

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.

Opdrachtgever

Nuon Energy



Windlocatie Nieuwe Hemweg

Slagschaduwonderzoek t.b.v. Omgevingsvergunning



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

© Bosch & van Rijn 2016

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

Windlocatie Nieuwe Hemweg

Slagschaduwonderzoek t.b.v. Omgevingsvergunning

Datum
17-5-2017

Versie
0.4

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2017

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

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Voornemen</i>	4
1.3	<i>Te onderzoeken windturbintypes</i>	5
1.4	<i>Wettelijke norm</i>	6
1.5	<i>Stilstandvoorziening</i>	7
1.6	<i>Berekening</i>	7
HOOFDSTUK 2	BEREKENING	9
2.1	<i>Inleiding</i>	10
2.2	<i>Windaanbod</i>	10
2.3	<i>Zonaanbod</i>	11
2.4	<i>Rekenmethode</i>	11
HOOFDSTUK 3	RESULTATEN	12
3.1	<i>Slagschaduwcontour</i>	13
3.2	<i>Woningen binnen de contour</i>	13
3.3	<i>Slagschaduw per woning</i>	14
3.4	<i>Stilstand per windturbine</i>	14
3.5	<i>Mogelijke verschuiving windturbineposities</i>	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
HOOFDSTUK 4	CONCLUSIE	15
HOOFDSTUK 5	BIJLAGEN	17
BIJLAGE A	RESULTATEN PER WONING	18
BIJLAGE B	SLAGSCHADUWCONTOUREN	19
BIJLAGE C	UITDRAAI WINDPRO	22

Hoofdstuk 1 Inleiding

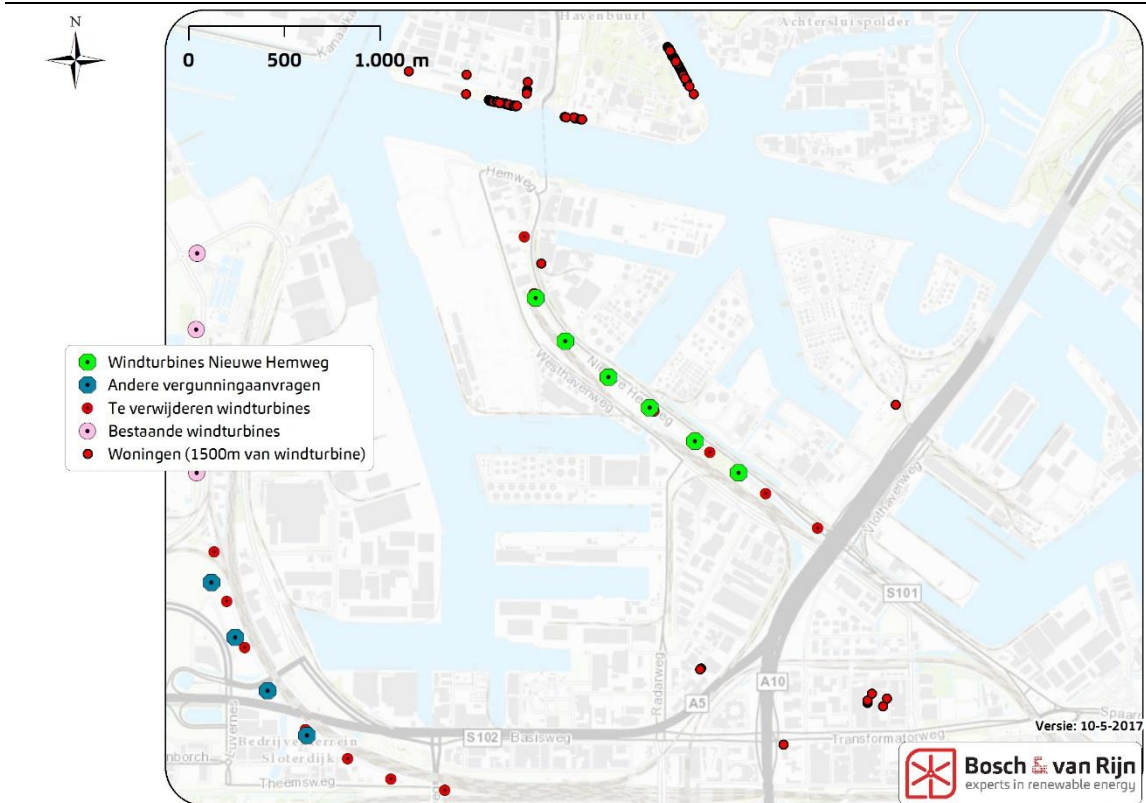
1.1 Inleiding

Voorliggend slagschaduwrapport is opgesteld om ten behoeven van de omgevingsvergunning voor een zestal windturbines in het Westelijk Havengebied te Amsterdam de slagschaduw en de slagschaduwduur bij woningen inzichtelijk te maken. Met deze studie wordt de slagschaduw als gevolg van de windturbines ter plaatse van nabijgelegen slagschaduwgevoelige bestemmingen aan de normstelling uit het Activiteitenbesluit getoetst. Met het oog op de toetsing zijn twee typen windturbines doorgerekend, die een maatgevend beeld geven van de optredende slagschaduw aan de onder- en bovengrens van de bandbreedte die is opgenomen in de omgevingsvergunningaanvraag. Het betreft een bandbreedte voor de minimale en maximale ashoogte en rotordiameter van de windturbines.

1.2 Voornemen

Figuur 1 toont de locatie van de windturbines en nabijgelegen slagschaduwgevoelige bestemmingen. In de figuur zijn tevens overige voornemens voor de ontwikkeling van windenergie in het Westelijke havengebied weergegeven.

Figuur 1 Ligging van de beoogde nieuwe windpark en slagschaduwgevoelige objecten in de omgeving.



Het voornemen betreft 6 windturbines die in de plaats komen van 8 windturbines op dezelfde locatie (ook weergegeven in bovenstaande figuur)(Coördinaten staan weergegeven in onderstaande tabel). Zowel de bestaande windturbines als de nieuwe

windturbines maken deel uit van een windlocatie die wordt aangeduid met de naam Nieuwe Hemweg.

In de figuur zijn woningen binnen een straal van 1500eter van het windpark weer-gegeven.

De bron voor deze gegevens is de www.ruimtelijkeplannen.nl (mei 2017). Alle woonbestemmingen uit betreffende bestemmingsplannen zijn opgenomen als woning.

In het havengebied zijn meerdere plannen voor windturbine opstellingen. Op basis van de bij de auteur bekende vergunningaanvragen zijn ook de locaties van andere voornemens weergegeven.

Tabel 1 Coördinaten van de windturbines in het Rijksdriehoekstelsel.

WTB	POINT_X	POINT_X
1	116826	491763
2	116980	491536
3	117207	491348
4	117423	491488
5	117660	491012
6	117889	490849

1.3 Te onderzoeken windturbinetypes

De vergunningaanvraag betreft een bandbreedte. Voor wat betreft de *afmetingen* is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: minimaal 95,0 meter, maximaal 100 meter,
- Rotordiameter: minimaal 95 meter, maximaal 105 meter,
- Tiphoogte: maximaal 150m,
- Verhouding ashoogte/rotordiameter: minimaal 0,9; maximaal 1,1.

De windturbines die verder in dit rapport worden onderzocht staan gegeven in onderstaande tabel. In het verdere rapport worden deze aangeduid als 'ondervariant' en 'bovenvariant'¹

¹ Er is voor een andere onder- en bovengrens gekozen dan in het geluidsrapport. Dit is gedaan vanwege het feit dat de bandbreedte per milieuthema is bepaald. Bij slagschaduw geldt dat de afmetingen van de windturbines bepalend zijn voor de bandbreedte.

Tabel 2 Gegevens onder- en bovenvariant v.w.b. slagschaduw (in meter).

Variant	Type	Ashoogte	Rotordiameter
Onder	Fictieve windturbine ²	95	95
Boven	Vestas V105-3.5 ³	97,5	105

N.B. Gegeven alle restricties is een maximale ashoogte van 100 meter mogelijk. Omdat echter de tiphoogte begrensd is op 150 meter, en een grotere rotordiameter meer effect heeft op de slagschaduwproductie dan de ashoogte, hebben wij de bovengenoemde afmetingen aangehouden.

1.4 Ministeriële regeling

Op het in werking hebben van een windturbine is het Activiteitenbesluit milieubeheer van toepassing. Aangaande slagschaduw verwijst het Activiteitenbesluit naar de Activiteitenregeling Milieubeheer.

In artikel 3.12 van de bij het Activiteitenregeling⁴ is voorgeschreven dat een turbine moet zijn voorzien van een automatische stilstandvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voor zover de afstand tussen de turbine en woning minder bedraagt dan twaalf maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden.

Wij interpreteren dit door te stellen dat de jaarlijkse slagschaduwduur ter plaatse van een woning de normgrens van $20 \times 17 = 340$ minuten (= 5 uur en 40 minuten) niet mag overschrijden. In feite is dit een conservatieve interpretatie van de norm: er zijn scenario's mogelijk waarin er meer dan 340 minuten slagschaduw optreedt zonder dat er volgens de Activiteitenregeling een stilstandsregeling vereist is.

² Op het moment van het onderzoek is er nog geen commercieel beschikbare windturbine met een rotordiameter van 95m en een ashoogte van 95m. Om deze reden heeft de auteur een fictieve windturbine geconstrueerd.

³ De Vestas V105 is niet standaard leverbaar op een ashoogte van 97,5 meter. De berekening zit echter niet vast aan commercieel beschikbare types: alle windturbines met een bepaalde ashoogte en rotordiameter veroorzaken (vrijwel) dezelfde hoeveelheid slagschaduw. Door deze (fictieve) ashoogte door te rekenen zijn de maximale milieueffecten in kaart gebracht.

⁴ 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.

1.5 Stilstandvoorziening

Om normoverschrijding te voorkomen kan een stilstandvoorziening op de windturbine worden aangebracht zoals vermeld in het Activiteitenbesluit. Deze zorgt ervoor dat bij overschrijding van de slagschaduwnorm, de windturbine wordt uitgeschakeld. De voorziening wordt per schaduwgevoelige woning vooraf ingeregeld, aangezien het gaat om specifieke momenten die van te voren bepaald kunnen worden afhankelijk van de zonnestand. Daarnaast wordt gemeten of er daadwerkelijk voldoende zon (en dus slagschaduw) is op die momenten.

1.6 Berekening

De stand van de zon is overal op aarde nauwkeurig te bepalen gegeven de plaats en het tijdstip. Voor een object, in dit geval een windturbine, is het daarom mogelijk vooraf te bepalen wanneer de schaduw van het object op een specifieke locatie valt. In dit geval op het raam van een huis. Om dit te kunnen doen is de volgende informatie nodig:

- De grootte van het object dat de slagschaduw veroorzaakt; voor een windturbine is van belang de grootte van de bladen;
- De coördinaten van de windturbine en de coördinaten van het beschaduwde object;
- De ashoogte van de windturbine;
- De grootte, richting en oriëntatie (hellingshoek) van het beschaduwde object; met de richting wordt bedoeld hoe het raam (lichtdoorlatende deel van de gevel) gericht is ten opzichte van de windturbine. Oriëntatie is in het algemeen verticaal, maar ook kan gedacht worden aan een dakraam in een schuin dak onder een bepaalde hoek.

De berekening gaat uit van de realistisch gemiddelde situatie. Hiertoe wordt een aantal aannames gedaan om de situatie te benaderen zoals die werkelijk zal optreden:

- Correctie voor de gemiddelde zonneschijnduur;
De zon schijnt (overdag) niet altijd vanwege de aanwezigheid van bewolking (en mist); op basis van klimatologische gegevens van het KNMI voor de gemiddelde zonneschijnduur wordt een maandelijks getal afgeleid voor de kans dat de zon daadwerkelijk schijnt. Op deze locatie is gebruik gemaakt van KNMI-gegevens van station De Bilt (afstand tot parklocatie : ca 42km).
- Correctie voor de windsnelheid;
Bij lage windsnelheden (minder dan ca. 3m/s) draait een windturbine (nog) niet, bij zeer hoge windsnelheden (boven 25 m/s) wordt een windturbine uit veiligheidsoverwegingen stilgezet. Op enkele momenten per jaar staat de windturbine stil vanwege onderhoud. Een moderne windturbine met een ashoogte boven de 80 meter is gemiddeld tussen de 95 en 98 procent van de tijd in bedrijf. Wij gaan in dit onderzoek uit van 97%.

- Correctie voor de windrichting;
Op basis van de windmetingen op de gondel wordt de windturbine zo gedraaid dat de bladen altijd in de richting staan waar de wind vandaan komt. Afhankelijk van de gemiddelde windrichtingsverdeling wordt een correctiefactor afgeleid aangezien de grootte en positie van de schaduw verandert met de positie van de gondel.

Bovenstaande correcties zijn gebaseerd op gegevens over het klimaat. De correctie voor de gemiddelde zonneshijnduur wordt op de maandgemiddelde metingen gebaseerd en de overige twee correcties op de jaargemiddelde metingen. Dit zijn langjarige gemiddelden. In een individueel jaar is de schaduwhinder soms meer, en soms minder dan dit gemiddelde.

Hoofdstuk 2 Berekening

2.1 Inleiding

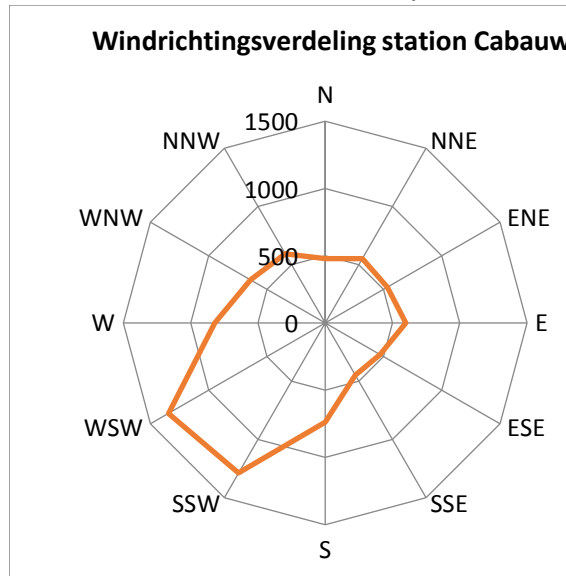
De slagschaduwduur bij omliggende woningen is berekend met WindPRO, een programma dat slagschaduw nauwkeurig kan berekenen en dat veel gebruikt wordt in de windenergiesector.

Bij woningen is uitgegaan van een verticale schaduw 'receptor' van 5 meter hoog en 8 meter breed, beginnende op 50 cm hoogte. De receptoren zijn in alle richtingen gevoelig voor slagschaduw. Wel is er rekening gehouden met obstakels die zich in de omgeving bevinden. De obstakels, die zijn meegenomen in de berekening, zijn te vinden in bijlage C. Eventueel hoogteverschil van het maaiveld is niet in de berekening opgenomen.

2.2 Windaanbod

Om de hoeveelheid slagschaduw op een specifieke locatie te berekenen, is het van belang uit welke richting de wind waait, en hoe hard het waait. Immers, als de windsnelheid te laag is, staat de windturbine stil. Deze grens ligt op ongeveer 3 m/s. Een moderne windturbine met een ashoogte boven de 80 meter is gemiddeld tussen de 95 en 98 procent van de tijd in bedrijf. We gaan in dit onderzoek uit van 97%. Onderstaande grafiek geeft de langjarige windrichtingsverdeling weer van meteorostation Cabauw.

Figuur 2 Windroos van meteorostation Cabauw op 140 meter hoogte.



2.3 Zonaanbod

Het zonaanbod is in de berekening gebaseerd op het zonaanbod in De Bilt (de dichtstbijzijnde meetpost waarvan bij de auteur data bekend is). Zie de bijlage met de WindPRO-rekenresultaten voor de precieze waarden.

Zomer- & wintertijd hebben geen effect op de duur van de schaduw, maar wel op het moment van de dag waarop schaduw plaatsvindt. Tijdswijzigingen vinden plaats iedere laatste zondag van maart en laatste zondag van oktober. Het effect hiervan is meegenomen in de berekening.

2.4 Rekenmethode

Met het softwarepakket WindPRO is voor zowel de ondergrens als bovengrens een contour getekend van de norm van 5:40 uur slagschaduw per jaar, en wordt de jaarlijkse verwachte slagschaduw bij omliggende woningen berekend.

Om normoverschrijding te voorkomen worden windturbines voorzien van een stilstandvoorziening. Deze zorgt ervoor dat de windturbine wordt uitgeschakeld als de norm dreigt te worden overschreden. De voorziening wordt per schaduwgevoelige woning op de turbine aangebracht en vooraf ingeregeld, aangezien het gaat om specifieke momenten die van te voren bepaald kunnen worden afhankelijk van de zonnestand. Daarnaast wordt gemeten of er daadwerkelijk voldoende zon (en dus slagschaduw is op die momenten).

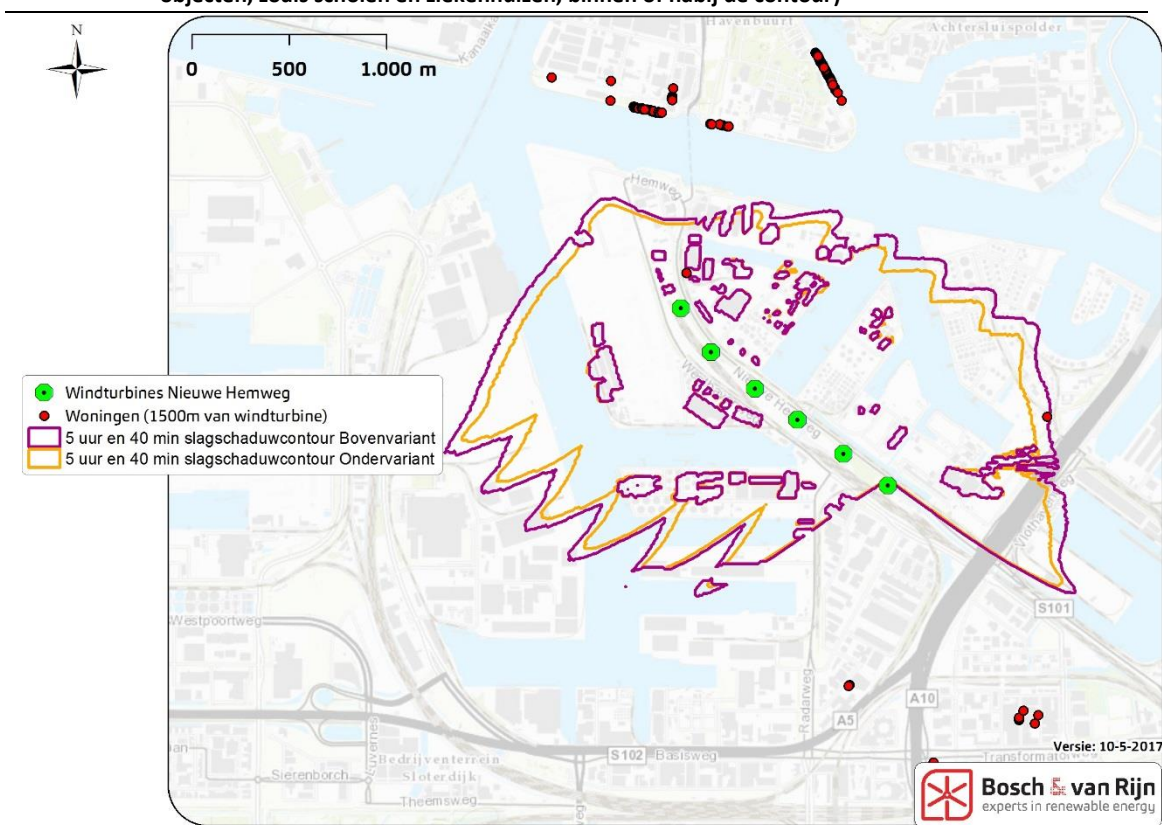
Elk uur dat een turbine moet worden stilgezet leidt tot opbrengstverlies. In deze analyse is de opbrengstverlies berekend op basis van het aantal uur slagschaduw gedeeld door het totaal aantal draaiuren in een jaar (*gebaseerd op de windsnelheidsverdeling uit Figuur 2 en de cut-in en cut-out windsnelheid van de betreffende turbine*). Uit deze berekening volgt een verliesfactor.

Hoofdstuk 3 Resultaten

3.1 Slagschaduwcontour

Onderstaande afbeelding toont de slagschaduwcontour van 5 uur en 40 minuten slagschaduw per jaar, uitgaande van een *realistische meteorologische* situatie (in tegenstelling tot een *worst case* scenario), voor de onder- en bovengrens. Binnen deze contour treedt naar verwachting jaarlijks meer dan 5:40 uur slagschaduw op, en erbuiten minder. De contouren van de opstellingen zijn vergroot weergegeven in Bijlage B.

Figuur 3 5:40u slagschaduwcontouren van de onder- en bovengrens. Hierbij zijn ook woningen van derden weergegeven. Dit zijn immers de objecten waarvoor de norm geldt. (Er liggen geen andere gevoelige objecten, zoals scholen en ziekenhuizen, binnen of nabij de contour)



Bijlage B toont deze kaart in groter formaat.

3.2 Woningen binnen de contour

Er bevinden zich meerdere gevoelige objecten binnen ten minste één van de slagschaduwcontouren. Zie Bijlage A voor een lijst met adressen.

Tabel 3 Aantal woningen binnen 5:40 uur slagschaduwcontour

	Ondergrens	Bovengrens
Aantal woningen met meer dan 5:40 u slagschaduw per jaar	1	2

3.3 Slagschaduw per woning

In Bijlage A is voor woningen die ten minste 1 minuut slagschaduw ontvangen, beschreven hoeveel slagschaduw te verwachten is per jaar als er geen mitigerende maatregelen zouden worden genomen.

Het onderzoek is uitgevoerd voor alle woningen binnen 12x de rotordiameter van de bovenvariant. De resultaten zijn te vinden in de uitdraai van het rekenprogramma (Bijlage C).

3.4 Stilstand per windturbine

De tabel hieronder geeft weer hoe lang elke turbine jaarlijks uitgeschakeld moet worden om *alle* slagschaduw op woningen binnen 12 keer de rotordiameter van de bovenvariant te voorkomen.

Tabel 4 Benodigde stilstand in uren per jaar om slagschaduw te voorkomen

Opstelling	Stilstand per jaar (uu:mm)	Derving (%)
Ondergrens	61:04	0,12%
Bovengrens	73:57	0,14%

Om aan de norm te voldoen mogen woningen 5:40 uur slagschaduw ontvangen. Om hieraan te voldoen is dus minder stilstand nodig. Tabel 5 geeft de derving. Deze is berekend per woning de slagschaduw *boven de 5:40 uur* te berekenen, en deze waarden op te tellen.

Tabel 5 Stilstand in uren per jaar om aan de norm te voldoen

Opstelling	Stilstand per jaar (uu:mm)	Derving (%)
Ondergrens	49:47	0:10%
Bovengrens	62:12	0:12%

Hoofdstuk 4 Conclusie

In dit onderzoek zijn twee varianten van een opstelling van zes windturbines onderzocht met een ashoogte van 95/97,5 meter en een rotordiameter van 95/105 meter. Daarmee zijn de minimale en maximale effecten voor wat betreft slagschaduw van de beoogde windturbines berekend.

Uit de rekenresultaten blijkt dat voor beide varianten mitigerende maatregelen nodig zijn. Een stilstandsregeling zal, op basis van statistische meteorologische gegevens, een bepaalde tijd per jaar moeten worden ingezet om aan de norm te voldoen. Voor de ondergrens geldt dat een stilstandsregeling van 49 uur en 47 minuten per jaar voldoende is om overschrijding van de norm uit de Activiteitenregeling te voorkomen. Voor de bovengrens is een stilstandsregeling van 62 uur en 12 minuten per jaar nodig om overschrijding van de norm uit de Activiteitenregeling te voorkomen. Deze stilstand dient rechtstreeks op grond van het Activiteitenbesluit te worden toegepast, vergunninghouder is immers gehouden aan de algemene regels uit het Activiteitenbesluit.

Dergelijke stilstand heeft een kleine opbrengstderving tot gevolg, die rendabele exploitatie niet in gevaar brengt.

Hoofdstuk 5 Bijlagen

Bijlage A Resultaten per woning

Hieronder staan de woningen die ten minste 1 minuut slagschaduw ontvangen. De adresgegevens komen uit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG), download van januari 2017.

Uren schaduw per jaar, per opstelling.

Adres	Ondervariant	Bovenvariant
Havenstraat 155 1506PP Amsterdam	00:11	00:25
Kajuitweg 3 1041AP Amsterdam	55:27	66:35
Van Riebeeckhavenweg 1 1041AD Amsterdam	00:11	00:25

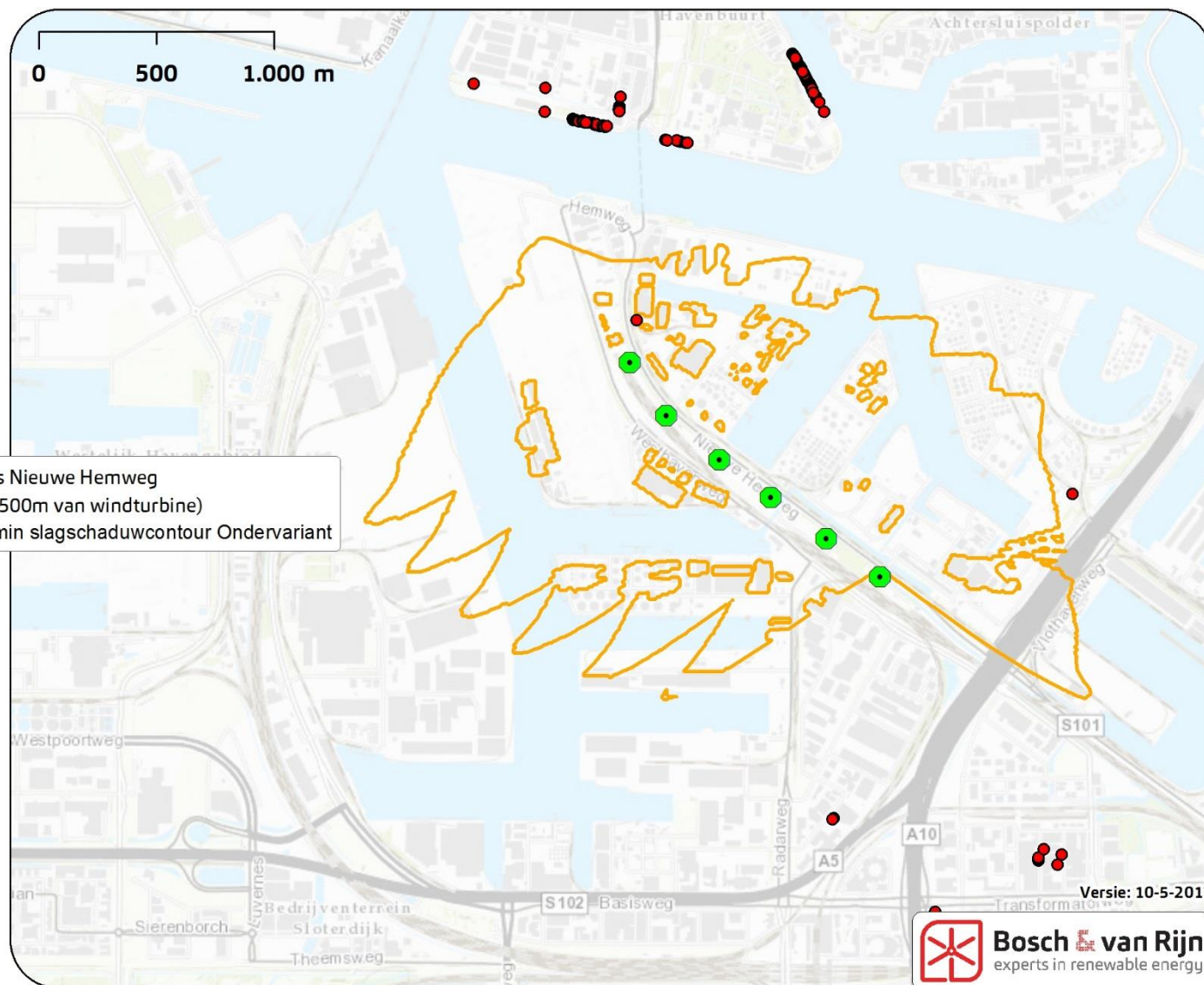
Bijlage B Slagschaduwcontouren





0 500 1.000 m

- Windturbines Nieuwe Hemweg
- Woningen (1500m van windturbine)
- 5 uur en 40 min slagschaduwcontour Ondervariant



Versie: 10-5-2017

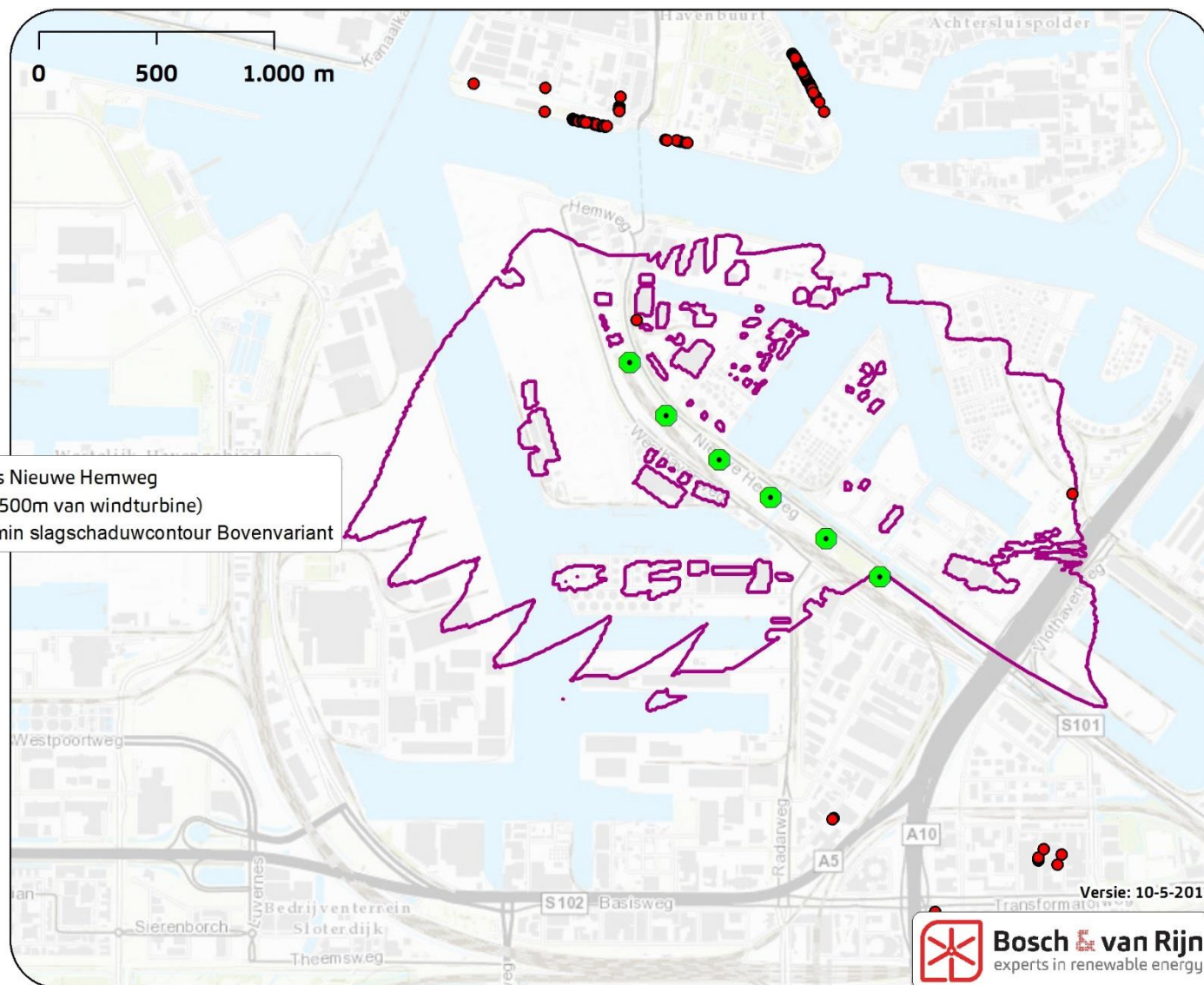


Bosch van Rijn
experts in renewable energy



0 500 1.000 m

- Windturbines Nieuwe Hemweg
- Woningen (1500m van windturbine)
- 5 uur en 40 min slagschaduwcontour Bovenvariant



Versie: 10-5-2017



Bosch van Rijn
experts in renewable energy

Bijlage C Uitdraai WindPRO

Bijgevoegde WindPRO uitdraaien geven per adres een waarde voor de slagschaduw per jaar, in de onder- en bovenvariant.



Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2016

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