

VAN
GRINSVEN
ADVIES

Bylage k
De Bendels 9
5391 GD Nuland
tel: (073) 534 10 53
fax (073) 534 10 28
e-mail: vga@home.nl
www.vangrinsvenadvies.nl
Rabobank 13.75.30.447
BTW nr: NL933.40.692.B01
Kamer van Koophandel 16064749

milieuadvies
akoestisch onderzoek
fotovisualisaties
vergunningaanvragen
Wet milieubeheer

Behoort bij het verzoek om vergunning
ex artikel 8.1.1 van de Wet milieubeheer
datum: 15 MAART 2007
procedurennummer: WM- 07007

Opdrachtgever: Evelop BV
Postbus 8127
3503 RC Utrecht

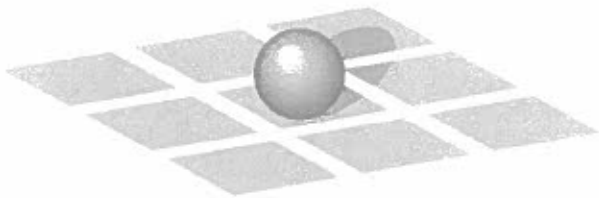
Kenmerk: EF-Westerweg.TS2.doc

Betreft: Akoestisch onderzoek en onderzoek naar mogelijke slagscha-
duwhinder door een op te richten windpark met drie windturbini-
nes Enercon E-70 E4 2.3 MW te Heerhugowaard.

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van Heerhugowaard
d.d. 30-7-7
W.M. nr. 07007
mij bekend,
Hoofd van de afdeling Milieu en Economie

Contactpersoon opdrachtgever:
De heer Bonne Dijkstra,
Tel: (030) 280 84 41.

Behandeld door:
L. van Grinsven,
februari 2007.



Inhoud

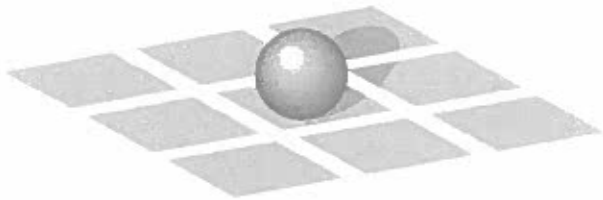
1. Inleiding	1
1.1 Beschrijving van de locatie	1
1.2 De windturbines	2
1.3 Windklimaat	2
1.4 Regelgeving	3
1.5 Normstelling	3
2. Akoestisch onderzoek	4
2.1 Geluidbronnen	4
2.2 Representatieve bedrijfsomstandigheden	4
2.3 Achtergrondgeluidniveaus	4
2.4 Invoer rekenmodel	7
2.5 Rekenresultaten	8
2.6 Beoordeling	9
3. Onderzoek slagschaduw	10
3.1 Normstelling	10
3.2 Schaduwgebied	10
3.3 Potentiële schaduw	10
3.4 Rekenresultaten	12
3.5 Hinderduur bij woningen	12
3.6 Maatregelen	14
4. Bespreking	15

Bijlagen

bijlage 1 : objecten rekenmodel	16
bijlage 2 : rekenresultaten geluidniveaus	17

Figuren

figuur 1 : situatie objecten rekenmodel	18
figuur 2 : ontvangerpunten en geluidcontouren	19
figuur 3 : rekenpunten en schaduwcontouren	20



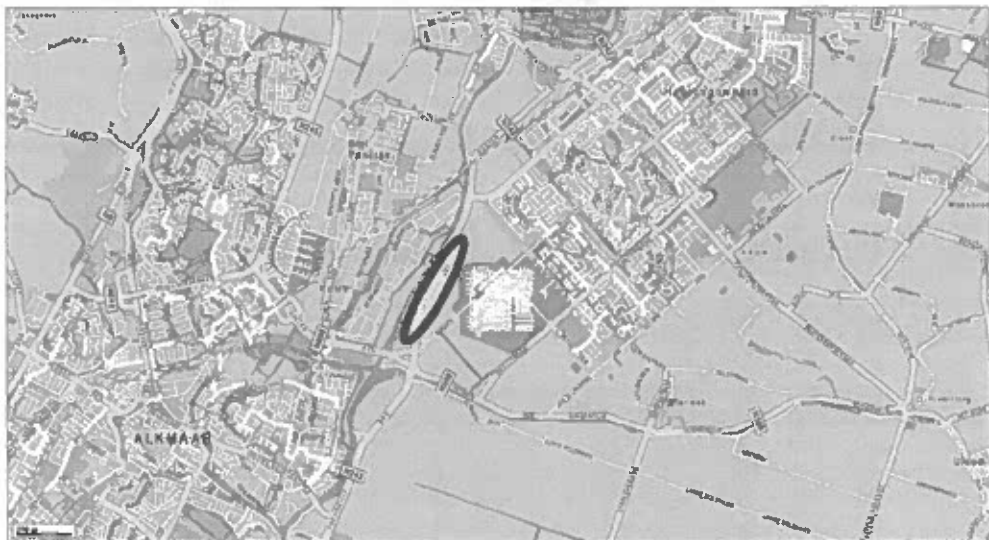
1. Inleiding

In opdracht van Evelop BV te Utrecht is een akoestisch onderzoek en een onderzoek naar eventuele slagschaduw hinder uitgevoerd. Het betreft een op te richten windpark met drie stuks Enercon E-70 E4 2.3 MW windturbines nabij de Westerweg te Heerhugowaard.

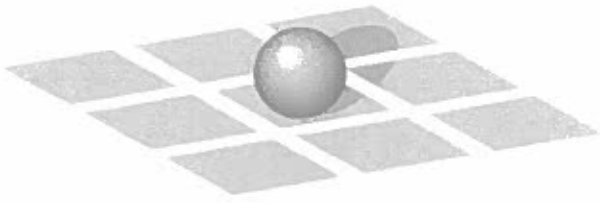
1.1 Beschrijving van de locatie

De locatie is gelegen langs de Westerweg N242 te Heerhugowaard. De windturbines komen te staan in een lijnopstelling nabij de Vinex-locatie Stad van de Zon (zie ook figuur 1). De onderlinge afstand is circa 530 m.

Afbeelding 1: locatie.



De twee meest noordelijke turbines 1 en 2 komen te staan in het recreatiegebied ten oosten van de Westerweg N242 en turbine 3 op het bedrijventerrein ten westen van de Westerweg nabij De Overtoom. In de nabije omgeving is geen zware industrie maar er is wel de drukke verkeersweg N242. Aan de westzijde ligt het bedrijventerrein Beverkoog te Alkmaar. Het kanaal vormt de gemeentegrens. De meest nabij gelegen woning van derden bevindt zich aan de Huygendijk, circa 215 m ten zuidwesten van turbine 1.



1.2 De windturbines

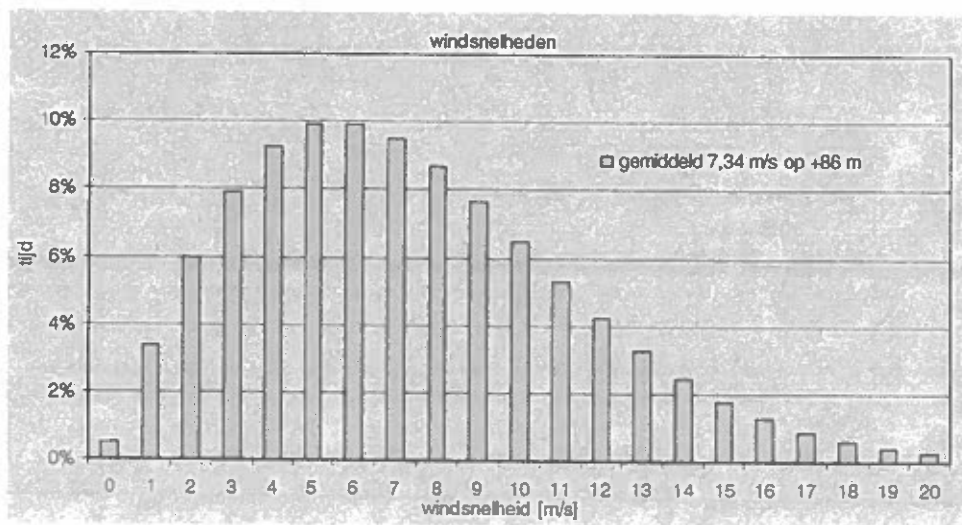


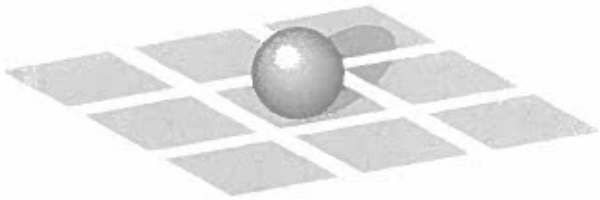
De Enercon E-70 E4 2.3 MW heeft een rotordiameter van 71 m met drie rotorbladen. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 20 tpm. Het nominale generatorvermogen is 2,3 MW. De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen buismast waardoor de rotoras circa 86 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 121 m hoog. De stalen mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2 m aan de top. De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 2,5 m/s. Bij windsnelheden boven 28 m/s wordt de turbine gestopt uit veiligheidsoverwegingen. De rotorbladen zijn niet reflecterend. De grootste breedte van het blad is circa 3,8 m, aan de voet zijn de bladen circa 0,6 m breed.

1.3 Windklimaat

Op deze locatie worden de volgende windsnelheden verwacht.

Grafiek 1-1: verdeling windsnelheden.





1.4 Regelgeving

Het windpark is vergunningplichtig inzake de Wet milieubeheer. De inrichting valt onder categorie 20.a.1 van bijlage 1 behorende bij het IVB¹: "Inrichting voor het omzetten van windenergie in elektrische energie, met een rotordiameter van meer dan 2 m".

De kortste afstand tussen een woning van derden en een turbine bedraagt minder dan viermaal de ashoogte (4x86 m). Daarom valt de inrichting niet onder de AMvB voorzieningen en installaties².

Het opgestelde vermogen bedraagt 6,9 MW. Omdat het park bestaat uit minder dan 10 turbines en het opgestelde vermogen minder is dan 15 MW valt het windpark niet onder onderdeel D (beoordelingsplicht) van het Besluit MER (MilieuEffectRapportage).

1.5 Normstelling

Het geluidniveau vanwege de windturbines en ook het achtergrondgeluidniveau is sterk afhankelijk van de windsnelheid. Hiervoor is een windsnelheidsafhankelijke normstelling ontwikkeld en opgenomen in de AMvB. Het langtijdgemiddelde geluidniveau $L_{A,LT}$ vanwege een windpark mag ter plaatse van geluidgevoelige bestemmingen van derden de waarden van de WNC40 curve uit bijlage 3 van de AMvB niet overschrijden. De hoogte van deze norm is afhankelijk van de windsnelheid en bedraagt 41 dB(A) bij lage windsnelheden, loopt op via 43 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s tot 50 dB(A) bij een windsnelheid van 12 m/s. De rode lijn in Grafiek 2-2 op pagina 9 geeft deze normcurve weer.

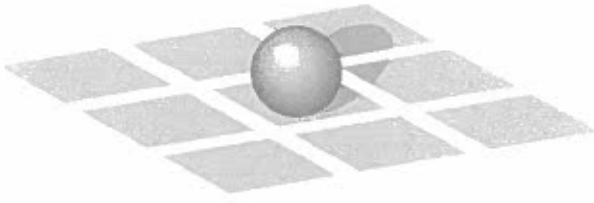
Normstelling is voorbehouden aan het bevoegde gezag. In deze rapportage wordt daarom slechts een voorstel gepresenteerd voor de geluidnormering. Als normstelling voor vergunningplichtige inrichtingen wordt veelal een etmaalwaarde gehanteerd van 50 dB(A) op de gevels van woningen van derden. De Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening³ geeft voor een rustige woonwijk in stad een grenswaarde van 40 dB(A) voor de nachtperiode. De grenswaarden uit de Handreiking houden echter geen rekening met de windsnelheidsafhankelijkheid. De WNC40 is daarom een meer logische normstelling voor de woningen in de Stad van de Zon.

Het referentieniveau, het L_{95} van het achtergrondgeluidniveau speelt, in het geval dat de gemeente nog geen geluidsbeleidsplan heeft vastgesteld, ook een rol bij de bepaling van het toelaatbare geluidniveau. Daarom is in dit onderzoek een inschatting gemaakt van het heersende referentieniveau in relatie tot de windsnelheid. In de concepttekst van de nieuwe Handreiking Industrielawaai (HIL, versie 5 van 1 juni 2006) wordt overigens minder waarde gehecht aan het referentieniveau en bij voorkeur uitgegaan van de richtwaarden uit de daarin opgenomen tabel 4. De in die tabel genoemde grenswaarden zijn 5 dB hoger dan het L_{ref} in het gebied.

1 Inrichtingen en Vergunningenbesluit milieubeheer, Besluit van 5 januari 1993, houdende uitvoering van de hoofdstukken 1 en 8 van de Wet milieubeheer en hoofdstuk V van de Wet geluidhinder.

2 Besluit voorzieningen en installaties milieubeheer, 30 oktober 2001, Staatsblad 2001 487.

3 Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening, een uitgave van VROM, oktober 1998



2. Akoestisch onderzoek

2.1 Geluidbronnen

Bij lage windsnelheden draait de turbine met een laag toerental, bij hogere windsnelheden neemt het toerental toe. Door bij lage windsnelheden het toerental te verlagen daalt de bronsterkte. Dit is een gunstige eigenschap van deze turbine: juist bij lage windsnelheden is de kans op eventuele hinder het grootst omdat dan de referentieniveaus het laagst zijn. Bij hogere windsnelheden wordt het turbinegeluid eerder gemaskeerd door windgeluid rondom obstakels zoals gebouwen en beplanting.

Door WIND-consult GmbH zijn geluidmetingen verricht aan de E-70 E4 2.3 MW turbine. De bronsterkte bedraagt volgens meetrapport 049SE206/01⁴ bij een windsnelheid van 7 m/s boven een vlak landbouwgebied 100,9 dB(A). De rotorhoogte bedroeg 99 m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 2 dB(A)/m/s. Op enige afstand waren er geen duidelijk hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

De E-70 kan ook ingesteld worden op een stillere mode III en het geluidniveau kan ook verlaagd worden door het terugregelen van het vermogen en het toerental van de rotor. In dit onderzoek is uitgegaan van de volgende instellingen van de turbines:



- Turbine 1 is in de dag en avondperiode ingesteld op mode II en in de nachtperiode op mode III en een verder verlaagde bronsterkte.
- Turbine 2 en turbine 3 zijn gedurende het gehele etmaal ingesteld op mode II.

2.2 Representatieve bedrijfsomstandigheden

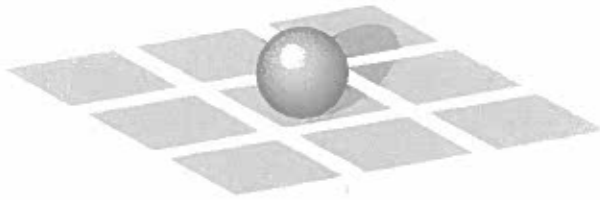
Bij een windsnelheid van circa 3 m/s komt een turbine in bedrijf. Bij toenemende windsnelheid neemt de geluidproductie toe terwijl het referentieniveau ook toeneemt als gevolg van het door de wind opgewekte geluid (turbulentie rond obstakels). Hoewel een turbine dus niet altijd in werking is, wordt er voor de beoordeling toch van uitgegaan dat deze het gehele etmaal in bedrijf is. Dit zal namelijk vaak genoeg voorkomen.

2.3 Achtergrondgeluidniveau

In de nabije omgeving zijn door VGA nachtelijke geluidmetingen uitgevoerd. De meetlocaties mp1-3 zijn aangegeven in figuur 1. De metingen zijn uitgevoerd op woensdag 9 augustus 2006 tussen 02:00 en 04:00 uur. Tijdens de metingen was er geen neerslag, de bewolingsgraad was circa 6/8, de temperatuur 16°C en de windsnelheid circa 2 m/s. De windrichting was variabel. De meethoogte was maaiveld +5 m.

Het achtergrondgeluid werd hoofdzakelijk bepaald door wegverkeer op de N242 en enige windruis door de hoge bomen aan de Middenweg. Omdat tussen 02:00 en 04:00 uur de verkeersintensiteit minimaal is, zal het achtergrondgeluidniveau over de gehele nacht gemiddeld wat hoger zijn.

⁴ Noise emission of wind turbine ENERCON E-70 E4 2.3 MW mode II, WIND-consult GmbH, 2006-03-16



Van het heersende geluidniveau is een groot aantal monsters genomen (elk seconde een meting). Door statistische analyse is het L_{95} van de meetwaarden vastgesteld. De resultaten zijn vermeld in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: meetresultaten in dB(A).

mp	tijd	L_5	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{95}	L_{Aer}
1	02:15-02:45	43,5	41,1	38,2	35,7	35,3	39,6
2	03:00-03:30	51,5	48,7	40,8	37,8	37,3	45,7
3	03:45-04:15	42,8	41,4	37,8	34,6	33,8	38,7

Bij hogere windsnelheden zijn geen metingen uitgevoerd maar het referentieniveau is dan goed te bepalen op basis van metingen in vergelijkbare situaties en op basis van literatuurgegevens.

Het referentieniveau bij de woningen van derden wordt bepaald door:

- omgevingseigen geluidbronnen;
- windgeluid rondom de woning;
- windgeruis door aanwezige beplanting en andere obstakels.

2.3.1 Omgevingseigen geluidbronnen

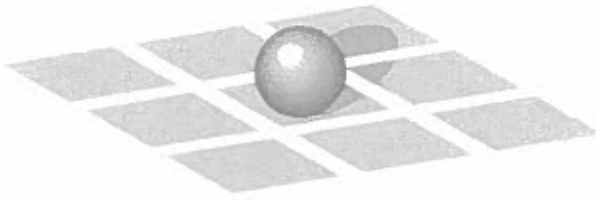
Het referentieniveau vanwege omgevingseigen geluidbronnen in de nachtperiode is gemeten. Het achtergrondgeluidniveau L_{95} is afhankelijk van de afstand tot de weg N242 en bedraagt 34 tot 37 dB(A), zie Tabel 2-1. De waarde bij ontvangerpunt 1 is in Grafiek 2-1 met de horizontale lijn "ref" aangegeven. Overdag en in de avond zullen de referentieniveaus hoger zijn door de hogere verkeersintensiteiten.

2.3.2 Windgeluid rondom een woning

Naast het referentieniveau veroorzaakt door omgevingseigen geluidbronnen treedt er windgeluid op dat het referentieniveau verhoogt bij toenemende windsnelheid. Dit wordt veroorzaakt door turbulentie rondom gebouwen en beplanting. De Handleiding Meten en Rekenen Turbinegeluid⁵ zegt dat voor een eenvoudige omgeving met alleen één of enkele vrijstaande woningen het L_{95} van het door de wind opgewekte omgevingsgeluid bij een windsnelheid van 7 m/s op 10 m hoogte circa 37 dB(A) bedraagt.

Ook het Nederlands Akoestisch Genootschap heeft gepubliceerd over het niveau van het door de wind opgewekte geluid. De gebogen blauwe lijn "wind" in Grafiek 2-1 toont de afhankelijkheid van het geluiddrukkniveau voor de muur buiten een boerderij aan de lijzijde van de wind als functie van de windsnelheid. Deze boerderij stond in een vlak veld en was niet omgeven door bomen of andere obstakels. De resultaten komen overeen met die van TNO. De waarden van "wind" bij windsnelheden lager dan 5 m/s zijn niet door het NAG gerapporteerd. Vermoedelijk is dit niet gebeurd omdat bij deze lage geluidniveaus al snel te veel stoorge-luid is. De waarden bij 2 tot 4 m/s zijn daarom geëxtrapoleerd.

⁵ Handleiding Meten en Rekenen Windturbinegeluid, concept TNO-rapport TPD-HAG-RPT-90-0131, 31 oktober 1990.



2.3.3 Windgeluid rondom beplanting

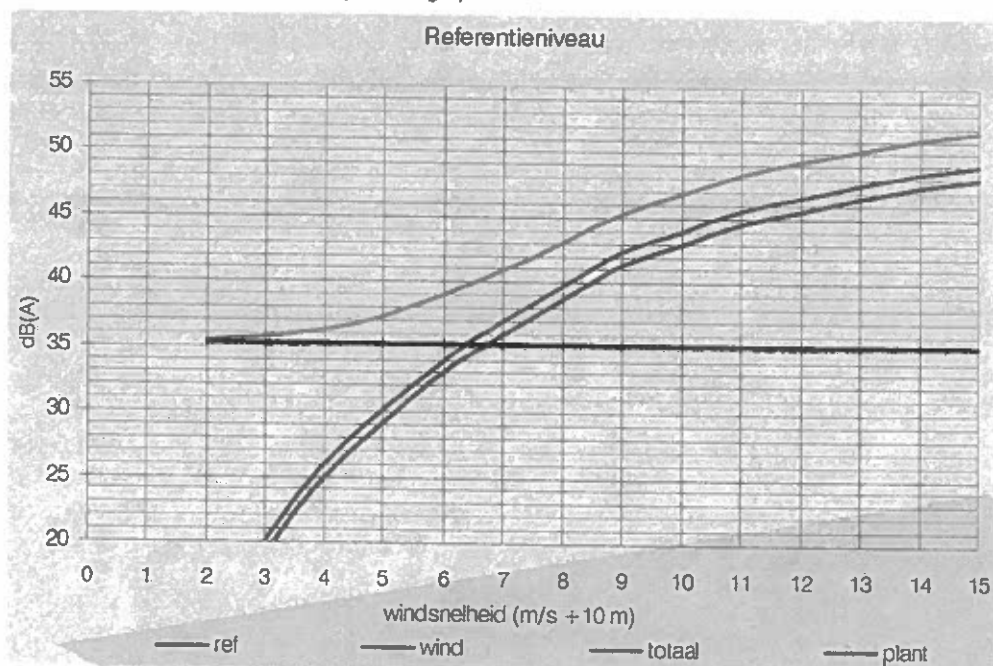
In een omgeving met meer bebouwing, bomen of struiken is het geluidniveau belangrijk hoger. De woningen aan de Middenweg zijn omgeven door hoge beplanting. Het niveau van het windgeluid als gevolg van de aanwezige beplanting en obstakels is geschat volgens de methode uit de Handleiding Meten en Rekenen Turbinegeluid. Het L_{95} van het windgeluid vanwege deze beplanting bedraagt 42 tot 45 dB(A) bij de ontvangerpunten 1, 3, 4, 5, 6 en 7 bij een windsnelheid van 7 m/s. Als de bomen bladerloos zijn zal het geluidniveau lager zijn, uitgegaan is van een daling met 4 dB.

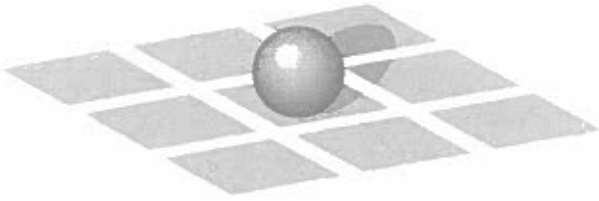
Aan de waterkant bij Stad van de Zon is er enige oeverbeplanting (riet ruist sterk in de wind) maar bij ontvangerpunt 2 is (nog) nauwelijks beplanting en openbaar groen aanwezig. Wel is hier meer bebouwing en zijn er veel obstakels zoals geparkeerde auto's. Hier zal minder windgeruis door beplanting en obstakels optreden dan bij de andere ontvangerpunten. Op basis van praktijkervaringen wordt er van uitgegaan dat de windruis rond deze beperkte beplanting en door obstakels 36 dB(A) bedraagt bij een windsnelheid van 7 m/s. Ontvangerpunt 2 is kritisch voor de toetsing omdat het referentieniveau hier het laagst is. Bij ontvangerpunt 2a worden hogere referentieniveaus verwacht omdat de afstand tot de oever (met golfslag en oeverbeplanting) korter is en omdat in de tuin bij de toekomstige woning beplanting zal zijn.

De groene curve "plant" in Grafiek 2-1 geeft de niveaus weer van het windgeruis wat door beplanting en obstakels wordt veroorzaakt. De relatie van het niveau met de windsnelheid is ontleend aan de kromme "wind".

Bovenstaande benadering leidt voor ontvangerpunt 2 tot een relatie tussen het referentieniveau en de windsnelheid volgens de rode kromme "totaal" in Grafiek 2-1. Bij de andere ontvangerpunten zullen de referentieniveaus hoger zijn.

Grafiek 2-1: Referentieniveau nabij ontvangerpunt 2





2.4 Invoer rekenmodel

Van de situatie is een akoestisch rekenmodel opgebouwd met behulp van het programma *Geonnoise*[®] versie 5.31 van dgmr. Hiermee zijn de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{A,LT}$ berekend die optreden bij een windsnelheid V_{10} van 7 m/s. Geluidniveaus bij andere windsnelheden worden afgeleid uit de relatie tussen bronsterkte en windsnelheid. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform de *Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999*⁶ (HMRI) volgens methode II.8.

De geometrie van de omgeving is vastgesteld aan de hand van kaartmateriaal, luchtfoto's en een verkenning ter plaatse. De bodem is als akoestisch absorberend ($B=1$) ingevoerd terwijl relevante wegen en wateroppervlakken als akoestisch reflecterend ($B=0$) zijn gemodelleerd.

Het gebied achter de eerstelijnsbebouwing van Stad van de Zon en van het bedrijventerrein Beverkoog is in het rekenmodel ingevoerd als een bebouwingsgebied met een demping van 2 dB.

De windturbines zijn akoestisch gemodelleerd als rondom uitstralende puntbronnen ter hoogte van de rotoras ($h_b=86$ m). Turbine 1 is gemodelleerd met twee puntbronnen. In de dag en avondperiode is bron 1 in bedrijf. In de nachtperiode is de gereduceerde bron 1n in bedrijf. De reductie van de bronsterkte gaat gepaard met enig productieverlies.

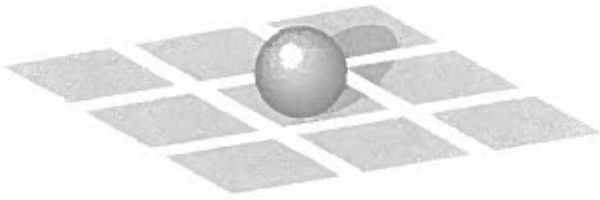
- De bronsterkten L_{WR} zijn opnieuw berekend volgens methode II.2 uit de HMRI. Deze Nederlandse methode houdt –in tegenstelling tot de IEA-methode⁷– wel rekening met luchtdemping. Rekening is gehouden met een bodemeffect van 6 dB(A) volgens de IEA-methode.
- De bronsterkten zijn gecorrigeerd voor een windsnelheid $V_{10}=7$ m/s boven een terrein met een ruwheidslengte van $Z_0=0,1$ m. Hierbij is rekening gehouden met het variëren van het toerental en met de instelling van de turbine in een bepaalde mode.
- De bronsterkten zijn gecorrigeerd voor een ashoogte van 86 m. Op deze hoogte waait het iets minder hard dan op de ashoogte waarbij de bronsterktemetingen zijn uitgevoerd.

In het akoestische model zijn ontvangerpunten gedefinieerd ter plaatse van nabijgelegen geluidgevoelige bestemmingen van derden:

- Het ontvangerpunt 1 ligt bij een bedrijfswoning aan de Marterkoog te Alkmaar, circa 360 m ten westen van turbine 2.
- Het ontvangerpunt 2 ligt bij een woning Stad aan de Zon, circa 320 m ten zuidoosten van turbine 1. Dit ontvangerpunt wordt representatief geacht voor de andere hier nabij gelegen woningen. Hier is ook een rekenpunt gelegd op een hoogte van 10 m boven het maaiveld.
- Het ontvangerpunt 2a ligt bij een toekomstige woning Stad aan de Zon, circa 295 m ten zuidoosten van turbine 1. Deze woning komt op een schiereilandje.
- Het ontvangerpunt 3 ligt bij een woning aan de Middenweg, circa 400 m ten zuidoosten van turbine 2. Dit ontvangerpunt wordt ook representatief geacht voor de andere hier nabij gelegen woningen.

⁶ Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, 1999, een uitgave van het ministerie van VROM, ISBN 90-422 02327.

⁷ Acoustics, measurement of noise from wind turbines, International Energy Agency.



- Het ontvangerpunt 4 ligt bij een boerderij aan de Middenweg, circa 440 m ten oosten van turbine 3.
- Het ontvangerpunt 5 ligt bij een boerderij aan de Middenweg, circa 430 m ten oosten van turbine 3.
- Het ontvangerpunt 6 ligt bij een boerderij aan de Middenweg, circa 34 m ten zuidoosten van turbine 3.
- Het ontvangerpunt 7 ligt bij een woning aan de Huygendijk, circa 215 m ten zuidwesten van turbine 3.

De ontvangerpunten zijn aangegeven in figuur 2 en hebben twee of drie ontvan-gerhoogten boven het plaatselijke maaiveld. Beoordeeld worden de geluidni-veaus op plaatsen waar personen kunnen verblijven. Voor de dagperiode is dit de begane grond (+1,5 m). Voor de avond en nachtperiode is dit ter hoogte van verblijfruimten in de woning (+5 m voor een woning met twee woonlagen). Het rekenresultaat is het niveau van het invallende geluid (dus exclusief een eventue-lijke bijdrage door reflectie tegen de achterliggende gevel).

Gedetailleerde akoestische informatie over de in het rekenmodel ingevoerde objecten vindt u in bijlage 1.

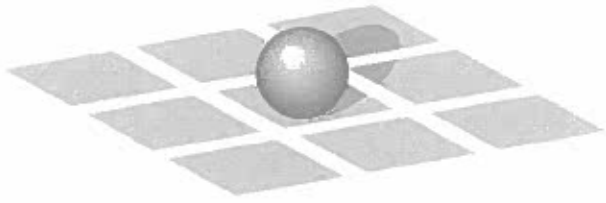
2.5 Rekenresultaten

In Tabel 2-2 zijn per ontvangerpunt vermeld: een volgnummer en de langtijdge-middelde geluidniveaus $L_{A,r,L,T}$ die daar optreden bij een windsnelheid $V_{10}=7$ m/s in de dag-, avond- en nachtperiode. De etmaalwaarde L_{etmaal} is hier het geluidni-veau in de nachtperiode vermeerderd met 10 dB(A). Een etmaalwaarde van 53 dB(A) komt overeen met de WNC40 bij $V_{10}=7$ m/s.

Tabel 2-2: rekenresultaten akoestisch onderzoek.

punt nr.	dag +1,5 m dB(A)	avond +5 m dB(A)	nacht +5 m dB(A)	etmaal dB(A)
1	38,0	40,9	40,76	51
2	38,3	41,8	40,7	51
2a	42,0	42,9	41,5	52
3	38,5	41,3	40,9	51
4	37,1	40,1	39,9	50
5	37,9	39,6	39,4	49
6	38,5	40,3	40,2	50
7	40,3	43,0	43,0	53

De hoogste beoordelingsniveaus treden op ter plaatse van de woning bij ontvan-gerpunt 7. In figuur 2 zijn de bijbehorende 48 en 53 dB(A) etmaalwaardecontou-ren weergegeven zoals die optreden op een waarneemhoogte van 5 m en bij een windsnelheid $V_{10}=7$ m/s.

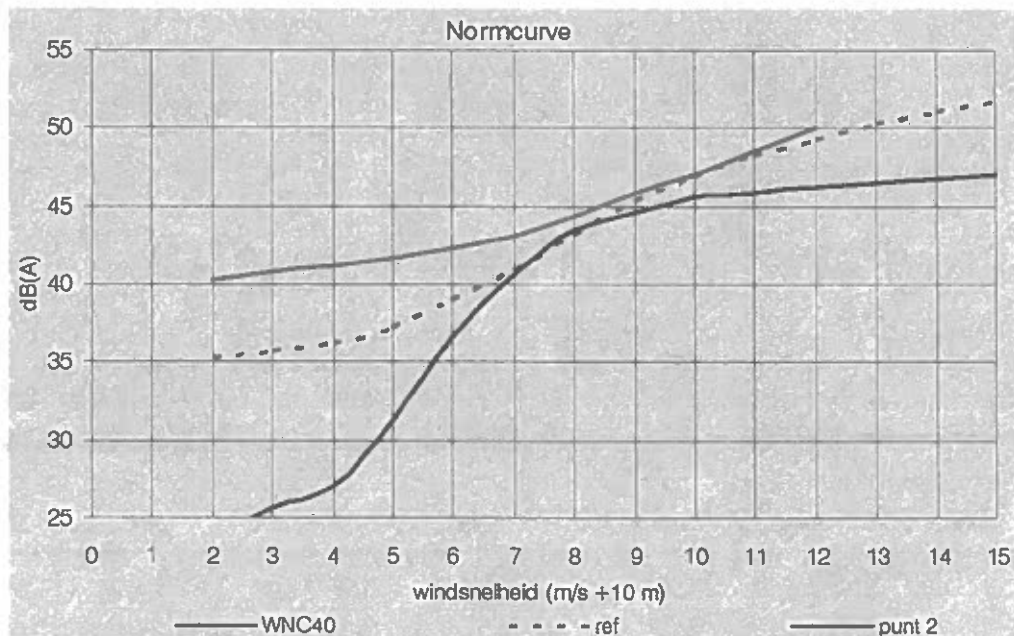


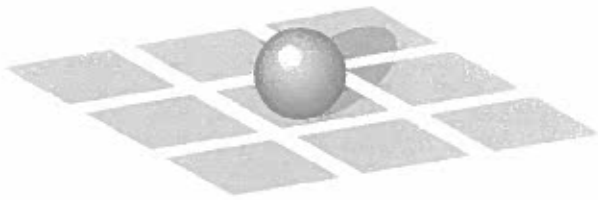
2.6 Beoordeling

In Grafiek 2-2 worden de optredende nachtelijke beoordelingsniveaus, ter plaatse van ontvangerpunt 2 vergeleken met de normcurve WNC40 en met het referentieniveau ter plaatse. Bij windsnelheden tussen 7 en 9 m/s is het geluidniveau op ontvangerpunt 2 vanwege het windpark vrijwel gelijk aan het referentieniveau. Bij lagere en hogere windsnelheden is het geluidniveau lager dan het referentieniveau. Aan de gangbare WNC40 wordt voldaan.

Ter plaatse van ontvangerpunt 2a is het geluidniveau vanwege het windpark 0,8 dB hoger dan bij rekenpunt 2. Omdat ontvangerpunt 2a op een kortere afstand ligt van de waterkant (golflslag en oeverbeplanting) en ook omdat bij deze woning een tuin met beplanting zal komen, zal het referentieniveau van het omgevingsgeluid bij de hogere windsnelheden hoger zijn dan bij ontvangerpunt 2. Een overschrijding van het referentieniveau is hier dan ook niet te verwachten en ook aan de WNC40 zal hier worden voldaan.

Grafiek 2-2: normcurve.





3. Onderzoek slagschaduw

3.1 Normstelling

Schaduweffecten van een draaiende windturbine kunnen hinder veroorzaken bij mensen. De flikkerfrequentie, het contrast en de tijdsduur van blootstelling zijn van invloed op de mate van hinder die ondervonden kan worden. Bekend is dat flikkerfrequenties tussen 2,5 en 14 Hz als erg storend worden ervaren en schadelijk kunnen zijn. Een groter verschil tussen licht en donker (meer contrast) wordt als hinderlijker ervaren. Verder speelt de blootstellingsduur een grote rol bij de beleving.

Voor de normstelling wordt voorgesteld aan te sluiten bij de AMvB V&I. In deze AMvB is in bijlage 1 onder 5.1.4 voorgescreven dat een turbine is voorzien van een automatische stilstandsvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt voor zover de afstand tussen de turbine en de woning minder bedraagt dan twaalf maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden⁸. In het kader van dit onderzoek wordt dit AMvB-voorschrift als volgt geïnterpreteerd:

- Bij de beoordeling worden alleen woningen van derden betrokken.
- De eventuele schaduw van turbines op een grotere afstand dan twaalf maal de rotordiameter wordt verwaarloosd.
- Schaduw bij een zonnestand lager dan vijf graden wordt als niet-hinderlijk beoordeeld. Bij zonsopkomst en zonsondergang is het licht vrij diffuus en wordt de turbine vaak aan het zicht onttrokken door gebouwen en begroeiing.
- Bij een windpark worden de schaduwduren en schaduw dagen van afzonderlijke turbines opgeteld voor zover de schaduwen elkaar niet overlappen.
- Er is geen stilstandsvoorziening nodig als de gemiddelde duur van hinderlijke schaduw minder is dan 5:40 uur per jaar. Dit is een strengere beoordeling dan volgens de AMvB omdat de AMvB nog een kortere slagschaduwduur dan 20 minuten aanvaardbaar acht buiten de periode van 17 dagen met meer dan 20 minuten slagschaduwhinder.

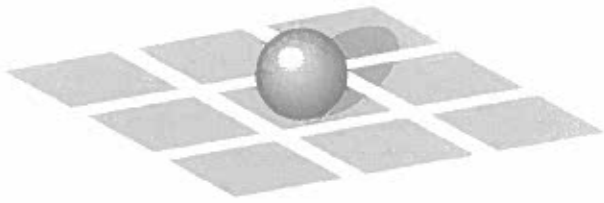
3.2 Schaduwgebied

Bij de opkomst en de ondergang van de zon kan de schaduw van een turbine aan de westkant en aan de oostkant ver reiken. Op afstanden groter dan twaalf maal de rotordiameter (852 m) wordt de slagschaduw echter niet meer als hinderlijk beoordeeld. Aan de noordzijde wordt het schaduwgebied begrensd omdat de zon in het zuiden altijd hoog staat. Aan de zuidzijde treedt nooit schaduw op omdat de zon nooit in het noorden staat.

3.3 Potentiële schaduw

Op basis van de turbineafmetingen, de gang van de zon op deze locatie en een minimale zonshoogte van vijf graden, zijn de dagen en tijden berekend waarop slagschaduw kan optreden. De gang van de zon is voor alle dagen van het jaar bepaald met een astronomisch rekenmodel waarbij rekening is gehouden met de betreffende locatie (noorderbreedte en oosterlengte) op de aarde. Deze potentiële

⁸ Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar het besluit.

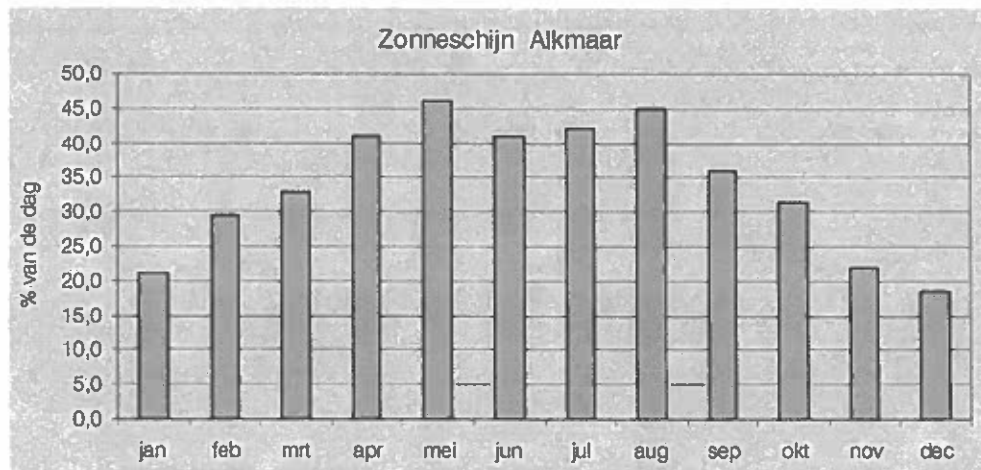


le hinderduur is een theoretisch maximum. Hieruit is de verwachte hinderduur berekend door het toepassen van correcties. Als gevolg van deze correcties is de verwachte hinderduur aanmerkelijk korter dan de potentiële hinderduur.

3.3.1 Zonneschijn

Schaduw is er alleen als de zon schijnt. Deze correctie is gebaseerd op het percentage van de daglengte dat de zon gemiddeld schijnt in dit gebied en in de betreffende maand. De percentages worden ontleend aan meerjarige data van nabijgelegen meteostations.

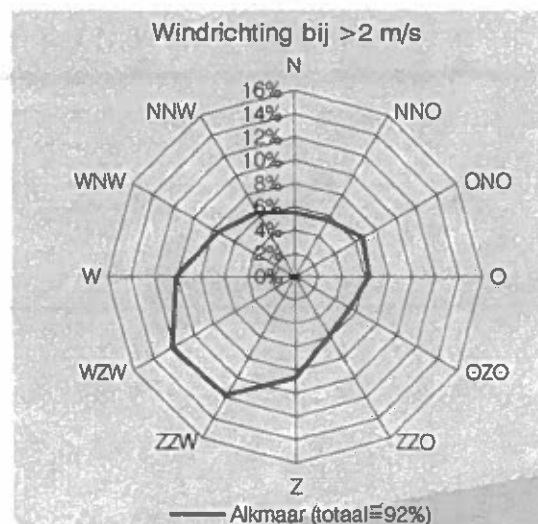
Grafiek 3-1: percentage zonneschijn.



3.3.2 Oriëntatie

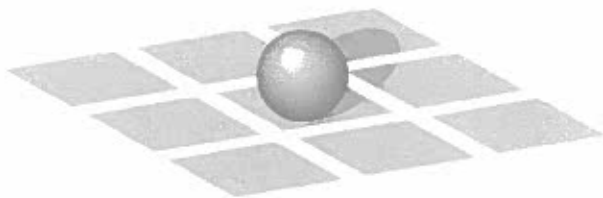
Het rotorvlak staat niet altijd haaks op de schaduwrichting waardoor de hinderduur wordt beperkt. Als het rotorvlak evenwijdig staat aan de schaduwrichting treedt er geen of nauwelijks lichtflikkering op. Deze correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windrichtingen. De gegevens worden ontleend aan meerjarige data van nabijgelegen meteostations waarbij alleen de windsnelheden boven 2 m/s zijn betrokken. Afhankelijk van de richting van waaruit de turbine wordt gezien ligt deze correctie tussen 55% en 75%.

Grafiek 3-2: Distributie windrichtingen.



3.3.3 Bedrijfstijd

Slagschaduw hinder treedt alleen op als de rotor draait. De correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windsnelheden. Windturbines zijn veelal 80% tot 95% van de tijd in bedrijf.



3.4 Rekenresultaten

Van het windpark zijn de cumulatieve schaduwduren in het omliggende gebied berekend. In figuur 3 is met een groene, blauwe en een rode isolijn aangegeven waar de totale jaarlijkse verwachte hinderduur 0, 5 of 15 uur bedraagt. Overschrijding van de norm voor de jaarlijkse hinderduur kan optreden bij de woningen binnen de blauwe 5 uurcontour. Bij woningen buiten de blauwe 5 uurcontour wordt aan de norm voor de maximale hinderduur voldaan.

De nauwkeurigheid waarmee de potentiële hinderduur is berekend is relatief hoog. Deze nauwkeurigheid is afhankelijk van de invoer van de geometrie en van de nauwkeurigheid waarmee de zonnestand wordt bepaald. De correcties om te komen tot de verwachte hinderduur zijn echter een voorspelling op basis van de geschiedenis. De meteogegevens zijn bepaald op basis van gemiddelde gemeten data over twintig jaar. De verwachting is dat in de toekomst deze gemiddelden over langere perioden niet veel zullen veranderen maar dit blijft onzeker. Maar in het weer treden er grote dagelijkse verschillen op en ook variëren de jaargemiddelde gegevens nog behoorlijk.

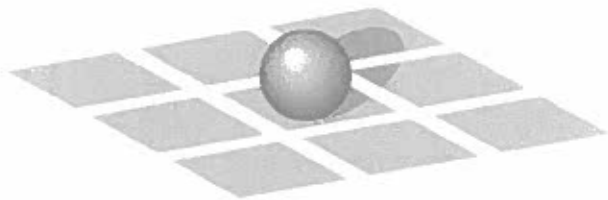
3.5 Hinderduur bij woningen

De verwachte jaarlijkse hinderduur bij een aantal woningen A-L (zie figuur 3) is berekend. Bij andere woningen is de hinderduur minder. Sommige rekenpunten worden representatief geacht voor meerdere woningen nabij die rekenpunten. Bij de beoordeling van slagschaduw hinder wordt niet uitgegaan van een bepaalde positie maar van een gevelvlak dat alle ramen omvat. Vanwege de afmetingen van dat vlak duurt de schaduwpassage langs het vlak wat langer dan de passage langs een punt. Voor de gevelhoogte is uitgegaan van 5 m en voor de geprojecteerde breedte van het gevelvlak is 8 m aangehouden. In de berekening van de contouren is met deze afmetingen geen rekening gehouden.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen. In Tabel 3-1 is per woning aangegeven: de potentiële jaarlijkse hinderduur, het aantal dagen waarop hinder kan optreden, de maximale passageduur van de schaduw langs de gevel en de verwachte hinderduur per jaar (tijden in uu:mm).

Tabel 3-1: totale jaarlijkse schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
A	56:47	121	0:51	12:19
B	44:07	105	0:40	10:19
C	26:04	76	0:27	6:05
D	65:48	110	0:55	14:42
E	25:50	60	0:35	6:15
F	25:34	72	0:28	5:56
G	25:12	81	0:30	5:39
H	48:40	115	0:41	11:22
I	55:47	105	0:46	12:41
J	27:04	52	0:41	5:51
K	33:59	63	0:43	8:26
L	51:00	72	0:53	11:50



Binnen een afstand van 410 m vanaf de turbine kan de zon volledig bedekt worden door het rotorblad. De rotor moet dan haaks staan op de richting van de zon. De schaduw is dan maximaal en wordt als meer hinderlijk ervaren. Op grotere afstanden is de schaduw nooit volledig.

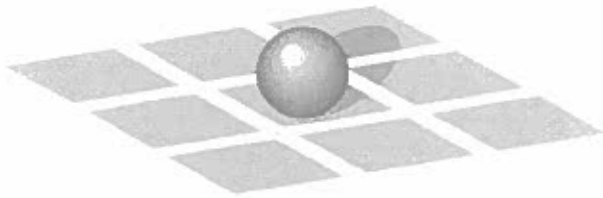
De frequenties van de lichtflikeringen ligt tussen 0,3 en 1 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Bij de bepaling van de schaduwduren is geen rekening gehouden met eventuele beplanting en gebouwen die het zicht kunnen belemmeren. Hierdoor kan de hinder worden beperkt.

In Tabel 3-2 zijn de verwachte jaarlijkse hinderduren per turbine weergegeven en in de meest rechtse kolom staat het totaal van het windpark. Het totaal kan lager zijn dan de som van de afzonderlijke turbines als er overlap optreedt. De **vetgedrukte** tijden duiden op een overschrijding van de norm voor de jaarlijkse hinderduur vanwege het gehele windpark.

Tabel 3-2: verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
A	0:24	10:47	1:08	12:19
B	9:03	1:16	--	10:19
C	6:05	--	--	6:05
D	12:10	2:32	--	14:42
E	--	6:15	--	6:15
F	--	5:56	--	5:56
G	--	4:42	0:57	5:39
H	--	10:18	1:04	11:22
I	--	11:14	1:27	12:41
J	--	--	5:51	5:51
K	--	--	8:26	8:26
L	--	--	11:50	11:50

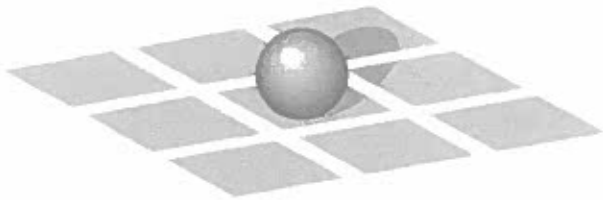


3.6 Maatregelen

Om te voldoen aan de voorgestelde norm voor de jaarlijkse hinderduren, moeten de turbines worden voorzien van een stilstandsregeling die de rotor stopt. In de turbinebesturingen worden hiervoor blokken van dagen en tijden volgens Tabel 3-3 geprogrammeerd waarin de rotor wordt gestopt als de zon schijnt. De tijden zijn in MET (wintertijd).

Tabel 3-3: stilstandstijden per turbine.

	van	tot	stop	start
woning	turbine 1 verwachte jaarlijkse netto stilstand 64 uur, 0,73% verlies			
BCD	24-apr	12-mei	18:43	19:41
	13-mei	14-jun	18:44	20:16
	15-jun	1-aug	18:54	20:19
	2-aug	19-aug	18:54	19:48
woning	turbine 2 verwachte jaarlijkse netto stilstand 83 uur, 0,95% verlies			
A	29-mrt	2-mei	6:51	7:43
	11-aug	14-sep	6:52	7:44
EFGHI	23-apr	9-mei	18:46	19:33
	10-mei	1-jun	18:45	20:05
	2-jun	16-jul	18:59	20:19
	17-jul	3-aug	18:56	20:08
	4-aug	20-aug	18:56	19:42
woning	turbine 3 verwachte jaarlijkse netto stilstand 56 uur, 0,64% verlies			
JK	19-mrt	8-apr	17:37	18:18
	9-apr	13-apr	17:42	18:49
	14-apr	8-mei	18:11	18:53
	4-aug	30-aug	18:15	18:58
	31-aug	4-sep	17:37	18:48
	5-sep	24-sep	17:28	18:10
L	17-mei	1-jun	19:01	19:46
	2-jun	12-jul	19:01	19:56
	13-jul	27-jul	19:10	19:54



4. Bespreking

Het nachtelijke langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ae,LT}$ vanwege het Windpark Westerweg bedraagt maximaal 43 dB(A) ter plaatse van nabij gelegen woningen van derden (ontvangerpunt 7). Bij de woningen in de Stad van de Zon bedraagt het nachtelijke geluidniveau maximaal 42 dB(A) (rekenpunt 2a). In de avondperiode is het geluidniveau hier 43 dB(A). Deze niveaus treden op bij een windsnelheid $V_{10}=7$ m/s en op een waarneemhoogte van 5 m boven maaiveld. Aan de gangbare geluidnorm WNC40 uit de AMvB Voorzieningen en Installaties milieubeheer wordt bij alle woningen van derden voldaan. Aannemelijk is dat ter plaatse van woningen het referentieniveau van het omgevingsgeluid ook niet wordt overschreden. Om dit te bereiken wordt turbine 1 in de nachtperiode ingesteld op een lagere productie met een verlaagde bronsterkte.

Ter plaatse van de woningen bij de rekenpunten A-L wordt jaarlijks gedurende meer dan 5:40 uur slagschaduw hinder verwacht. Om te voldoen aan de voorgestelde norm moeten de turbines worden voorzien van een automatische voorziening die de rotor stopt als er daar slagschaduw hinder optreedt. Zeer hinderlijke flikkerfrequenties boven 2,5 Hz komen niet voor.



Van Grinsven Advies,
L.A.M. van Grinsven.



bijlage 1 : objecten rekenmodel

Bodemgebieden

Id	Omschr.	X-1	Y-1	Bf
1	recreatieplas	115337,49	518777,04	0,00
2	water	115353,99	517723,33	0,00
3	Westerweg N242	114364,45	516486,66	0,00
4	Middenweg	114812,05	517296,15	0,00
5	Kanaal	114242,30	516930,39	0,00

Bebouwingsgebieden

Id	Omschr.	X-1	Y-1	D 31	D 63	D 250	D 125	D 500	D 1k	D 2k	D 4k	D 8k
1	Stad van de Zon	115393,08	517491,45	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2	bedrijventerrein	113783,32	517352,33	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

Ontvangerpunten

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte A	Hoogte B	Hoogte C	Gevel
1	bedrijfswoning Marterkoog	114492,80	517912,80	1,50	5,00	--	--
2	Stad van de Zon	115374,04	518148,95	1,50	5,00	10,00	--
2a	woning op schiereiland	115324,73	518132,32	1,50	5,00	--	--
3	boerderij Middenweg	115172,84	517664,19	1,50	5,00	--	--
4	boerderij Middenweg	114985,54	517495,91	1,50	5,00	--	--
5	boerderij Middenweg	114972,61	517396,71	1,50	5,00	--	--
6	boerderij Middenweg	114855,60	517298,17	1,50	5,00	--	--
7	Huygendijk 16	114442,03	517255,52	1,50	5,00	--	--
mp1	meelpunt Stad van de Zon	115359,54	518110,20	5,00	--	--	--
mp2	meelpunt Middenweg	114850,26	517337,43	5,00	--	--	--
mp3	meelpunt Beverkoog	114502,16	517933,88	5,00	--	--	--

Rekenraster

Id	Omschr.	X-1	Y-1	Hoogte	Maaiveld	HDef.	DeltaX	DeltaY	X-aantal	Y-aantal
1	grid	113680,65	517203,43	5,00	0,00	Relatief	20	20	128	142

Geluidbronnen, geometrie

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte	Type	Gevel	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)
1n	Enercon E70 E4 2 MW mode III, nacht	115114,91	518338,28	86,00	Normaal	--	--	--	0,00
1	Enercon E70 E4 2.3 MW, dag, avond	115114,91	518338,28	86,00	Normaal	--	0,00	0,00	--
2	Enercon E70 E4 2.3 MW	114850,66	517900,72	86,00	Normaal	--	0,00	0,00	0,00
3	Enercon E70 E4 2.3 MW	114542,00	517446,01	86,00	Normaal	--	0,00	0,00	0,00

Geluidbronnen, bronsterkten

Id	Omschr.	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
1n	Enercon E70 E4 2 MW mode III, nacht	--	86,70	93,00	93,40	91,80	90,10	87,80	86,00	90,00	99,63
1	Enercon E70 E4 2.3 MW, dag, avond	--	84,90	92,20	96,90	96,60	92,30	87,80	85,80	90,50	101,83
2	Enercon E70 E4 2.3 MW	--	84,90	92,20	96,90	96,60	92,30	87,80	85,80	90,50	101,83
3	Enercon E70 E4 2.3 MW	--	84,90	92,20	96,90	96,60	92,30	87,80	85,80	90,50	101,83

Rekenpunten slagschaduw

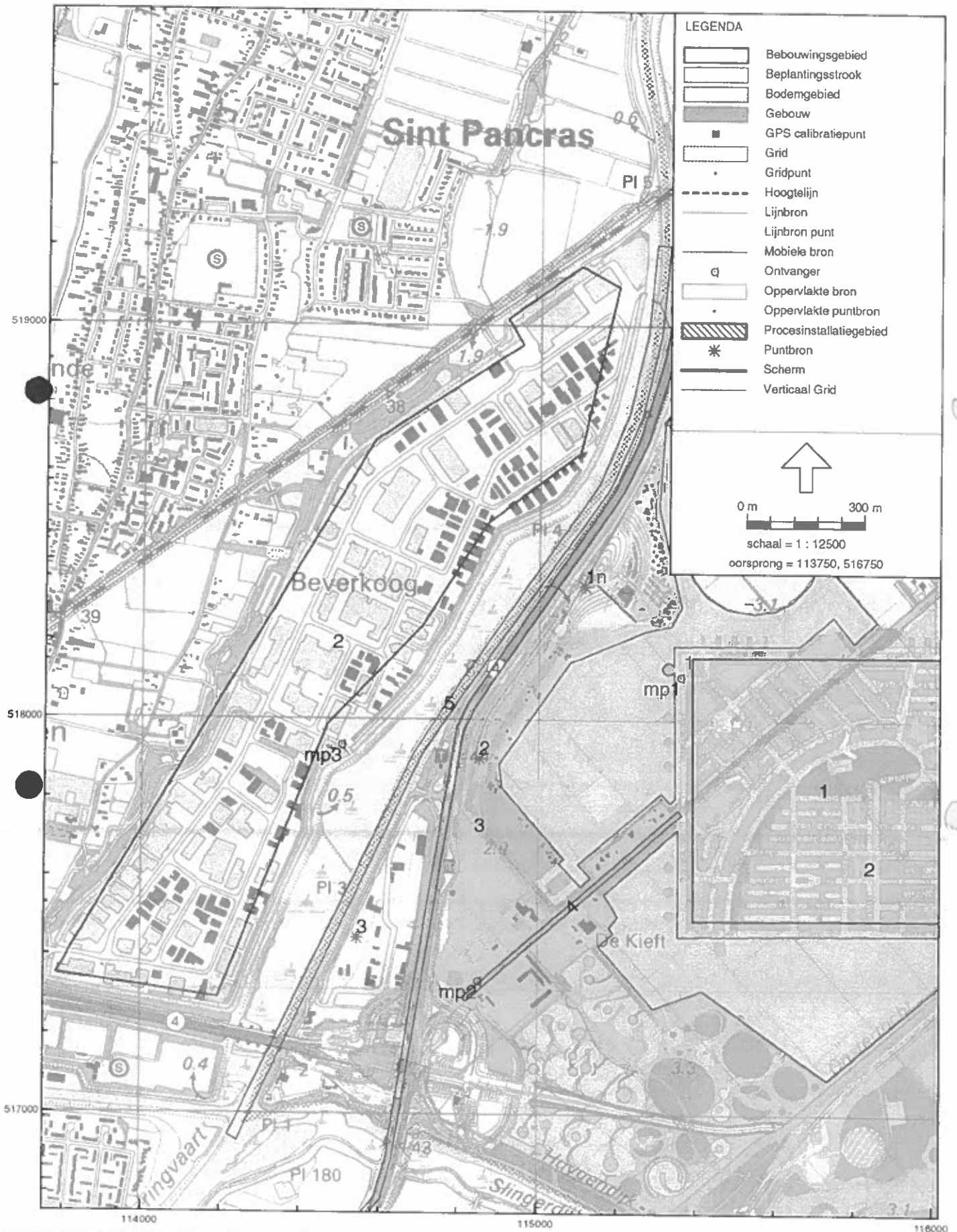
Id	Omschr.	X	Y
A	bedrijfswoning	114493,00	517913,00
B	woning Stad van de Zon	115576,00	518203,00
C	woning Stad van de Zon	115750,00	518004,00
D	woning Stad van de Zon	115409,00	518202,00
E	woning Stad van de Zon	115377,00	517749,00
F	woning Stad van de Zon	115477,00	517560,00
G	woning Stad van de Zon	115380,00	517582,00
H	woning Middenweg	115300,00	517761,00
I	woning Middenweg	115242,00	517715,00
J	woning Middenweg	114985,00	517496,00
K	woning Middenweg	114973,00	517397,00
L	woning Middenweg	114856,00	517298,00



bijlage 2 : rekenresultaten geluidniveaus

Id	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal	Li
1_A	bedrijfswoning Marterkoog	1,50	38,0	38,0	37,9	47,9	38,4
1_B	bedrijfswoning Marterkoog	5,00	40,9	40,9	40,7	50,7	41,2
2a_A	woning op schiereiland	1,50	42,0	42,0	40,8	50,8	43,7
2a_B	woning op schiereiland	5,00	42,9	42,9	41,5	51,5	44,5
2_A	Stad van de Zon	1,50	38,3	38,3	37,6	47,6	40,4
2_B	Stad van de Zon	5,00	41,8	41,8	40,4	50,4	43,4
2_C	Stad van de Zon	10,00	42,0	42,0	40,7	50,7	43,6
3_A	boerderij Middenweg	1,50	38,5	38,5	38,3	48,3	39,1
3_B	boerderij Middenweg	5,00	41,3	41,3	40,9	50,9	41,8
4_A	boerderij Middenweg	1,50	37,1	37,1	37,0	47,0	37,5
4_B	boerderij Middenweg	5,00	40,1	40,1	39,9	49,9	40,4
5_A	boerderij Middenweg	1,50	37,9	37,9	37,8	47,8	38,2
5_B	boerderij Middenweg	5,00	39,6	39,6	39,4	49,4	39,9
6_A	boerderij Middenweg	1,50	38,5	38,5	38,4	48,4	38,8
6_B	boerderij Middenweg	5,00	40,3	40,3	40,2	50,2	40,5
7_A	Huygendijk 16	1,50	40,3	40,3	40,3	50,3	40,4
7_B	Huygendijk 16	5,00	43,0	43,0	43,0	53,0	43,1

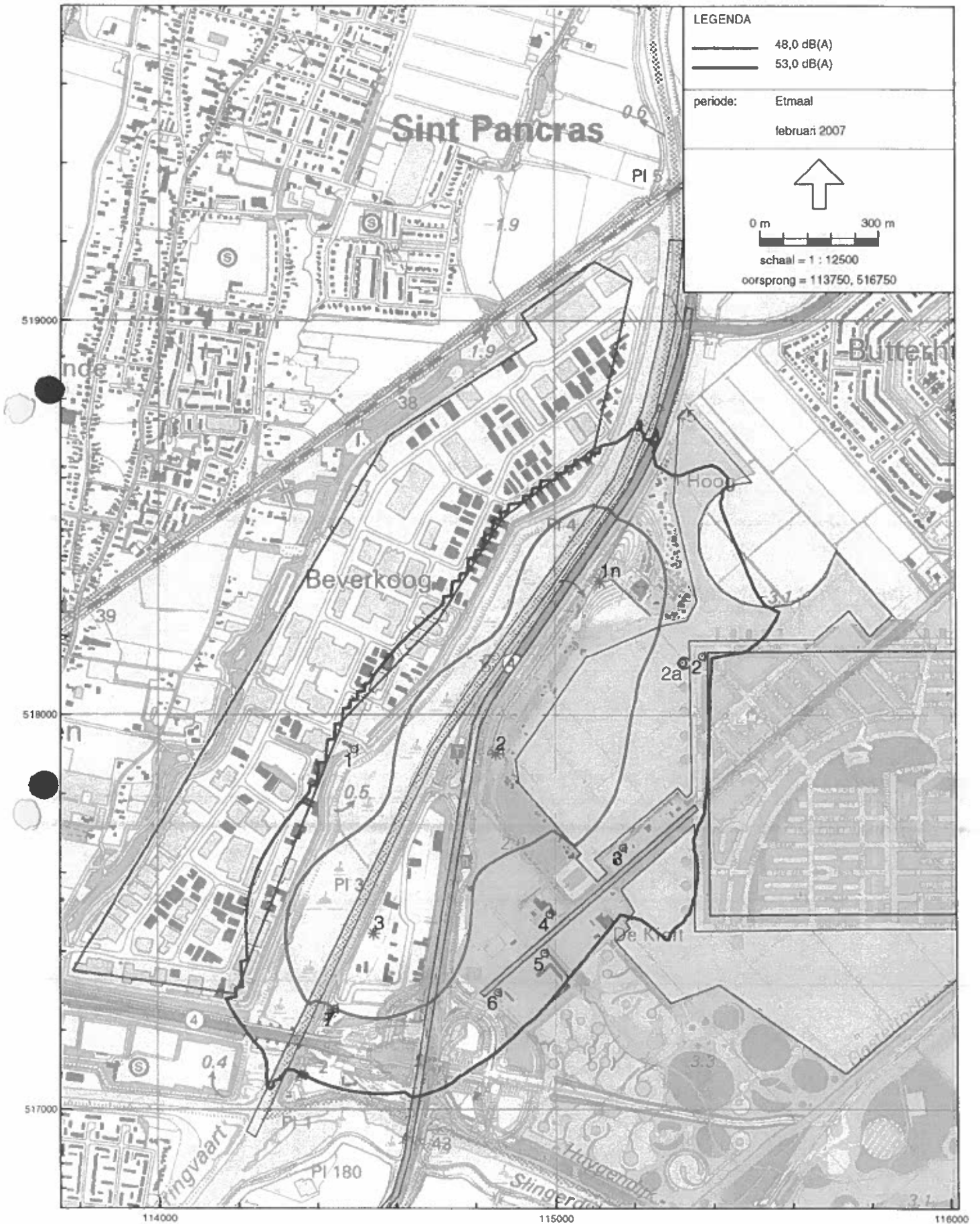
figuur 1 : situatie objecten rekenmodel



Industrielaai - IL, EF-Westerweg - 3x Enercon E70 2.3 MW - februari 2007 [F:WP2006/GN5], Geonose V5.31



figuur 2 : ontvangerpunten en geluidcontouren



Industrielaai - IL, EF-Westerweg - 3x Enercon E70 2.3 MW - februari 2007 [F:\WP2006\GN5], Geonose V5.31

figuur 3 : rekenpunten en schaduwcontouren

groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder jaarlijks

