



Memo

Datum

Auteurs

Onderbouwing lokale geluidsnorm Windpark Rijnenburg en Reijerscop

8 mei 2023

Milieunorm geluid

De gemeente Utrecht stelt zich op het standpunt dat toepassing van een 45 dB L_{den}, een 39 dB L_{night} en een 42 dB LAeq1min geluidsnorm voor het plangebied van Windpark Rijnenburg en Reijerscop leidt tot een beperkte verwachte overlast, zonder dat hier opbrengstderving bij optreedt. In voorliggende memo wordt de onderbouwing voor de geluidsnormen gegeven.

Tot voorkort waren er rechtstreeks geldende geluidsnormen voor windparken opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer: 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night}. Omdat voor het Activiteitenbesluit ten onrechte geen milieueffectrapport is opgesteld zijn deze normen door de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (ABRvS) buiten toepassing verklaard voor windturbineprojecten die vallen onder bijlage II van de Europese Mer-richtlijn. In de uitspraak van Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding 2020 met kenmerk ECLI:NL:RVS:2021:1395 wordt expliciet door de ABRvS genoemd dat een gemeenteraad niet verplicht is aan te sluiten bij de normen uit het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling. De raad kan er ook voor kiezen om eigen normen te hanteren. Die normen moeten dan zijn voorzien van een actuele, deugdelijke, op zichzelf staande en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden motivering.

De lokale normen dienen de belangen van 'een goede ruimtelijke ordening' en 'bescherming van het milieu'.

Voorliggend memo bevat een motivering voor een gemeentelijke milieunorm voor geluid van windturbines. Deze motivering is:

- **Actueel:** er is uitgegaan van de nieuwste gegevens als het gaat om nabijgelegen woningen en windturbintypen. Uit onderzoek is tevens gebleken dat de gehanteerde dosis-effectrelatie, hoewel daterend uit 2008, in de tussentijd niet is betwist in wetenschappelijke publicaties en in 2018 opnieuw is gebruikt in een rapportage van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO).
- **Deugdelijk:** de berekeningen zijn uitgevoerd conform het Reken- en Meetvoorschrift windturbines en baseren zich op wetenschappelijke publicaties van gerenommeerde kennisinstituten als TNO en het RIVM.
- **Op zichzelf staand en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden:** de motivering is specifiek voor de situatie van Windpark Rijnenburg en Reijerscop. In plaats van de norm te baseren op algemene hinderpercentages is een inschatting gemaakt van het daadwerkelijke *aantal* verwachte ernstig gehinderden, waarbij de specifieke windturbinelocaties en de ligging van bijna 8.000 woningen in de wijde omgeving zijn betrokken. Ook zijn het lokale windaanbod en de afmetingsklassen die het bestemmingsplan Windpark Rijnenburg en Reijerscop mogelijk maakt toegepast bij de inschatting van het productieverlies als gevolg van diverse normhoogtes (zie 'Belangenafweging').

Geluidnota Utrecht

De gemeente Utrecht heeft haar geluidbeleid vastgelegd in de Geluidnota Utrecht. Voor het geluid van bedrijfsmatige activiteiten wordt gekeken naar het reeds heersende geluidsniveau in een gebied waarmee het aansluit bij de systematiek van de Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening. Deze Handreiking ziet echter

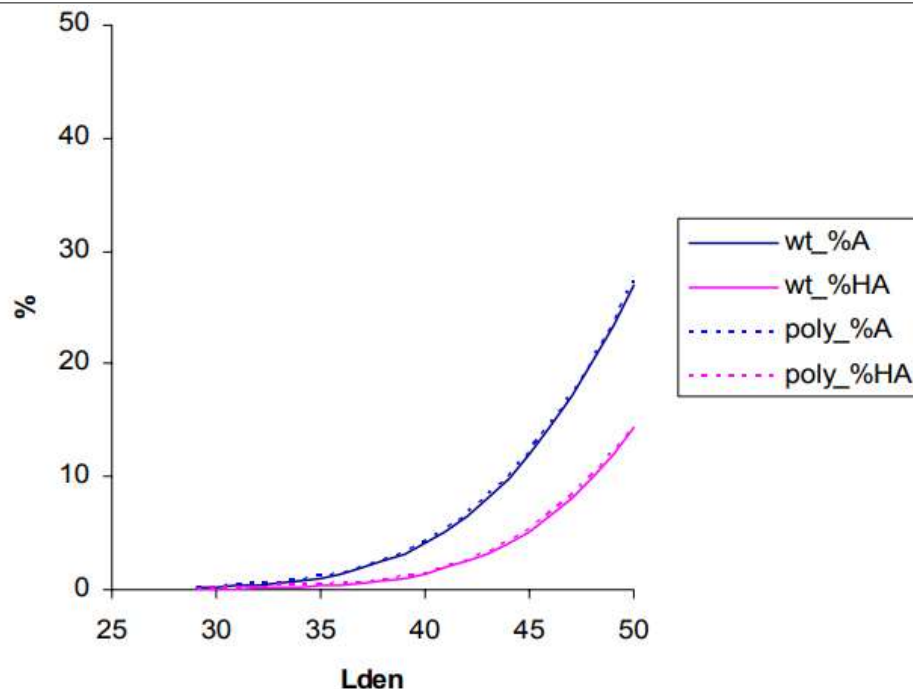
niet op het geluid van windturbines. Voordat de geluidnormen waren opgenomen in het Activiteitenbesluit (in 2010), was een aparte regeling van kracht, de Circulaire beoordeling geluidhinder windturbines. Daarin wordt uitdrukkelijk aangegeven dat de Handreiking niet moet worden toegepast en dat de Circulaire deze vervangt. In de Circulaire werd destijds aanbevolen om bij vergunningverlening niet boven een waarde van 47 dB L_{den} uit te gaan. Aangezien er derhalve geen gemeentelijk vigerend beleid van toepassing is, zal de motivering van de geluidnormen per geval worden gemaakt zodat er ook maatwerk kan worden toegepast.

Dosis-effectrelatie

Hoewel er geen milieueffectrapport is uitgevoerd voor de windturbinennormen uit het Activiteitenbesluit neemt dat niet weg dat er een inhoudelijke onderbouwing voor de voorheen toegepaste milieunormen bestaat. TNO heeft de dosis-effectrelatie voor windturbinegeluid bepaald (Janssen, Vos, & Eisses, Hinder door geluid van windturbines, 2008). Dat wil zeggen: hoe groot is het effect bij verschillende geluidsniveaus. De onderzoeksresultaten zijn ook gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Janssen & Vos, Eisses, & Pedersen, 2011). Hoewel windturbines in de afgelopen jaren groter zijn geworden is deze dosis-effectrelatie nog steeds geldig. Dit blijkt onder andere uit een recent World Health Organisation (WHO) rapport (Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018), dat zich baseert op dezelfde publicatie en komt tot dezelfde conclusies¹. In dit onderzoek raadt de WHO om gezondheidseffecten te voorkomen een geluidsnorm van 45 dB L_{den} aan. Figuur 1 geeft de relatie tussen een dergelijke L_{den} geluidsnorm en het percentage te verwachten ernstig gehinderden onder de mensen die op deze normgrens belast worden. De aanvaardbaarheid hiervan dient te worden afgewogen in relatie tot de omgeving, waarbij de nadelige gevolgen worden afgewogen tegen de te dienen doelen. De WHO geeft in haar rapport van 2018 geen advies over een L_{night} norm voor windturbines.

¹ Daarbij moet worden opgemerkt dat het WHO-rapport een uitspraak doet over hinder buitenshuis, terwijl motivering voor de 47 dB L_{den} zich baseert op de hinderpercentages binnenshuis. Dit verklaart waarom de hinderpercentages in het WHO rapport afwijken van de hier genoemde percentages.
Pagina 2 van 21

Figuur 1 De relatie tussen L_{den} en het percentage gehinderden (wt_%A) en ernstig gehinderden (wt_%HA) binnenshuis door geluid van windturbines. De gestippelde lijnen geven de polynome benadering weer. (Bron: (Janssen, Vos, & Eisses, A., Hinder door geluid van windturbines, 2008))



Naast de L_{den} dosismaat zijn er ook andere geluidsdosismaten mogelijk toepasbaar. Denk hierbij aan dosismaten LA_{eq} (equivalent geluidsniveau), $L_{Ar,LT}$ (langtijd gemiddeld beoordelingsniveau) en L_{Amax} (maximaal geluidsniveau). L_{Amax} is gericht op het normeren van piekgeluid dat kortstondig voorkomt, en is hiermee niet een logische maat gelet op de aard van het windturbinegeluid. Dat geluid betreft namelijk een continu geluid waarbij geen grote kortstondige pieken in geluidsniveau optreden. LA_{eq} en $L_{Ar,LT}$ zijn net als de L_{den} dosismaten met gemiddelde waarden over een bepaalde periode. Er is gekozen voor jaargemiddelde normering in de vorm van L_{den} , omdat dit aansluit bij de beschikbare wetenschappelijke onderzoeken dat sprake is van een dosishinderrelatie, gebaseerd op de hinderbeleving bij mensen die wonen in de omgeving van windturbines. Daarin is hinder gerapporteerd op basis van langdurige en herhaalde geluidbelasting over langdurige periodes, waarvan verschillende omstandigheden onderdeel zijn. Een andere dosismaat dan de L_{den} levert geen hoger beschermingsniveau op voor de omgeving en een andere dosismaat beschermt anderszins ook niet evident beter tegen windturbinegeluid. In de uitspraak ECLI:NL:RVS:2023:1433 oordeelt de ABRvS dat de keuze voor L_{den} aanvaardbaar kan zijn. Dat daarbij ziet de gemeente Utrecht wel extra beschermingsmogelijkheden in het hanteren van een LA_{eq} norm om te borgen dat de windturbines naar behoren werken en daarmee eventuele hinder te beperken. Daarom wordt voor het windpark een norm voor equivalent geluidsniveau over 1 minuut (LA_{eq1min}) opgenomen waar ten alle tijden aan voldaan moet worden, ongeacht windsnelheid.

Diverse recente onderzoeken hebben gekeken naar de gezondheidseffecten van het geluid van windturbines.

- In 2017 en 2018 heeft het RIVM een grootschalig literatuuronderzoek uitgevoerd (van Kamp & van den Berg, Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound, 2018) waarin 32 wetenschappelijke artikelen uit de periode 2009-2017 zijn geanalyseerd. Dit onderzoek concludeert: *Geluid van windturbines leidt tot meer hinder dan geluid van andere bronnen. Er is geen bewijs voor een specifiek effect van de laagfrequente component noch van infrageluid.*
- Een recent literatuuronderzoek van het RIVM (van Kamp & van der Berg, Health effects related to wind turbine sound: an update, 2020) concludeert

dat uit beschikbare literatuur niet blijkt dat laagfrequent geluid van windturbines voor extra hinder zorgt ten opzichte van 'gewoon' geluid. De literatuur liet zien dat omwonenden minder hinder hebben van windturbines als ze betrokken worden bij de plaatsing ervan.

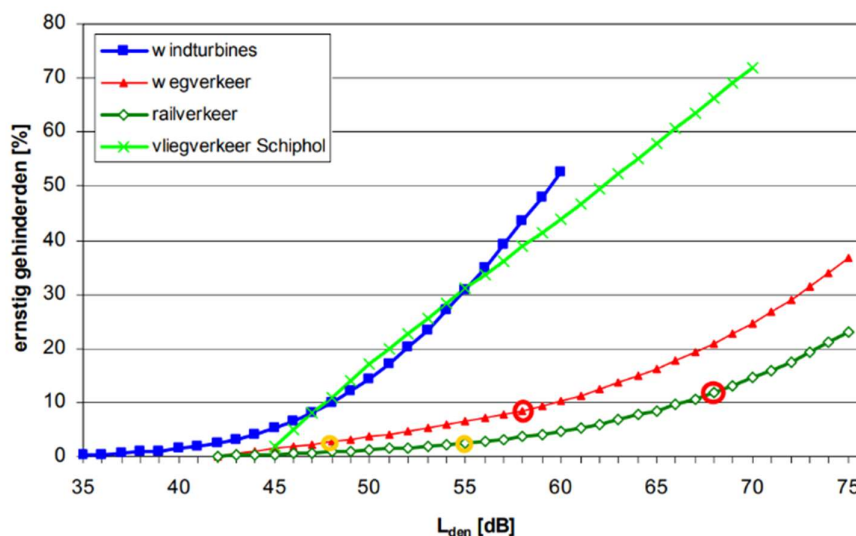
In ECLI:NL:RVS:2023:1433 r.o. 27.2 en ECLI:NL:RVS:2023:1446 r.o. 41.2 stelt de ABRvS vast dat in het deskundigenbericht van de Stichting Advisering Bestuursrechtspraak voor Milieu en Ruimtelijke Ordening (STAB) een chronologische samenvatting bevat van de bevindingen van de belangrijkste onderzoeken vanaf 2007. In het deskundigenbericht staat dat er voldoende bewijs is voor hinder, maar dat er geen bewijs is voor andere gezondheidseffecten als gevolg van windturbinegeluid met uitzondering van slaapverstoring. Voor slaapverstoring is er wel een verband gevonden, maar hiervoor zijn maar een beperkt aantal studies gedaan en de resultaten daarvan zijn volgens de STAB niet eenduidig. Er is volgens de STAB geen wetenschappelijk bewijs geleverd voor een causaal verband tussen laagfrequent geluid en infrageluid van windturbines en "Wind Turbine Syndrome" (WTS) of "Vibro Acoustic Disease" (VAD).

Er zijn geen onderzoeken waarin de kwantitatieve relatie tussen de hoeveelheid geluid en de hoeveelheid hinder uit het oorspronkelijke onderzoek (Janssen, Vos, & Eisses, Hinder door geluid van windturbines, 2008) wordt betwist.

Onderstaande grafiek geeft de relatie tussen L_{den} en het percentage ernstig gehinderden (binnenshuis) bij verschillende bronnen weer. De rode cirkels zijn de grenswaarden voor weg- en railverkeer, waarbij ca. 9-11% ernstig gehinderden aanvaardbaar wordt geacht. Voor windturbinegeluid komt dit percentage overeen met een geluidsniveau van 47 dB L_{den} , de voorheen geldende norm uit het Activiteitenbesluit. Het feit dat dit hinderpercentage bij een windturbine al bij een lager geluidsniveau optreedt komt doordat windturbinegeluid als hinderlijker wordt ervaren dan geluid van overige bronnen, bijvoorbeeld door het kenmerkende ritmische karakter van het geluid van de wieken die de mast passeren, de zogenaamde amplitudemodulatie.

In geel zijn de voorkeurswaarden voor weg- en railverkeergeluid aangegeven. In de methodiek voor windturbinegeluid bestaan deze waarden niet. Als voor dezelfde hinderpercentages als weg- en railverkeergeluid een voorkeurswaarde zou bestaan ligt deze tussen de 41 en 43 dB L_{den} .

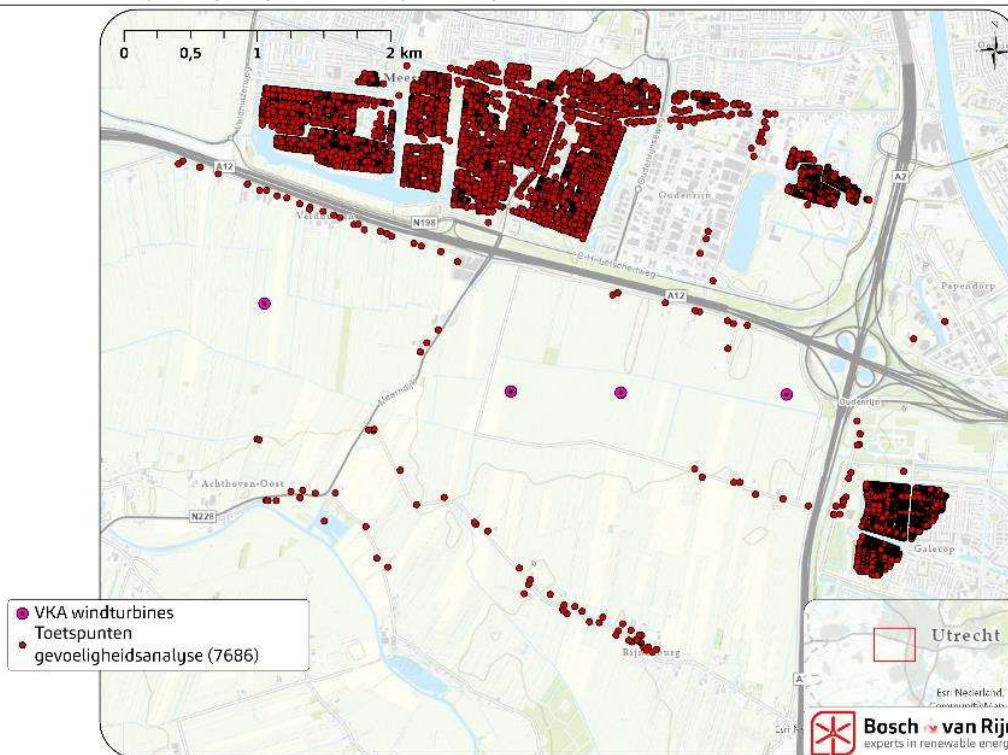
Figuur 2 Relatie tussen L_{den} en het percentage ernstig gehinderden (binnenshuis) bij verschillende bronnen



Gevoeligheidsanalyse

In het akoestisch onderzoek voor Windpark Rijnenburg en Reijerscop is voor geluidsgevoelige objecten in de ruime omgeving van het windpark de jaargemiddelde geluidbelasting op de gevel berekend.

Figuur 3 In het akoestisch onderzoek zijn meer dan 7500 woningen en andere geluidsgevoelige objecten in de wijde omgeving van het windpark meegenomen.



Op basis van de dosis-effectrelatie uit Figuur 1 is te berekenen hoe groot het percentage ernstig gehinderden is ter plaatse van alle gevoelige objecten waar de geluidsbelasting ten minste 37 dB L_{den} bedraagt. Volgens de dosis-effectrelatie is het percentage ernstig gehinderden bij deze immissie nog slechts 0,5%, waardoor een dergelijke geluidsbelasting zeker aanvaardbaar genoemd mag worden. Daar komt bij dat de binnenshuis optredende geluidsniveaus bij een immissie van 37 dB L_{den} op de gevel door de geveldemping en het in het gebied optredende achtergrondgeluidsniveau niet meer redelijkerwijs waarneembaar is.

Door vervolgens dit percentage te vermenigvuldigen met het (geschatte) aantal bewoners per pand krijgen wij het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden in elk pand. De optelling van alle panden geeft het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden als gevolg van windpark Rijnenburg en Reijerscop.

De berekening van het hinderpercentage maakt gebruik van de polynome functie die is gegeven in (Janssen, Vos, & Eisses, A., 2008):

$$\%HA_{binnen} = -107,6 + 9,656 L_{den} - 0,289 L_{den}^2 + 0,002894 L_{den}^3$$

Deze formule beschrijft de roze stippellijn in Figuur 1.

Tevens gaan wij uit van het aantal inwoners van de gemeenten IJsselstein, Nieuwegein, Montfoort, Utrecht en Woerden en het aantal huishoudens om te komen tot een gemiddeld aantal bewoners per gevoelig object.

Tabel 1

Demografische gegevens woningen in de vijf gemeenten, <https://allecijfers.nl/>, 2022

Gemeente	IJsselstein	Montfoort	Nieuwegein	Utrecht	Woerden	Totaal
Inwoners	33.819	13.896	63.866	359.370	52.694	523.645
Huishoudens	14.383	5.680	29.550	181.775	22.224	253.612
Inw. per h.h.	2,4	2,4	2,2	2,0	2,4	2,1

Mogelijke normgrenzen

Om in beeld te brengen wat het effect is van een meer of minder strenge norm is voor een aantal mogelijke geluidsnormen berekend hoeveel ernstig gehinderden op zullen treden. Daarbij is zowel een stil als een luid windturbinetype doorgerekend, om het bereik van het mogelijke effect inzichtelijk te maken. Dit zijn dezelfde typen als doorgerekend voor de onder- en bovengrens van het VKA.

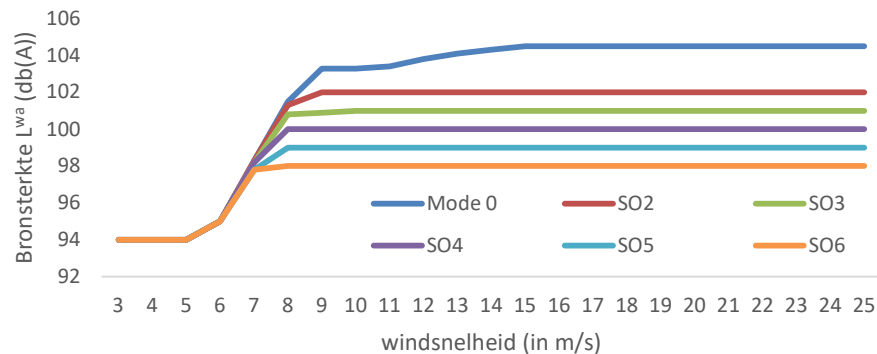
De immissiewaarden zijn berekend voor de volgende scenario's (waarmee een brede spreiding van potentiële geluidsnormen wordt gehanteerd):

- Geen normgrens
- Ten hoogste 47 dB L_{den}
- Ten hoogste 45 dB L_{den}
- Ten hoogste 43 dB L_{den}
- Ten hoogste 41 dB L_{den}

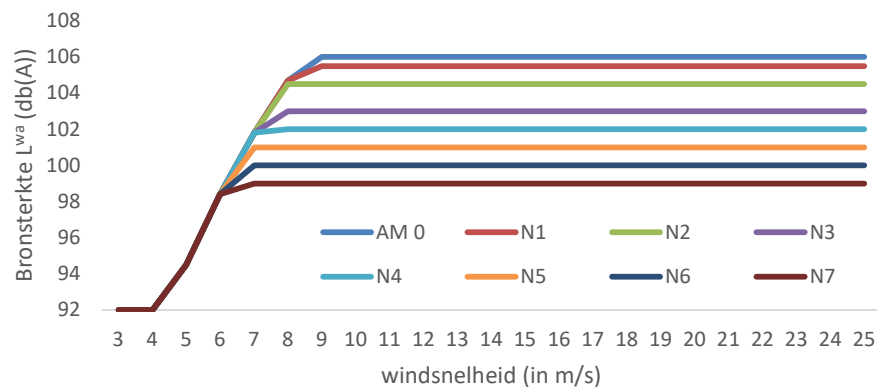
Mitigerende maatregelen

Hoe strenger de norm, des te meer de windturbines moeten worden teruggeregeld. De onderzochte windturbinetypen (V162 6.8 voor de ondergrens en Siemens Gamesa SG-6.2-170 voor de bovengrens) kennen meerdere 'noise modi' waarmee de bronsterkte kan worden teruggebracht, zie hieronder. Dergelijke modi kunnen gedurende een vaste periode (bijvoorbeeld elke nacht) worden toegepast om de jaar-gemiddelde geluidsproductie te verminderen. Dergelijke noise modi zijn voor alle moderne windturbinetypen beschikbaar.

Figuur 4 Bronsterkte bij verschillende windsnelheden voor de verschillende 'noise modi' van de V162. In modus Mode 0 is de windturbine in normaal bedrijf. SO2 t/m SO6 zijn steeds drastischere reductiemodi.

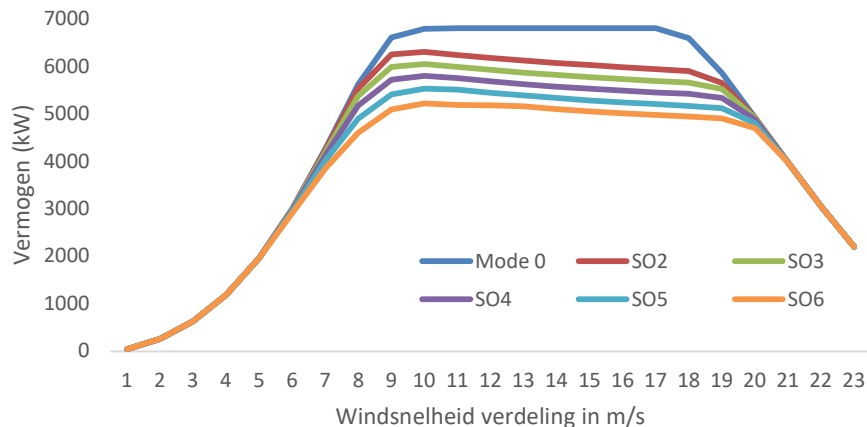


Figuur 5 Bronsterkte bij verschillende windsnelheden voor de verschillende 'noise modi' van de SG170. In modus AM0 is de windturbine in normaal bedrijf. N1 t/m N7 zijn steeds drastischere reductiemodi.

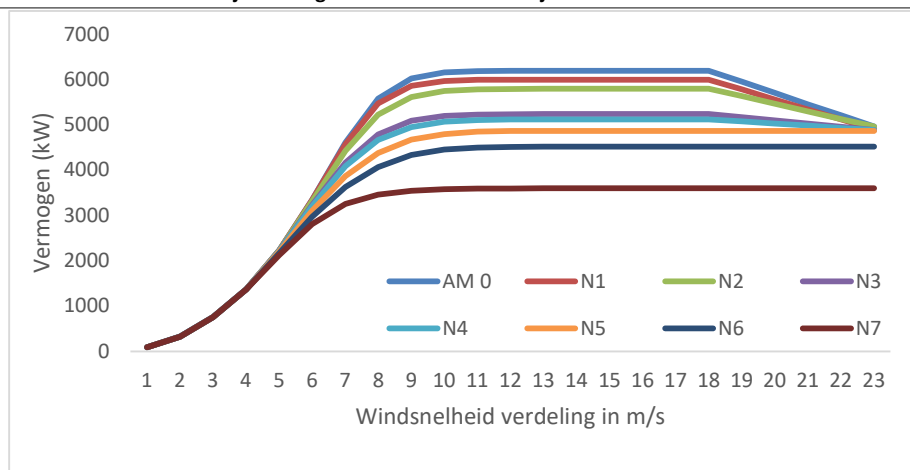


Bij elke geluidsmodus hoort ook een 'power curve': hoeveel vermogen de windturbine in die modus levert bij elke windsnelheid:

Figuur 6 Windsnelheidsafhankelijk vermogen van de V162 6.8 bij verschillende noise modi.



Figuur 7 Windsnelheidsafhankelijk vermogen van de SG170-6.2 bij verschillende noise modi.



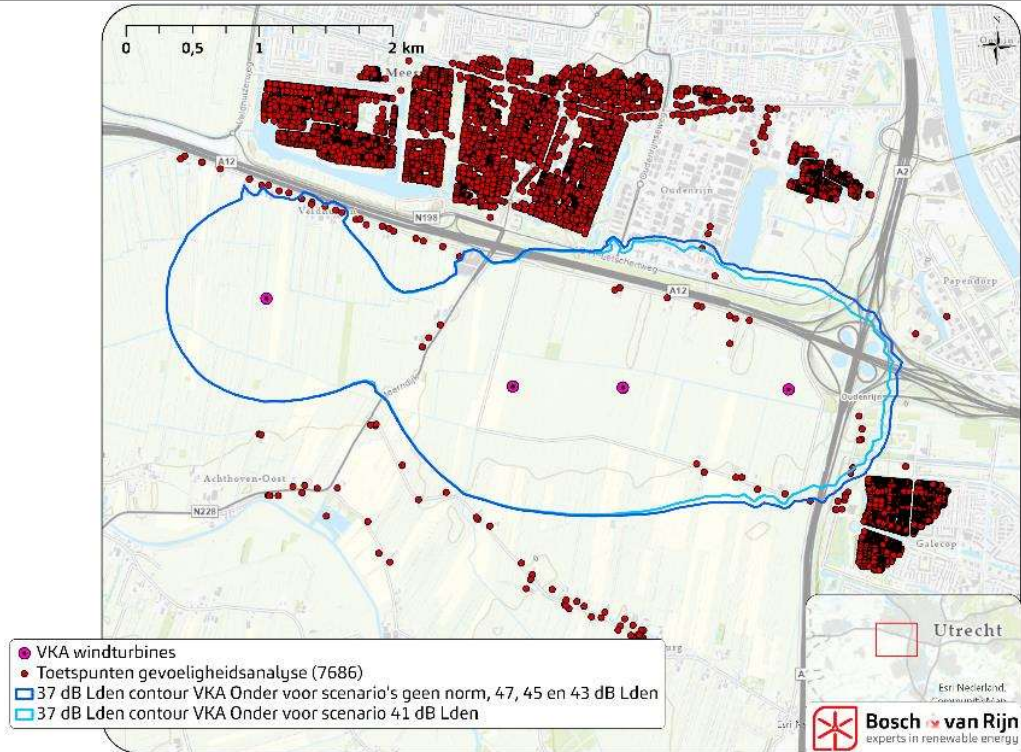
Om in de scenario's aan de betreffende norm te voldoen moeten sommige windturbines van Windpark Rijnenburg en Reijerscop bepaalde perioden in een reducerende modus draaien. Onderstaande tabel toont een voorbeeld-mitigatiestrategie voor elk scenario:

Tabel 2 Toepassing van (voorbeeld)maatregelen bij beiden typen om te voldoen aan de verschillende geluidsnormen. WTB: windturbine. De windturbines zijn olopend genummerd van west naar oost.

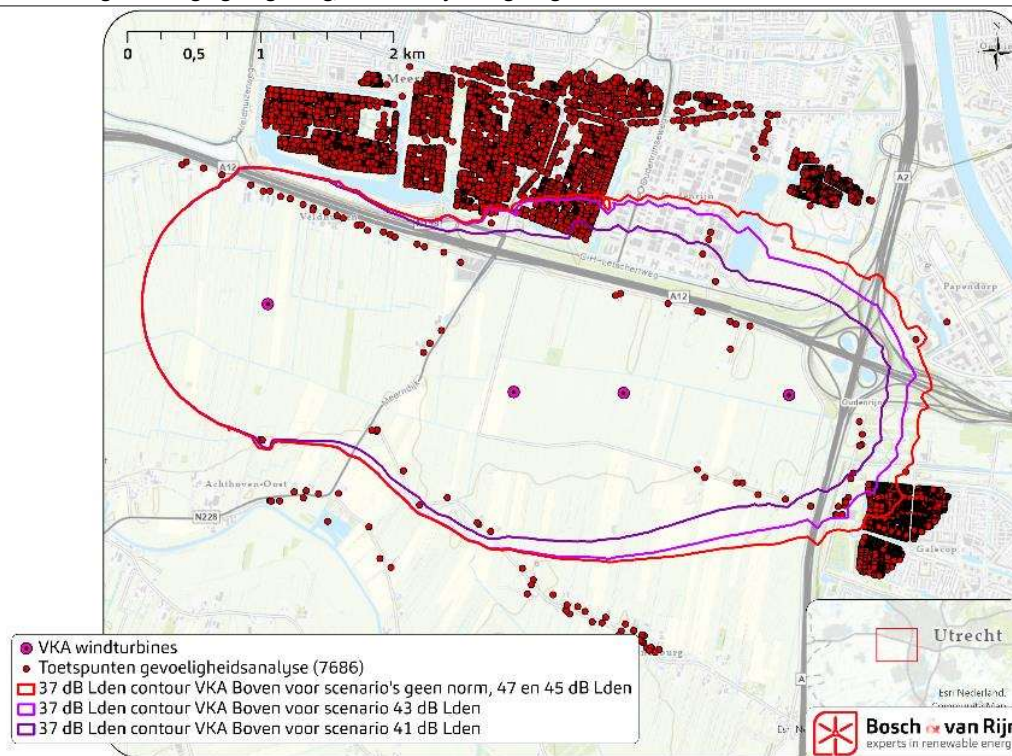
Scenario	VKA Onder	VKA Boven
Geen normgrens	Geen mitigatie nodig	Geen mitigatie nodig
47 dB L _{den}	Geen mitigatie nodig	Geen mitigatie nodig
45 dB L _{den}	Geen mitigatie nodig	Geen mitigatie nodig
43 dB L _{den}	Geen mitigatie nodig	WTB 4 in N3 in de nacht
41 dB L _{den}	WTB 4 in S02 in de nacht	WTB 2 in N2 in de nacht WTB 3 in N3 in de nacht WTB 4 in N7 in de nacht

Onderstaande figuren laten het effect op grotere afstand zien van de relevante scenario's door steeds de 37 dB L_{den}-contour weer te geven. Dit zeer lage niveau is geen normgrens, maar betreft een geluidsniveau waarbij de kans op ernstige hinder kleiner is dan 0,5%:

Figuur 8 37 dB L_{den}-contour van windpark Rijnenburg en Reijerscop (VKA Onder), ter illustratie van het effect van de verschillende scenario's op middelgrote afstand van het windpark. Zoals blijkt treedt in het oosten van het plangebied een verschil op bij toepassing van de strengste norm. Omdat in de omgeving van de drie meest westelijke windturbines geen woningen dichtbij gelegen zijn, is er daar geen terugregeling nodig, ook niet bij de strengste geluidsnorm.



Figuur 9 37 dB L_{den} -contour van windpark Rijnenburg en Reijerscop (VKA Boven), ter illustratie van het effect van de verschillende scenario's op middelgrote afstand van het windpark. Zoals blijkt treedt met name in het oosten van het plangebied een verschil op bij toepassing van strengere normen. Omdat in de omgeving van de meest westelijke windturbines geen woningen dichtbij gelegen zijn, is er daar geen terugregeling nodig, ook niet bij strengere geluidsnormen.



Aantal ernstig gehinderden

De immissiewaarde voor alle toetspunten is voor elk scenario berekend. Per toetspunt weten we de immissiewaarde (L_{den}) en het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden. Onderstaande tabel toont per scenario hoeveel ernstig gehinderden er als gevolg van het windpark verwacht worden. Hierbij zijn alle woningen gebruikt met een immissie van 37 dB L_{den} of hoger.

Tabel 3 Aantal ernstig gehinderden bij de verschillende scenario's.

Scenario	Aantal ernstig gehinderden (statistische verwachting)	
	VKA onder	VKA boven
0 (geen normgrens)	2,2	27,8
47 dB L_{den}	2,2	27,8
45 dB L_{den}	2,2	27,8
43 dB L_{den}	2,2	21,5
41 dB L_{den}	1,3	8,7

Aantal gehinderden vs. opbrengstderving

Met kennis van de ashoogte en de vermogenscurve van de windturbines kan op basis van de gemiddelde windsnelheid op ashoogte een inschatting worden gemaakt van de jaarlijkse elektriciteitsproductie per windturbine. Deze jaaropbrengst hangt enerzijds af van hoe vaak het hoe hard waait, en anderzijds van hoeveel vermogen de windturbine levert bij verschillende windsnelheden. Het KNMI heeft voor heel Nederland informatie beschikbaar over het langjarig gemiddelde windaanbod. Door dit getal te vermenigvuldigen met de vermogenscurve behorend bij de modi

die gedraaid wordt, kan voor de verschillende perioden (dag, avond, nacht) achterhaald worden wat de productie is. Door dit samen te voegen kan de jaarlijkse productie per windturbine en dus voor het gehele park berekend worden.

Deze methode is toegepast voor de scenario's, waarbij de in Tabel 2 gegeven mitigatiestrategieën en bijbehorende powercurves (zie Figuur 6 en

Figuur 7) resulteren in een schatting van de jaarlijkse elektriciteitsproductie voor de onder- en bovengrens van het VKA².

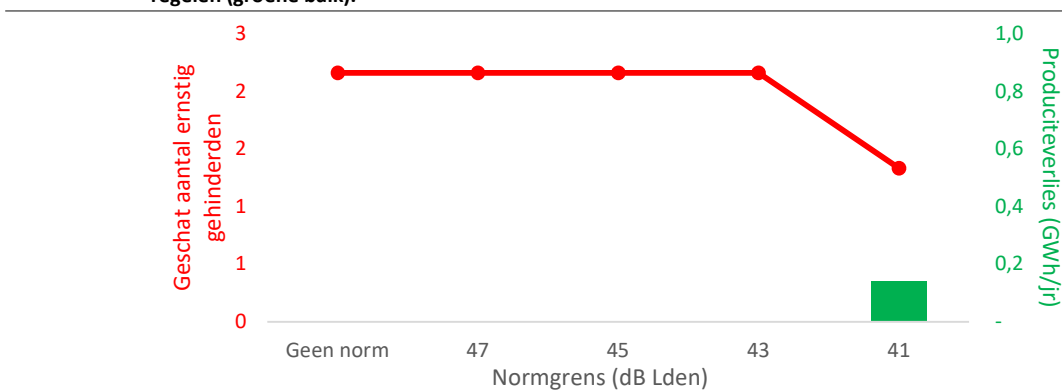
Tabel 4 Statistisch aantal ernstig gehinderden (VKA Onder) bij verschillende normgrenzen en bijbehorend opbrengstverlies.

Normgrens dB L _{den}	Aantal ernstig gehinderden	Netto park- productie (GWh/jr)	Geschat opbrengstverlies		
			procentueel	in GWh/jr	aantal hh./jr*
Geen	2,2	93,8			
47**	2,2	93,8	0%	0	0
45	2,2	93,8	0%	0	0
43	2,2	93,8	0%	0	0
41	1,3	93,7	0,2%	0,14	200

*hh/jr: een gemiddeld huishouden heeft een jaarlijks elektriciteitsverbruik van ca. 2,8 MWh.

**47 dB L_{den} is de norm zoals opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer voor opstellingen van 1 of 2 windturbines en voorheen ook van toepassing op windparken.

Figuur 10 Grafische weergave van de tegengestelde belangen (VKA Onder): het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden (rode lijn) en de hoeveelheid productieverlies als gevolg van mitigerende maatregelen (groene balk).



Tabel 5 Statistisch aantal ernstig gehinderden (VKA Boven) bij verschillende normgrenzen en bijbehorend opbrengstverlies.

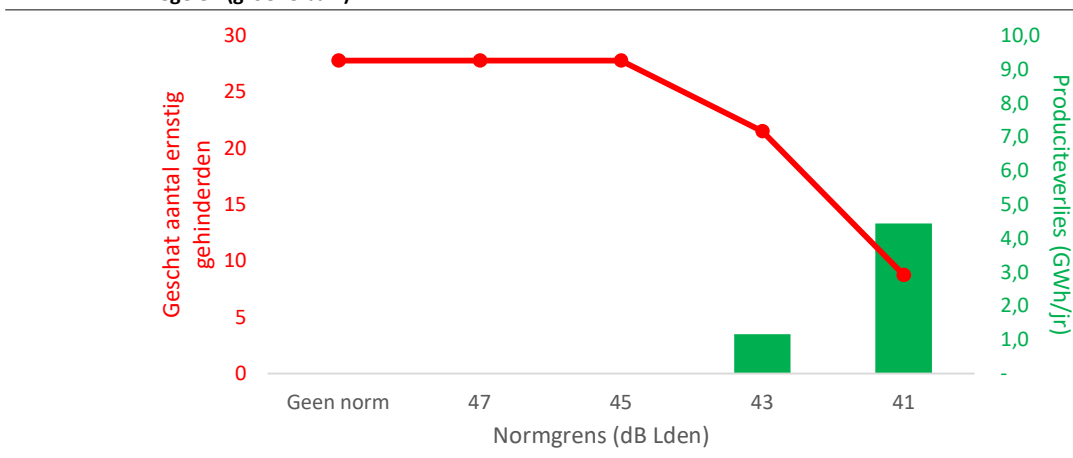
Normgrens dB L _{den}	Aantal ernstig gehinderden	Netto park- productie (GWh/jr)	Geschat opbrengstverlies		
			procentueel	in GWh/jr	aantal hh./jr*
Geen	27,8	103,5			
47**	27,8	103,5	0%	0	0
45	27,8	103,5	0%	0	0
43	21,5	102,3	1,1%	1,2	400
41	8,7	99,1	4,5%	4,4	1.600

*hh/jr: een gemiddeld huishouden heeft een jaarlijks elektriciteitsverbruik van ca. 2,8 MWh.

**47 dB L_{den} is de norm zoals opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer voor opstellingen van 1 of 2 windturbines en voorheen ook van toepassing op windparken.

² Hierbij is het goed om aan te merken dat de turbintypes uitgekozen zijn vanwege hun lage en hoge geluidsproductie. De opbrengst van deze turbines is niet per se het laagste en het hoogste binnen de lijst van beschikbare typen.

Figuur 11 Grafische weergave van de tegengestelde belangen (VKA Boven): het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden (rode lijn) en de hoeveelheid productieverlies als gevolg van mitigerende maatregelen (groene balk).



Conclusie

Het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden als gevolg van het luidste windturbinetype voor windpark Rijnenburg en Reijerscop is gering (statische verwachting van maximaal 28 mensen op een totaal van 16.101 omwonenden, oftewel 0,17%³). Mitigerende maatregelen kunnen dit aantal terugdringen, maar brengen productieverlies met zich mee, wat effect heeft op de duurzaamheidsdoelstellingen van de gemeente, nu en in de toekomst.

Uit de gevoeligheidsanalyse is op te maken dat bij een normgrens strenger dan 45 dB Lden er (in geval van de bovengrenzen) productieverlies optreedt als gevolg van mitigerende maatregelen, hetgeen gepaard gaat met een lager statisch verwacht aantal ernstig gehinderden. Bij een normgrens van 43 dB Lden neemt het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden t.o.v. een normgrens van 45 dB Lden af van 27,8 naar 21,5. De geschatte opbrengstderving (VKA boven) bij een normgrens van 43 dB Lden bedraagt 1,1%, oftewel 1,2 GWh per jaar, ten opzichte van geen opbrengstderving bij een normgrens van 45 dB Lden. 1,2 GWh staat gelijk aan het gemiddelde elektriciteitsverbruik van ca. 375 huishoudens.

N.B. in hoeverre extreme mitigatiestrategieën nog economisch haalbaar zijn is in deze analyse niet meegenomen. Het is denkbaar dat een windturbine die zeer sterk moet worden terug geregeld niet wordt gerealiseerd. In dat geval neemt het aantal ernstig gehinderden af, maar produceert het windpark ook (nog) minder elektriciteit.

³ Bij het luidste toegestane windturbinetype. Het aantal omwonenden is het aantal woningen waar bij tenminste 1 van de MER-alternatieven de geluidsbelasting 37 dB L_{den} of hoger is (7667), vermenigvuldigd met het gemiddelde aantal bewoners per woning (2,1; zie ook Tabel 1).

Belangenafweging

De gemeente Utrecht vindt de gezondheid van haar inwoners belangrijk. De uiteindelijk gekozen windturbineopstelling is op het thema geluid relatief gezien gunstig ten opzichte van de inrichtingsalternatieven (MER-alternatieven) die in het milieueffectrapport voor het Energielandschap Rijnenburg en Reijerscop⁴ (MER) zijn onderzocht. De gemeente stelt zich op het standpunt dat aansluiten bij de voorwaardelijke aanbeveling voor een geluidsnorm voor windturbinegeluid van de WHO (2018) voor het plangebied leidt tot een aanzienlijke vermindering van de verwachte overlast, zonder opbrengstderving. Hieronder is toegelicht waarom deze keuze is gemaakt.

Geluidsnorm

Tot voor kort was de landelijke geluidnorm in het Activiteitenbesluit milieubeheer voor windparken van tenminste 3 windturbines 47 dB L_{den} . Dit is een jaargemiddelde norm, waarbij het geluid in de avond (+5dB) en de nacht (+10dB) zwaarder (mee)telt. Een geluidsbelasting van 47 dB L_{den} komt zonder deze toeslagen overeen met een jaargemiddelde geluidsbelasting van 41 dB(A), dus getalsmatig 6 dB lager. Zowel de WHO als de GGD vinden deze geluidsbelasting aan de hoge kant en adviseren een norm van 45 dB(A) L_{den} .

Andere gemeenten en provincies die zelf al een geluidnorm hebben vastgesteld, maken een afweging tussen een grotere bescherming tegen geluid en het opbrengstverlies als gevolg van stilstand om aan de norm te voldoen. Zo is de gemeenteraad van de gemeente Eemsdelta recent uitgekomen op een geluidsnorm van 47 dB L_{den} en 41 L_{night} voor het project Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding. Een strengere geluidsnorm zou beperkt effect hebben op het aantal mensen dat mogelijk ernstig gehinderd wordt, maar wel tot belangrijk opbrengstverlies van het windpark leiden. Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant zijn onlangs eveneens uitgekomen op een geluidsnorm van 47 dB L_{den} en 41 L_{night} voor het project Windpark Karolinapolder. Houten is recent uitgekomen op 47 dB L_{den} , terwijl het college 46 dB voorstelde.

Voor windpark Rijnenburg en Reijerscop volgt de gemeente het advies van de GGD en de WHO om 45 dB L_{den} op geluidsgevoelige objecten (waaronder woningen) als grenswaarde te hanteren.

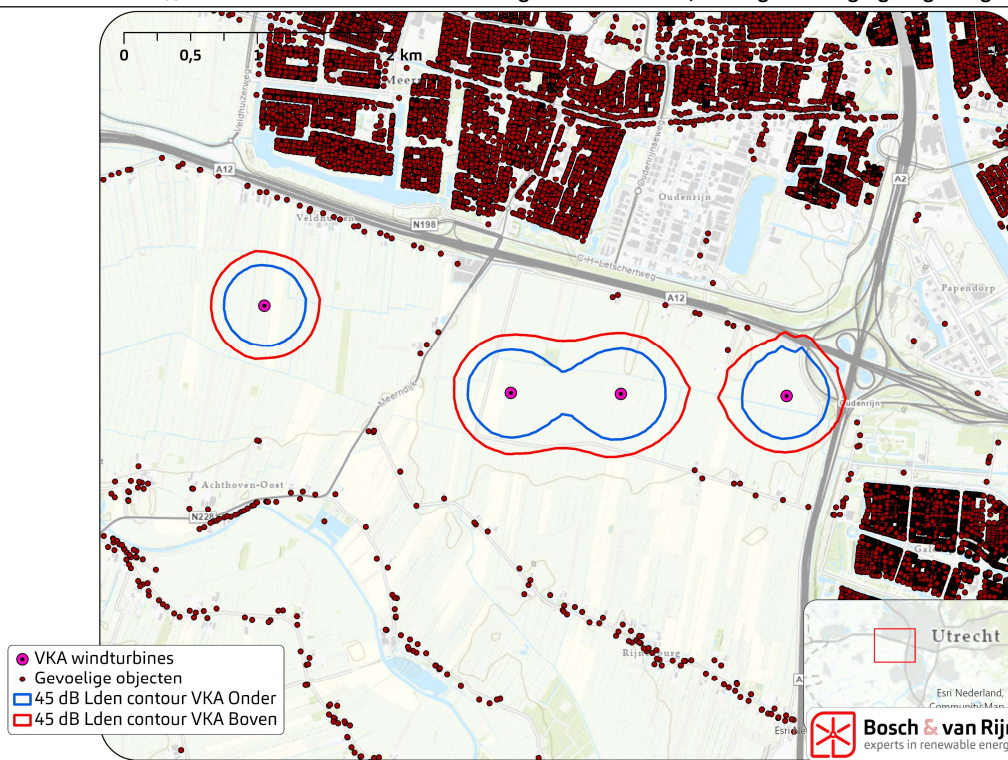
Deze norm, die dus lager is dan de tot voorkort geldende geluidnorm uit het Activiteitenbesluit milieubeheer, zorgt dat de omgeving goed beschermd is tegen negatieve effecten van windturbinegeluid, terwijl de ligging van woningen zodanig is dat deze norm niet leidt tot opbrengstverlies i.v.m. mitigerende maatregelen (zoals het terugregelen van windturbines). Het hanteren van een nog strengere norm zorgt voor dermate beperkte milieuwinst dat deze niet opweegt tegen de benodigde beperking van energieproductie.

Deze normstelling is tot stand gekomen op basis van locatiespecifiek onderzoek, rekening houdend met de omgeving van het windpark (ligging van woningen en andere geluidsbronnen). Zolang er geen nationale norm is, kan voor elke locatie de afweging gemaakt worden tussen acceptabele geluidbelasting en de energieopbrengst. De lokale (gemeentelijke) normen moeten namelijk worden voorzien van

⁴ CombiMER Energielandschap Rijnenburg en Reijerscop. Bosch & van Rijn, 2022.
Pagina 13 van 21

een actuele, deugdelijke en op zich zelf staande en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden motivering.

Figuur 12 45 dB L_{den}-contouren van de onder- en bovengrens van het VKA, beide geen terugregeling nodig.



Nachtperiode

Uit het akoestisch onderzoek ten behoeve van het MER is naar voren gekomen dat de jaargemiddelde geluidsbelasting in de nachtperiode (L_{night}) ter plaatse van gevoelige objecten nergens hoger is dan 38 dB. Gezien het constante karakter van windturbinegeluid (de verschillen tussen dag-, avond- en nachtperiode zijn beperkt) is er in eerste instantie geen aanleiding een L_{night} normering te stellen in aanvulling op een L_{den} normering. Een jaargemiddelde L_{night} norm die 6 dB lager is dan de voorgestelde 45 dB L_{den} norm biedt namelijk op deze locatie geen extra milieubescherming voor gevoelige objecten. Daarnaast kan er op basis van onderzoeken nog geen conclusie worden getrokken over de samenhang tussen geluid van windturbines en slaapverstoring¹. De WHO geeft in haar rapport van 2018 dan ook geen advies over een L_{night} norm voor windturbines.

Echter, in bepaalde afwijkende bedrijfssituaties waarin de windturbine gedurende de nacht juist meer in bedrijf is dan gedurende dag, bijvoorbeeld omdat een windpark in de dagperiode wordt uitgeschakeld wegens een overaanbod aan elektrische (zonne)energie, biedt een L_{night} -norm wel extra bescherming. Het gaat dan om uitzonderlijke optredende situaties, waarin de windturbine alleen in de nachtperiode in bedrijf zou zijn en de windturbine daarmee wel voldoet aan de L_{den} norm maar niet aan de L_{night} norm. In die situaties kan een L_{night} -norm van 39 dB (= 45 dB L_{den} met de straffactoren voor avond en nacht) aanvullende bescherming bieden voor de nachtperiode. De gemeente stelt zich daarom op het standpunt dat het bestemmingsplan Windpark Rijnenburg en Reijerscop een aparte norm voor de nachtperiode dient te bevatten van 39 dB L_{night} .

Laagfrequent geluid

In het Uitnodigingskader voor het Energielandschap staat dat in het MER de te verwachten effecten van laagfrequent geluid onderzocht worden. Dit is gedaan (zie het Akoestisch Onderzoek Rijnenburg) en de conclusie is dat laagfrequent geluid niet zal leiden tot significante extra geluidhinder voor omwonenden: de geluidsbelasting bij maatgevende toetspunten ligt ver onder de Vercammen-curve⁵ die gewoonlijk wordt toegepast bij de beoordeling van hinder door laagfrequent geluid (zie o.a. ECLI:NL:RVS:2020:2308). Recent onderzoek (Marshall, 2023) naar de invloed van onhoorbaar geluid, het zogenaamde infrageluid, concludeert dat het onwaarschijnlijk is dat gezondheidseffecten of slaapverstoring optreden als gevolg van infrageluid van windturbines.

De gemeente stelt zich daarom op het standpunt dat het bestemmingsplan Windpark Rijnenburg en Reijerscop geen norm voor laagfrequent geluid hoeft te bevatten.

Amplitudemodulatie

Hinder vanwege amplitudemodulatie is betrokken in de dosishinderrelatie zoals hierboven behandeld. Amplitudemodulatie is niet een afzonderlijk aspect van windturbinegeluid, maar juist een kenmerkend onderdeel ervan (zie ECLI:NL:RVS:2023:1433 r.o. 26.2). Het fenomeen amplitudemodulatie wordt daarom meegenomen bij het stellen van de jaargemiddelde norm.

Extreme amplitudemodulatie is een niet gebruikelijk en sporadisch voorkomend verschijnsel. De oorzaak van extreme amplitudemodulatie is ook niet helemaal duidelijk. Extreme amplitudemodulatie is alleen waargenomen bij een beperkt aantal windparken. Het is voor windturbines en windparken een onregelmatig en atypisch fenomeen. Het treffen van maatregelen is daarmee ook erg lastig (zie ECLI:NL:RVS:2023:1433 r.o. 26.3).

De gemeente stelt zich daarom op het standpunt dat het bestemmingsplan Windpark Rijnenburg en Reijerscop geen norm voor (extreme) amplitudemodulatie hoeft te bevatten.

Maximale momentane geluidbelasting

De jaargemiddelde L_{den} -waarde wordt berekend op basis van (1) de daadwerkelijke draaiuren, (2) de daadwerkelijke weersomstandigheden en (3) de opgaven van de fabrikant voor de geluidsproductie bij bepaalde weersomstandigheden. De berekende L_{den} -waarde biedt een betrouwbare en accurate bescherming tegen geluid zolang de windturbine presteert conform de opgave van de fabrikant. Als dat niet het geval is, dan kan het verhoogde geluidsniveau leiden tot extra hinder.

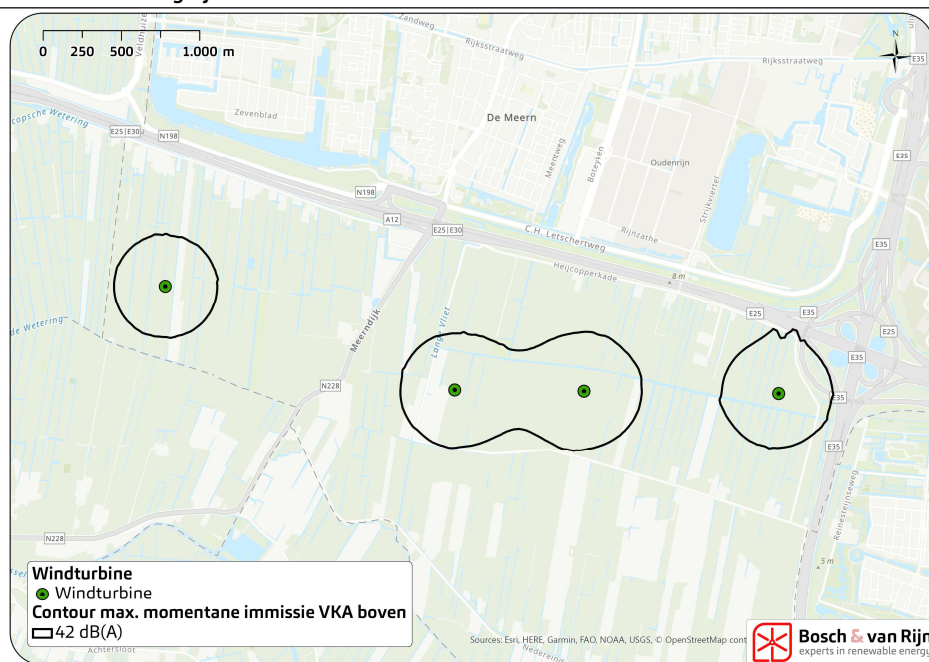
Via een voorschrift in de omgevingsvergunning wil de gemeente een extra borging opnemen dat de windturbines naar behoren werken. Daarom wordt voor het windpark een norm voor equivalent geluidsniveau over 1 minuut ($L_{Aeq1min}$) opgenomen waar ten alle tijden aan voldaan moet worden, ongeacht windsnelheid. Uit analyse blijkt dat het piekgeluid van de voor het Windpark Rijnenburg en Reijerscop

⁵ Om iets te kunnen zeggen over de hinderlijkheid van het laagfrequente geluid van de windturbines worden de gegevens van de windturbines van Windpark Rijnenburg en Reijerscop vergeleken met de zogenaamde "Vercammen 3-10%-curve". In 1990 is er in opdracht van het ministerie van VROM een rapport samengesteld waarin normen worden voorgesteld die gehanteerd zouden kunnen worden bij vergunningverlening. In dit rapport werd door Martijn Vercammen een grenswaarde voorgesteld waarbij 3 tot 10% van de doorsnee bevolking hinder zou kunnen ondervinden.

in aanmerking komende windturbines maximaal 3 dB hoger is dan het jaargemiddelde geluid, zoals hierboven benoemd. Een windturbine die jaargemiddeld een geluidsbelasting veroorzaakt van 39 dB Leq (= 45 dB L_{den} met de straffactoren voor avond en nacht), veroorzaakt dus een maximale geluidbelasting van 42 dB LAeq1min. Deze waarde geldt er plaatse van de “geluid-handhavingslijn” (zie Figuur 13).

Geluidsmetingen worden uitgevoerd op een locatie op deze “geluid-handhavingslijn” conform de meetprocedure uit het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Bijlage 4 bij de Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer) voor vaststelling van het windsnelheidsafhankelijke geluidsvermogen.

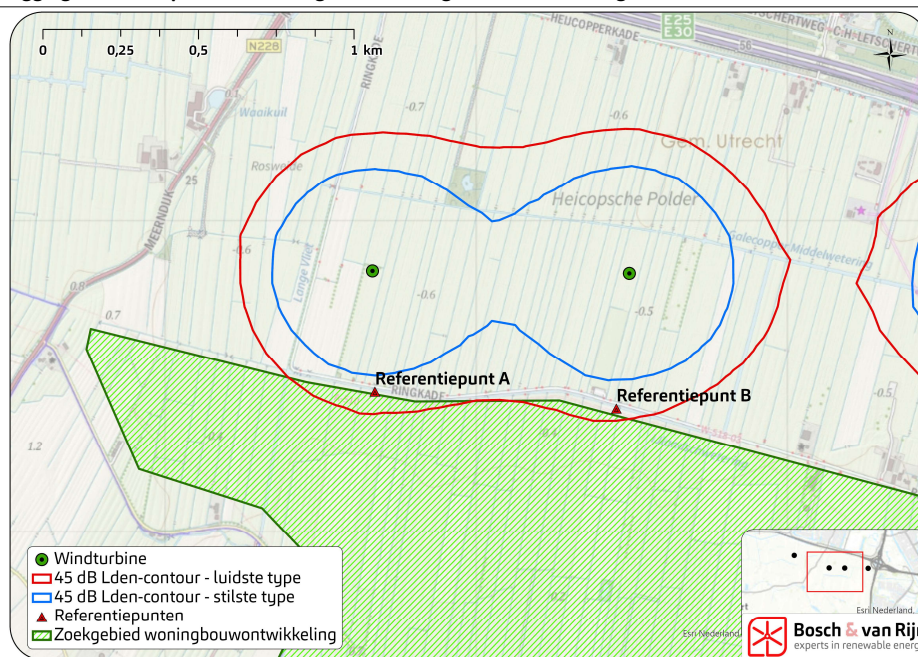
Figuur 13 **Geluid-handhavingslijn**



Geluidsbelasting Klein Rijnenburg

Ten zuiden van het windpark ligt een gebied waar in de toekomst mogelijk geluidsgevoelige objecten (woningen) ontwikkeld worden. Om ook hier een aanvaardbaar woon- en leefklimaat te borgen maakt het bestemmingsplan gebruik van twee referentiepunten, die op de grens van het woningbouwgebied gelegen zijn en waarvoor de maximale immissiewaarden als planregel zijn vastgelegd (zie Figuur 14).

Figuur 14 Ligging referentiepunten en zoekgebied woningbouwontwikkeling.



Metten en rekenen

Om de geluidsbelasting te berekenen is een rekenmethodiek vereist die rekening houdt met de specifieke eigenschappen van windturbinegeluid. Het document 'Reken- en meetvoorschrift Windturbines⁶' is specifiek opgesteld voor het berekenen van windturbinegeluid. De overdrachtsberekeningen van deze rekenmethode zijn integraal overgenomen van de "Handleiding Metten en Rekenen Industrielawaai" (HMRI), uitgave 1999 van het Ministerie van VROM, methode II.8. Het HMRI is op zijn beurt op vele fronten vergelijkbaar⁷ met ISO 9613-2, de volgens de EU-richtlijn aanbevolen methode voor overdrachtsberekeningen voor industriegegeluid (windturbinegeluid wordt niet genoemd in de EU-richtlijn). Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is gebaseerd op het HMRI, maar is aangevuld met onderdelen die specifiek voor windturbines van belang zijn. Zo komt de beschreven methode om geluidbronmetingen uit te voeren grotendeels overeen met de methode die in IEC 61400-11 wordt beschreven. Daarnaast worden, om de jaargemiddelde geluidemissie van een windturbine te bepalen, windsnelheidsverdelingen beschikbaar gesteld⁸ op hoogtes tussen 10 en 260 meter. Het windturbinegeluid is berekend met het rekenprogramma Geomilieu, module IL-WT. Dit rekenprogramma volgt het Reken- en meetvoorschrift windturbines. Bij de beoordeling van geluid wordt primair gekeken naar de effecten op geluidgevoelige objecten zoals die zijn gedefinieerd in artikel 1 van de Wet geluidhinder. Overige objecten en terreinen worden niet beschermd tegen andersoortige geluidbronnen en worden daarom voor windturbinegeluid eveneens buiten beschouwing en normering gelaten.

⁶ Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is in te zien als Bijlage 4 bij de Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer zoals deze gold op 29 juni 2021. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2017-01-01#Bijlage4>

⁷ Brief van de minister van VROM, 31 209, nr 135, 28-9-2010

⁸ Brief van de StA van Economische Zaken en Klimaat d.d. 9 juni 2021, DGKE-WO/21119163

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

Meetprotocol 'maximale momentane geluidsbelasting'

Het Reken- en meetvoorschrift windturbines bevat geen methode voor het uitvoeren van immissiemetingen. Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is daarmee niet toereikend om het equivalent geluidsniveau over 1 minuut ($L_{Aeq1min}$) t.g.v. windturbines te meten. In aanvulling van het Reken- en meetvoorschrift zijn voor de immissiemetingen meetpunten nodig waarvan de directe omgeving vrij is van obstakels. Uit praktische overwegingen bevinden de meetpunten zich op de berekende 45 dB L_{den} contour (welke wordt gehanteerd als een zogenaamde geluid-handhavingslijn), daar op deze geluid-handhavingslijn duidelijk is wat het equivalent geluidsniveau mag zijn (42 dB).

Conform het Reken- en meetvoorschrift windturbines is een zesvoudige meting van tenminste 1 minuut voldoende. Indien aannemelijk is dat geen sprake is van relevant stoorgeluid, hoeft de correctie voor stoorgeluid niet toegepast te worden. Tevens wordt bij de geluidsmetingen rekening gehouden met een meetonzekerheid van de meetapparatuur en omstandigheden.

Regels

Voordat een windturbine voor energieproductie in gebruik genomen en gehouden mag worden, dient deze ten behoeve van het voorkomen of beperken van geluidhinder, aan de volgende regels te voldoen:

1. de geluidsbelasting van alle windturbines van Windpark Rijnenburg en Reijerscop samen mag vanwege het beperken van geluidhinder niet hoger zijn dan 45 dB L_{den} en 39 dB L_{night} op de grens van gevoelige terreinen en niet hoger dan 45 dB L_{den} en 39 dB L_{night} op de gevel van gevoelige gebouwen, tenzij deze zijn gelegen op een gezoneerd industrieterrein. Op deze bepaling is de Handhavings- en rekenmethodiek van toepassing zoals opgenomen in bijlage 2 bij deze regels.
2. de geluidsbelasting van alle windturbines van Windpark Rijnenburg en Reijerscop samen mag vanwege het beperken van geluidhinder op toekomstige geluidsgevoelige objecten in de polder Rijnenburg niet hoger zijn dan 45 dB L_{den} en 39 dB L_{night} ter plaatse van de vooraf bepaalde referentiepunten, waarbij de coördinaten zijn weergegeven in het Rijksdriehoeksstelsel en zoals opgenomen in bijlage 4 bij de regels.

Referentiepunt	RD x	RD y	Hoogte boven maaiveld
A	130.674	452.453	5m
B	131.450	452.399	5m

3. sub 2. geldt vanaf het moment dat de toekomstige gevoelige objecten in de polder Rijnenburg in gebruik zijn genomen én deze gevoelige objecten zich binnen de 45 dB L_{den} -contour van het Windpark Rijnenburg en Reijerscop bevinden.

Vergunningvoorschriften

Om geluidhinder door een niet naar behoren werkende windturbine (waarbij 'niet naar behoren werkend' wordt gedefinieerd als in afwijking van de opgave van de fabrikant en/of de typecertificering) te voorkomen of beperken gelden de volgende vergunningvoorschriften:

- a. Leq,1min, ter plaatse van de op de kaart (Max momentaan 43 dBA 230206) weergegeven "geluid-handhavingslijn" bedraagt niet meer dan 42 dB. Geluidsmetingen worden uitgevoerd op een locatie op de kaart (Max momentaan 43 dBA 230206) weergegeven 'geluid- en handhavingslijn' conform de meetprocedure uit het Reken- en meetvoorschrift windturbines (Bijlage 4 bij de Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer) voor vaststelling van het windsnelheidsafhankelijke geluidsvermogen. In afwijking van het Reken- en meetvoorschrift windturbines is een zesvoudige meting van tenminste 1 minuut voldoende. Indien aannemelijk is dat geen sprake is van relevant stoorgeluid, hoeft de correctie voor stoorgeluid niet toegepast te worden.
- b. Overschrijdingen tot 2 dB krijgen geen vervolg omdat de meetonzekerheid van de meetapparatuur en omstandigheden zodanig kunnen zijn dat bij de gemeten overschrijdingen niet met zekerheid gesteld kan worden dat daadwerkelijk sprake is van een overschrijding van de gestelde geluidsnorm.

Bronvermelding

- (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO.
- Janssen & Vos, Eisses, A., & Pedersen, E. (2011). A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 3746-3753.
- Janssen, S., Vos, H., & Eisses, A. (2008). *Hinder door geluid van windturbines*. Delft: TNO Bouw en Ondergrond.
- Janssen, S., Vos, H., & Eisses, A. (2008). *Hinder door geluid van windturbines*. Delft: TNO Bouw en Ondergrond.
- Marshall, N. (2023). The Health Effects of 72 Hours of Simulated Wind Turbine Infrasound: A Double-Blind Randomized Crossover Study in Noise-Sensitive, Healthy Adults. *Environmental Health Perspectives Vol. 131 | No. 3*.
- van Kamp, I., & van den Berg, F. (2018). Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound. *Acoust Aust*, 46:31-57.
- van Kamp, I., & van der Berg, G. (2020). *Health effects related to wind turbine sound: an update*. Bilthoven: RIVM.
- Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, T., van Poll, R., & du Pon, B. (2009). *Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid*. de Bilt: RIVM.
- Voicescu, e. a. (2016). Estimating annoyance to calculated wind turbine shadow flicker is improved when variables. *The Journal of the Acoustical Society of America* 139.



Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

Tel: 030 - 677 64 66
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2021

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