

VAN GRINSVEN ADVIES

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

milieuadvies
akoestisch onderzoek
onderzoek slagschaduw
fotovisualisaties
vergunningaanvragen
Wet milieubeheer

Opdrachtgever: RWE Innogy Netherlands B.V.
Postbus 72
5201 AB 's-Hertogenbosch

Kenmerk: RW-Kattenberg.TSV2.docx

Betreft: Onderzoek naar slagschaduwhinder voor het op te richten wind-
park Kattenberg ten noorden van de snelweg A58 te Oirschot en
Oisterwijk.
Fotovisualisatie van het windpark in drie varianten.

Contactpersoon opdrachtgever:
De heer H.N.M. van Mensvoort,
tel: (088) 852 41 15.

Behandeld door:
L. van Grinsven,
augustus 2010.

Inhoud

1.	Inleiding	1
1.1	Beschrijving van de locatie	1
2.	De turbines	2
2.1	Enercon E-82.....	2
2.2	Vestas V90.....	2
2.3	Vestas V112.....	2
3.	Onderzoek slagschaduw	3
3.1	Regelgeving	3
3.2	Normstelling	3
3.3	Schaduwgebied	4
3.4	Potentiële schaduw	4
3.5	Rekenresultaten.....	5
3.6	Hinderduur bij woningen, zes turbines Enercon E-82	6
3.7	Hinderduur bij woningen, vijf turbines Vestas V90	9
3.8	Hinderduur bij woningen, vier turbines Vestas V112	12
4.	Fotovisualisaties	14
4.1	Perspectief	14
4.2	Kijkafstand	14
5.	Bespreking.....	15
5.1	Zes turbines Enercon E-82	15
5.2	Vijf turbines Vestas V90	15
5.3	Vier turbines Vestas V112	15

Bijlagen

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

Figuren

figuur 1	: rekenpunten en schaduwcontouren 6x E-82.....	17
figuur 2	: rekenpunten en schaduwcontouren 5xV90	18
figuur 3	: rekenpunten en schaduwcontouren 4xV112	19
figuur 4	: fotopunten	20
figuur 5	: foto A, Spoordonkseweg	21
figuur 6	: foto B, Kattenberg	22
figuur 7	: foto C, viaduct	23
figuur 8	: foto D, Voerdijk	24
figuur 9	: foto E, Reedijk	25

1. Inleiding

In opdracht van RWE te 's-Hertogenbosch is een onderzoek naar mogelijke slag-schaduwhinder uitgevoerd. Het betreft een op te richten windpark in een lijnopstelling ten noorden van de snelweg A58 te Oirschot en Oisterwijk. Onderzocht zijn drie varianten:

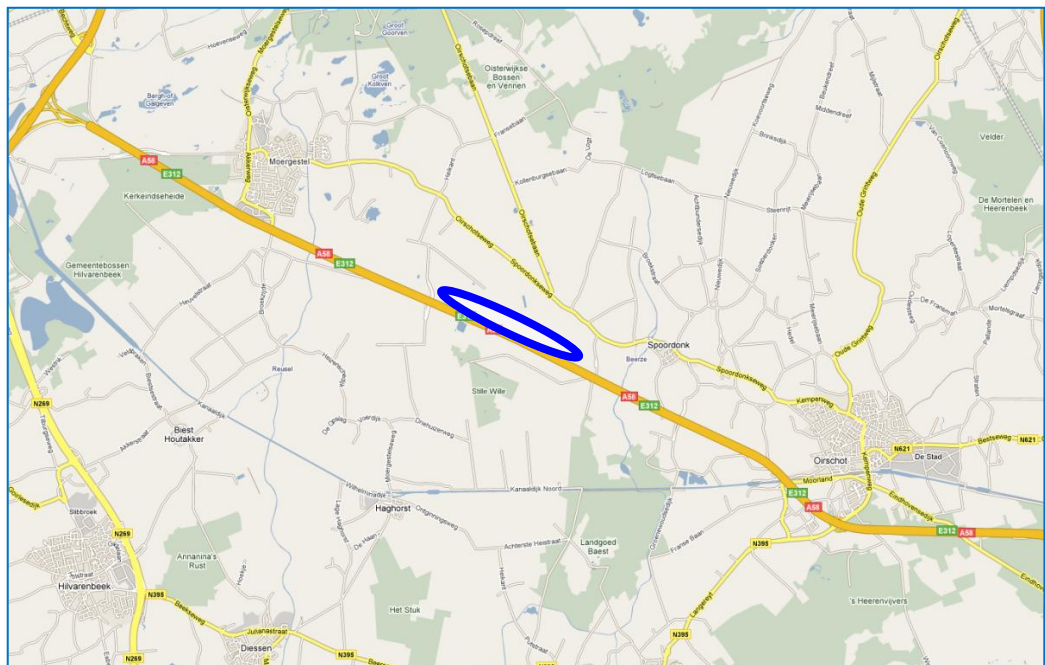
- A. zes turbines Enercon E-82 met een ashoogte van 108 m;
- B. vijf turbines Vestas V90 met een ashoogte van 105 m;
- C. vier turbines Vestas V112 met een ashoogte van 94 m.

Van deze opstellingen zijn ook visualisaties vervaardigd. Achter in dit rapport vindt u de foto's met een korte omschrijving.

1.1 Beschrijving van de locatie

De locatie is gelegen aan de noordzijde van de snelweg A58 tussen Moergestel en Spoordonk. De turbines komen in een lijnopstelling circa 50 tot 60 m vanaf de snelweg. De westelijke turbinelocaties zijn gelegen in de gemeente Oisterwijk en de oostelijke turbinelocaties in de gemeente Oirschot.

Afbeelding 1: locatie.



De tot de inrichting behorende eigen woningen zijn in de figuren aangeduid met de letters A-D.

2. De turbines

2.1 Enercon E-82



De Enercon E-82 heeft een rotordiameter van 82 m en drie rotorbladen. Het nominale elektrische vermogen is 2,3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 20 tpm.

De turbine wordt hier geplaatst op een conische mast. De rotoras komt op circa 108 m boven het maaiveld. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 149 m hoog. De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 3 m/s. Bij windsnelheden boven 20 m/s wordt het toerental verlaagd uit veiligheidsoverwegingen. De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,8 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,6 m breed.

2.2 Vestas V90



De Vestas V90 heeft een rotordiameter van 90 m met drie rotorbladen. Het nominale elektrische vermogen is 2 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 8,6 en 18,4 tpm. De turbines worden geplaatst op conische stalen buismasten. De rotoras komt circa 105 m boven het maaiveld. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 150 m hoog. 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, de rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,5 m; aan de tip zijn de bladen circa 0,4 m breed.

2.3 Vestas V112



De Vestas V112 heeft een rotordiameter van 112 m met drie rotorbladen. Het nominale elektrische vermogen is 3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6,2 en 17,4 tpm. De turbines worden geplaatst op conische stalen buismasten. De rotoras komt circa 94 m boven het maaiveld. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 150 m hoog. 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, de rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 4 m; aan de tip zijn de bladen circa 0,5 m breed.

3. Onderzoek slagschaduw

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.

3.1 Regelgeving

Het windpark is vergunningplichtig inzake de Wet milieubeheer omdat de kortste afstand tussen een woning van derden en een turbine minder bedraagt dan viermaal de ashoogte (4x94 tot 4x108 m). De inrichting valt onder categorie 20.a.1 van bijlage 1 behorende bij het Inrichtingen en Vergunningenbesluit: "Inrichting voor het omzetten van windenergie in elektrische energie, met een rotordiameter van meer dan 2 m".

3.2 Normstelling

Voor de normstelling is in dit onderzoek aansluiting gezocht bij het Activiteitenbesluit. In het Activiteitenbesluit in artikel 3.14 onder 4. wordt verwezen naar de bij de ministeriële regeling te stellen maatregelen. In deze regeling¹ is in artikel 3.12 voorgeschreven dat een turbine is voorzien van een automatische stilstandsvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voorzover 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 optreden². In het kader van dit onderzoek wordt dit artikel 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 schaduwdagen 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 zes uur per jaar. Dit is een strengere beoordeling dan volgens het Activiteitenbesluit omdat ook nog slagschaduw gedurende minder dan 20 minuten aanvaardbaar wordt geacht buiten de 17 dagen met meer dan 20 minuten slagschaduwhinder en bovendien de hinderduur gedurende 17 dagen per jaar meer mag bedragen dan 20 minuten.

¹ Regeling van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007 nr. DJZ 2007104180 houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).

² Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar de regeling.

3.3 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 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.

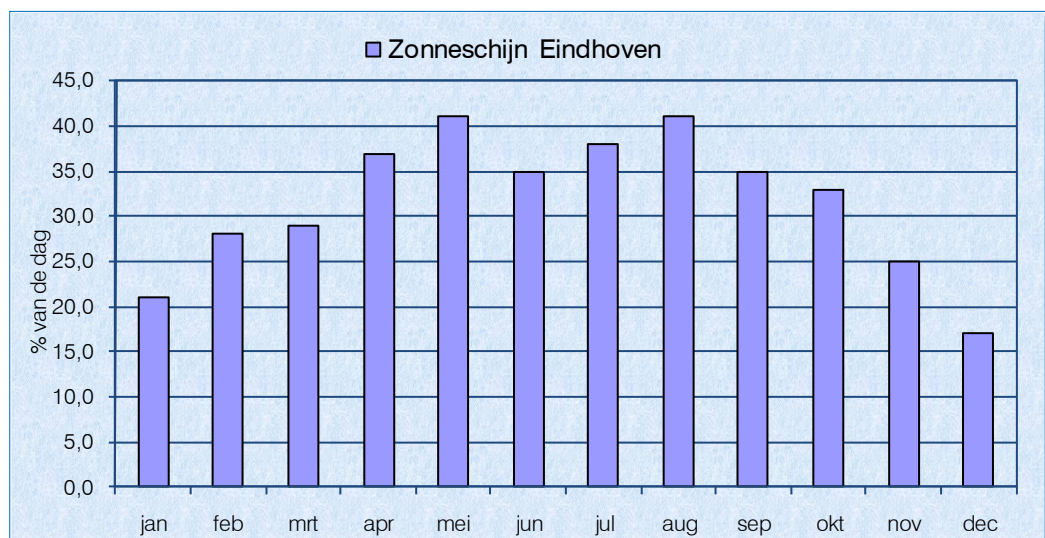
3.4 Potentiële schaduw

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 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.

3.4.1 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.

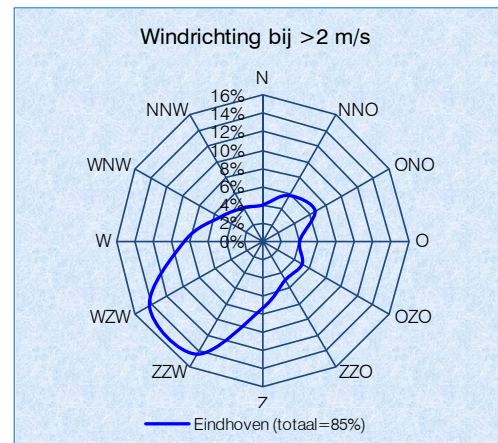
Grafiek 3-1: percentage zonneschijn.



3.4.2 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 percentages worden ontleend aan meerjarige data van meteorostations waarbij alleen de windsnelheden boven 2 m/s zijn betrokken. Afhankelijk van de richting van waaruit de turbine wordt gezien ligt de deze correctie tussen circa 55% en 75%.

Grafiek 3-2: Distributie windrichtingen.



3.4.3 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.

3.5 Rekenresultaten

Van het windpark zijn de cumulatieve schaduwduren in het omliggende gebied berekend. In de figuren 1-3 is voor de drie varianten met een groene, blauwe en een rode isolijn aangegeven waar de totale jaarlijkse verwachte hinderduur 0 uur, 5 uur 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 jaarlijkse hinderduur bij een aantal woningen van derden is berekend. 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 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 gemeten data over twintig jaar. De verwachting is dat in de toekomst deze gemiddelden over langere perioden niet veel zullen veranderen. In het weer treden grote dagelijkse verschillen op en ook variëren de jaargemiddelde gegevens behoorlijk.

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

3.6 Hinderduur bij woningen, zes turbines Enercon E-82

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. In Tabel 3-1 is per woning aangegeven: de potentiële jaarlijkse hinderduur, het aantal dagen per jaar 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: schaduwduren bij woningen 6x E-82.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
8	34:53	93	0:34	5:23
7	34:19	86	0:36	5:42
11	70:49	83	1:19	14:11
12	46:11	73	0:57	9:00
13	60:20	90	0:57	11:27
14	46:38	81	0:46	8:44
15	44:43	91	0:46	8:12
16	44:32	92	0:45	8:09
17	47:01	97	0:45	8:26
18	58:13	125	0:38	8:06
19	33:38	84	0:31	4:44
20	27:12	78	0:32	4:24
22	43:18	104	0:32	5:49
30	67:54	113	1:02	9:03
33	90:33	86	1:17	9:10
34	120:45	99	1:48	16:51
36	135:08	181	1:07	26:56
42	15:09	41	0:29	3:06
43	26:04	56	0:37	5:34
44	50:45	80	0:45	10:58
91	233:26	252	1:29	38:14

Bij veertien woningen van derden is er jaarlijks meer dan zes uur slagschaduw-hinder.

Binnen een afstand van 395 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een 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 lichtflikkeringen ligt tussen 0,3 en 1,0 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

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 worden geëlimineerd door een stilstandsregeling. De eventueel resterende hinderduur van de andere turbines is dan minder dan de norm.

Tabel 3-2: verwachte jaarlijkse hinderduren 6x E-82 in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	turbine 5	turbine 6	totaal
8	--	--	--	--	1:29	3:54	5:23
7	--	--	--	--	1:32	4:10	5:42
11	--	--	--	--	2:52	11:19	14:11
12	--	--	--	--	2:06	6:54	9:00
13	--	--	--	--	2:46	8:41	11:27
14	--	--	--	--	2:13	6:31	8:44
15	--	--	--	--	2:09	6:03	8:12
16	--	--	--	--	2:06	6:03	8:09
17	--	--	--	--	2:09	6:17	8:26
18	--	--	--	--	2:04	6:02	8:06
19	--	--	--	--	2:48	1:56	4:44
20	--	--	--	1:11	3:13	--	4:24
22	--	--	--	1:37	4:12	--	5:49
30	4:39	3:50	0:36	--	--	--	9:03
33	6:25	2:45	--	--	--	--	9:10
34	13:41	3:10	--	--	--	--	16:51
36	24:23	2:36	--	--	--	--	26:56
42	--	--	--	--	3:06	--	3:06
43	--	--	--	--	--	5:34	5:34
44	--	--	--	--	--	10:58	10:58
91	--	--	3:55	23:47	8:56	1:59	38:14

3.6.1 Maatregelen 6x E-82

Om te voldoen aan de norm voor de jaarlijkse hinderduren, moeten vijf van de zes turbines worden voorzien van een stilstandsregeling die de rotor stopt. In de turbinebesturingen worden hiervoor blokken van dagen en tijden geprogrammeerd waarin de rotor wordt gestopt als de zon schijnt. De totale stilstandsduur kan met een zonnescijnsensor beperkt worden. Bij de berekening van de verwachte stilstand is daar rekening mee gehouden. De verwachte stilstand is meer dan de totale verwachte hinderduur omdat de stilstandsregeling geen rekening houdt met de oriëntatie van de rotor en omdat de geprogrammeerde tijden alle begin- en eindtijden binnen het blok van dagen omvat. De tijden zijn aangegeven in MET (Midden Europese Tijd, wintertijd). Voor de zomertijd moet er een uur worden bijgeteld. Bij de bepaling van het productieverlies is ook rekening gehouden met het per maand variërende windaanbod volgens de meerjarig landelijk gemiddelde maandelijkse windex.

In onderstaande tabel zijn de blokken van dagen en tijden aangegeven. Het gemiddelde productieverlies over de zes turbines bedraagt 0,62%.

Tabel 3-3: stilstandstijden per turbine 6x E-82.

woning	van	tot	stop	start
turbine 1: verwachte stilstand 124 uur 1,41% verlies				
30	31-jan	26-feb	16:07	16:45
	15-okt	11-nov	15:37	16:15
33	1-jan	2-feb	10:38	11:32
	9-nov	31-dec	10:23	11:25
34	1-feb	21-mrt	9:49	11:07
	22-sep	10-nov	9:22	10:40
36	13-apr	31-mei	6:40	7:48
	1-jun	30-jun	6:49	7:36
	1-jul	30-aug	6:50	7:58
turbine 4: verwachte stilstand 55 uur 0,64% verlies				
91	21-feb	15-apr	14:54	16:23
	28-aug	21-okt	14:36	16:09
turbine 5: verwachte stilstand 24 uur 0,35% verlies				
91	1-jan	21-feb	10:10	11:08
	21-okt	7-dec	9:42	10:38
turbine 6: verwachte stilstand 130 uur 1,32% verlies				
10-18	1-jan	31-jan	15:06	15:47
	1-feb	28-feb	16:02	16:47
	1-mrt	31-mrt	16:30	17:32
	1-apr	21-apr	17:01	18:29
	22-apr	16-mei	17:35	18:29
	27-jun	24-aug	17:40	18:35
	25-aug	27-sep	16:53	18:18
	15-sep	12-okt	16:00	17:14
	13-okt	6-nov	15:33	16:45
	7-nov	31-dec	14:44	15:33
44	13-mei	31-jul	5:38	6:24

3.7 Hinderduur bij woningen, vijf turbines Vestas V90

Binnen een afstand van 365 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een 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 lichtflikkeringen ligt tussen 0,4 en 1,0 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Tabel 3-4: schaduwduren bij woningen 5x V90.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
8	42:41	103	0:37	6:31
7	41:25	96	0:40	6:47
11	86:03	92	1:27	17:11
12	55:30	78	1:03	10:46
13	72:51	96	1:04	13:48
14	56:03	88	0:52	10:29
15	54:00	101	0:50	9:54
16	53:42	102	0:49	9:50
17	56:49	107	0:49	10:08
18	71:04	152	0:41	9:57
19	43:55	117	0:33	6:24
20	32:49	88	0:35	5:14
22	47:35	107	0:36	6:23
30	66:11	78	1:12	7:45
33	43:34	86	0:36	4:08
34	36:43	64	0:46	5:00
36	26:24	52	0:40	4:18
42	16:38	43	0:32	3:24
43	30:15	60	0:40	6:28
44	60:07	86	0:48	13:04
91	297:57	269	1:42	48:17

Bij zestien woningen van derden is er jaarlijks meer dan zes uur slagschaduwhinder.

Tabel 3-5: verwachte jaarlijkse hinderduren 5x V90 in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	turbine 5	totaal
8	--	--	--	1:41	4:50	6:31
7	--	--	--	1:44	5:03	6:47
11	--	--	--	3:20	13:51	17:11
12	--	--	--	2:25	8:21	10:46
13	--	--	--	3:12	10:36	13:48
14	--	--	--	2:33	7:56	10:29
15	--	--	--	2:31	7:23	9:54
16	--	--	--	2:27	7:23	9:50
17	--	--	--	2:29	7:39	10:08
18	--	--	0:44	2:21	6:52	9:57
19	--	--	1:04	3:16	2:04	6:24
20	--	--	1:23	3:51	--	5:14
22	--	--	1:52	4:31	--	6:23
30	7:02	0:43	--	--	--	7:45
33	4:08	--	--	--	--	4:08
34	5:00	--	--	--	--	5:00
36	4:18	--	--	--	--	4:18
42	--	--	--	3:24	--	3:24
43	--	--	--	--	6:28	6:28
44	--	--	--	--	13:04	13:04
91	--	4:29	31:16	10:51	2:14	48:17

3.7.1 Maatregelen 5x V90

In onderstaande tabel zijn de blokken van dagen en tijden voor de stilstandsregeling aangegeven. Het gemiddelde productieverlies over de vijf turbines bedraagt 0,72%.

Tabel 3-6: stilstandstijden turbines 5x V90.

woning	van	tot	stop	start
turbine 1: verwachte stilstand 16 uur 0,24% verlies				
30	1-jan	29-jan	13:58	14:53
	13-nov	31-dec	13:45	14:48
turbine 2: verwachte stilstand 12 uur 0,10% verlies				
91	9-apr	4-mei	18:21	18:57
	9-aug	3-sep	18:24	19:01
turbine 3: verwachte stilstand 72 uur 0,87% verlies				
91	13-feb	15-apr	14:35	16:18
	28-aug	28-okt	14:16	16:02
turbine 4: verwachte stilstand 50 uur 0,75% verlies				
19	3-feb	25-feb	16:31	17:03
	17-okt	8-nov	16:00	16:33
22, 30	1-jan	28-jan	15:00	15:53
	12-nov	31-dec	14:46	15:44
91	1-jan	21-feb	10:03	11:04
	20-okt	14-dec	9:35	10:36
	15-dec	31-dec	10:05	10:39
turbine 5 verwachte stilstand 154 uur 1,63% verlies				
7-17	1-jan	3-feb	15:01	16:00
	1-feb	7-mrt	16:00	17:15
	8-mrt	31-mrt	16:30	18:00
	1-apr	20-apr	17:00	18:33
	21-apr	19-mei	17:35	18:59
	19-mei	25-jul	18:02	19:09
	25-jul	22-aug	17:38	19:09
	23-aug	14-sep	16:51	18:30
	15-sep	30-okt	16:16	17:16
	31-okt	3-dec	15:30	16:14
	7-nov	31-dec	14:42	15:30
43	12-apr	11-mei	6:15	6:55
	2-aug	30-aug	6:21	7:02
44	10-mei	3-aug	5:30	6:25

3.8 Hinderduur bij woningen, vier turbines Vestas V112

Tabel 3-7: schaduwduren bij woningen 4x V112.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
8	20:11	68	0:35	3:34
7	21:09	69	0:36	3:43
11	37:20	70	0:52	7:00
12	26:51	55	0:43	5:06
13	36:57	64	0:50	7:04
14	28:28	61	0:42	5:26
15	28:35	68	0:41	5:19
16	29:12	74	0:41	5:15
17	30:57	80	0:43	5:26
18	28:53	79	0:41	5:10
19	43:28	104	0:45	6:52
20	68:21	130	0:47	9:25
22	38:52	106	0:37	5:24
30	93:39	82	1:32	10:49
33	57:01	94	0:45	5:32
34	57:50	81	1:12	7:50
36	40:08	83	0:49	6:33
42	47:39	100	0:45	10:02
43	0:00	0	0:00	0:00
44	0:00	0	0:00	0:00
91	449:40	275	2:47	76:07

Bij negen woningen van derden is er jaarlijks meer dan zes uur slagschaduwhinder.

Binnen een afstand van 420 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een 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 lichtflikkeringen ligt tussen 0,3 en 0,9 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Tabel 3-8: verwachte jaarlijkse hinderduren 4x V112 in uren per turbine en totaal.

rekenpunt	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
8	--	--	0:39	2:55	3:34
7	--	--	0:42	3:01	3:43
11	--	--	1:08	6:20	7:00
12	--	--	0:47	4:23	5:06
13	--	--	1:06	5:58	7:04
14	--	--	0:51	4:35	5:26
15	--	--	0:56	4:23	5:19
16	--	--	0:59	4:16	5:15
17	--	--	1:04	4:22	5:26
18	--	--	0:58	4:12	5:10
19	--	--	1:24	5:28	6:52
20	--	--	1:50	7:35	9:25
22	--	0:22	2:32	2:30	5:24
30	9:06	1:10	0:33	--	10:49
33	5:04	0:28	--	--	5:32
34	7:19	0:47	--	--	7:50
36	6:00	0:33	--	--	6:33
42	--	--	7:26	2:36	10:02
43	--	--	--	--	--
44	--	--	--	--	--
91	--	--	0:39	2:55	3:34

3.8.1 Maatregelen 4xV112

In onderstaande tabel zijn de blokken van dagen en tijden voor de stilstandsregeling aangegeven. Het gemiddelde productieverlies over de vier turbines bedraagt 0,91%.

Tabel 3-9: stilstandstijden turbines 4x V112.

woning	van	tot	stop	start
turbine 1: verwachte stilstand 59 uur 0,78% verlies				
30	1-jan	31-jan	13:54	15:00
	11-nov	31-dec	13:41	14:56
34	26-jan	6-mrt	8:42	9:38
	7-okt	16-nov	8:12	9:08
36	12-mrt	11-apr	7:06	7:56
	1-sep	1-okt	6:55	7:45
turbine 2: verwachte stilstand 17 uur 0,14% verlies				
91	7-apr	7-mei	18:23	19:05
	6-aug	5-sep	18:26	19:11
turbine 3: verwachte stilstand 147 uur 1,81% verlies				
42	23-mei	20-jul	5:07	5:52
91	14-jan	16-apr	13:55	16:15
	27-aug	28-nov	13:30	15:53
turbine 4: verwachte stilstand 59 uur 0,88% verlies				
19-20	18-jan	17-feb	15:21	16:42
	25-okt	23-nov	14:58	16:12
20	1-jan	17-jan	15:16	16:07
	25-nov	31-dec	14:58	15:46
91	1-jan	20-feb	9:25	10:28
	22-okt	31-dec	8:58	10:07

4. Fotovisualisaties

Van de toekomstige situatie zijn fotovisualisaties vervaardigd van de drie varianten. Voor de opnamen zijn standpunten gekozen van waaruit er zicht is op het windpark. Opnamen zijn gemaakt vanuit vijf zichtpunten (zie figuur 4). In de digitale opnamen zijn met fotobewerkingssoftware de windturbines gemonteerd.

De horizontale beeldhoek van de opnamen is steeds circa 60 graden wat redelijk overeenstemt met het menselijke gezichtsveld. Met gelijke beeldhoek zijn de beelden beter vergelijkbaar.

Het contrast tussen de turbines en de lucht is sterk afhankelijk van het weertype en van de kijkrichting ten opzichte van de zonnestand. Met de zon in de rug steken de turbine wit af tegen de lucht, bij tegenlicht zijn ze donker tegen een lichte lucht. Bij grijs weer is er ook weinig contrast en is de zichtbaarheid minder. Bij de fotomontages is bewust gekozen voor een relatief hoog contrast tussen de turbines en de achtergrond.

4.1 Perspectief

Bij een foto wordt de bolvormige wereld geprojecteerd op een plat vlak (het negatief). De beeldhoek is hierbij altijd kleiner dan 180 graden. Bij deze projectie ontstaat beeldvervalsing die toeneemt met de beeldhoek. Bij projectie op de binnenzijde van een bol is er geen beeldvervalsing en de beeldhoek kan dan compleet zijn. Om de beeldvervalsing te beperken zijn alle beeldpixels van de digitale opnamen herberekend tot een projectie van de bolvormige wereld op de binnenzijde van een cilinder. Bij deze wijze van projectie blijven de verticale lijnen (de masten) onvervalsing. Ook een horizontale lijn in het midden (de horizon) blijft dan een rechte lijn. Horizontale lijnen boven en onder de horizon krijgen bij deze wijze van projectie een kromming. Bij de gehanteerde horizontale beeldhoek van circa 55 graden blijft deze vervalsing overigens beperkt. Het bekende Mesdagpanorama is ook een projectie van de bolvormige wereld op de binnenzijde van een cilinder.

4.2 Kijkafstand

Om de afbeeldingen te zien in het juiste perspectief zou de foto horizontaal gebogen moeten worden zodat een boogsegment ontstaat van 60 graden, gelijk aan de horizontale beeldhoek. Als de foto dan bekeken wordt vanuit het middelpunt van het cirkelsegment komt het perspectief overeen met de werkelijkheid. Bij het bekijken van de foto in het platte vlak is de afwijking overigens beperkt bij een horizontale beeldhoek van 60 graden. Bij deze beeldhoek en een afdruk van 30 cm breed is de juiste kijkafstand 28 cm. Deze korte afstand is niet zo comfortabel zodat grotere afdrukken prettiger zijn te beoordelen.

5. Bespreking

5.1 Zes turbines Enercon E-82

Er treedt slagschaduw hinder op bij woningen van derden. Vijf van de zes turbines worden voorzien van een automatische stilstandsregeling om de hinderduur bij zestien woningen van derden te beperken. Dit gaat gepaard met enig productie-verlies, gemiddeld 0,62% van het totale windpark. Bij alle woningen wordt met deze maatregelen aan de norm voldaan. Zeer hinderlijke flikkerfrequenties boven 2,5 Hz komen niet voor.

5.2 Vijf turbines Vestas V90

Er treedt slagschaduw hinder op bij woningen van derden. Alle vijf turbines worden voorzien van een automatische stilstandsregeling om de hinderduur bij negentien woningen van derden te beperken. Dit gaat gepaard met enig productie-verlies, gemiddeld 0,72% van het totale windpark. Bij alle woningen wordt met deze maatregelen aan de norm voldaan. Zeer hinderlijke flikkerfrequenties boven 2,5 Hz komen niet voor.

5.3 Vier turbines Vestas V112

Er treedt slagschaduw hinder op bij woningen van derden. Alle vier turbines worden voorzien van een automatische stilstandsregeling om de hinderduur bij twaalf woningen van derden te beperken. Dit gaat gepaard met enig productie-verlies, gemiddeld 0,91% van het totale windpark. Bij alle woningen wordt met deze maatregelen aan de norm voldaan. Zeer hinderlijke flikkerfrequenties boven 2,5 Hz komen niet voor.



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


Rekenpunten slagschaduw

Id	Omschr.	X	Y	maaiveld	HoogteA	Hoogte B
7	woning Spoordonkseweg	145754,47	392452,18	<-->	0,50	5,00
8	woning Kattenberg	145752,66	392392,22	<-->	0,50	5,00
11	Kattenberg 5	145680,00	392000,00	<-->	0,50	5,00
12	Kattenberg 4	145752,00	392032,00	<-->	0,50	5,00
13	Kattenberg 3b	145671,00	392086,00	<-->	0,50	5,00
14	Kattenberg 3a	145730,00	392086,00	<-->	0,50	5,00
15	Kattenberg 3	145715,00	392168,00	<-->	0,50	5,00
16	Kattenberg 2	145700,00	392227,00	<-->	0,50	5,00
17	Kattenberg 1	145674,00	392283,00	<-->	0,50	5,00
18	Spoordonkseweg 142a	145655,00	392470,00	<-->	0,50	5,00
19	Spoordonkseweg 143	145539,60	392574,83	<-->	0,50	5,00
20	Spoordonkseweg 146a	145459,00	392628,00	<-->	0,50	5,00
22	Spoordonkseweg 147a	145351,61	392751,14	<-->	0,50	5,00
30	Heirbaan 12	143741,54	393262,32	<-->	0,50	5,00
33	Reedijk 4	143121,00	393340,00	<-->	0,50	5,00
34	Reedijk 8	143142,98	393122,32	<-->	0,50	5,00
36	Reedijk 7	142999,00	392912,00	<-->	0,50	5,00
42	Bekersberg 9	144223,00	392125,00	<-->	0,50	5,00
43	Bekersberg 8	144733,00	391925,00	<-->	0,50	5,00
44	Bekersberg 7	144842,00	391820,00	<-->	0,50	5,00
91	woning in aanbouw	144733,78	392503,89	<-->	0,50	5,00

Eigen woningen

Id	Omschr.	X	Y
A	Beekersberg 2	143772,27	392807,47
B	Reedijk 8	143049,39	392667,64
C	Spoordonkseweg 147	145379,15	392731,45
D	Kattenberg 6	145690,06	391935,86

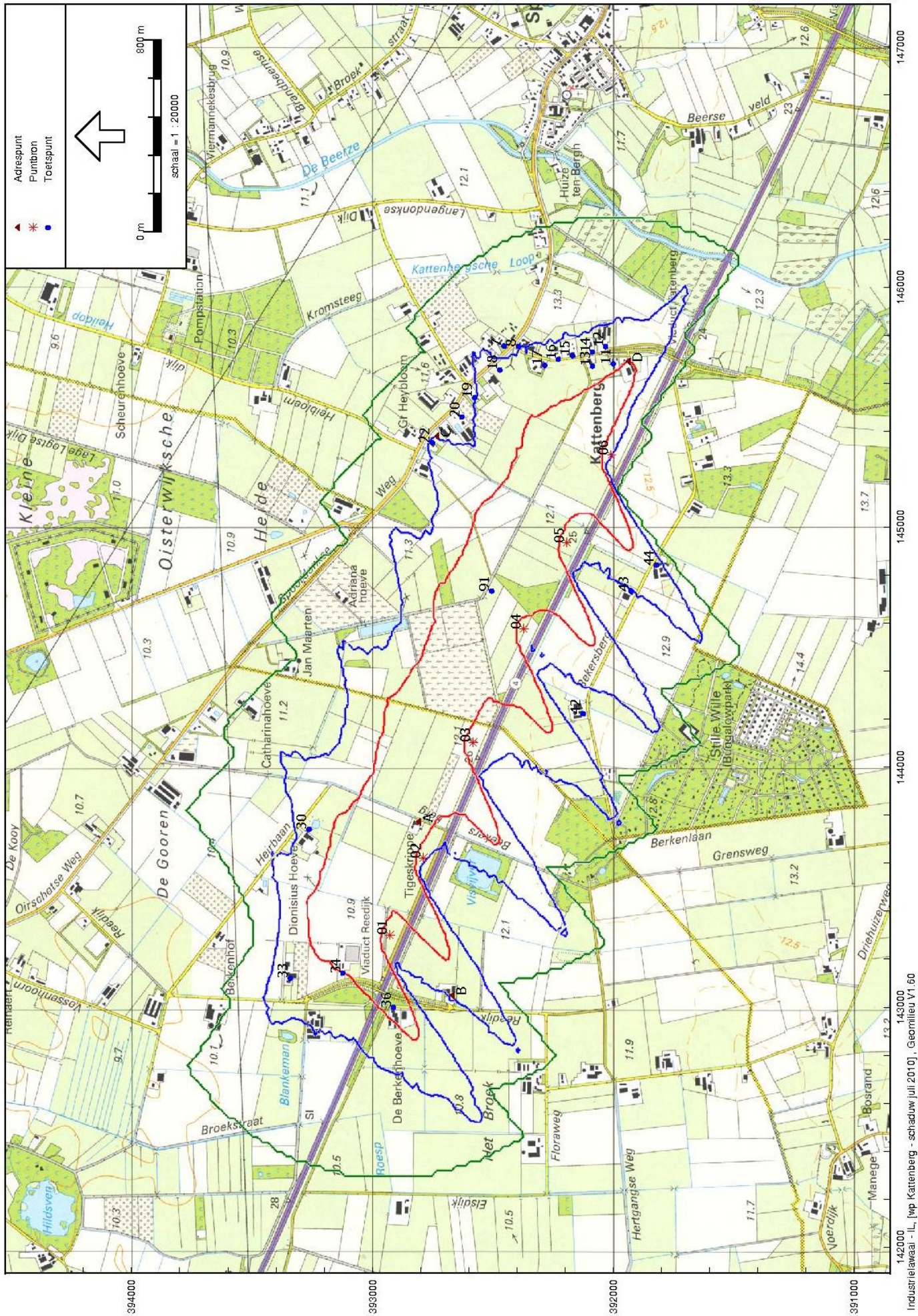
Turbines geometrie

Id	Omschr.	X	Y	maaiveld	Hoogte
01	turbine D=82	143300,00	392928,00	<-->	108,00
02	turbine D=82	143621,00	392788,00	<-->	108,00
03	turbine D=82	144103,00	392583,00	<-->	108,00
04	turbine D=82	144576,00	392371,00	<-->	108,00
05	turbine D=82	144935,00	392193,00	<-->	108,00
06	turbine D=82	145300,00	392009,00	<-->	108,00
11	turbine d=90 m	143547,00	392825,00	<-->	105,00
12	turbine d=90 m	144095,00	392590,00	<-->	105,00
13	turbine d=90 m	144593,00	392369,00	<-->	105,00
14	turbine d=90 m	144944,00	392192,00	<-->	105,00
15	turbine d=90 m	145305,00	392010,00	<-->	105,00
21	Turbine D=112	143551,00	392837,00	<-->	94,00
22	Turbine D=112	144100,00	392601,00	<-->	94,00
23	Turbine D=112	144623,00	392365,00	<-->	94,00
24	Turbine D=112	145047,00	392155,00	<-->	94,00



figuur 1 : rekenpunten en schaduwcontouren 6x E-82

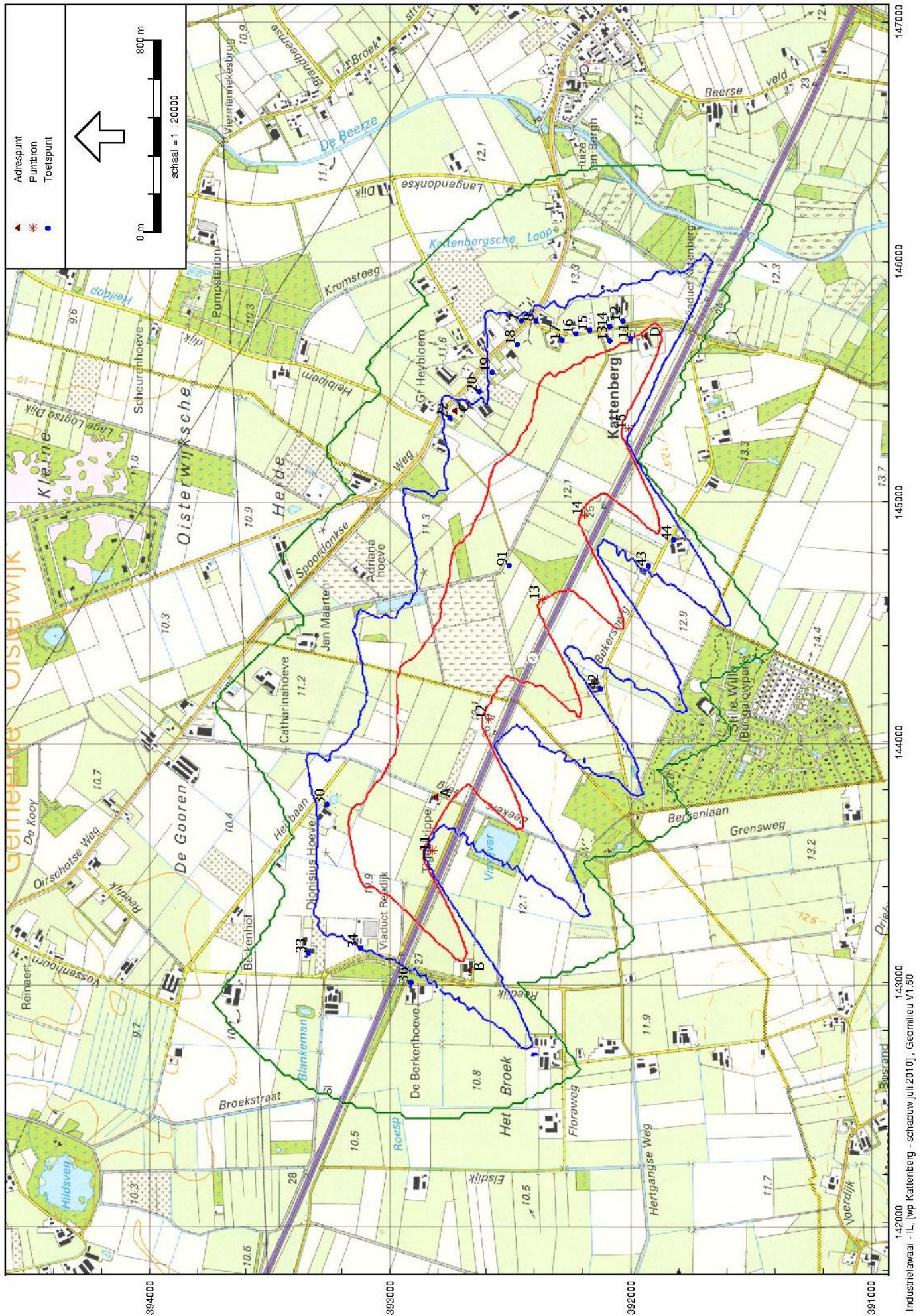
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.





figuur 2 : rekenpunten en schaduwcontouren 5xV90

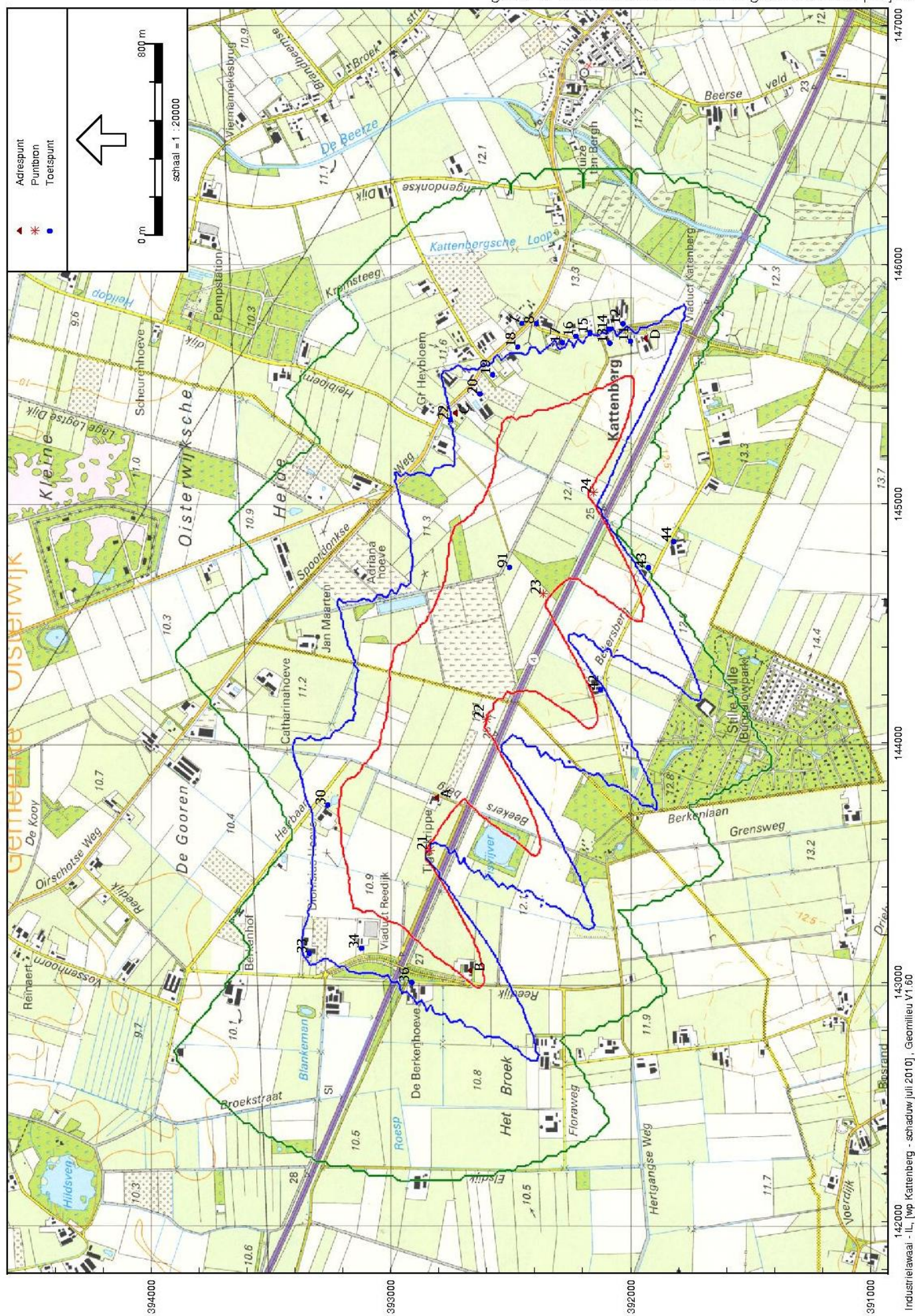
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.

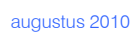
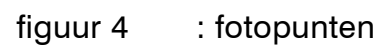




figuur 3 : rekenpunten en schaduwcontouren 4xV112

groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.







Deze opname is gemaakt vanaf de Spoordonkseweg, circa 550 m ten westen van de plaats Spoordonk (zie fotopunt A in figuur 4).

De opnamerichting is westelijk over een weiland. Rechts het fietspad en de bomenrij langs de Spoordonkseweg. Achter het weiland gebouwen aan de weg Kattenberg.

Op de eerste foto de lijnopstelling met de zes turbines, rotordiameter 82 m en ashoogte 108 m. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 6) is circa 800 m. De rechtse turbines gaan grotendeels verscholen achter bomen.

Op de tweede foto de lijnopstelling met de vijf turbines. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 5) is circa 800 m. De rechtse turbines gaan grotendeels verscholen achter bomen

Op de derde foto de lijnopstelling met de vier turbines Vestas V112. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 4) is circa 1.000 m. De meest rechtse turbine 1 gaat grotendeels verscholen achter bomen



Deze opname is gemaakt vanaf de hoek Spoordonkseweg/Kattenberg, circa 1 km ten westen van de plaats Spoordonk (zie fotopunt B in figuur 4).

De opnamerichting is westelijk over een weiland. Rechtsonder nog een stukje van het fietspad. Links op de foto de erfbeplanting van een woning aan de Kattenberg. Op de achtergrond een bomenrij langs een pad dat loopt van de Kattenberg, noordelijk van de snelweg naar de Spoordonkseweg. Tussen de bomen door zijn juist nog voertuigen zichtbaar op de snelweg. Op de rechtse helft van de foto is de snelweg aan het zicht onttrokken door een bossage.

Op de eerste foto de opstelling met zes turbines Enercon E-82. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 6) is circa 600 m, deze steekt links op de foto boven de erfbeplanting uit. De meest rechtse turbine 1 staat op een afstand van circa 2.500 m.

Op de tweede foto de opstelling met vijf turbines Vestas V90. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 5) is circa 600 m, deze steekt links op de foto boven de erfbeplanting uit. De meest rechtse turbine 1 staat op een afstand van circa 2.240 m.

Op de derde foto de opstelling met vier turbines Vestas V112. De afstand tot de linker turbine (de meest oostelijke turbine 4) is circa 750 m. De meest rechtse turbine 1 staat op een afstand van circa 2.240 m.



Deze opname is gemaakt vanaf het viaduct van de Kattenberg over de snelweg A58 (zie fotopunt C in figuur 4).

De opnamerichting is noordwestelijk. Op de voorgrond de snelweg.

Op de eerste foto de opstelling met zes turbines Enercon E-82. De afstand tot de linker turbine (de meest westelijke turbine 1) is circa 2,7 km, de oostelijke turbine 6 staat op een afstand van circa 480 m.

Op de tweede foto de opstelling met vijf turbines Vestas V90. De afstand tot de linker turbine (de meest westelijke turbine 1) is circa 2,4 km, de oostelijke turbine 5 staat op een afstand van circa 480 m.

Op de derde foto de opstelling met vier turbines Vestas V112. De afstand tot de linker turbine (de meest westelijke turbine 1) is circa 2,4 km, de oostelijke turbine 4 staat op een afstand van circa 775 m.



Deze opname is gemaakt vanaf een pad nabij de Voerdijk nabij de gemeentegrens met Oirschot (zie fotopunt D in figuur 4).

De opnamerichting is noordoostelijk over weiland met paarden. Rechts op de foto nog een stukje schuur bij een boerderij aan de Voerdijk. Op de achtergrond boerderijen aan de Driehuizerweg.

Op de eerste foto de opstelling met zes turbines Enercon E-82. Links staat turbine 1 op een afstand van circa 2.150 m. De rechtse turbine 6 staat op een afstand van circa 3,4 km.

Op de tweede foto de opstelling met vijf turbines Vestas V90. Links staat turbine 1 op een afstand van circa 2,2 km. De rechtse turbine 5 staat op een afstand van circa 3,4 km.

Op de derde foto de opstelling met vier turbines Vestas V112. Links staat turbine 1 op een afstand van circa 2,2 km. De rechtse turbine 4 staat op een afstand van circa 3,1 km.



Deze opnameplaats is nabij een boerderij aan de Reedijk (zie fotopunt E in figuur 4).

De opnamerichting is zuidoostelijk over een pas geploegd bouwland. Uiterst links een silo bij een boerderij aan de Heirbaan. In het midden een boerderij aan de Beekersberg. Op de achtergrond bomenrijen en de snelweg.

Op de eerste foto de opstelling met zes turbines Enercon E-82. De afstand tot de rechter turbine 2 is circa 700 m. De meest westelijke turbine 1 valt rechts van de foto. De oostelijke turbine 6 staat op een afstand van circa 2,5 km.

Op de tweede foto de opstelling met vijf turbines Vestas V90. De afstand tot de rechter turbine 1 (de meest westelijke) is circa 620 m, de oostelijke turbine 5 staat op een afstand van circa 2,5 km.

Op de derde foto de opstelling met vier turbines Vestas V112. De afstand tot de rechter turbine 1 (de meest westelijke) is circa 620 m, de oostelijke turbine 4 staat op een afstand van circa 2,2 km.