



VAN  
GRINSVEN  
ADVIES

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

milieuadvies  
akoestisch onderzoek  
energiebesparing  
vergunningaanvragen  
Wet milieubeheer

1789-24

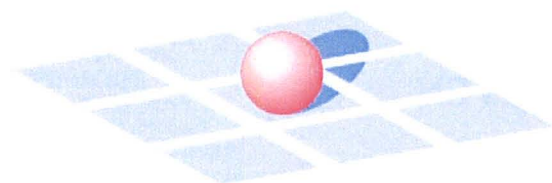
Opdrachtgever: De heer H. Verploegen  
Kooistraat 7  
6645 KT Winssen

Kenmerk: KP-MaasWaal.TS1.doc

Betreft: Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduw hinder voor het windpark "Maas en Waalweg" met zeven windturbines Vestas V90 te Winssen in de gemeente Beuningen. Berekening energieproductie.

Contactpersoon opdrachtgever:  
de heer Verploegen,  
tel: (0487) 53 23 09 en

Behandeld door:  
L. van Grinsven,  
januari 2005.



## Inhoud

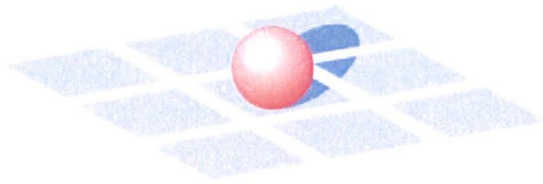
1.	Inleiding .....	1
1.1	Beschrijving van de locatie .....	1
1.2	De windturbines.....	1
2.	Uitgangspunten.....	2
2.1	Regelgeving .....	2
2.2	Omgeving .....	2
3.	Akoestisch onderzoek.....	3
3.1	Geluidbronnen.....	3
3.2	Representatieve bedrijfsomstandigheden.....	3
3.3	Normstelling .....	3
3.4	Invoer rekenmodel.....	4
3.5	Rekenresultaten.....	5
3.6	Beoordeling.....	6
4.	Onderzoek slagschaduw.....	7
4.1	Normstelling .....	7
4.2	Selectie objecten .....	7
4.3	Globaal schaduwonderzoek .....	8
4.4	Nader onderzoek.....	8
4.5	Rekenresultaten.....	9
5.	Energieproductie.....	13
5.1	Windklimaat.....	13
5.2	Opbrengst .....	13
6.	Bespreking.....	15

## Bijlagen

bijlage 1	: objecten rekenmodel.....	16
-----------	----------------------------	----

## Figuren

figuur 1	: situatie objecten rekenmodel.....	17
figuur 2	: rekenpunten en contouren.....	18
figuur 3	: views schaduw .....	19
figuur 4	: detailviews schaduw.....	20



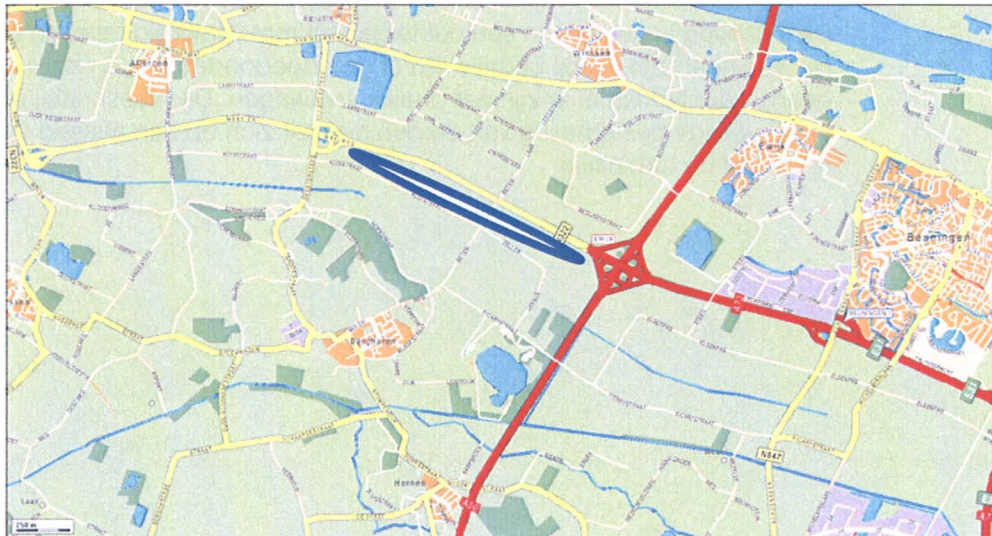
## 1. Inleiding

In opdracht van de heer H. Verploegen is een akoestisch onderzoek en een onderzoek naar mogelijke slagschaduwhinder uitgevoerd. Ook is de verwachte elektriciteitsproductie berekend. Het betreft het op te richten windpark "Maas en Waalweg" met zeven windturbines Vestas V90 te Winssen in de gemeente Beuningen.

### 1.1 Beschrijving van de locatie

Het windpark komt circa 4 km ten westen van de plaats Beuningen op circa 150 m ten zuiden van de Maas en Waalweg (zie ook figuur 1). De meest westelijke turbine komt op het grondgebied van de gemeente Druten.

Afbeelding 1-1: locatie.



### 1.2 De windturbines



De Vestas V90 heeft een rotordiameter van 90 m met drie rotorbladen. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 8,6 en 18,4 tpm. De turbines worden hier geplaatst op conische stalen buismasten waardoor de rotoras circa 105 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 150 m hoog. De stalen mast heeft een diameter van 4,15 m aan de voet en 2,3 m aan de top. De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 3 m/s. Bij windsnelheden boven 25 m/s wordt de rotor gestopt uit veiligheidsoverwegingen.

De kleur van de rotorbladen en de mast is lichtgrijs, het generatorhuis heeft een blauwe band met daarin de merknaam. De rotorbladen zijn semi-matt. De grootte van het blad is circa 3,5 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,4 m breed.



## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Regelgeving

Het windpark is vergunningplichtig inzake de Wet milieubeheer. Het opgestelde vermogen bedraagt 21 MW. Het windpark valt onder categorie 20.a.1 van bijlage 1 behorende bij het Inrichtingen en Vergunningenbesluit Milieubeheer: "Inrichting voor het omzetten van windenergie in elektrische energie, met een rotordiameter van meer dan 2 m".

Het windpark valt tevens onder onderdeel D (beoordelingsplicht) van het Besluit m.e.r.<sup>1</sup>.

### 2.2 Omgeving

De inrichting is gelegen in een poldergebied met verspreid gelegen boerderijen. De woningen zijn veelal bedrijfs- en/of grondgebonden. In de nabije omgeving is geen zware industrie, er zijn wel drukke snelwegen. De meest nabij gelegen geluidgevoelige bestemming van derden bevindt zich op een afstand van circa 520 m uit de turbinelijn.

---

<sup>1</sup> Besluit milieu-effectrapportage 1994, Besluit van 4 juli 1994, houdende uitvoering van het hoofdstuk Milieu-effectrapportage van de Wet milieubeheer.



### 3. Akoestisch onderzoek

#### 3.1 Geluidbronnen

Door Delta A&V zijn geluidmetingen verricht aan de Vestas V90 windturbine<sup>2</sup>. De bronsterkte bedraagt 109,2 dB(A) bij een windsnelheid van 8 m/s boven een vlak landbouwgebied. De rotorashoogte bedroeg 80 m. Op een afstand van 140 m waren er geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig. De relatie tussen het toerental en de windsnelheid is instelbaar in de computerbesturing van de turbine. Hierdoor kan de bronsterkte van de turbine tot circa 6 dB(A) verlaagd worden bij windsnelheden van 6 tot 10 m/s. Bij lagere windsnelheden is de bronsterkte al laag en bij hogere windsnelheden zijn hogere geluidniveaus toelaatbaar. De windsnelheid waarbij het geluidniveau het meest kritisch is ten opzichte van de normstelling is circa 7 m/s.

In dit onderzoek is voor de turbines 1, 2, en 3 uitgegaan van de standaardinstelling. De turbines 4, 5, 6 en 7 zijn in de nachtperiode ingesteld op een met 3, 4, 3 respectievelijk 2 dB(A) verlaagde bronsterkte.

#### 3.2 Representatieve bedrijfsomstandigheden

Bij een windsnelheid van circa 3 m/s komt de 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 de turbines dus niet altijd in werking zijn, wordt er voor de beoordeling toch van uitgegaan dat deze de gehele nacht in bedrijf zijn. Deze situatie wordt representatief geacht voor de bedrijfsvoering.

#### 3.3 Normstelling

In dit onderzoek wordt aangesloten bij de normstelling uit de AMvB voorzieningen en installaties<sup>3</sup>. Het langtijdgemiddelde geluidniveau  $L_{Ar,LT}$  vanwege het windpark mag 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 3-1 op pagina 6 geeft deze normcurve weer.

Aanvullend is een schatting gemaakt van het referentieniveau ter plaatse van nabij gelegen woningen. Op basis van de door de gemeente aangeleverde verkeersintensiteiten zijn de geluidniveaus vanwege het verkeer op de N322 en op de A50 berekend. Ter plaatse van ontvangerpunt 4 bedraagt het nachtelijke geluidniveau circa 37 dB(A). Omdat de verkeersintensiteit hoog is en de afstand tot de wegen relatief groot, wordt verwacht dat het  $L_{95}$  van het verkeersgeluid circa 36 dB(A) bedraagt. 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. Op basis van de literatuur op dit gebied en op basis van ervaringscijfers zal het nachtelijke referentieniveau vanwege windgeluid minimaal 42 dB(A) bedra-

<sup>2</sup> Measurement of Noise Emission from a Vestas V90-3 MW Wind Turbine, DANAK 2312 rev.2, project no: A100835-01, Delta Acoustics and Vibrations, 9 November 2004.

<sup>3</sup> Besluit voorzieningen en installaties milieubeheer, 30 oktober 2001, Staatsblad 2001 487.



gen bij een windsnelheid van 7 m/s. Het cumulatieve referentieniveau, dat afhankelijk is van de windsnelheid, is in Grafiek 3-1 weergegeven met een groene curve.

### 3.4 Invoer rekenmodel

Van de situatie is een akoestisch rekenmodel opgebouwd met behulp van het programma Geonnoise<sup>®</sup> versie 5.05 van DGMR. Hiermee zijn de langtijdgemiddelde geluidsniveaus  $L_{Ar,LT}$  berekend die optreden bij een windsnelheid  $V_{10}$  van 7 m/s. Geluidsniveaus bij andere windsnelheden worden afgeleid uit de relatie tussen bronsterkte en windsnelheid waarbij rekening wordt gehouden met het variëren van het toerental. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform de *Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999*<sup>4</sup> (HMRI) volgens methode II.8.

De geometrie van de omgeving is vastgesteld aan de hand van kaartmateriaal, telefonisch verkregen informatie en luchtfoto's. De bodem is als akoestisch absorberend ( $B=1$ ) ingevoerd terwijl relevante verhardingen en wateroppervlakken als akoestisch reflecterend ( $B=0$ ) zijn gemodelleerd. De bij de boerderijen behorende erven zijn als deels absorberend ( $B=0,5$ ) ingevoerd. De windturbines zijn akoestisch gemodelleerd als rondom uitstralende puntbronnen ter hoogte van de rotoras ( $h_b=105$  m). In de dag en in de avond zijn de bronnen 1-7 in bedrijf en in de nachtperiode de bronnen 1-3 en 4n-7n. Gedetailleerde akoestische informatie over de in het rekenmodel ingevoerde objecten vindt u in de bijlage.

- De bronsterkten  $L_{Wr}$  zijn opnieuw berekend conform methode II.2 uit de HMRI. Deze Nederlandse methode houdt —in tegenstelling tot de IEA-methode<sup>5</sup>— 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 0,05 m. Hierbij is rekening gehouden met het variëren van het toerental en met de instelling in de besturing.
- De bronsterkten zijn gecorrigeerd voor een ashoogte van 105 m. Op deze hoogte waait het wat harder dan op de ashoogte waarbij de bronsterktemetingen zijn uitgevoerd.

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

- Ontvangerpunt 1 ligt bij een woning aan de Hoekgraaf in de gemeente Wijchen, circa 700 m ten zuidwesten van turbine 1.
- Ontvangerpunt 2 ligt bij een woning aan de Deestersteeg te Deest in de gemeente Druten, circa 780 m ten noordwesten van turbine 1.
- Ontvangerpunt 3 ligt bij een woning aan de Dwarssteeg te Winssen in de gemeente Beuningen, circa 690 m ten noorden van turbine 5.
- Ontvangerpunt 4 ligt bij een woning aan de Beterlaan te Winssen in de gemeente Beuningen, circa 575 m ten noorden van turbine 5.
- Ontvangerpunt 5 ligt bij een woning aan de Zellerstraat te Winssen in de gemeente Beuningen, circa 560 m ten zuiden van turbine 6.

<sup>4</sup> Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, 1999, een uitgave van het ministerie van VROM, ISBN 90-422 02327.

<sup>5</sup> Acoustics, measurement of noise from wind turbines, International Energy Agency.



De ontvangerpunten zijn aangegeven in figuur 2 en hebben twee ontvangerhoogten boven het plaatselijke maaiveld. Beoordeeld worden de geluidniveaus 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). Op de ontvangerpunten is het langtijdgemiddelde geluidniveau berekend. Het rekenresultaat is het niveau van het invallende geluid (dus exclusief een eventuele bijdrage door reflectie tegen de achterliggende gevel).

In figuur 1 zijn de eigen woningen van de deelnemers in het project aangegeven met letters.

### 3.5 Rekenresultaten

In Tabel 3-1 zijn per ontvangerpunt vermeldt: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus  $L_{A,r,LT}$  die daar optreden bij een windsnelheid  $V_{10}=7$  m/s in de dag-, avond- en nachtperiode. De etmaalwaarde  $L_{etmaal}$  is hier het geluidniveau in de nachtperiode vermeerderd met 10 dB(A). Een etmaalwaarde van 53 dB(A) komt overeen met de WNC40 normcurve bij  $V_{10}=7$  m/s.

De woningen waar de hoogste beoordelingsniveaus optreden zijn die bij de ontvangerpunten 4 en 5. Deze niveaus zijn daarom maatgevend voor de beoordeling van het aspect geluidhinder. In figuur 2 zijn de bijbehorende 48 en 53 dB(A) etmaalwaardecontouren weergegeven zoals die optreden op een waarneemhoogte van +5 m.

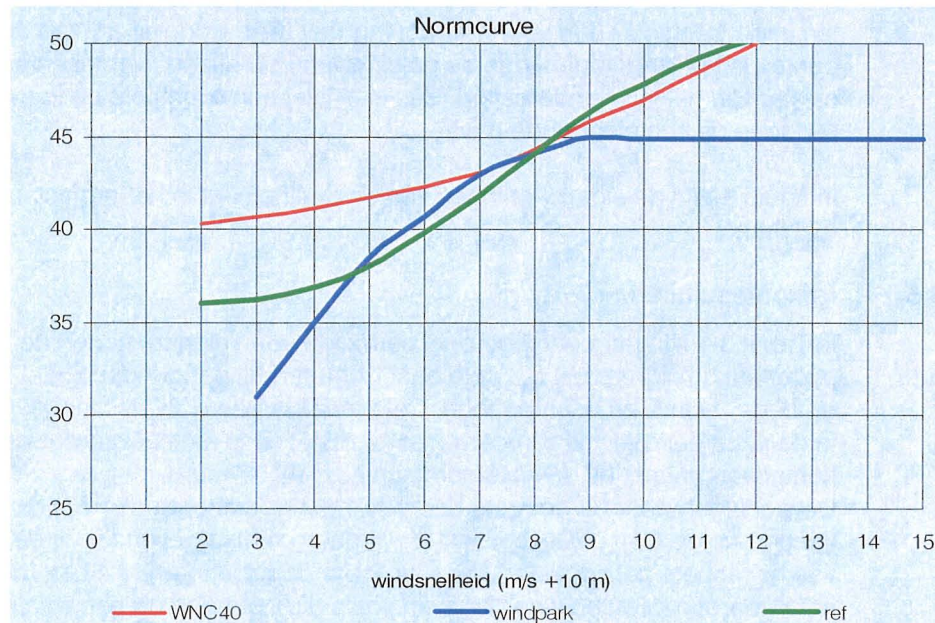
Tabel 3-1: rekenresultaten.

punt nr.	dag +1,5 m dB(A)	avond +5 m dB(A)	nacht+5 m dB(A)	etmaal dB(A)
1	40,9	42,1	41,9	52
2	38,6	40,2	40,1	50
3	43,0	44,8	42,4	52
4	43,9	45,6	43,0	53
5	44,6	45,7	53,1	53



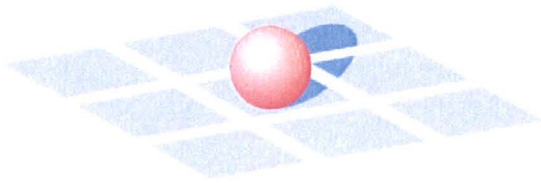
### 3.6 Beoordeling

Grafiek 3-1: normcurve.



In Grafiek 3-1 wordt het optredende nachtelijke beoordelingsniveau, ter plaatse van de hoogstbelaste woningen vergeleken met de normcurve WNC40.

Het blijkt dat de optredende geluidniveaus vanwege het windpark bij alle windsnelheden voldoen aan de in de AMvB gestelde eisen. Bij windsnelheden tussen 5 en 8 m/s wordt bij rekenpunt 4 het nachtelijke referentieniveau met maximaal 1 dB(A) overschreden. In de dag en in de avondperiode zijn de referentieniveaus hoger vanwege het drukker verkeer. Bij ontvangerpunt 5 is het referentieniveau hoger door de kortere afstand tot de snelweg A50.



## 4. Onderzoek slagschaduw

### 4.1 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 aansluiting gezocht bij de AMvB voorzieningen en installaties milieubeheer. In de AMvB is in bijlage 1 onder 5.1.4 voorgeschreven 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 optreden<sup>6</sup>. 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.
- Bij een windpark worden de schaduwduren en schaduwdagen van afzonderlijke turbines opgeteld voor zover de schaduwen elkaar niet overlappen.
- Het gemiddelde aantal schaduwdagen is het gemiddelde van het potentiële aantal hinderdagen (extreem maximum) en het theoretische aantal dagen per jaar waarop de schaduwduur, gecorrigeerd voor zonneshijn en wind, zich kan concentreren (extreem minimum).
- De schaduwduur per dag is gelijk aan de verwachte schaduwduur per jaar gedeeld door het gemiddelde aantal schaduwdagen.
- Er is geen stilstandsvoorziening nodig als de gemiddelde duur van hinderlijke schaduw minder is dan 5:40 uur per jaar.

### 4.2 Selectie objecten

In de omgeving staan woningen waar mogelijk slagschaduw kan optreden. Uit praktische overwegingen is een selectie gemaakt van woningen van derden die representatief zijn voor de beoordeling. In eerste instantie worden de woningen binnen een afstand van circa 1080 m geselecteerd (twaalf maal de rotordiameter). Binnen deze afstand worden de rekenpunten 1-5 (dezelfde als in het akoestisch onderzoek) representatief geacht voor de beoordeling (zie figuur 2).

<sup>6</sup> Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar het besluit.



### 4.3 Globaal schaduwonderzoek

In figuur 2 zijn met grijze contouren een indicatie van de schaduwgebieden van de afzonderlijke turbines aangegeven. Deze contouren zijn berekend op basis van de turbineafmetingen, de duur van de zonneshijn in de diverse jaargetijden en een distributie van de optredende windrichtingen. Binnen de buitenste contouren van de grijze vlakken kan de turbine schaduwhinder geven, binnen het vliedervormige heldere gebied is een overschrijding van de hierboven genoemde norm voor de hinderduur te verwachten. Aan de oost en de westzijde kunnen de schaduwen oneindig ver reiken, op afstanden groter dan twaalf maal de rotordiameter wordt de slagschaduw echter niet meer als hinderlijk beoordeeld. Bovenstaande leidt tot de volgende globale beoordeling:

- Bij rekenpunt 1 geeft alleen turbine 2 schaduwhinder. Turbine 1 staat vanuit hier gezien noordelijk waar de zon nooit komt. De andere turbines staan op een grotere afstand dan twaalf maal de rotordiameter waarbij hinderlijke slagschaduw niet meer aanwezig wordt geacht.
- Op rekenpunt 2 geeft alleen turbine 1 schaduwhinder. De andere turbines staan op een grotere afstand dan twaalf maal de rotordiameter.
- Bij rekenpunt 3 geven alleen de turbines 3 en 4 schaduwhinder. De andere turbines staan te ver weg.
- Bij rekenpunt 4 geven de turbines 3, 4, en 5 schaduwhinder. De andere turbines staan te ver weg of zuidelijk waar de zon nooit laag genoeg staat om hier schaduw te veroorzaken.
- Bij rekenpunt 5 treedt nooit schaduw op.

De meeste slagschaduw wordt verwacht bij de rekenpunten 1, 3 en 4.

### 4.4 Nader onderzoek

Van de schaduwduren bij de rekenpunten 1, 3 en 4 is een nadere analyse uitgevoerd. Van de situatie is een driedimensionaal rekenmodel opgesteld. Met dit model zijn de horizontale en verticale zichthoeken vanaf de beschouwde gevels naar de turbinerotoren berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in visualisaties (zie figuur 3). De view geeft een beeld op het windpark vanaf de betreffende woningen. Op de horizontale as is de kijkrichting weergegeven. Het midden geeft een blik op het zuiden (180 graden), meer naar links op het oosten (90 graden) en verder rechts naar het westen (270 graden). De onderste horizontale lijn stelt de horizon voor. De verticale as geeft de verticale kijkhoek.

In deze figuren zijn ook de zonnebanen getekend met rode lijnen voor deze locatie op circa 52° noorderbreedte en tevens de tijden in MET (Midden Europese Tijd) met blauwe lijnen. De blauwe streeplijnen gelden voor de periode van 22 december tot 22 juni en de ononderbroken lijnen gelden voor de periode van 22 juni tot 22 december. Voor de zomertijd moet er bij de tijden nog een uur worden opgeteld. Elke rode lijn stelt een zonnebaan voor op bepaalde dagen in het jaar. Op 22 juni (zomerpunt, langste dag) volgt de zon de bovenste zonnebaan (baan A) en op 22 december (winterpunt, kortste dag) de onderste baan (baan M). Op 11 februari volgt de zon baan J. De zon komt dan om 8:10 uur op. Om 9 uur is zij geklommen tot een hoogte van 6 graden en vanaf het oosten gedraaid naar 123 graden. Zo is de positie van de zon uit de view af te lezen voor alle dagen in



het jaar en voor elk moment van de dag. Ook is af te lezen of een rotorvlak dan voor de zon zit of niet.

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 volledige schaduw passage langs het vlak wat langer dan de passage langs een punt. Dit is in de views af te lezen aan de getekende rotor. Kijkend vanaf het maaiveld (hoogte=0 m) ziet u de top van de rotor onder een iets hogere hoek en vanaf goothoogte ziet u de onderkant van de rotor onder een lagere hoek. Zo bepaalt de hoogte van het gevelvlak mede de boven- en onderkant van de afgebeelde rotor. Voor de gevelhoogte is uitgegaan van 5 m. De linkerkant van de rotor heeft de horizontale hoek zoals die gezien wordt vanaf de rechterzijde van de gevel, de rechterzijde van de rotor correspondeert met de linkerkant van de gevel. Zo bepaalt de geprojecteerde breedte van het gevelvlak mede de breedte van de getekende rotor. Voor de geprojecteerde gevelbreedte is uitgegaan van 12 m.

Door deze wijze van weergave wordt het perspectief wat versterkt en wordt het rotorvlak nog wat meer ovaal. Als de zon de rotor juist raakt, raakt de schaduw ook juist de rand van het beschouwde gevelvlak. Bevindt (een deel van) de zon zich binnen het rotorvlak dan is er dus een schaduw op de beschouwde gevel.

#### 4.5 Rekenresultaten

In de detailviews zijn bij de rotor vier zonposities weergegeven met rode ballen. De diameter ervan komt overeen met de gemiddelde hoek waaronder de zondiameter wordt gezien. Zo kan uit de views ook afgelezen worden in welke mate het rotorblad de zon afdekt. Twee ballen markeren de begin- en eindtijd van de schaduw passage langs de betreffende woning op de dag dat deze het langst duurt. De twee andere ballen markeren de begin- en einddata van de twee schaduwperiodes in het jaar. Op deze begin- en einddata is de duur van de schaduw passage minimaal.

De analyseresultaten zijn hieronder weergegeven in tabellen. Per turbine zijn voor de potentiële hinder weergegeven: de optredende perioden en het tijdstip van de schaduw passage in MET, het aantal dagen, de maximale duur van de schaduw passage langs de woning en de duur van de potentiële beschaduwing per jaar (tijden in uu:mm). De potentiële schaduwduur is een theoretisch maximum. Op basis van de potentiële schaduwduur is de verwachte hinderduur geschat. Hierbij is de potentiële schaduwduur gecorrigeerd voor:

- Het percentage van het rotorvlak wat zich meer dan vijf graden boven de horizon bevindt. De hinder van het lagere deel wordt verwaarloosbaar geacht omdat dit deel meestal aan het zicht wordt onttrokken door begroeiing en dergelijke en omdat de lichtintensiteit bij deze lage zonnestand gering is.
- De oriëntatie van het rotorvlak. Het rotorvlak staat niet altijd haaks op de schaduw richting waardoor de hinderduur wordt beperkt. Als het rotorvlak evenwijdig staat aan de schaduw richting treedt er geen of nauwelijks lichtflikkering op. De correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windrichtingen.



- Bedrijfstijd. Slagschaduw hinder treedt alleen op als de rotor draait. De correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windsnelheden op ashoogte.
- Het deel van de tijd dat de zon werkelijk schijnt. De correctie is gebaseerd op het percentage van de tijd dat de zon gemiddeld schijnt in dit gebied en in het betreffende jaargetijde.

Als gevolg van bovenstaande correcties is de waarschijnlijke hinderduur aanmerkelijk korter dan de potentiële hinderduur.

In de tabel is onder verwachte hinderduur vermeld hoeveel uur per jaar slagschaduw wordt verwacht, het gemiddelde aantal schaduw dagen per jaar en de gemiddelde slagschaduwduur op een dag. Daarnaast is zowel de frequentie van de lichtwisselingen vermeld als de bedekkingsgraad van de zon door de rotorbladen. Een hoger bedekkingspercentage geeft grotere verschillen in lichtintensiteit (modulatie diepte) en wordt als meer hinderlijk ervaren.

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.

Tabel 4-1: rekenresultaten schaduw woning 1.

Potentiële hinderduur punt 1					
turbine	1	2	3	4-7	totaal
van dag	nvt	18-mei	nvt	nvt	
tot dag		22-jun			
tijd passage		5:18			
van dag		22-jun			
tot dag		26-jul			
tijd passage		5:26			
dagen per jaar		69			69
max. duur		0:27			
tijd/jaar		24:31			24:31
Correctie					
hoge stand		74%			
oriëntatie		70%			
bedrijfstijd		90%			
zonnenschijn		37%			
Totaal		17%			
Verwachte hinderduur					
duur/jaar		4:13			4:13
dagen per jaar		43			43
gemiddeld/dag		0:06			0:06
frequentie		0,4-0,9			
modulatie		48%			



Uit het slagschaduwonderzoek blijkt dat er slagschaduwinder wordt verwacht bij de woning bij rekenpunt 1. Er wordt hier circa vier uur en een kwartier slagschaduwinder per jaar verwacht. De schaduw treedt op in de zomer, in de vroege ochtend. Volledige zonbedekking door een rotorblad treedt niet op waardoor de lichtintensiteitverschillen beperkt zijn. Zeer hinderlijke frequenties van lichtwisselingen komen niet voor.

Ter plaatse van woning 3 wordt circa vijf en een half uur slagschaduwinder per jaar verwacht als gevolg van turbine 3 en 4 samen. Volledige zonbedekking door een rotorblad treedt niet op waardoor de lichtintensiteitverschillen beperkt zijn.

Ter plaatse van woning 4 wordt ruim zes uur slagschaduwinder per jaar verwacht als gevolg van turbine 3, 4 en 5 samen. Door turbine 4 te voorzien van een automatische regeling die de rotor stopt als er schaduw optreedt bij woning 5 wordt de jaarlijkse hinderduur teruggebracht tot korter dan 5:40 uur.

Tabel 4-2: rekenresultaten schaduw woning 3.

Potentiële hinderduur punt 3					
turbine	1	3	4	5-7	totaal
van dag	nvt	4-mrt	12-jan	nvt	
tot dag		19-mrt	15-feb		
tijd passage		17:51	16:10		
van dag		25-sep	28-okt		
tot dag		11-okt	1-dec		
tijd passage		17:29	15:41		
dagen per jaar		31	68		99
max. duur		0:25	0:37		
tijd/jaar		10:12	33:07		43:19
Correctie					
hoge stand		76%	97%		
oriëntatie		68%	70%		
bedrijfstijd		90%	90%		
zonneshijn		29%	20%		
Totaal		13%	12%		
Verwachte hinderduur					
duur/jaar		1:22	4:02		5:25
dagen per jaar		19	39		58
gemiddeld/dag		0:04	0:06		0:06
frequentie		0,4-0,9	0,4-0,9		
modulatie		49%	65%		



Tabel 4-3: rekenresultaten schaduw woning 4.

Potentiële hinderduur punt 4					
turbine	3	4	5	1, 2, 6, 7	totaal
van dag	17-mrt	10-feb	1-dec	nvt	
tot dag	1-apr	6-mrt	22-dec		
tijd passage	18:15	16:58	13:46		
van dag	12-sep	9-okt	22-dec		
tot dag	27-sep	2-nov	12-jan		
tijd passage	18:02	16:29	13:46		
dagen per jaar	30	48	42		120
max. duur	0:24	0:36	0:33		
tijd/jaar	9:28	22:45	12:42		44:56
Correctie					
hoge stand	68%	98%	100%		
oriëntatie	66%	70%	67%		
bedrijfstijd	90%	90%	90%		
zonneshijn	33%	26%	16%		
Totaal	13%	16%	10%		
Verwachte hinderduur					
duur/jaar	1:15	3:39	1:13		6:08
dagen per jaar	18	28	24		70
gemiddeld/dag	0:04	0:08	0:03		0:05
frequentie	0,4-0,9	0,4-0,9	0,4-0,9		
modulatie	46%	65%	73%		

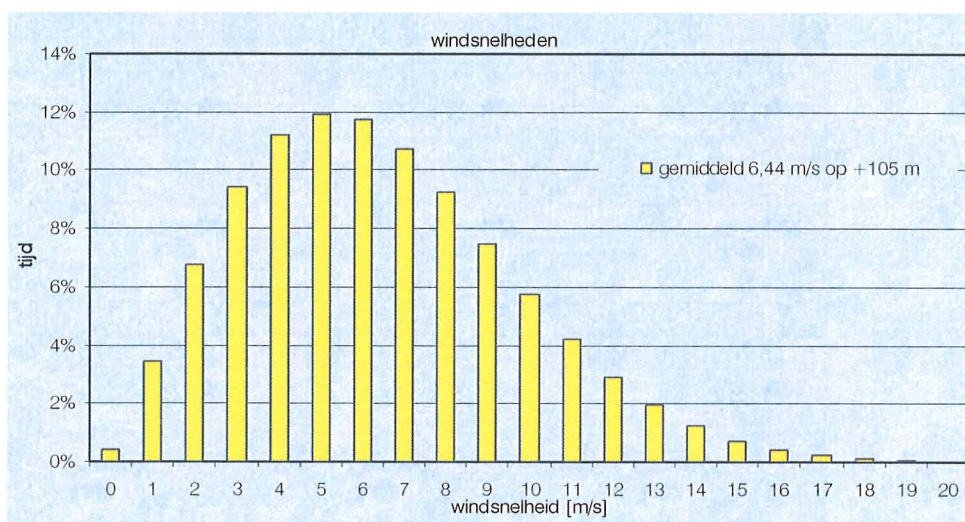


## 5. Energieproductie

### 5.1 Windklimaat

Berekend is welke gemiddelde windsnelheid en welke windsnelheidsverdeling wordt verwacht op deze locatie. De berekening is uitgevoerd conform de methode II uit het "Handboek energieopbrengsten van windturbines"<sup>7</sup> waarbij, op basis van praktijkervaringen, enkele parameters zijn aangepast.

Afbeelding 5-1: windaanbod.



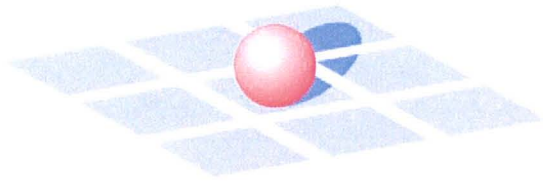
### 5.2 Opbrengst

Vervolgens is berekend welke jaarlijkse energieproductie wordt verwacht van een turbine die is ingesteld op maximale productie en van de turbines die zijn ingesteld op een nachtelijke bronsterkte die bij een windsnelheid van 7 m/s 2, 3 respectievelijk 4 dB lager is. Deze geluidreductie gaat gepaard met enig opbrengstverlies.

In Tabel 5-1 is de berekening weergegeven voor een turbine die is ingesteld zonder nachtelijke beperking. De bruto jaaropbrengst is 6.262 MWh. Dit geldt voor de turbines 1, 2 en 3. De nachtelijke opbrengst van de turbines 4, 5, 6 en 7 is verlaagd met respectievelijk 8.3%, 10.9%, 8.3% en 5.7% waardoor de bruto parkproductie 42.820 MWh bedraagt. Het productieverlies als gevolg van de stilstand om schaduwhinder te beperken is verwaarloosbaar laag.

Omdat bovenwindse turbines obstakels zijn voor benedenwindse turbines wordt de bruto parkproductie verlaagd. Dit parkeffect is berekend op 1,7%. Als gevolg van mogelijke storingen en noodzakelijk onderhoud is het park soms niet in bedrijf. Hiervoor wordt de productie nog wat verlaagd, samen met een onzekerheidsmarge in de voorspelling wordt deze verlaging gesteld op 5%. Samenvattend wordt een jaarlijkse parkproductie verwacht van circa 40.000 MWh. Dit komt overeen met het verbruik door circa 12.000 huishoudens.

<sup>7</sup> Handboek energie-opbrengsten van windturbines, ref.nr: 88-145, TNO, mei 1991.



Tabel 5-1: Opbrengst Vestas V90 109.4 dB(A)

Vestas V90 109.4 dB(A)					
Energieproductie		Windaanbod		Windturbine	
<i>E</i> [MWh/jr]	6262	<i>k<sub>10</sub></i>	1,255	<i>Ashoogte</i> [m]	105
<i>E<sub>sp</sub></i> [kWh/m <sup>2</sup> ]	959	<i>k<sub>as</sub></i>	2,05	<i>Rotoropp.</i> [m <sup>2</sup> ]	6362
<i>C</i>	3,61	<i>A</i> [m/s]	7,26	<i>Diameter</i> [m]	90
<i>Vollasturen</i>	2034	<i>V<sub>as</sub></i> [m/s]	6,43	<i>Vermogen</i> [kW]	3000
<i>Luchtdichtheid</i> [kg/m <sup>3</sup> ]	1,225				
Windfrequentieverdeling, vermogenscurve en energieproductie per windklasse					
<i>Vas</i> [m/s]		<i>P</i> [kW] [kW]	<i>Kans</i> [%]	<i>Productie</i> [MWh]	
0,0	0,5	0	0,4%	0	
0,5	1,5	0	3,4%	0	
1,5	2,5	0	6,8%	0	
2,5	3,5	0	9,4%	0	
3,5	4,5	77	11,2%	75	
4,5	5,5	190	12,0%	199	
5,5	6,5	353	11,7%	363	
6,5	7,5	581	10,7%	546	
7,5	8,5	886	9,2%	717	
8,5	9,5	1273	7,5%	836	
9,5	10,5	1710	5,8%	864	
10,5	11,5	2145	4,2%	791	
11,5	12,5	2544	2,9%	652	
12,5	13,5	2837	1,9%	480	
13,5	14,5	2965	1,2%	316	
14,5	15,5	2995	0,7%	192	
15,5	16,5	3000	0,4%	110	
16,5	17,5	3000	0,2%	60	
17,5	18,5	3000	0,1%	31	
18,5	19,5	3000	0,1%	16	
19,5	20,5	3000	0,0%	7	
20,5	21,5	3000	0,0%	3	
21,5	22,5	3000	0,0%	1	
22,5	23,5	3000	0,0%	1	
23,5	24,5	3000	0,0%	0	
24,5	25,5	3000	0,0%	0	
			+	+	
			100,0%	6262	



## 6. Bespreking

Het nachtelijke langtijdgemiddelde beoordelingsniveau  $L_{Ar,LT}$  vanwege het windpark bedraagt maximaal 43 dB(A) ter plaatse van woningen van derden (rekenpunt 4 en 5). Dit niveau treedt op bij een windsnelheid  $V_{10}=7$  m/s en op een waarnemhoogte van 5 m boven maaiveld. In de avondperiode zijn de geluidniveaus maximaal 1 dB(A) hoger. In de dag en in de avond worden echter hogere geluidniveaus toelaatbaar geacht. Aan de nachtelijke geluidnorm WNC40 uit de AMvB Voorzieningen en Installaties milieubeheer wordt bij alle woningen van derden voldaan.

Uit het slagschaduwonderzoek blijkt dat hinder wordt verwacht bij circa 25 woningen van derden in de nabije omgeving. De meeste schaduwhinder wordt verwacht bij de woning bij rekenpunt 4. Door turbine 4 te voorzien van een automatische regeling die de rotor stopt als er schaduw optreedt bij deze woning, wordt overal voldaan aan de norm voor de jaarlijkse hinderduur.

De verwachte gezamenlijke jaarproductie van de zeven windturbines bedraagt circa 40.000 MWh, voldoende om circa 12.000 huishoudens van groene stroom te voorzien.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

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



**Bodemgebieden**

Id	Omschr.	X-1	Y-1	Bf
1	Maas en Waalweg	173661,81	431608,61	0,00
2	Kortendijk	173696,89	430939,74	0,00
3	Kooistraat	173755,75	431251,09	0,00
4	Betenlaan	175293,66	429854,34	0,00
5	erf	173858,12	430674,04	0,50
6	erf	173820,58	431992,34	0,50
7	erf	176096,07	431195,95	0,50
8	erf	176152,63	431083,80	0,50
9	erf	176117,95	430191,61	0,50
10	erf	176507,71	430165,55	0,50
11	erf	176418,44	429796,96	0,50
12	A50	175474,17	427030,83	0,00

**Ontvangerpunten**

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte A	Hoogte B	Reflectield
1	woning Hoekgraaf	173883,24	430690,03	1,50	5,00	--
2	woning Deestersteeg	173784,21	431889,71	1,50	5,00	--
3	woning Dwarssteeg	176091,76	431218,04	1,50	5,00	--
4	woning Betenlaan	176180,52	431086,91	1,50	5,00	--
5	woning Zellerstraat	176419,60	429746,48	1,50	5,00	--

**Rekenraster**

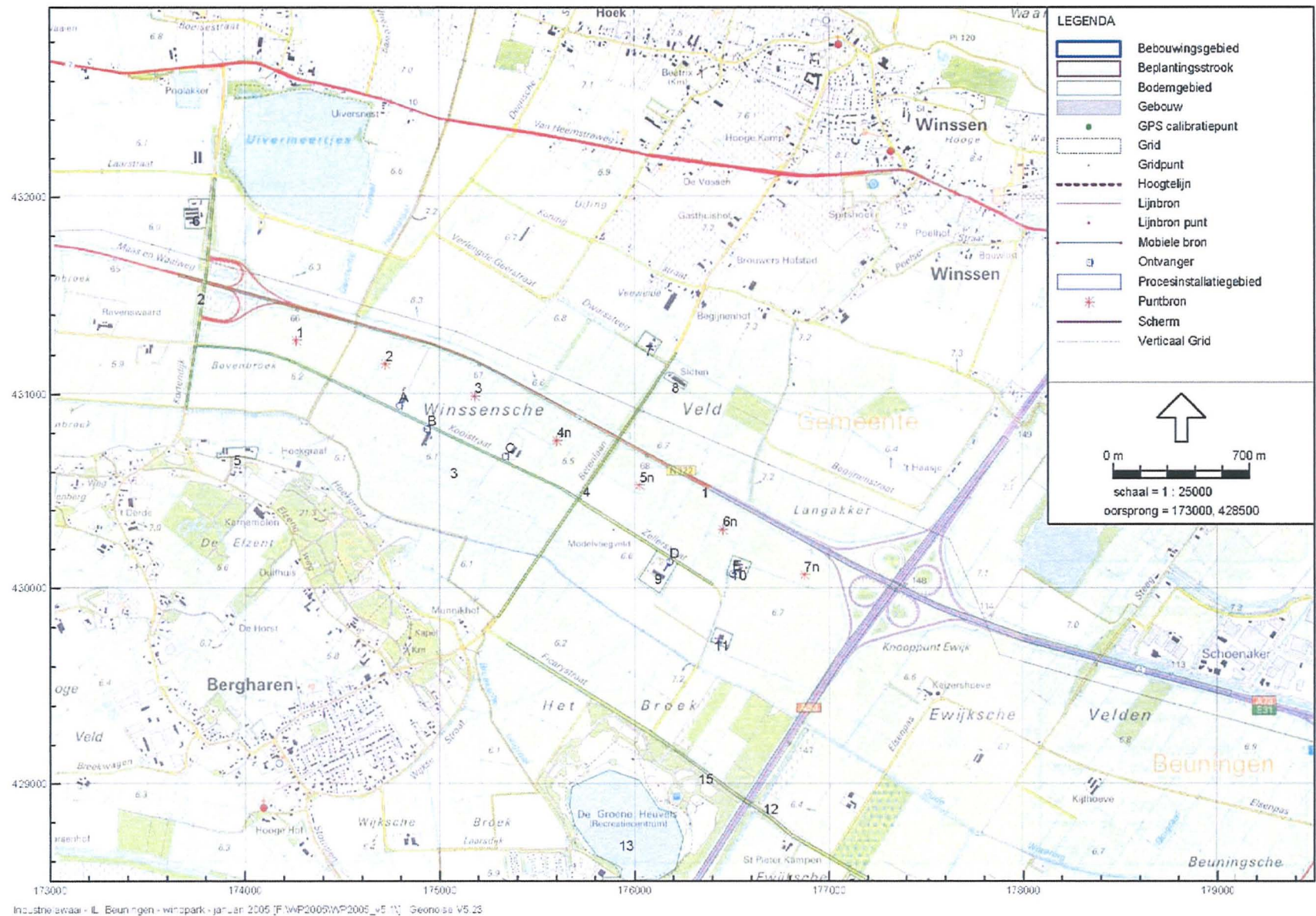
Id	Omschr.	Hoogte	Maaiveld	HDef.	DeltaX	DeltaY	X-aantal	Y-aantal
1	grid	5,00	0,00	Relatief	50	50	115	103

**Geluidbronnen geometrie**

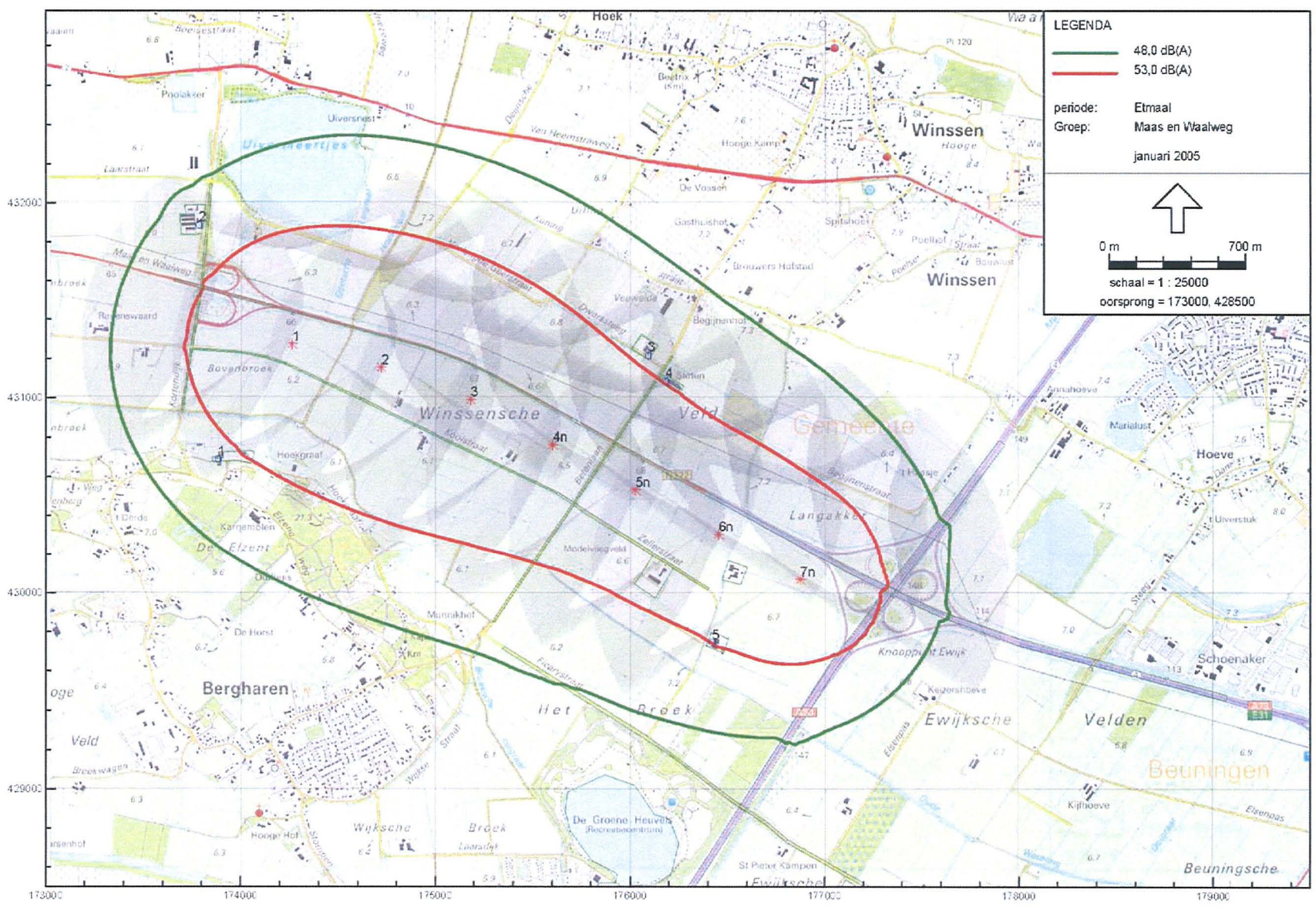
Id	Omschr.	X	Y	Hoogte	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)	Type	Reflectield
1	Vestas V90 7 m/s	174265,45	431273,95	105,00	0,00	0,00	0,00	Normaal	--
2	Vestas V90 7 m/s	174722,32	431153,44	105,00	0,00	0,00	0,00	Normaal	--
3	Vestas V90 7 m/s	175181,42	430990,07	105,00	0,00	0,00	0,00	Normaal	--
4	Vestas V90 7 m/s dag en avond	175602,49	430761,78	105,00	0,00	0,00	--	Normaal	--
4n	Vestas V90 7 m/s, nacht	175602,49	430761,78	105,00	--	--	0,00	Normaal	--
5	Vestas V90 7 m/s dag en avond	176026,79	430532,25	105,00	0,00	0,00	--	Normaal	--
5n	Vestas V90 7 m/s, nacht	176026,79	430532,25	105,00	--	--	0,00	Normaal	--
6	Vestas V90 7 m/s dag en avond	176454,99	430302,81	105,00	0,00	0,00	--	Normaal	--
6n	Vestas V90 7 m/s, nacht	176454,99	430302,81	105,00	--	--	0,00	Normaal	--
7	Vestas V90 7 m/s dag en avond	176875,49	430069,06	105,00	0,00	0,00	--	Normaal	--
7n	Vestas V90 7 m/s, nacht	176875,49	430069,06	105,00	--	--	0,00	Normaal	--

**Geluidbronnen bronsterkte**

Id	Omschr.	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
1	Vestas V90 7 m/s	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
2	Vestas V90 7 m/s	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
3	Vestas V90 7 m/s	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
4	Vestas V90 7 m/s dag en avond	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
4n	Vestas V90 7 m/s, nacht	81,00	88,70	92,40	97,90	100,70	100,30	96,90	93,10	92,80	106,03
5	Vestas V90 7 m/s dag en avond	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
5n	Vestas V90 7 m/s, nacht	80,00	87,70	91,40	96,90	99,70	99,30	95,90	92,10	91,80	105,03
6	Vestas V90 7 m/s dag en avond	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
6n	Vestas V90 7 m/s, nacht	81,00	88,70	92,40	97,90	100,70	100,30	96,90	93,10	92,80	106,03
7	Vestas V90 7 m/s dag en avond	84,00	91,70	95,40	100,90	103,70	103,30	99,90	96,10	95,80	109,03
7n	Vestas V90 7 m/s, nacht	82,00	89,70	93,40	98,90	101,70	101,30	97,90	94,10	93,80	107,03



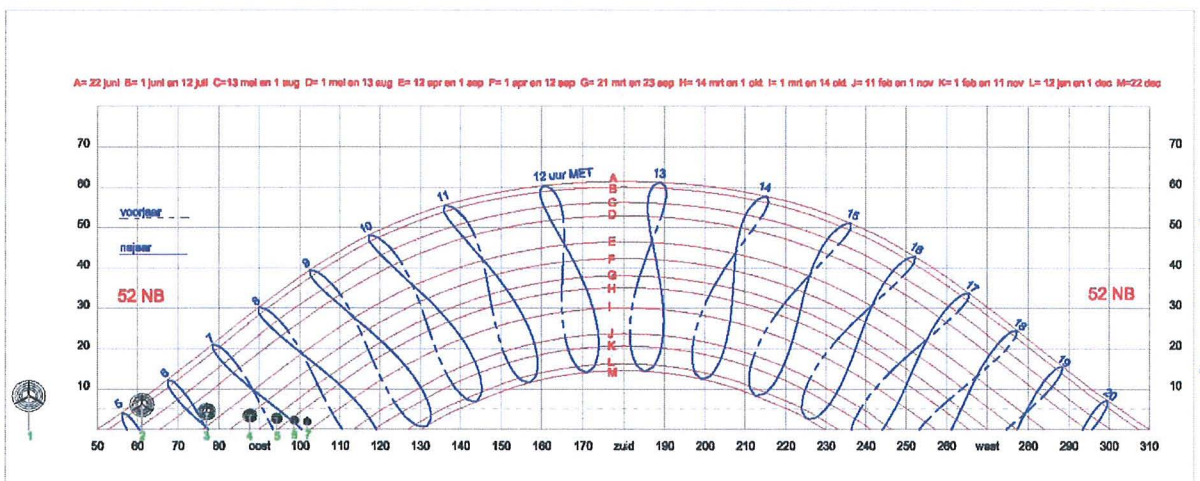
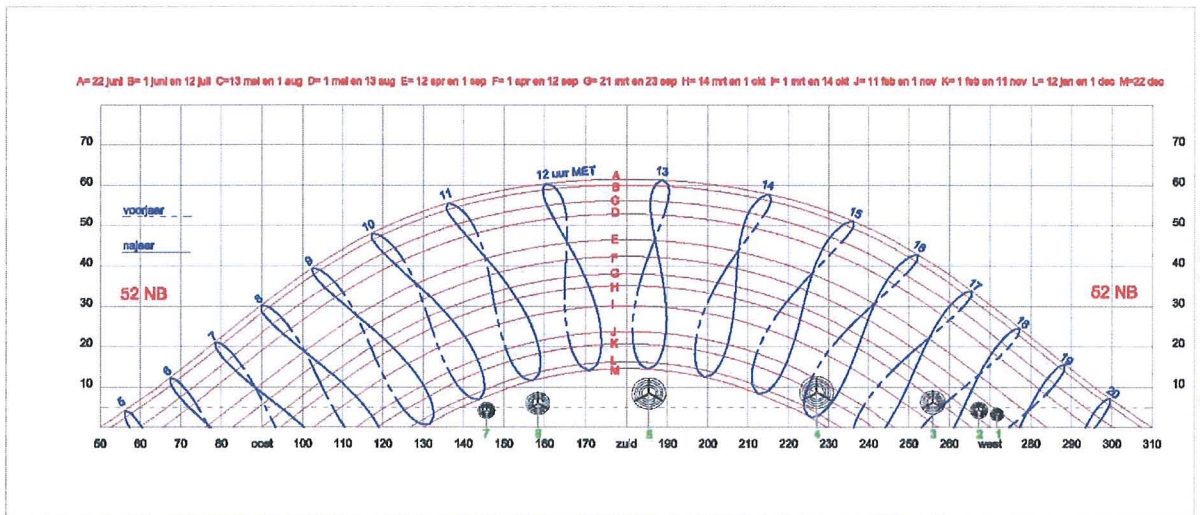
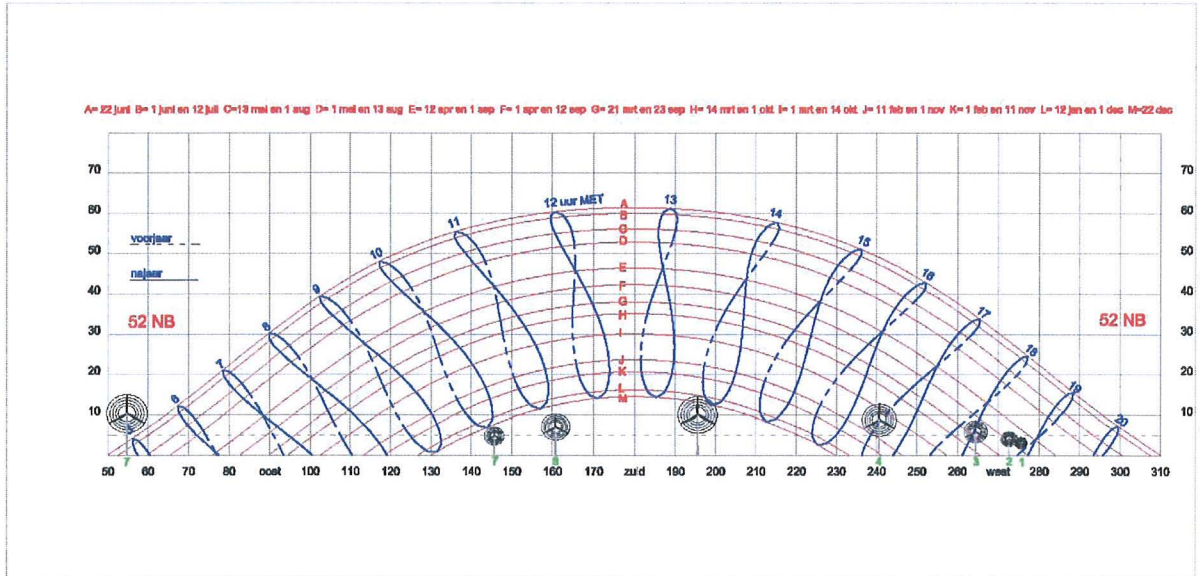
figuur 1 : situatie objecten rekenmodel



figuur 2 : rekenpunten en contouren



figuur 3 : views schaduw





figuur 4 : detailviews schaduw

