 0-1. De samenstelling van de BC is weergegeven in Tabel 0-2. Afhankelijk van beschikbaarheid van leden van de BC en relevantie van het te bespreken onderwerp kon de samenstelling van de BC per bijeenkomst variëren. Bij de beoordeling van de varianten in het planMER zijn twee expertsessies georganiseerd. De samenstelling van experts per onderwerp is weergegeven in Tabel 0-3 en Tabel 0-4.

Tabel 0-1 Bespreekpunten begeleidingscommissie (BC)

BC	Fase	Onderwerp
BC 1	NRD	Projectstart: kennismaking, werkafspraken en aanpak
BC 2	NRD	Bespreking concept NRD en voorbereiding expertsessies NRD-fase
BC 3	NRD	Bespreking 2 ^e concept NRD met voorbereiding participatiesessies en advies CieMER
BC 4	planMER	Contouren van het planMER bepalen op basis van zienswijzen en advies CieMER
BC 5	planMER	Voorbespreking review algemene hoofdstukken
BC 6	planMER	Bespreken voorlopige resultaten, conclusies en aanbevelingen

Tabel 0-2 Samenstelling begeleidingscommissie

Organisatie	Rol
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Projectleider/opdrachtgever
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Assistent-projectleider
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Programmamanager Actieprogramma
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Plaatsvervangend programmamanager Actieprogramma
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert externe veiligheid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert externe veiligheid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert geluid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert geluid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Jurist
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Jurist
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat / Rijkswaterstaat	Adviseur milieueffectrapportage
Ministerie van Economische Zaken & Klimaat	Jurist
Ministerie van Economische Zaken & Klimaat	Jurist
Ministerie van Economische Zaken & Klimaat	Beleid hernieuwbare energie op land
Ministerie van Economische Zaken & Klimaat	Beleid hernieuwbare energie op land
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties	Omgevingswet
Arcadis Nederland	Projectleider MER
Arcadis Nederland	Assistent-projectleider MER
Arcadis Nederland	Opsteller MER
Arcadis Nederland	Expert geluid
Pondera Consult	Expert windenergie

Tabel 0-3 Samenstelling expertsessie geluid

Organisatie	Rol
M+P	Expert geluid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert geluid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert geluid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Projectleider/opdrachtgever
Mundonovo sound research	Expert geluid
Arcadis Nederland	Projectleider MER
Arcadis Nederland	Expert geluid
Arcadis Nederland	Expert geluid
Arcadis Nederland	Expert geluid
Arcadis Nederland	Assistent-projectleider MER

Tabel 0-4 Samenstelling expertsessie externe veiligheid

Organisatie	Rol
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert externe veiligheid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Expert externe veiligheid
Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Projectleider/opdrachtgever
DCMR	Expert externe veiligheid
RIVM	Expert externe veiligheid
Antea Group	Expert externe veiligheid
Pondera	Expert externe veiligheid
Arcadis Nederland	Projectleider MER
Arcadis Nederland	Assistent-projectleider MER