



M+P | Onderdeel van
Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen



Rapport

Geluidsonderzoek windpark Wind voor Buren

Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Wind voor Buren
p.a. Pure Energie / Buren Energie
Hengelsestraat 585
Postbus 3141
7500 DC ENSCHEDE

Opdrachtnummer -

Titel Geluidsonderzoek windpark Wind voor Buren

Rapportnummer M+P.PURE.20.01.1

Revisie 2

Datum 8 oktober 2020

Aantal pagina's 42

Auteurs ir. E. Nieuwenhuizen
ir. T. van Bon

Contactpersoon ir. E. Nieuwenhuizen | 0297-320651 | aalsmeer@mp.nl

M+P Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer
Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Normstelling	5
3	Uitvoering van het onderzoek	6
3.1	Toetsing aan de wettelijke normen	6
3.2	Maximale geluidsbelasting	7
3.3	Cumulatie met andere bronsoorten	7
4	Uitgangspunten	8
4.1	Opstellingsalternatieven	8
4.2	Uitvoeringsvarianten	8
4.3	Geluidsemissie	10
4.4	Windverdeling	11
4.5	Emissieterm	12
4.6	Akoestisch rekenmodel	13
5	Toelichting geluid vanwege windturbines	14
5.1	Hinderlijkheid van windturbinegeluid	14
5.2	Waarneembaarheid van windturbinegeluid	15
5.3	Laagfrequent geluid	16
6	Effect van het windpark op de omgeving	18
6.1	Geluidsbelasting L_{den} en L_{night}	18
6.2	Maximale geluidsbelasting	20
6.3	Geluidsbelasting L_{cum}	21
7	Literatuur	23
bijlage A	Figuren	24
bijlage B	Emissiegegevens windturbines	34
bijlage C	Windgegevens	36
bijlage D	Invoergegevens rekenmodel	38
bijlage E	Cumulatieve geluidsbelasting	41

Inleiding

M+P heeft in opdracht van de initiatiefnemers van “Wind voor Buren” onderzoek verricht naar geluid op de omgeving ten gevolge van het plan “Wind voor Buren”. Dit plan voorziet in de realisatie van twee windturbines nabij knooppunt Buren (A1/A35) in de gemeente Hof van Twente. Het project is een samenwerkingsverband tussen coöperatie Buren Energie en duurzaam energiebedrijf Pure Energie.

Het akoestisch onderzoek is uitgevoerd in het kader van het participatieproces. Het rapport geeft inzicht in de geluidsbelasting en -hinder in de omgeving. Hierbij zijn verschillende opstellingsalternatieven en uitvoeringsvarianten van het windpark beschouwd. De resultaten in dit rapport kunnen worden gebruikt bij het onderzoek naar de vraag of het windpark haalbaar is en zo ja, in welke vorm en onder welke voorwaarden. Dit zal in samenhang gebeuren met de andere aspecten, zoals energieopbrengst, landschappelijke waarden, etc.

2 Normstelling

Voor het bouwen van een windturbine is een Wabo omgevingsvergunning nodig (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht). Windturbines vallen onder het Activiteitenbesluit (Ministerie van VROM, 2007a). Windturbines of een combinatie van windturbines moeten volgens paragraaf 3.2.3 van het Activiteitenbesluit voldoen aan de norm 47 L_{den} en 41 dB L_{night} op de gevel van gevoelige gebouwen en op de grens van gevoelige terreinen¹. De geluidsbelasting door windturbines dient te worden berekend conform de voorschriften in bijlage 4 van de Activiteitenregeling (Ministerie van VROM, 2007b).

Geluidsnormen L_{den} en L_{night}

L_{den} is een rekengrootte die niet direct kan worden gemeten. Het betreft een ééngetalswaarde, waarbij de gemiddelde geluidsbelasting in de dag- (L_{day}), avond- ($L_{evening}$) en nachtperiode (L_{night}) met een weegfactor (toeslag) wordt meegenomen. Voor de avond geldt een toeslag van 5 dB en voor de nacht van 10 dB. Wanneer de geluidsemissie in de drie beoordelingsperioden niet of weinig verschilt (zoals bij windturbines), is L_{den} 6,3 dB hoger dan L_{night} . Omdat de normstelling voor L_{night} 6 dB lager (47 – 41) is dan die voor L_{den} , is de norm voor de nacht bij windparken nooit maatgevend².

L_{night} is iets hoger dan L_{day} en $L_{evening}$. Dit komt doordat de gemiddelde windsnelheid op grote hoogte in de nacht iets hoger is dan in de andere perioden. In paragraaf 4.5 gaan we verder in op de relatie tussen ashoogte en geluidsproductie.

Advies WHO

In het WHO rapport “Environmental Noise Guidelines for the European Region”, uitgave 2018 doet de WHO aanbevelingen voor het beperken van gezondheidseffecten in de EU vanwege blootstelling aan verschillende geluidssoorten. Het gaat om het geluid van wegverkeer, railverkeer, luchtvaart, windturbines en recreatie. Ten aanzien van windturbinegeluid adviseert de WHO om het blootstellingsniveau vanwege windturbinegeluid te beperken tot 45 dB L_{den} . Voor de nachtperiode (L_{night}) gelden geen specifieke aanbevelingen. De advieswaarde van de WHO is 2 dB lager dan de Nederlandse norm voor windturbinegeluid, die 47 dB L_{den} bedraagt. De Nederlandse norm zal op grond van de WHO aanbeveling naar verwachting niet worden aangepast. Wel zal worden aangestuurd op verbetering van niet-akoestische aspecten die een positief effect op de hinderbeleving hebben. Hoe dat precies vorm gaat krijgen, is nog niet bekend.

Over de A- weging, dB en dB(A)

Bij de beoordeling van windturbinegeluid wordt, net als bij andere bronsoorten, rekening gehouden met de frequentie-afhankelijke gevoeligheid van het oor. Lage tonen klinken bij dezelfde energie-inhoud minder luid dan tonen in het middengebied. Dit effect wordt meegenomen door het geluid te wegen met het zogenaamde A-filter. Grootheden waarop het A-filter is toegepast, worden uitgedrukt in dB(A). Volgens afspraak wordt bij de L_{den} systematiek niet de aanduiding dB(A), maar dB gebruikt. Het A-filter is echter wel toegepast. Alle geluidsniveaus die in dit rapport worden gepresenteerd, zijn A-gewogen.

¹ Onder geluidsgevoelige terreinen wordt verstaan: woonwagendplaatsen en bestemde ligplaatsen voor woonschepen.

² Als L_{den} net voldoet aan de norm, zit L_{night} 6,3 – 6 = 0,3 dB onder de norm

3 Uitvoering van het onderzoek

3.1 Toetsing aan de wettelijke normen

Ten behoeve van het onderzoek hebben we de geluidsbelasting bepaald van twee opstellingsalternatieven van het plan (zie paragraaf 4.1) en drie uitvoeringsvarianten (zie paragraaf 4.2). De berekeningen zijn verricht conform de methode die is beschreven in bijlage 4 van de Activiteitenregeling. Gerekend is naar 22 representatieve beoordelingspunten in de directe omgeving van de het plan. De geluidsbelasting mag bij deze objecten niet uitstijgen boven 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} , de wettelijke norm. Uitzondering hierop vormen de adressen Veldweg 5/5a, die aangemerkt zullen worden als bedrijfswoning en Veldweg 1, Ambt Delden, het gebouw van de scouting dat ook niet geluidsgevoelig³ is. Bij die adressen hoeft niet voldaan te worden aan de wettelijke norm. De 22 beoordelingspunten zijn weergegeven in tabel I.

tabel I *gehanteerde beoordelingspunten*

Naam	Adres
01	Burenweg 91 Ambt Delden
02	Voetpad van Delden naar Borne 26 Ambt Delden
03	Bornsestraat 2 Ambt Delden
04	Veldweg 5/5a Ambt Delden (bedrijfswoning)
05	Bornsestraat 7 Ambt Delden
06	Meijerinkveldkampsweg 5A Ambt Delden
07	Veldweg 1 Ambt Delden (scouting)
08	Twickelerblokweg 20 Borne
09	Bospoort 5 Borne
10	Twickelerblokweg 145 Borne
11	Seringenstraat 34 Borne
12	Kerkedennen 75 Borne
13	Kerkedennen 45 Borne
14	Seringenstraat 9 Borne
15	Leemweg 2 Borne
16	Veldovenweg 28 Borne
17	Veldovenweg 31 Borne
18	Ringoven 13 Borne
19	Burenweg 70 Hengelo
20	Burenweg 72 Hengelo
21	Burenweg 81 Hengelo
22	Burenweg 85 Hengelo

³ Een geluidsgevoelige bestemming is een begrip uit de Nederlandse wet- en regelgeving. Als een bestemming, bijvoorbeeld een woning of een terrein, als geluidsgevoelig is aangemerkt, zijn de wetten en regels van toepassing. Voor objecten die niet geluidsgevoelig zijn, zoals bedrijfsgebouwen, sportkantines, etc., gelden die niet.

Voor L_{den} zijn tevens geluidscontouren berekend en weergegeven op kaart. Specifiek gaat het om de 42, 45 en 47 dB L_{den} contouren. Met deze geluidskaarten kan de geluidsbelasting vanwege het windpark op ieder willekeurig punt in de omgeving worden ingeschat.

3.2 Maximale geluidsbelasting

De grootheden L_{den} en L_{night} zijn jaargemiddelde waarden. Dit betekent dat perioden waarin de windsterkte laag is en de windturbines weinig of geen geluid produceren, worden meegerekend. Als er weinig wind is, is de geluidsbelasting tot wel 10 dB lager dan gemiddeld. Bij veel wind is de geluidsbelasting 2 tot 4 dB hoger dan gemiddeld. De exacte waarde hangt af van het type windturbine en de windverdeling ter plaatse. In dit rapport geven we naast L_{den} en L_{night} ook inzicht in de maximale geluidsbelasting vanwege het windpark.

3.3 Cumulatie met andere bronsoorten

De omgeving van het plangebied wordt in de huidige situatie al blootgesteld aan andere geluidsbronnen dan windturbines. Het gaat met name om geluid ten gevolge van wegverkeer en railverkeer. Om een indruk te krijgen van het effect van het windpark op de omgevingskwaliteit is de cumulatieve geluidsbelasting en de toename daarvan vanwege het plan bepaald. We wijzen er op dat het beschouwen van de cumulatieve geluidsbelasting niet nodig is voor de Wabo procedure, maar mogelijk wel relevant is in het kader van een goede ruimtelijke ordening. Er bestaan echter geen voorgeschreven normen voor beoordeling.

Bij de cumulatie wordt rekening gehouden met het verschil in hinderlijkheid van de verschillende bronsoorten (zie ook paragraaf 5.1). Dit is gedaan door de geluidsbelasting van alle bronsoorten om te rekenen in een geluidbelasting die bij wegverkeer een gelijke mate van hinder zou opleveren. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de rekenregels in bijlage 4 van de Activiteitenregeling:

$$\begin{aligned} L^*_{VL} &= 1,00 L_{VL} + 0,00^4 && \text{(VL=wegverkeer, referentie)} \\ L^*_{RL} &= 0,95 L_{RL} - 1,40 && \text{(RL=railverkeer)} \\ L^*_{WT} &= 1,65 L_{WT} - 20,05 && \text{(WT=windturbines)} \end{aligned}$$

De geluidsbelasting door weg- en railverkeer is afgeleid van geluidskaarten op PDOK.nl. Deze kaarten zijn gebaseerd op gegevens van de overheid. De peildatum van de kaarten is 2016. De L_{den} geluidskaart is verwerkt in figuur 11 in Bijlage A. De gehanteerde waarden voor geluid door wegverkeer en railverkeer zijn voor de geselecteerde beoordelingspunten opgenomen in Bijlage E. Uit de bijlage blijkt dat de bijdrage van railverkeer klein is ten opzichte van wegverkeer. Deze bijdrage is daarom als verwaarloosbaar beoordeeld.

⁴ De ingevolge artikel 110g van de wet bij wegverkeerslawaaai te hanteren aftrek is niet toegepast.

4 Uitgangspunten

4.1 Opstellingsalternatieven

De beoogde locatie van de twee windturbines is langs het knooppunt Buren in de rijkswegen A1/A35, ter hoogte van Borne. De oostelijke windturbine is geprojecteerd op circa 85 meter afstand van de rijksweg. Voor de westelijke turbines zijn twee locaties geselecteerd, namelijk op circa 180 en 285 meter afstand van de rijksweg (verder worden deze varianten benoemd met respectievelijk noord en zuid). Uit deze twee posities zal in de loop van het participatieproces een keuze voor de locatie van de westelijke windturbine worden gemaakt. Bij het voorliggende onderzoek brengen we de geluidssituatie voor beide varianten in kaart.



figuur 1 *beoogde locaties van de twee windturbines; voor de westelijke windturbine zijn twee locaties geschikt*

4.2 Uitvoeringsvarianten

Voor het plan is een bandbreedte voor de afmetingen van de windturbines vastgesteld.

- Ashoogte: minimaal 110 meter en maximaal 150 meter
- Rotordiameter: minimaal 120 meter en maximaal 162 meter
- Tiphoogte: minimaal 170 meter en maximaal 231 meter

Binnen deze bandbreedte kunnen verschillende typen windturbines worden gekozen. Voorbeelden hiervan zijn opgenomen in tabel II. We wijzen er op dat de lijst niet volledig en uitsluitend ter indicatie is.

tabel II voorbeelden van windturbines die binnen de bandbreedte passen

type	nominaal vermogen [MW]	rotor diameter [m]	maximaal geluidsvermogen [dB(A)]	beschikbare ashoogte [m]
Vestas V126-3.45MW	3.45	126	104	117, 137, 147, 149
Vestas V136-3.45MW	3.45	136	106	117, 137, 147, 149
Enercon E-126 EP3	3.5	127	106	116, 135
Nordex N131/3600	3.6	131	105	114, 120, 134
Vestas V136-3.60MW	3.6	136	106	112, 132, 142
Nordex N131/3900	3.9	131	106	114, 120, 134
Enercon E-138 EP3	4.2	139	106	111, 131
Vestas V136-4.2MW	4.2	136	104	112, 132, 142, 149
Vestas V150-4.2MW	4.2	150	105	diverse
Enercon L-136	4.5	136	107	120, 132
Nordex N149/4.5	4.5	149	106	diverse
Enercon E-160 EP5	4.6	160	107	120
Enercon E-147 EP5 E2	5.0	147	106	126, 132, 143
Nordex N149/5.x	5.5	149	105	diverse
Vestas V150-5.6 MW	5.6	150	105	125, 148
Vestas V162-5.6 MW	5.6	162	104	119, 125, 148, 149

We rekenen drie uitvoeringsvarianten door. Deze varianten duiden we aan met 'laag', 'middel', en 'hoog'. Bij de variant 'laag' is gekozen voor een windturbine met een rotordiameter aan de onderzijde van de bandbreedte, bij 'middel' in het midden en bij 'hoog' aan de bovenzijde van de bandbreedte. Voor de geselecteerde turbintypen verwijzen we naar tabel III. De uiteindelijke keuze van fabricaat en type wordt pas in een later stadium gemaakt. Het gekozen type moet vanzelfsprekend wel passen binnen de normen van het Activiteitenbesluit.

tabel III onderzochte uitvoeringsvarianten

variant	type	nominaal vermogen [MW]	rotor diameter [m]	maximaal geluidsvermogen [dB(A)]	beschikbare ashoogte [m]
laag	Vestas V126-3.45MW	3.45	126	104	117
middel	Enercon E-147 EP5 E2	5.0	147	106	132
hoog	Vestas V162-5.6 MW	5.6	162	104	148

Serrated edges

Moderne windturbines worden tegenwoordig steeds vaker voorzien van een gekartelde achterrand van de rotorbladen. Door de leveranciers wordt deze voorziening Trailing Edge Serrations (TES) of Serrated Edges (SE) genoemd. Dit levert een geluidsreductie van 1 tot 3 dB op ten opzichte van bladen zonder deze voorziening. Bij de geselecteerde windturbines is gerekend met gekartelde achterrand.

Noise modes

Windturbines kunnen in een zogenaamde noise mode worden geschakeld. In “mode 0” (standaard) is het geleverde elektrisch vermogen van de windturbine optimaal en de geluidsemissie maximaal. Door de windturbine in een noise mode te schakelen, wordt het rotortoerental begrensd, waardoor de geluidsproductie 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 (noise mode 1, 2 enz.). Bij het akoestisch onderzoek is er rekening mee gehouden dat de windturbines onbelemmerd kunnen draaien (mode 0).

We merken op dat binnen de varianten ‘laag’, ‘middel’ en ‘hoog’ turbine typen verkrijgbaar zijn die in potentie meer geluid produceren dan de geselecteerde typen. Dit is te zien in de vierde kolom van tabel II. Technisch gezien is het echter altijd mogelijk om de geluidsbelasting te verlagen tot 47 dB L_{den} . Mocht dat nodig zijn, dan kan dat door de windturbines ‘s nachts in een passende noise mode te schakelen. Zoals hierboven aangegeven, gaat dat wel ten koste van de energieopbrengst.

4.3

Geluidsemissie

Ten behoeve van de berekening van het jaargemiddelde geluidsvermogen, de emissieterm, is gebruik gemaakt van leveranciersgegevens van de in tabel III genoemde turbines (Enercon 2020a/b, Vestas 2016a/b, Vestas 2019a/b).

De geluidsemissie van windturbines is sterk afhankelijk van de windsnelheid op ashoogte. Omdat de geluidsnorm een jaargemiddelde betreft, dient de geluidsemissie van de windturbine bekend te zijn bij alle relevante windsnelheden. Dit is vanaf circa 3 m/s tot 25 m/s. Buiten dit windsnelheidsbereik is de windturbine niet in werking vanwege te weinig of te veel wind. De gegevens zijn spectraal, dat wil zeggen in octaafbanden (zie het kader met de titel “Over frequentiespectrum en octaafbanden”). De brongegevens die bij de berekeningen zijn gehanteerd, zijn verwerkt in Bijlage B.

Verschil geluidsvermogen en geluidsdrukniveau

De geluidsproductie (emissie) van een windturbine wordt uitgedrukt in de grootte “geluidsvermogen”. Dit is een eigenschap van de betreffende bron. De geluidsbelasting (immissie), ofwel “geluidsdrukniveau” is het resultaat van het geluidsvermogen en is afhankelijk van de afstand tot de bron. De begrippen geluidsvermogen en geluidsdrukniveau mogen niet met elkaar worden verward. Bij een windturbine met een geluidsvermogen van 106 dB(A) treedt op geen enkel punt een geluidsdrukniveau van 106 dB(A) op. Dat zou vergelijkbaar zou zijn met bijvoorbeeld de situatie in een discotheek. Wanneer alle geluidsproductie van een geluidbron met een geluidsvermogen van 106 dB(A) in één punt wordt geconcentreerd, bedraagt het geluidsdrukniveau op 1 meter afstand van dat denkbeeldige punt 95 dB(A), op 10 meter 75 dB(A) en op 100 meter 55 dB(A). In werkelijkheid wordt het geluid van een windturbine echter door een groot oppervlak afgestraald. Daardoor gelden bovenstaande waarden op 1 en 10 meter niet. Ter indicatie: bij de voet van de windturbine bedraagt het geluidsdrukniveau ongeveer 60 dB(A). Op grote afstand kan de windturbine wél worden opgevat als een puntbron. Bij de berekening van de geluidsbelasting bij woningen wordt een windturbine daarom altijd als puntbron beschouwd.

Over frequentiespectrum en octaafbanden

In de linker helft van Bijlage B geven we het totale geluidsvermogen van de windturbine weer als functie van de windsnelheid. De berekeningen voeren we echter spectraal uit, dat wil zeggen dat we rekening houden met het frequentiespectrum van de windturbine. Dit spectrum is weergegeven in de rechter helft van Bijlage B. Het frequentiespectrum geeft voor de verschillende toonhoogten (frequenties) de amplitude (sterkte) van het geluid weer. Voor de berekeningen verdelen we het geluid over negen octaafbanden, van 31,5 Hz tot en met 8 kHz. Het totale geluidsvermogen is de (logaritmische) optelsom van de waarden in de negen octaafbanden.

Het uitsplitsen in octaafbanden is noodzakelijk, omdat damping van het geluid door bodem en lucht afhankelijk is van de frequentie. Lage tonen dragen verder dan hoge tonen, die snel worden gedempt door interactie met lucht en bodem. De rekenmethode houdt rekening met deze aspecten. Na het berekenen van de octaafbandwaarden op een immissiepunt, worden de octaafbandwaarden weer (logaritmisch) bij elkaar opgeteld. Zodoende komen L_{day} , $L_{evening}$ en L_{night} en uiteindelijk L_{den} tot stand.

4.4 Windverdeling

Ten behoeve van geluidsberekeningen voor windturbines heeft het KNMI de windverdeling op roosterpunten in Nederland beschikbaar gesteld (dataset 2018). Deze windverdeling geeft aan hoe vaak een windsnelheid in klassenbreedten van 1 m/s voorkomt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de dag-, avond- en nachtperiode. Ten behoeve van het onderzoek zijn we uitgegaan van de windverdeling op de Rijksdriehoekcoördinaten $X=246892$ en $Y=478527$. De gehanteerde hoogtes zijn 117, 132 en 148 meter. De windgegevens waarmee de windtoestand op ashoogte is berekend, zijn samengevat in Bijlage C.

Meer informatie over de winddataset van het KNMI

De windverdelingen zijn beschikbaar in tabellen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de dag- (07-19 uur), avond- (19-23 uur) en nachtperiode (23-07 uur). Dit onderscheid is nodig, omdat de windsterkte op grote hoogte 's nachts groter is dan overdag. Op leefniveau, dicht bij de bodem, is dit precies omgekeerd. De informatie heeft de vorm van frequentieverdelingen, waarbij per klasse wordt aangegeven hoe groot de waarschijnlijkheid van die klasse in de betreffende beoordelingsperiode is. De getalswaarden zijn gegeven in procenten, afgerond op twee decimalen. De windverdelingen zijn opgedeeld in 25 klassen. De middenwaarden van de klassen komen overeen met gehele waarden van de windsnelheid. De klassenbreedte bedraagt 1 m/s. Door het KNMI geleverde data is gegeven in tabellen op vaste gridpunten. De gridpunten liggen op een rooster met een afstand van 2.5 km tussen de gridpunten in beide richtingen. Per roosterpunt zijn de histogrammen beschikbaar voor 14 hoogtes (10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260). Waarden op tussenliggende punten dienen conform het meet- en rekenvoorschrift te worden bepaald door middel van trilineaire interpolatie. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de tool op onze website (M+P, 2018).

4.5 Emissieterm

De emissieterm (L_E) is het product van het geluidsvermogen, dat afhankelijk is van de windsnelheid (zie paragraaf 4.3) en de lokale windverdeling op ashoogte, uitgesplitst per dag, avond en nacht (zie paragraaf 4.4). In tabel IV zijn de emissietermen voor ieder turbinetype weergegeven bij ashoogtes van 117, 132 en 148 meter. De emissietermen bij hoogtes die afwijken van de gekozen uitvoeringsvariant worden in grijs getoond.

tabel IV *emissie-term voor de drie uitvoeringsvarianten*

turbine	ashoogte [m]	$V_{\text{gem},24\text{H}}$ [m/s]	$L_{W\text{max}}$ [dB(A)]	$L_{E,\text{day}}$ [dB(A)]	$L_{E,\text{evening}}$ [dB(A)]	$L_{E,\text{night}}$ [dB(A)]
V126-3.45MW (laag)	117	6,8	104,4	99,9	100,2	100,5
V126-3.45MW	132	7,1	104,4	100,3	100,8	101,3
V126-3.45MW	148	7,4	104,4	100,6	101,2	101,8
E-147 EP5 E2/5000 kW	117	6,8	106,4	102,1	102,4	102,8
E-147 EP5 E2/5000 kW (middel)	132	7,1	106,4	102,4	102,9	103,3
E-147 EP5 E2/5000 kW	148	7,4	106,4	102,7	103,3	103,7
V-162-5.6MW	117	6,8	104,0	100,4	100,6	101,0
V-162-5.6MW	132	7,1	104,0	100,7	101,1	101,6
V-162-5.6MW (hoog)	148	7,4	104,0	100,9	101,5	102,0

Uit tabel IV kunnen we onder meer het volgende opmaken:

- Op de locatie van het plangebied is de jaargemiddelde geluidsemissie van windturbines 's nacht ongeveer 1 dB hoger dan overdag (kolom 7 min kolom 5). Dit wordt veroorzaakt doordat de windsterkte 's nachts gemiddeld hoger is dan overdag.
- De jaargemiddelde geluidsemissie in de maatgevende nacht is 2 tot 3 dB lager dan de maximale geluidsemissie (kolom 7 min kolom 4). Bij het scenario 'hoog' (V-162-5.6MW met $v_H = 148$ m) is het verschil het kleinst. Dit komt doordat de gemiddelde windsterkte op 148 meter hoger is dan op de andere hoogtes en doordat de betreffende windturbine het maximale geluidsvermogen bij een lagere windsnelheid bereikt dan de andere typen.
- In het ashoogtebereik van 117 tot 148 m is de variatie in geluidsvermogen ongeveer 1 dB (vergelijk de drie rijen van één van de turbinetypen). Dit wordt veroorzaakt doordat de windsterkte toeneemt met de hoogte. Dit betekent bijvoorbeeld het volgende: indien V126 wordt gerealiseerd op een hoogte van 148 in plaats van 117 meter, dan neemt de emissie met 1,3 dB toe. De geluidsbelasting in de omgeving zal dan met ongeveer hetzelfde verschil stijgen⁵.

⁵ Als de ashoogte toeneemt, neemt de afstand van het bronpunt tot het ontvanger in geringe mate toe. Hierdoor zal het verschil afhankelijk van de horizontale afstand tot de bron enkele tienden van dB's kleiner zijn.

4.6 Akoestisch rekenmodel

Ten behoeve van het onderzoek is een rekenmodel opgesteld conform de methode in bijlage 4 van de Activiteitenregeling. Hierbij is het volgende in acht genomen:

- De ingevoerde brondata is afkomstig van Vestas V126-3.45MW, Enercon E-147 EP5 E2, Vestas V162-5.6 MW op hoogtes van respectievelijk 117, 132 en 148 meter ten opzichte van het plaatselijke maaiveld. De posities komen overeen met de posities in figuur 1.
- De bodem is gemodelleerd als overwegend akoestisch zacht ($D_{\text{bodem}}=0,9$). De belangrijkste wegen en waterpartijen zijn als harde bodemgebieden ingevoerd ($D_{\text{bodem}}=0,0$). Voor het bodemgebied van gebieden met een dichte woonbebouwing is een $D_{\text{bodem}}=0,5$ gekozen.
- Gebouwen zijn overgenomen uit de BAG3d dataset, peildatum mei 2020.
- De geluidsbelasting is berekend op alle adressen in tabel I. De beoordelingshoogte is op 5 meter gesteld. Zoals voorgeschreven is de reflectie in de achterliggende gevels uitgeschakeld. Dit betekent dat we het geluid berekenen dat op de gevel invalt.
- Ten behoeve van contourberekeningen is een grid ingevoerd met een horizontale en verticale roosterafstand van 25 meter. De gridberekeningen zijn op een hoogte van 5 meter uitgevoerd.

Het rekenmodel met beoordelingspunten, windturbines, bodemgebieden en gebouwen is afgebeeld in figuur 4 van Bijlage A. De invoergegevens van het rekenmodel zijn opgenomen in Bijlage D.

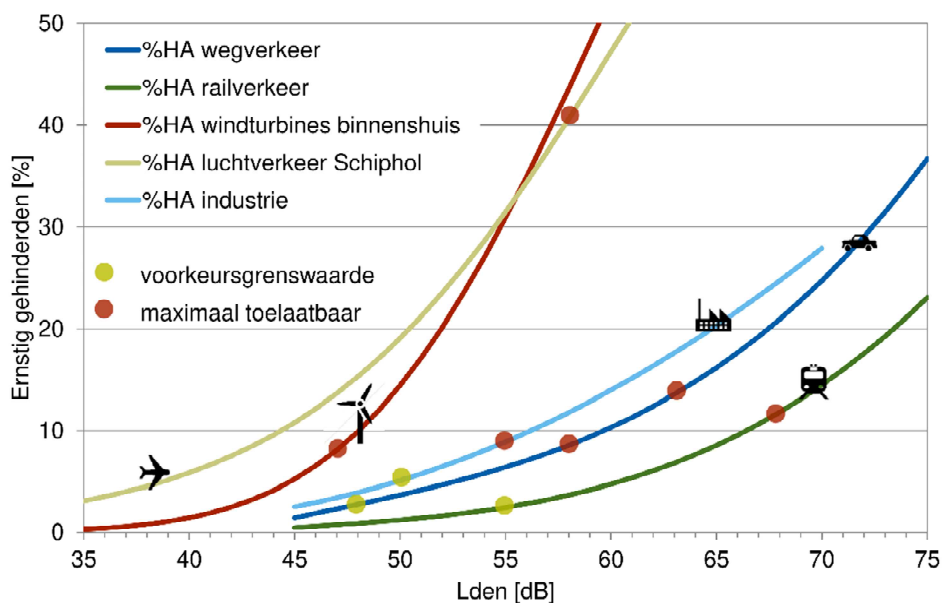
5 Toelichting geluid vanwege windturbines

In dit hoofdstuk geven we een toelichting op drie aspecten van windturbinegeluid. We geven antwoord op de vragen:

- Hoe hinderlijk is het geluid vanwege windturbines?
- Wanneer is windturbinegeluid wel of niet waarneembaar?
- Hoe verhoudt laagfrequent geluid van windturbines zich tot andere bronsoorten?

5.1 Hinderlijkheid van windturbinegeluid

Om de hinderlijkheid van verschillende bronsoorten te kunnen duiden wordt gebruik gemaakt van zogenaamde dosis-effectrelaties. Hiermee wordt het verband gelegd tussen de geluidsbelasting en de geluidshinder die door de omwonenden wordt ervaren. Specifiek voor windturbines zijn in 2008 door TNO dosis-effectrelaties vastgesteld, gebaseerd op twee Zweedse en een Nederlands onderzoek. Deze dosis-effectrelatie voor windturbines is afgebeeld in figuur 2. Het gaat hier om het percentage personen dat zich binnenshuis ernstig gehinderd voelt vanwege windturbinegeluid.



figuur 2 *dosis-effect relaties van verschillende bronsoorten en het systeem met voorkeurs- en maximale grenswaarden; %HA=% ernstig gehinderden (Heavily Annoyed)*

Uit de figuur valt op te maken dat het aantal ernstig gehinderden ongeveer 8% bedraagt als een woning wordt blootgesteld aan een geluidsbelasting die gelijk is aan de Nederlandse norm 47 dB L_{den} . Bij een geluidsbelasting van 45 dB L_{den} bedraagt dat aantal 5% en bij 42 dB L_{den} 2%.

We benadrukken dat naast akoestisch factoren ook andere factoren van invloed zijn op de ervaren hinder. Zo heeft het hebben van financieel voordeel (profijt) een sterk reducerend effect op de ervaren hinder. Anderzijds wordt meer hinder ervaren als de windturbine vanuit de woning zichtbaar is.

In figuur 2 worden ook de dosis-effect relaties gegeven van andere bronsoorten, zoals bijvoorbeeld wegverkeer. We zien dat de curve voor wegverkeer verder naar rechts ligt dan die voor windturbinegeluid. Dit betekent dat windturbinegeluid - bij een gelijke dosis - als hinderlijker wordt ervaren dan het geluid vanwege wegverkeer. De norm voor windturbines is hierop afgestemd. De geluidsbelasting vanwege windturbinegeluid mag niet hoger zijn dan 47 dB L_{den} , terwijl de hoogst toelaatbare waarde voor wegverkeer 58 dB L_{den} ⁶ en in sommige gevallen zelfs 63 dB L_{den} bedraagt.

Het hinderlijke aspect van windturbinegeluid vindt zijn oorsprong in vooral de herkenbaarheid van het geluid. In sommige situaties is het ritme van de wiekslag waarneembaar en voorspelbaar. Dit wordt wel het 'swish-swish' effect genoemd. Het fysische verschijnsel wordt aangeduid met de term "amplitudemodulatie"⁷. Dergelijk geluid wordt - net als tonaal geluid (zoals jankende tandwielen) of impulsachtig geluid (zoals hameren) - als hinderlijker ervaren dan continu ruisachtig geluid. Amplitudemodulatie is het sterkst als het beoordelingspunt ongeveer in het vlak door de rotor ligt. Dus voor een woning die ten noorden van de windturbine gesitueerd is, bij wind uit het oosten of westen.

5.2 Waarneembaarheid van windturbinegeluid

Zoals blijkt uit paragraaf 5.1 is de hoogste geluidsbelasting vanwege windturbinegeluid relatief gezien laag. Dit betekent dat het geluid in sommige situaties kan worden gemaskeerd door andere geluid. Dit heeft een positief effect op de ervaren hinder. Bij het plan Wind voor Buren is sprake van twee brontypen die een rol kunnen spelen bij het maskeren van windturbinegeluid.

Windgeruis

Meer wind betekent dat de windturbine meer geluid veroorzaakt, maar ook dat dat windgeruis door bijvoorbeeld vegetatie ontstaat. Veel woningen in de omgeving van het plan zijn omgeven door bomen⁸. Bij harde wind kan het geruis door de bomen het geluid van de windturbines overstemmen. Dit zal overdag vaak het geval zijn. In de dagperiode bestaat namelijk vanwege instraling van de zon een koppeling tussen de luchtlagen op grote hoogte en de luchtlagen op leefniveau. Een hoge geluidsproductie door de windturbine kan dan worden gemaskeerd door windgeruis. Echter, 's nachts is vanwege gebrek aan turbulentie en opwaartse luchtstroming vaak sprake van een stabiele atmosfeer. Dit betekent dat de luchtlagen min of meer ontkoppeld zijn. Op grote hoogte kan het hard waaien, terwijl het op leefniveau bijna windstil is. De conclusie is dat windgeruis effect heeft op de waarneembaarheid, maar zeker 's nacht kan er niet op worden gerekend.

Wegverkeer

De geluidsbelasting vanwege wegverkeer is in de omgeving van het windpark vrij hoog. Dit is te zien aan de geluidskaart voor L_{night} voor wegverkeer in figuur 12 van Bijlage A. De ontvangerpunten 01, 07, 08, 09, 10, 15, 17 en 22 worden blootgesteld aan een geluidsbelasting van ongeveer 50-54 dB L_{night} . In de nachtperiode bedraagt het achtergrondniveau dus gemiddeld 50-54 dB(A). Op momenten in de nacht met weinig verkeer kunnen we uitgaan van een achtergrondniveau dat ongeveer 10 dB(A) lager ligt, dus 40-44 dB(A). Indien het geluid vanwege de windturbines lager is dan dit achtergrondniveau verwachten we dat het grootste deel van de tijd sprake is van maskering

⁶ Het percentage ernstig gehinderden bij windturbinegeluid van 47 dB L_{den} is ongeveer gelijk aan dat van wegverkeer bij 58 dB L_{den} . Dit blijkt ook uit de formule voor L^*_{WT} in paragraaf 3.3.

⁷ Amplitudemodulatie bij windturbines wordt veroorzaakt doordat de afstraling van het geluid door de rotorbladen afhankelijk is van de richting. Daarnaast speelt het dopplereffect een rol.

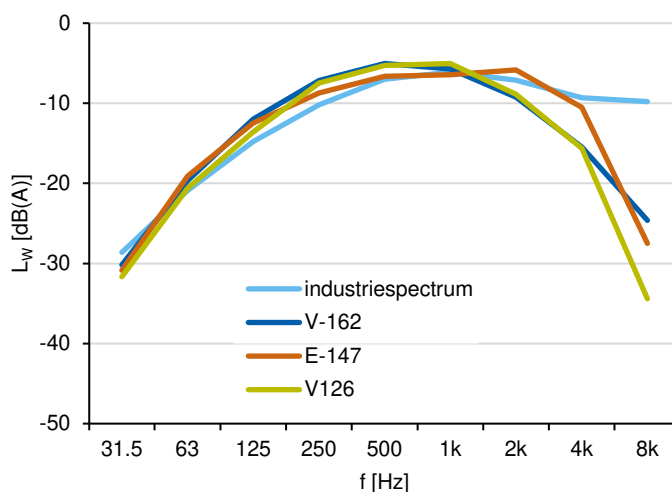
⁸ Indien bomen het zicht op de windturbines onderbreken, heeft dit een reducerend effect op de gemiddeld ervaren geluidshinder.

van windturbinegeluid. Buiten de zone 50-54 dB L_{night} kan beter niet worden gerekend op maskeringseffecten.

5.3 Laagfrequent geluid

In Nederland bestaat voor geen enkele bronsoort een wettelijk kader met een bijbehorend normenstelsel voor laagfrequent geluid. Indien geluidsbronnen relatief veel laagfrequent geluid (LFG) afstralen, is het wel zinvol om dit aspect apart te beoordelen. Bij bedrijven die in potentie veel LFG veroorzaken, zoals grondreinigingsinstallaties, heeft de vergunningverlener de bevoegdheid om aparte normen voor LFG in de omgevingsvergunning van het bedrijf op te nemen. Bij windturbinegeluid bestaat die mogelijkheid niet.

Een reden hiervoor is dat het spectrum van windturbinegeluid niet als bijzonder laagfrequent is te typeren. Het spectrum komt overeen met dat van bijvoorbeeld 'standaard' industriegeluid, zie figuur 3. Dit geldt overigens ook voor wegverkeer. Een ander punt is dat specifiek voor windturbines dosis-effect relaties zijn vastgesteld. Hierbij zijn alle hinderlijke aspecten van het geluid van windturbines automatisch meegenomen. Dit geldt dus ook voor het aspect LFG. De 47 dB L_{den} norm is op deze dosis-effect relaties gebaseerd. Daarmee is het aspect LFG vanwege windturbines meegenomen in de L_{den} norm.



figuur 3 vergelijking spectra windturbines met een "standaard" industriespectrum¹⁰; het aandeel LFG is vergelijkbaar

Het is bekend dat bij omwonenden van een beoogd windpark zorgen kunnen leven over het effect van LFG. Daarom kan het zinvol zijn om LFG vanwege een windpark inzichtelijk te maken. De uitkomst van een dergelijk onderzoek ligt op basis van ervaring met andere windparken echter vrijwel vast: LFG is binnen de dichtst bij gelegen woningen (op circa 400 meter afstand van de windturbine) weliswaar waarneembaar, maar volgens de gangbare beoordelingssystematieken niet in hinderlijke mate. De beoordelingsmethode voor LFG geluid is anders dan voor normaal hoorbaar geluid. In het volgende kader leggen we uit hoe een dergelijk onderzoek in zijn werk gaat.

¹⁰ We geven we de relatieve spectra. De waarden hiervan zijn negatief. Het geluidsspectrum wordt verkregen door de relatieve waarde in iedere octaafband te sommeren met het totale geluidsvermogen

Methode onderzoek laagfrequent geluid

Het beoordelen van laagfrequent geluid vindt in tegenstelling tot "normaal" hoorbaar geluid niet op de gevel, maar binnenshuis plaats. De vertaling van het geluidsniveau dat buiten de woning heerst naar een binnenniveau is bij LF-geluid gecompliceerd. Dit wordt vooral veroorzaakt door het al dan niet aanstoten van resonanties. Dit kunnen mechanische resonanties zijn van constructie-elementen en ruimteres resonanties (staande golven), die afhankelijk zijn van de afmetingen van en de positie in die ruimte. Voor het invoegverlies (buiten- minus binnenniveau) van gevels in het laagfrequente deel van het spectrum is gebruik gemaakt van onderzoek aan Deense woningen (Hoffmeyer & Jakobsen, 2010), waaronder woningen met houten en met steenachtige gevelopbouw.

Er zijn diverse beoordelingssystematieken beschikbaar die voor verschillende doeleinden worden gebruikt. De bekendste zijn die van de NSG (NSG, 1999) en van Vercammen (Vercammen, 1992). De NSG curve neemt 'hoorbaarheid' als maatstaf en wordt vaak gebruikt bij het objectiveren van klachten in bestaande situaties. De Vercammen curve is een combinatie van de 20 dB(A) en de 86 dB(G) weegcurves en is gebaseerd op hinderlijkheid. In 2006 heeft de Raad van State geoordeeld dat onaanvaardbare hinder kan worden uitgesloten, indien het laagfrequent geluidsniveau binnenshuis lager is dan de niveaus in de Vercammen curve (Raad van State, 2006). Deze curve wordt daarom vaak gebruikt ter beoordeling van hinder vanwege laagfrequent geluid.

Bij "normaal" hoorbaar geluid wordt een ééngetalswaarde (zoals L_{den} of L_{night}) getoetst aan een grenswaarde. Hierbij worden alle frequenties van 25 Hz tot 10 kHz (A-gewogen) meegenomen. Beoordeling van laagfrequent geluid geschiedt echter voor iedere relevante 1/3 octaafband (tertsband) afzonderlijk. Onderzoeken naar laagfrequent geluid beperken zich meestal tot de frequentiebanden tussen 20 en 100 Hz. Bij lagere frequenties dan 20 Hz is de emissie te laag om hinder te veroorzaken. Hogere frequenties dan 100 Hz worden al op representatieve wijze meegenomen bij de beoordeling van 'normaal' geluid.

5.4 Windturbines en gezondheid

In 2013 heeft het RIVM literatuuronderzoek verricht naar de gezondheidseffecten van windturbines (Kamp, van I. et al. (2013)). De conclusie van dit onderzoek was dat chronische hinder of het gevoel dat door de windturbines de omgevings- of levenskwaliteit afneemt, kan leiden tot stress reacties. Deze stress reacties kunnen een negatieve invloed hebben op gezondheid en het welbevinden van mensen die in de buurt van windturbines wonen. Er is echter geen bewijs gevonden voor een directe relatie tussen gezondheidseffecten en windturbinegeluid. Bij bijvoorbeeld wegverkeer is er wel sprake van een directe relatie. Geluid van wegverkeer staat in Nederland op een gedeelde tweede plaats op een ranglijst van factoren in de fysieke leefomgeving die de meeste ziektelast met zich meebrengen.

Eventuele gezondheidsklachten lijken dus gekoppeld te zijn aan de ervaren hinder. Omdat hinder niet alleen afhangt van het geluidsniveau, maar ook een sterke relatie heeft met economische binding, zicht op de turbine en acceptatie, kunnen gezondheidseffecten worden verkleind door bijvoorbeeld participatie en adequate voorlichting.

We merken op dat het RIVM momenteel bezig is met een update van het literatuuronderzoek. Deze update is zinvol, omdat windturbines sinds 2013 veel groter zijn geworden¹¹. Uit de eerste berichten die over de review naar buiten komen, begrijpen we dat de conclusies van het RIVM niet zijn gewijzigd.

¹¹ Het geluidsvermogen van windturbines is ondanks de fysieke toename niet groter geworden.

6 Effect van het windpark op de omgeving

6.1 Geluidsbelasting L_{den} en L_{night}

De berekende geluidsbelasting L_{den} bij beoordelingspunten in de omgeving van het windpark is weergegeven in tabel V. De resultaten zijn gegeven voor de drie onderzochte uitvoeringsvarianten (laag, middel, hoog) en de twee opstellingsvarianten (noord en zuid). De L_{den} geluidscontouren zijn weergegeven in Bijlage A. Voor het overzicht zijn de cellen afhankelijk van de waarde van L_{den} ingekleurd volgens het volgende schema:

	$L_{den} > 47$
	$45 < L_{den} \leq 47$
	$42 < L_{den} \leq 45$
	$L_{den} \leq 42$

tabel V berekende geluidsbelasting L_{den} op de beoordelingspunten

Toetspunt	Adres	laag noord	laag zuid	middel noord	middel zuid	hoog noord	hoog zuid
01_A	Burenweg 91	38	38	40	40	40	39
02_A	Voetpad v.D.n.B.. 26	40	40	42	42	41	41
03_A	Bornsestraat 2	38	38	40	40	39	40
04_A*	Veldweg 5/5a	47	48	50	50	49	49
05_A	Bornsestraat 7	39	40	41	43	41	42
06_A	Meijerinkv.weg 5A	39	40	41	42	40	41
07_A*	Veldweg 1	52	50	54	52	52	50
08_A	Twickelerblokweg 20	43	42	45	44	44	43
09_A	Bospoort 5	44	43	46	45	45	44
10_A	Twickelerblokweg 145	42	41	44	43	44	43
11_A	Seringenstraat 34	39	38	41	40	40	40
12_A	Kerkedennen 75	40	40	43	42	42	41
13_A	Kerkedennen 45	41	41	44	43	43	42
14_A	Seringenstraat 9	38	37	40	39	39	39
15_A	Leemweg 2	43	43	46	45	45	44
16_A	Veldovenweg 28	41	41	44	43	43	42
17_A	Veldovenweg 31	43	42	45	44	44	44
18_A	Ringoven 13	36	36	38	38	38	37
19_A	Burenweg 70	37	37	39	39	39	38
20_A	Burenweg 72	36	36	38	38	38	38
21_A	Burenweg 81	38	38	40	40	40	39
22_A	Burenweg 85	39	39	41	41	40	40

* geen geluidsgevoelige bestemming; 04 = bedrijfswoningen, 07 = gebouw scouting

Uit tabel VI blijkt het volgende:

- De norm 47 dB L_{den} vormt geen knelpunt voor het windpark. Beide opstellingsalternatieven zijn inpasbaar zonder dat windturbines in een geluidsmodus hoeven te draaien. Bij de meeste scenario's kan de WHO adviesnorm van 45 dB L_{den} worden behaald.
- Het zuidelijke opstellingsalternatief is over het algemeen gunstiger dan het noordelijke alternatief. Dit wordt veroorzaakt doordat de bebouwing ten noorden van het windpark dichterbij gelegen is dan in de andere richting.
- De hoogste geluidsbelasting treedt op bij de beoordelingspunten 04 en 07. Dit betreffen respectievelijk de woning van één van de initiatiefnemers en het pand van de scouting. Deze punten hoeven niet te voldoen aan de normen zoals toegelicht in paragraaf 3.1.
- Voor wat betreft de overige beoordelingspunten, zijnde de geluidgevoelige objecten waarop de geluidsnorm van toepassing is, treedt de hoogste geluidsbelasting op bij de beoordelingspunten 09 en 15. Op deze punten zijn de bijdragen van beide windturbines van dezelfde orde grootte. Op beide punten is tevens al sprake van een hoge geluidsbelasting vanwege wegverkeer. Dit is nadelig voor cumulatie, maar (enigszins tegenstrijdig) gunstig voor maskeringseffecten.

De geluidsbelasting L_{night} bij beoordelingspunten in de omgeving van het windpark is weergegeven in tabel VI. Zoals eerder vermeld, biedt L_{night} geen andere inzichten dan L_{den} . L_{night} is iets meer dan 6 dB lager dan L_{den} .

tabel VI

berekende geluidsbelasting L_{night} op de beoordelingspunten

Toetspunt	Adres	laag noord	laag zuid	middel noord	middel zuid	hoog noord	hoog zuid
01_A	Burenweg 91	32	32	34	34	33	33
02_A	Voetpad v.D.n.B.. 26	34	34	36	36	35	35
03_A	Bornsestraat 2	31	32	33	34	33	33
04_A*	Veldweg 5/5a	41	41	43	44	42	43
05_A	Bornsestraat 7	33	34	35	36	35	36
06_A	Meijerinkv.weg 5A	32	34	35	36	34	35
07_A*	Veldweg 1	46	43	48	45	46	44
08_A	Twickelerblokweg 20	37	36	39	38	38	37
09_A	Bospoort 5	38	37	40	39	39	38
10_A	Twickelerblokweg 145	36	35	38	37	37	36
11_A	Seringenstraat 34	33	32	35	34	34	34
12_A	Kerkedennen 75	34	33	36	35	36	35
13_A	Kerkedennen 45	35	34	37	36	37	36
14_A	Seringenstraat 9	31	31	34	33	33	32
15_A	Leemweg 2	37	36	39	39	38	38
16_A	Veldovenweg 28	35	35	37	37	37	36
17_A	Veldovenweg 31	36	36	39	38	38	37
18_A	Ringoven 13	30	29	32	32	32	31
19_A	Burenweg 70	31	31	33	33	32	32
20_A	Burenweg 72	30	30	32	32	32	32

Toetspunt	Adres	laag noord	laag zuid	middel noord	middel zuid	hoog noord	hoog zuid
21_A	Burenweg 81	32	32	34	34	33	33
22_A	Burenweg 85	32	32	35	34	34	34

* geen geluidsgevoelige bestemming; 04 = bedrijfswoningen, 07 = gebouw scouting

6.2 Maximale geluidsbelasting

De maximale geluidsbelasting waaraan de omgeving wordt blootgesteld, is weergegeven in tabel VII. Deze omstandigheid doet zich voor als de windsnelheid op ashoogte zodanig is dat het geluidsvermogen van de windturbine maximaal is. In Bijlage B is te zien dat dit bij V-126 het geval is als $v_H = 10$ m/s, bij E-147 als $v_H \geq 13$ m/s en bij V-162 als $v_H \geq 9$ m/s. Die situatie kan vanzelfsprekend in iedere beoordelingsperiode optreden.

tabel VII berekende maximale geluidsbelasting op de beoordelingspunten

Toetspunt	Adres	laag noord	laag zuid	middel noord	middel zuid	hoog noord	hoog zuid
01_A	Burenweg 91	36	36	37	37	36	36
02_A	Voetpad v.D.n.B.. 26	38	38	39	39	38	38
03_A	Bornsestraat 2	35	36	37	37	35	36
04_A*	Veldweg 5/5a	45	45	47	47	45	45
05_A	Bornsestraat 7	37	38	38	39	37	38
06_A	Meijerinkv.weg 5A	36	37	38	39	36	37
07_A*	Veldweg 1	50	47	51	49	48	46
08_A	Twickelerblokweg 20	41	40	42	41	40	40
09_A	Bospoort 5	42	41	43	42	41	40
10_A	Twickelerblokweg 145	40	39	41	40	40	39
11_A	Seringenstraat 34	37	36	38	37	36	36
12_A	Kerkedennen 75	38	37	39	39	38	37
13_A	Kerkedennen 45	39	38	40	40	39	38
14_A	Seringenstraat 9	35	35	37	36	35	35
15_A	Leemweg 2	41	40	42	42	41	40
16_A	Veldovenweg 28	39	38	40	40	39	38
17_A	Veldovenweg 31	40	40	42	41	40	40
18_A	Ringoven 13	34	33	35	35	34	33
19_A	Burenweg 70	35	35	36	36	35	35
20_A	Burenweg 72	34	34	35	35	34	34
21_A	Burenweg 81	36	36	37	37	36	36
22_A	Burenweg 85	36	36	38	38	36	36

* geen geluidsgevoelige bestemming; 04 = bedrijfswoningen, 07 = gebouw scouting

Bij de gevoelige objecten met de hoogste geluidsbelasting, namelijk 09 en 15 bedraagt het equivalente geluidsniveau vanwege het windpark maximaal 43 dB(A). Dit is naar verwachting gelijk aan het achtergrondgeluid vanwege de rijksweg. Wij achten de kans groot dat het geluid vanwege de windturbines hier het grootste deel van de tijd zal worden gemaskeerd.

6.3 Geluidsbelasting L_{cum}

L^*_{WT} stelt een fictieve geluidsbelasting vanwege wegverkeer voor die een gelijke mate van hinder oplevert als het windpark (zie tabel V). De waarden van L^*_{WT} zijn in verwerkt in Bijlage E. L_{cum} is de logaritmische som van L_{VL} (wegverkeer) en L^*_{WT} . De berekende waarden van L_{cum} is weergegeven in tabel VIII. De toename van L_{cum} vanwege het windpark is gegeven tussen haken.

tabel VIII berekende cumulatieve geluidsbelasting L_{cum} op de beoordelingspunten; de toename van L_{cum} vanwege het plan is vermeld tussen haken

Toetspunt	Adres	laag noord	laag zuid	middel noord	middel zuid	hoog noord	hoog zuid
01_A	Burenweg 91	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)
02_A	Voetpad v.D.n.B.. 26	54 (1)	54 (1)	55 (2)	55 (2)	54 (1)	54 (1)
03_A	Bornsestraat 2	52 (1)	52 (1)	52 (1)	52 (1)	52 (1)	52 (1)
04_A*	Veldweg 5/5a	60 (6)	60 (6)	63 (9)	63 (9)	61 (7)	61 (7)
05_A	Bornsestraat 7	52 (1)	52 (1)	53 (2)	54 (3)	52 (1)	53 (2)
06_A	Meijerinkv.weg 5A	53 (1)	53 (1)	53 (1)	54 (2)	53 (1)	53 (1)
07_A*	Veldweg 1	67 (7)	64 (4)	70 (10)	66 (6)	67 (7)	65 (5)
08_A	Twickelerblokweg 20	61 (1)	60 (0)	61 (1)	61 (1)	61 (1)	61 (1)
09_A	Bospoort 5	62 (1)	61 (0)	62 (1)	62 (1)	62 (1)	62 (1)
10_A	Twickelerblokweg 145	59 (1)	58 (0)	59 (1)	59 (1)	59 (1)	59 (1)
11_A	Seringenstraat 34	54 (0)	54 (0)	55 (1)	55 (1)	55 (1)	55 (1)
12_A	Kerkedennen 75	56 (1)	55 (0)	56 (1)	56 (1)	56 (1)	56 (1)
13_A	Kerkedennen 45	56 (1)	56 (1)	57 (2)	56 (1)	56 (1)	56 (1)
14_A	Seringenstraat 9	52 (1)	51 (0)	52 (1)	52 (1)	52 (1)	52 (1)
15_A	Leemweg 2	61 (1)	60 (0)	61 (1)	61 (1)	61 (1)	61 (1)
16_A	Veldovenweg 28	57 (1)	57 (1)	57 (1)	57 (1)	57 (1)	57 (1)
17_A	Veldovenweg 31	60 (0)	60 (0)	61 (1)	61 (1)	61 (1)	61 (1)
18_A	Ringoven 13	50 (0)	50 (0)	51 (1)	51 (1)	51 (1)	51 (1)
19_A	Burenweg 70	60 (0)	60 (0)	60 (0)	60 (0)	60 (0)	60 (0)
20_A	Burenweg 72	63 (0)	63 (0)	63 (0)	63 (0)	63 (0)	63 (0)
21_A	Burenweg 81	61 (0)	61 (0)	61 (0)	61 (0)	61 (0)	61 (0)
22_A	Burenweg 85	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)	62 (0)

* geen geluidsgevoelige bestemming; 04 = bedrijfswoningen, 07 = gebouw scouting

Op de punten waar al sprake is van een zeer hoge geluidsbelasting vanwege wegverkeer, namelijk $L_{VL} \geq 58$ dB L_{den} is de toename van L_{cum} beperkt tot 1 dB. Hoewel er geen normen bestaan voor beoordeling denken wij dat dit acceptabel is.

7 Literatuur

Enercon (2020a), Technical data sheet Operating mode E-147 EP5 E2 / 5000 kW with TES, Document ID D0810273-4, 2020-05-17

Enercon (2020b), Technical data sheet One-third octave band level E-147 EP5 E2 / 5000 kW with TES, Document ID D0823444-2, 2020-05-17

GGD (2012), "Gezondheidseffectscreening, Gezondheid en milieu in ruimtelijke planvorming - Handboek voor een gezonde inrichting van de leefomgeving", versie 1.6, 2012

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

Kamp, van I. et al. (2013) Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden, GGD Informatieblad medische milieukunde, Update 2013. RIVM rapport 200000001/2013

M+P (2001), <https://www.mp.nl/rekentool>

Ministerie van VROM (2007a), "Besluit van 19 oktober 2007, houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)", geldend op 1 januari 2017

Ministerie van VROM (2007b), "Regeling van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180, houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)", geldend op 1 januari 2017

NSG (1999), NSG richtlijn laagfrequent geluid, NSG, 1999;

Raad van State (2006), ECLI:NL:RVS: 200509380/1, 13 december 2006

TNO (2008), "Hinder door geluid van windturbines - Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens", kenmerk 2008-D-R1051/B, oktober 2008

Vercammen, M. L. S. (1992), Low-Frequency Noise Limits, J. of LFN and Vib 11 (1), p 7-13, 1992.

Vestas, 2016a) V126-3.45 MW Third octave noise emission, 2016-09-08

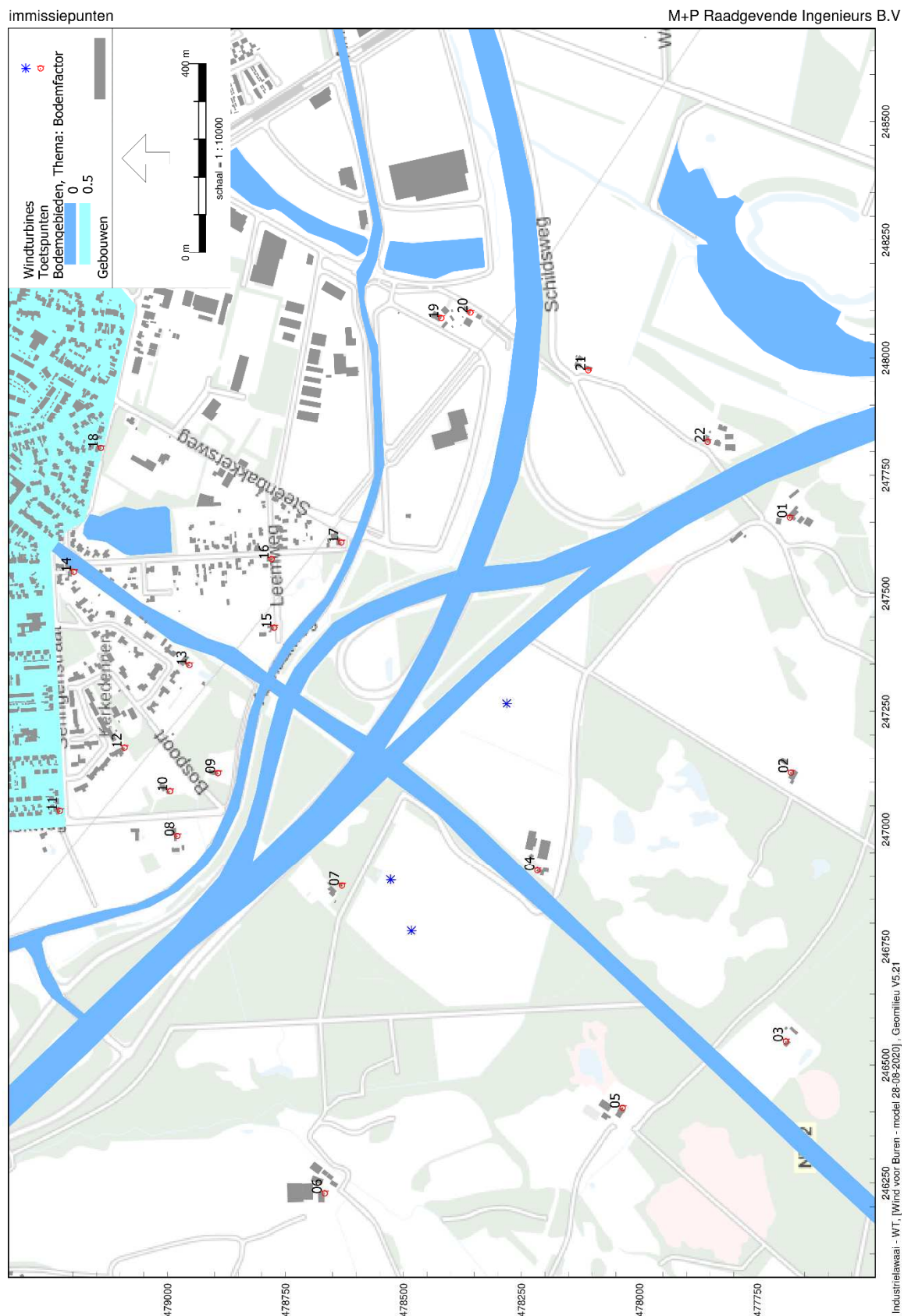
Vestas (2016b) V126-3.45 MW (LTq) LDEN Third octave noise emission, 2016-09-08

Vestas (2019a) Performance Specification EnVentus™ 5 MW V162-5.6 MW 50/60 Hz, Document no.: 0081-5098 V03, 2019-11-08

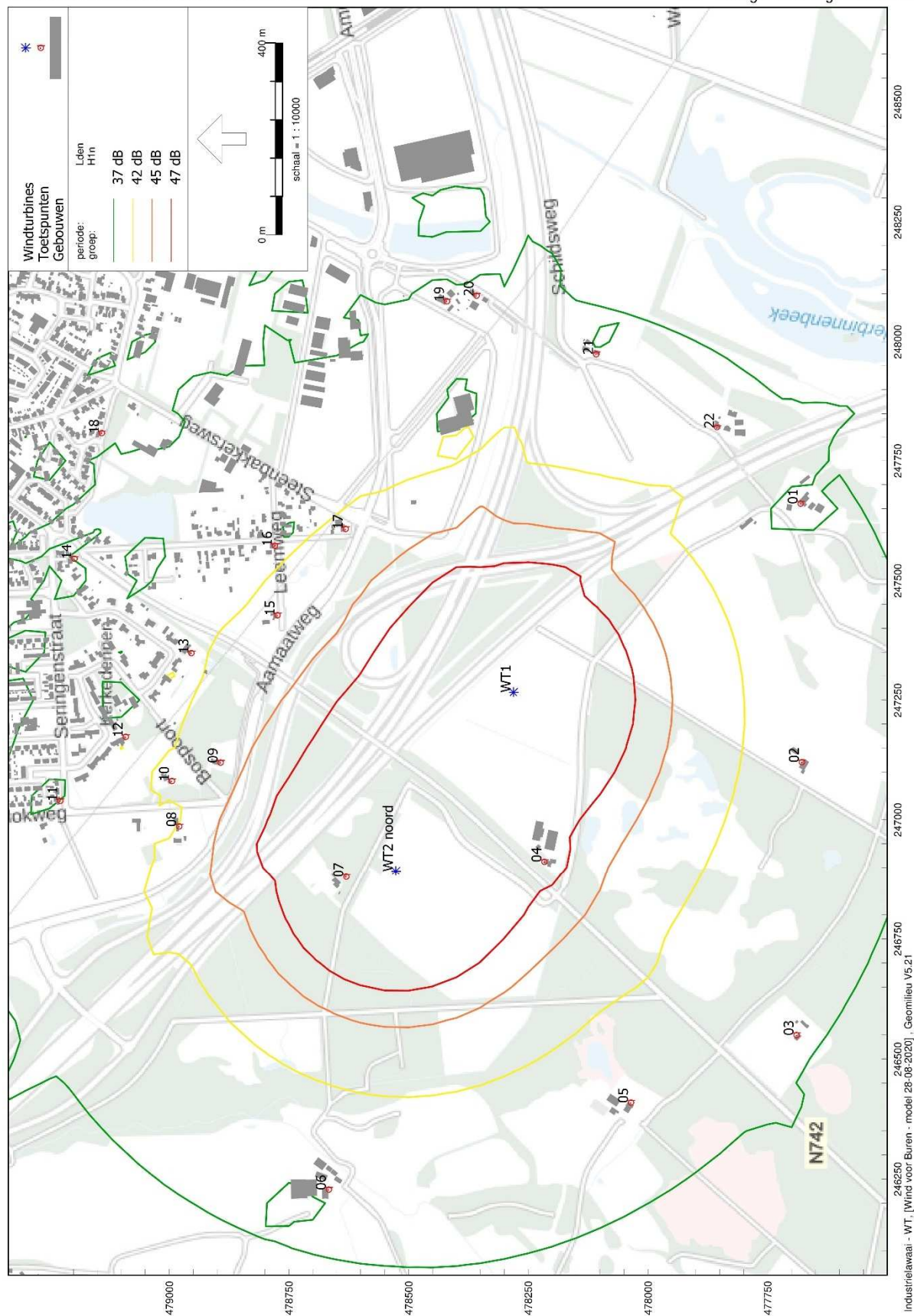
Vestas (2019b) V162-5.6MW Third octave noise emission, DMS no.: 0079-5298_01, 2019-01-23

Bijlage A

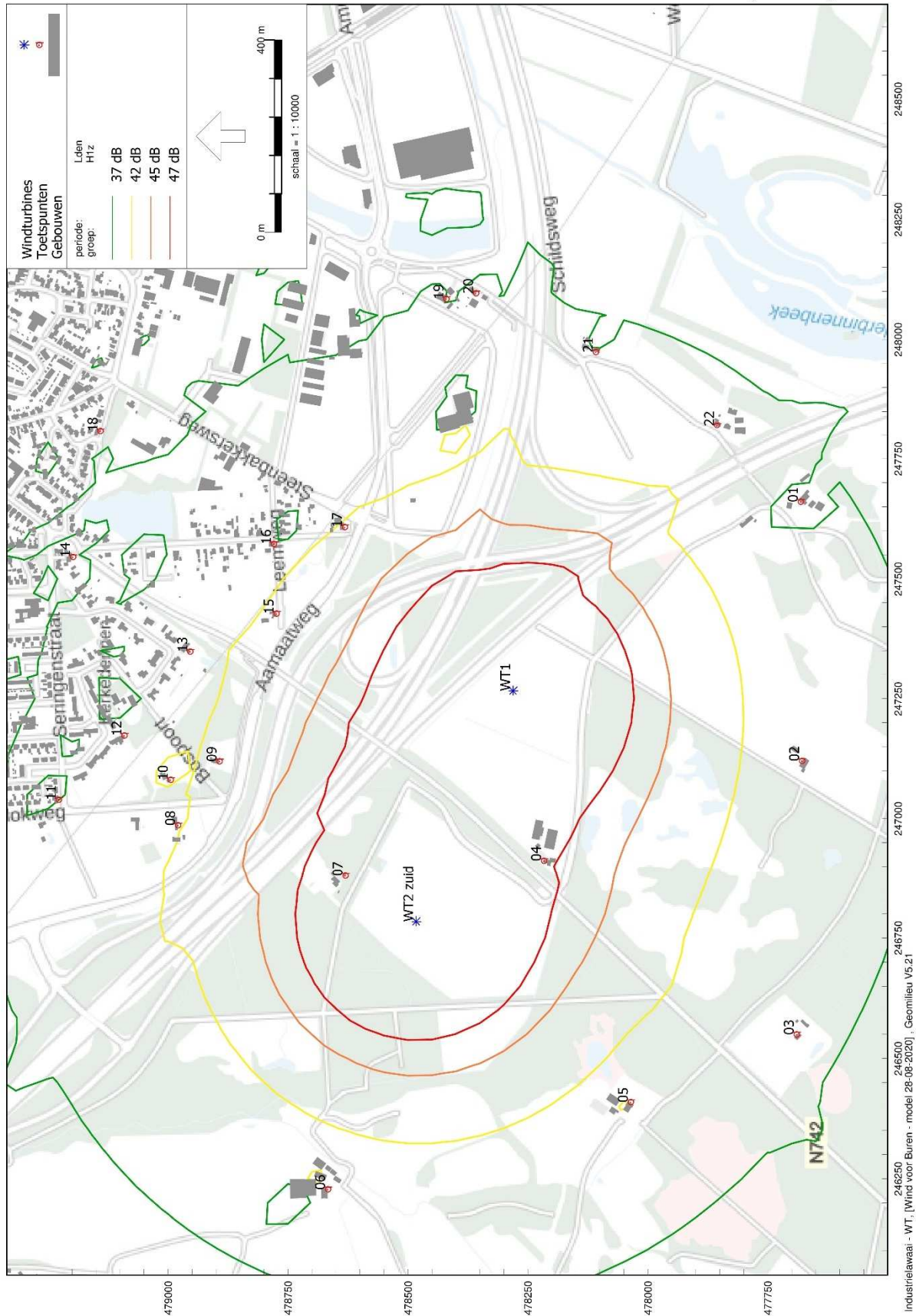
Figuren



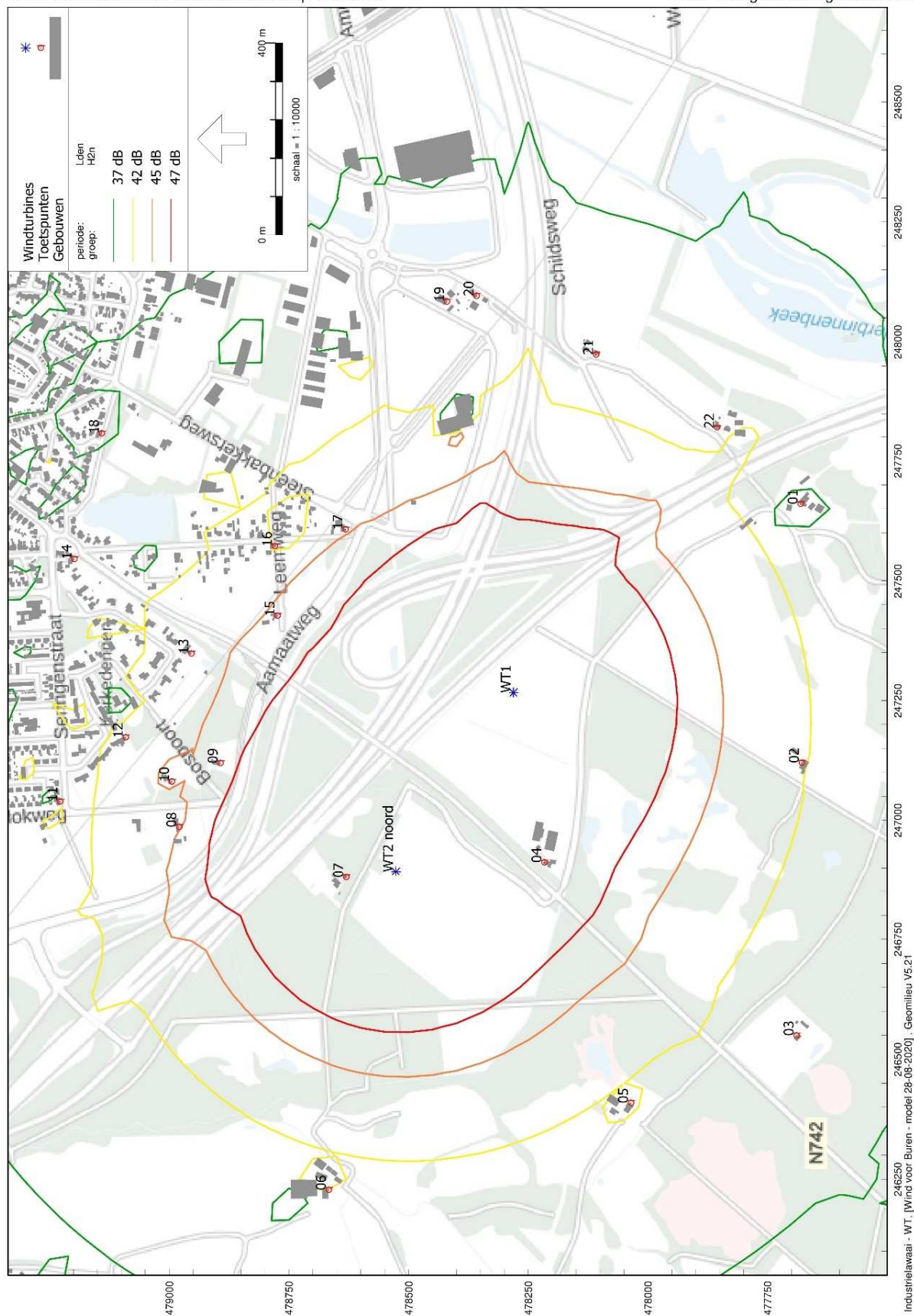
figuur 4 weergave van het rekenmodel



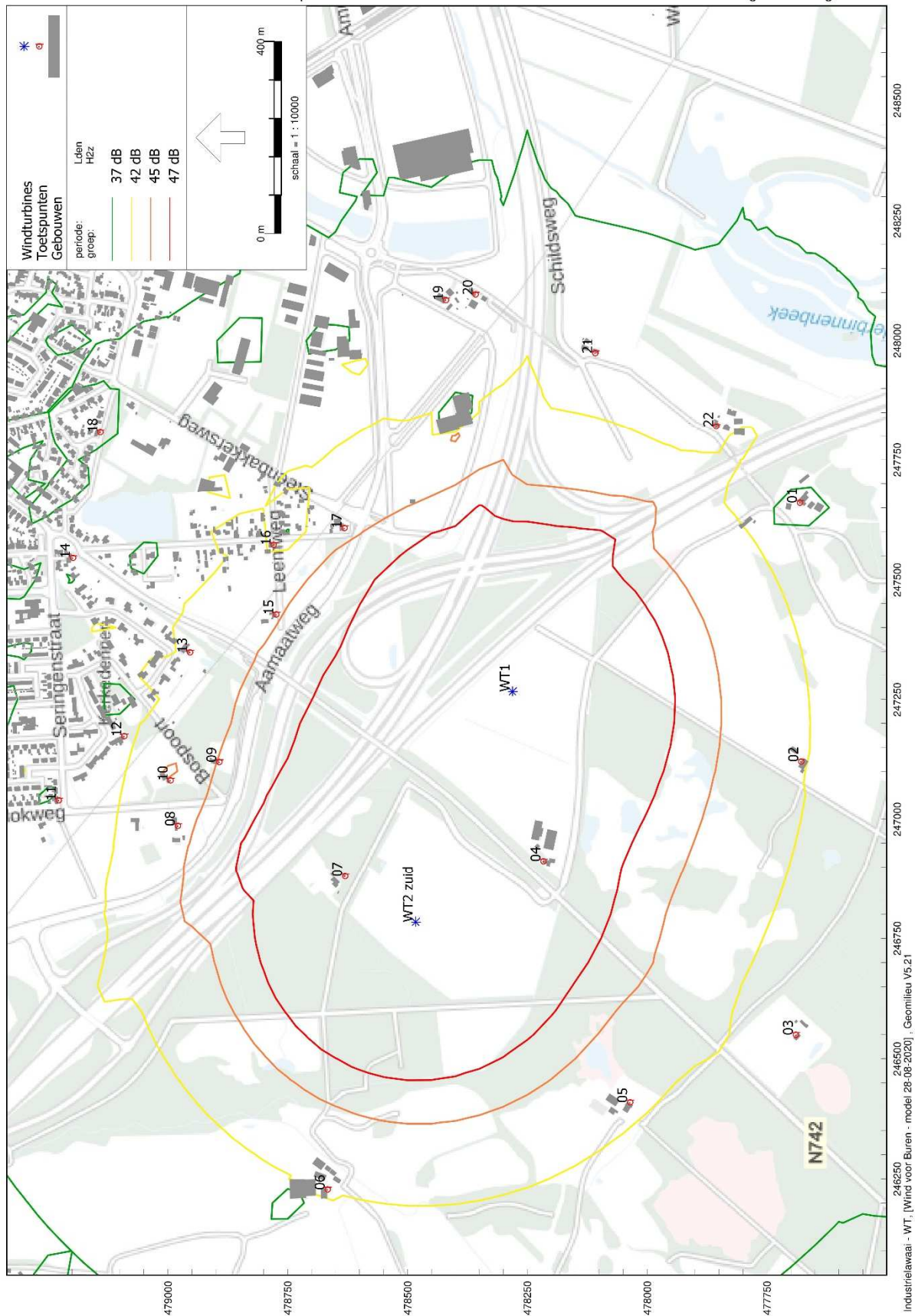
figuur 5 laag noord



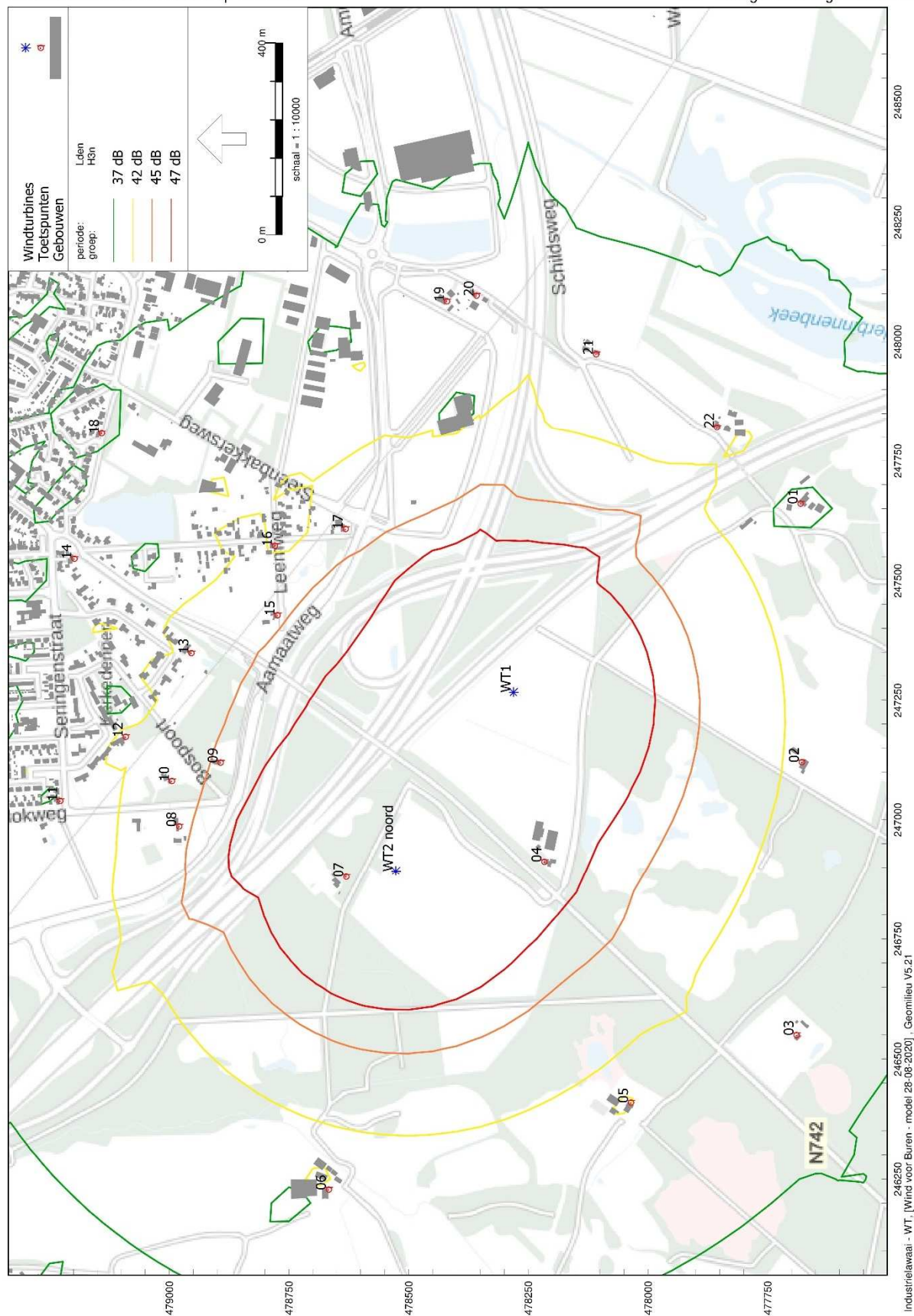
figuur 6 laag zuid



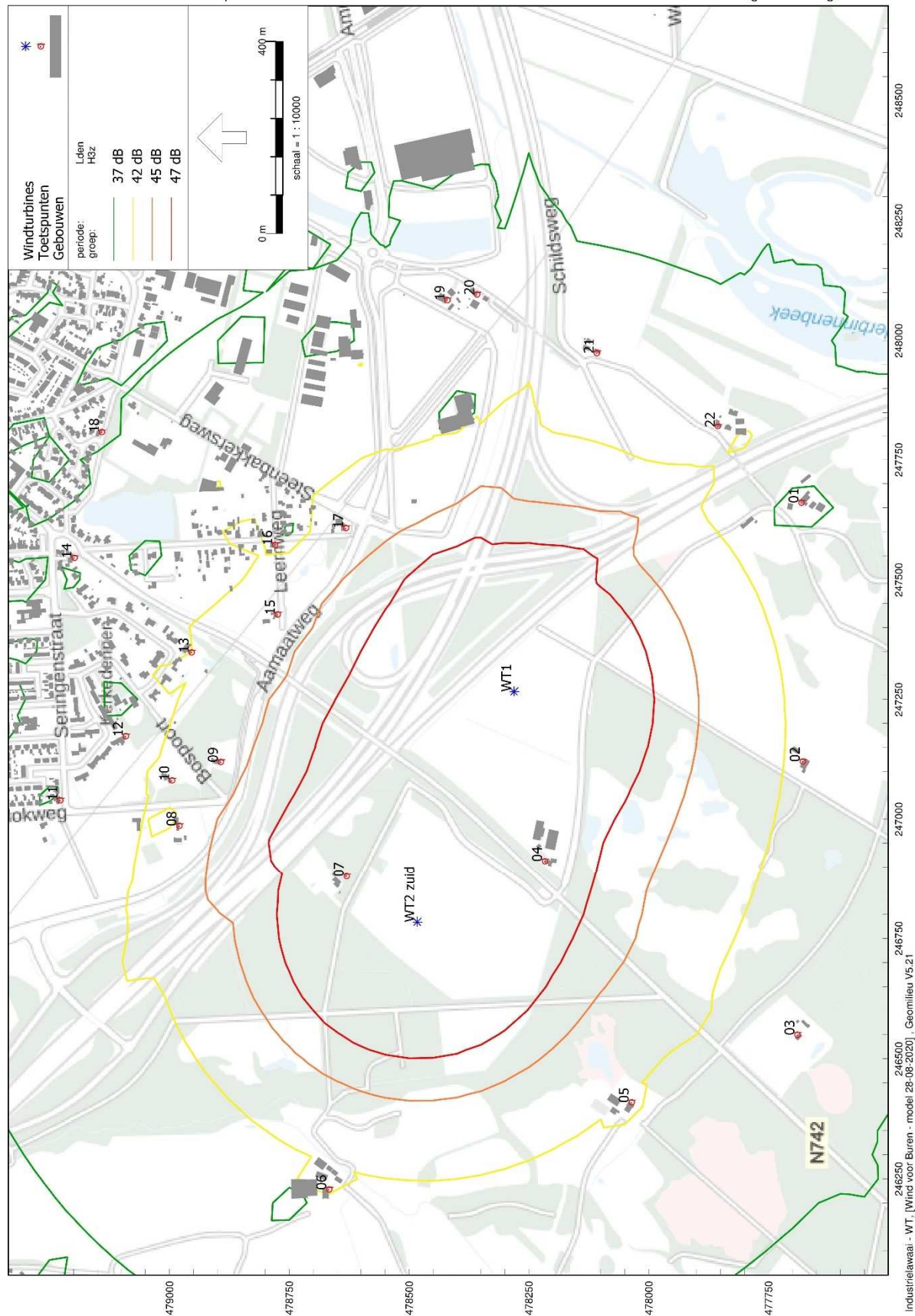
figuur 7 middel noord



figuur 8 middel zuid



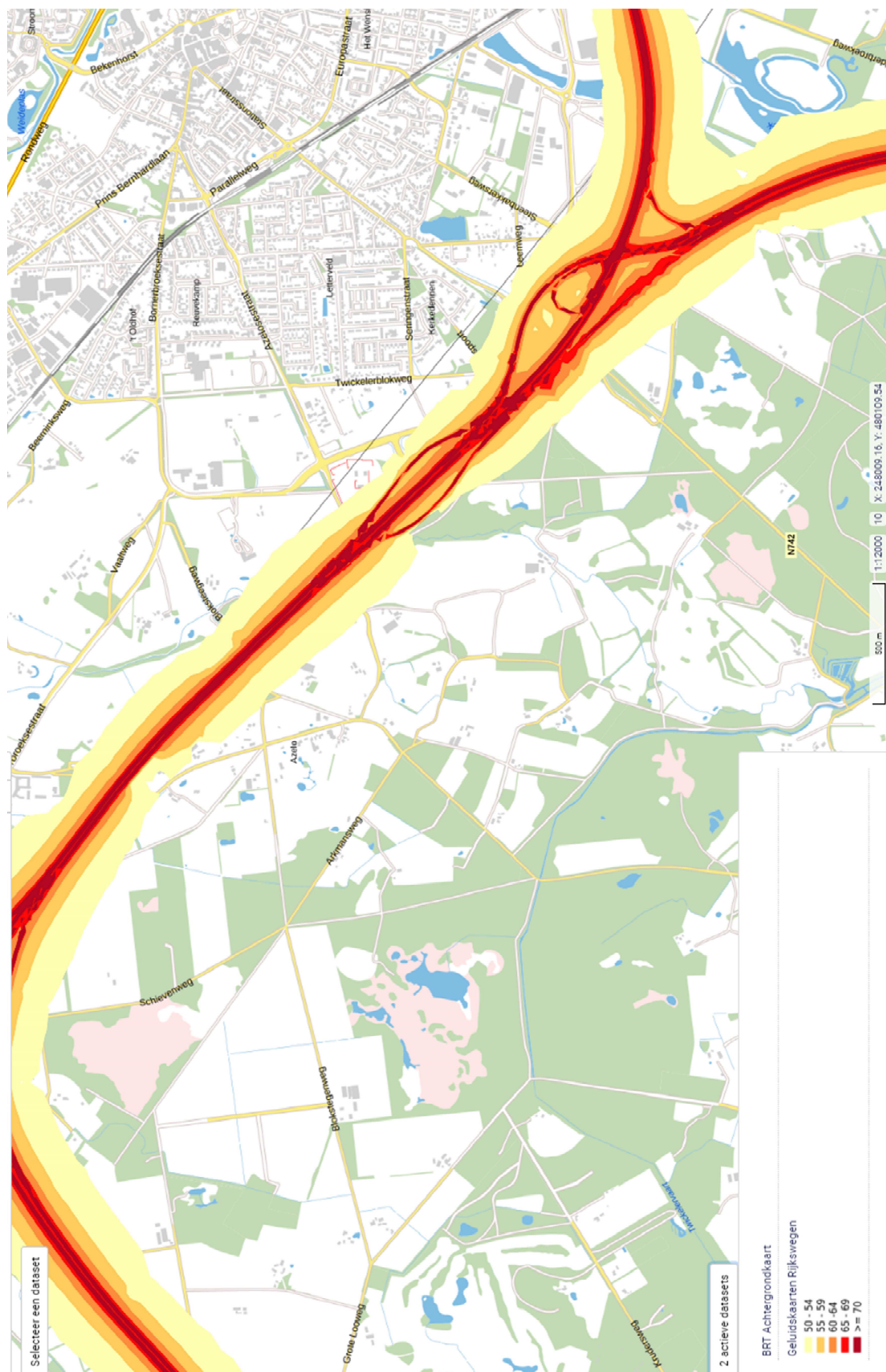
figuur 9 hoog noord



figuur 10 hoog zuid



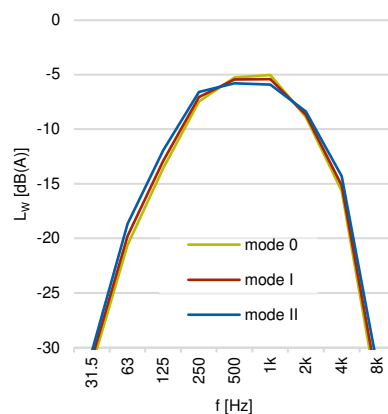
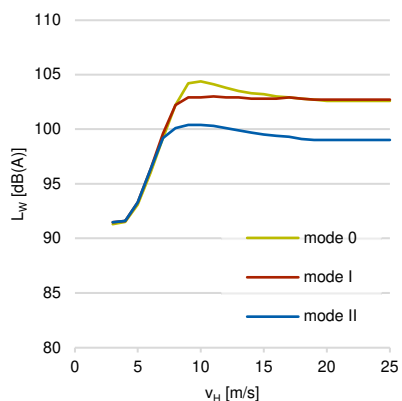
figuur 11



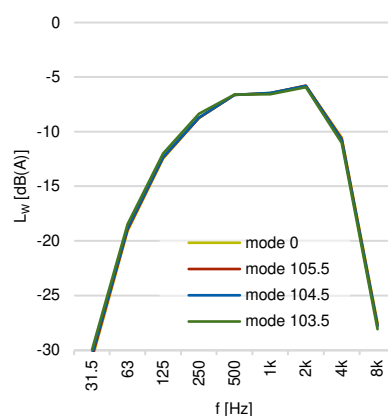
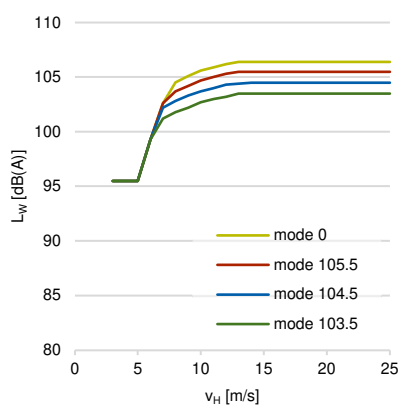
figuur 12 geluidskarten L_{night} wegverkeer (bron: www.pdok.nl)

Bijlage B

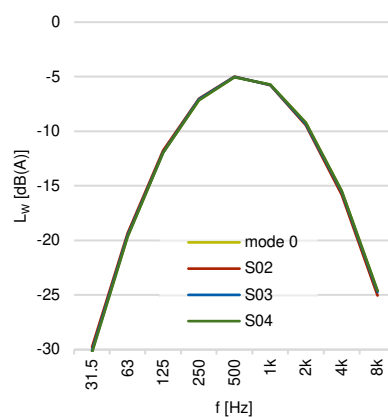
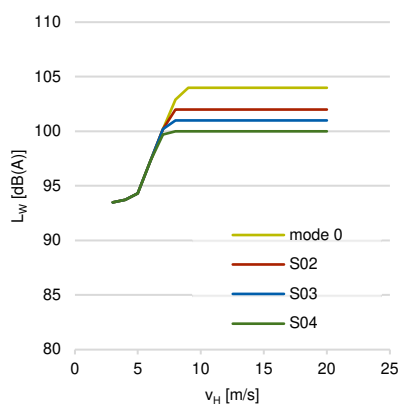
Emissiegegevens windturbines



Vestas V126-3.45MW



Enercon E-147 EP5 E2

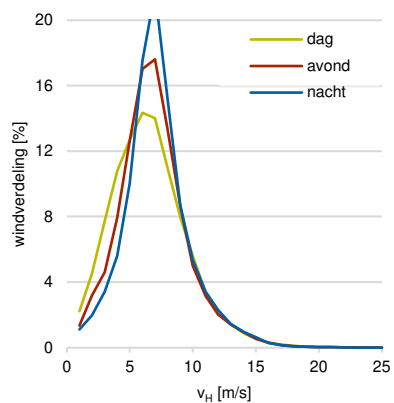


Vestas V162-5.6 MW

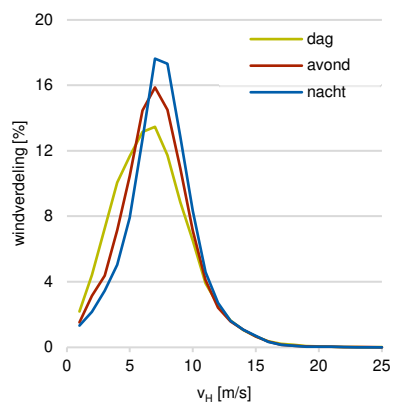
In alle gevallen hebben we gerekend met mode 0

Bijlage C

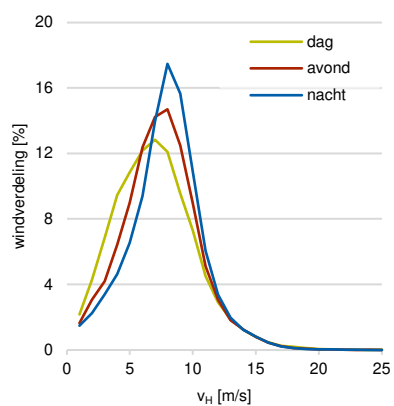
Windgegevens



windverdeling $h=117$ m



windverdeling $h=132$ m



windverdeling $h=148$ m

Bijlage D

Invoergegevens rekenmodel

beoordelingspunten

Naam	Omschr.	X	Y	Maaiveld	Hoogte A	Gevel
01	Burenweg 91 Ambt Delden	247659.91	477681.65	0.00	5.00	Ja
02	Voetpad van Delden naar Borne 26 Ambt Delden	247119.81	477679.18	0.00	5.00	Ja
03	Bornsestraat 2 Ambt Delden	246549.04	477690.02	0.00	5.00	Ja
04	Veldweg 5/5a Ambt Delden (bedrijfswoning)	246911.65	478216.79	0.00	5.00	Ja
05	Bornsestraat 7 Ambt Delden	246408.67	478036.12	0.00	5.00	Ja
06	Meijerinkveldkampsweg 5A Ambt Delden	246227.24	478666.88	0.00	5.00	Ja
07	Veldweg 1 Ambt Delden (scouting)	246879.43	478630.52	0.00	5.00	Ja
08	Twickelerblokweg 20 Borne	246985.54	478979.44	0.00	5.00	Ja
09	Bospoort 5 Borne	247118.84	478893.31	0.00	5.00	Ja
10	Twickelerblokweg 145 Borne	247080.23	478994.85	0.00	5.00	Ja
11	Seringenstraat 34 Borne	247038.74	479227.95	0.00	5.00	Ja
12	Kerkedennen 75 Borne	247172.78	479091.32	0.00	5.00	Ja
13	Kerkedennen 45 Borne	247347.55	478953.95	0.00	5.00	Ja
14	Seringenstraat 9 Borne	247544.74	479198.56	0.00	5.00	Ja
15	Leemweg 2 Borne	247426.55	478774.01	0.00	5.00	Ja
16	Veldovenweg 28 Borne	247571.66	478779.82	0.00	5.00	Ja
17	Veldovenweg 31 Borne	247607.13	478631.81	0.00	5.00	Ja
18	Ringoven 13 Borne	247807.17	479141.25	0.00	5.00	Ja
19	Burenweg 70 Hengelo	248083.56	478420.11	0.00	5.00	Ja
20	Burenweg 72 Hengelo	248095.40	478358.51	0.00	5.00	Ja
21	Burenweg 81 Hengelo	247973.29	478108.89	0.00	5.00	Ja
22	Burenweg 85 Hengelo	247819.83	477856.01	0.00	5.00	Ja

brongegevens

Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	LE (D) 31	LE (D) 63	LE (D) 125	LE (D) 250	LE (D) 500	LE (D) 1k	LE (D) 2k	LE (D) 4k	LE (D) 8k
WT1	117	0	Relatief	68.3	79.3	86.4	92.5	94.7	94.9	91.1	84.3	65.6
WT2 noord	117	0	Relatief	68.3	79.3	86.4	92.5	94.7	94.9	91.1	84.3	65.6
WT1	132	0	Relatief	71.6	83.3	90.0	93.7	95.8	96.0	96.6	91.9	74.9
WT2 noord	132	0	Relatief	71.6	83.3	90.0	93.7	95.8	96.0	96.6	91.9	74.9
WT1	148	0	Relatief	70.8	81.3	88.9	93.8	95.9	95.2	91.7	85.5	76.3
WT2 noord	148	0	Relatief	70.8	81.3	88.9	93.8	95.9	95.2	91.7	85.5	76.3
WT1	117	0	Relatief	68.3	79.3	86.4	92.5	94.7	94.9	91.1	84.3	65.6
WT2 zuid	117	0	Relatief	68.3	79.3	86.4	92.5	94.7	94.9	91.1	84.3	65.6
WT1	132	0	Relatief	71.6	83.3	90.0	93.7	95.8	96.0	96.6	91.9	74.9
WT2 zuid	132	0	Relatief	71.6	83.3	90.0	93.7	95.8	96.0	96.6	91.9	74.9
WT1	148	0	Relatief	70.8	81.3	88.9	93.8	95.9	95.2	91.7	85.5	76.3
WT2 zuid	148	0	Relatief	70.8	81.3	88.9	93.8	95.9	95.2	91.7	85.5	76.3

Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	LE (A) 31	LE (A) 63	LE (A) 125	LE (A) 250	LE (A) 500	LE (A) 1k	LE (A) 2k	LE (A) 4k	LE (A) 8k
WT1	117	0	Relatief	68.6	79.6	86.6	92.7	94.9	95.2	91.3	84.6	65.8
WT2 noord	117	0	Relatief	68.6	79.6	86.6	92.7	94.9	95.2	91.3	84.6	65.8
WT1	132	0	Relatief	72.0	83.8	90.4	94.2	96.3	96.4	97.1	92.4	75.4
WT2 noord	132	0	Relatief	72.0	83.8	90.4	94.2	96.3	96.4	97.1	92.4	75.4
WT1	148	0	Relatief	71.4	81.9	89.5	94.3	96.5	95.8	92.3	86.0	76.9
WT2 noord	148	0	Relatief	71.4	81.9	89.5	94.3	96.5	95.8	92.3	86.0	76.9
WT1	117	0	Relatief	68.6	79.6	86.6	92.7	94.9	95.2	91.3	84.6	65.8
WT2 zuid	117	0	Relatief	68.6	79.6	86.6	92.7	94.9	95.2	91.3	84.6	65.8
WT1	132	0	Relatief	72.0	83.8	90.4	94.2	96.3	96.4	97.1	92.4	75.4
WT2 zuid	132	0	Relatief	72.0	83.8	90.4	94.2	96.3	96.4	97.1	92.4	75.4
WT1	148	0	Relatief	71.4	81.9	89.5	94.3	96.5	95.8	92.3	86.0	76.9
WT2 zuid	148	0	Relatief	71.4	81.9	89.5	94.3	96.5	95.8	92.3	86.0	76.9

Omschr.	Hoogte	Maaiveld	Hdef.	LE (N) 31	LE (N) 63	LE (N) 125	LE (N) 250	LE (N) 500	LE (N) 1k	LE (N) 2k	LE (N) 4k	LE (N) 8k
WT1	117	0	Relatief	68.9	79.9	87.0	93.1	95.3	95.5	91.7	84.9	66.2
WT2 noord	117	0	Relatief	68.9	79.9	87.0	93.1	95.3	95.5	91.7	84.9	66.2
WT1	132	0	Relatief	72.5	84.2	90.9	94.6	96.7	96.9	97.5	92.8	75.8
WT2 noord	132	0	Relatief	72.5	84.2	90.9	94.6	96.7	96.9	97.5	92.8	75.8
WT1	148	0	Relatief	71.9	82.4	90.1	94.9	97.0	96.3	92.8	86.6	77.4
WT2 noord	148	0	Relatief	71.9	82.4	90.1	94.9	97.0	96.3	92.8	86.6	77.4
WT1	117	0	Relatief	68.9	79.9	87.0	93.1	95.3	95.5	91.7	84.9	66.2
WT2 zuid	117	0	Relatief	68.9	79.9	87.0	93.1	95.3	95.5	91.7	84.9	66.2
WT1	132	0	Relatief	72.5	84.2	90.9	94.6	96.7	96.9	97.5	92.8	75.8
WT2 zuid	132	0	Relatief	72.5	84.2	90.9	94.6	96.7	96.9	97.5	92.8	75.8
WT1	148	0	Relatief	71.9	82.4	90.1	94.9	97.0	96.3	92.8	86.6	77.4
WT2 zuid	148	0	Relatief	71.9	82.4	90.1	94.9	97.0	96.3	92.8	86.6	77.4

Bijlage E

Cumulatieve geluidsbelasting

Toetspunt	Adres	L_{VL} (weg)	L_{RL} (rail)	L^*_{RL} (rail)	L^*_{WT} laag noord	L^*_{WT} laag zuid	L^*_{WT} middel noord	L^*_{WT} middel zuid	L^*_{WT} hoog noord	L^*_{WT} hoog zuid
01_A	Burenweg 91	62	<50	-	43	43	46	46	45	45
02_A	Voetpad v.D.n.B.. 26	53	<50	-	46	46	50	50	48	48
03_A	Bornsestraat 2	51	<50	-	42	43	45	46	44	45
04_A*	Veldweg 5/5a	54	<50	-	58	59	62	62	60	60
05_A	Bornsestraat 7	51	<50	-	45	47	48	50	47	49
06_A	Meijerinkv.weg 5A	52	<50	-	44	46	47	49	46	48
07_A*	Veldweg 1	60	<50	-	66	62	69	65	66	63
08_A	Twickelerblokweg 20	60	<50	-	51	49	55	53	53	52
09_A	Bospoort 5	61	<50	-	53	51	56	54	55	53
10_A	Twickelerblokweg 145	58	<50	-	50	48	53	52	52	50
11_A	Seringenstraat 34	54	<50	-	44	43	48	47	47	46
12_A	Kerkedennen 75	55	<50	-	47	45	50	49	49	48
13_A	Kerkedennen 45	55	<50	-	48	47	52	50	50	49
14_A	Seringenstraat 9	51	<50	-	42	41	46	45	45	44
15_A	Leemweg 2	60	<50	-	51	50	55	54	54	53
16_A	Veldovenweg 28	56	<50	-	48	47	52	51	50	50
17_A	Veldovenweg 31	60	<50	-	50	50	54	53	52	52
18_A	Ringoven 13	50	<50	-	40	39	43	42	42	41
19_A	Burenweg 70	60	52	48	41	41	45	44	44	43
20_A	Burenweg 72	63	52	48	40	39	43	43	43	42
21_A	Burenweg 81	61	51	47	43	43	47	46	45	45
22_A	Burenweg 85	62	50	46	44	44	47	47	46	46

* geen geluidsgevoelige bestemming