

Zichtbaarheid van Prinses Amaliawindpark vanaf de kust bij IJmuiden



Zichtbaarheid van Prinses Amaliawindpark vanaf de kust bij IJmuiden



Projectnummer: HSENL12282

Prepared: P. Rooijmans 11-12-2012

Reviewed: J. Dam 14-12-2012

Filename 20121219_REP_Uitkomsten zichtbaarheidstudie PAWP_v1 0_PRo.doc

Status ~~Draft for internal review~~ / ~~Draft issued for client review~~ / Final released to client

| Version | Author | Date | Remarks/Change |
|---------|--------------|------------|--------------------------|
| 1.0 | P. Rooijmans | 17-12-2012 | Final released to client |
| | | | |

© Ecofys 2012

Voor en namens: Prinses Amaliawindpark

Samenvatting

De zichtbaarheid van windparken is in Nederland een veelbesproken onderwerp. Zowel windenergieprojecten op land als op zee ondervinden vaak weerstand bij omwonenden vanwege de horizonvervuiling die deze projecten met zich mee zouden brengen. Onderzoek van Infomart in het kader van de milieumonitoring voor offshore windpark Egmond aan Zee (OWEZ) laat zien dat de openheid van het landschap vanaf het strand als zeer waardevol en belangrijk wordt beschouwd. Hetzelfde onderzoek laat ook zien dat attitude ten opzichte van OWEZ in de loop der jaren steeds positiever wordt.

In een milieueffectrapportage voor een offshore windpark wordt altijd een uitspraak gedaan over de verwachte zichtbaarheid van het windpark vanaf het strand. Voor windparken die ver uit de kust liggen is de zichtbaarheid per definitie nul, omdat de windturbines, door de kromming van de aarde, geheel achter de horizon verdwijnen. Voor parken dichterbij de kust wordt vaak een schatting gegeven van de zichtbaarheid vanaf de kust gebaseerd op langjarig gemiddelde waarden van gemeten meteorologisch zicht van een nabijgelegen meteostation. Zo is er in de MER voor het PAWP te lezen dat de verwachting is dat het windpark (bij een ashoogte van 50m) minder dan 15% van de tijd zichtbaar is. Voor een windpark met een ashoogte van 70m bedraagt de verwachte zichtbaarheid 23%. De ashoogte van de windturbines in PAWP bedraagt 59m boven mean sea level (MSL).

Waar het onderzoek van Infomart voor OWEZ zich richt op de beleving van omwonenden en recreanten, richt dit onderzoek zich op de verificatie van de verwachte zichtbaarheid van PAWP vanaf de kust. Hiertoe is een onderzoek opgezet, waarbij enkele getrainde waarnemers vanaf het strand bij IJmuiden gedurende een heel jaar zichtbaarheidswaarnemingen doen van PAWP. Deze waarnemingen worden vervolgens gekoppeld aan het waargenomen meteorologisch zicht op een meteostation van het KNMI in de buurt. Omdat er voor meteorologisch zicht langjaargemiddeldes bestaan, kunnen we met behulp hiervan een uitspraak doen over de jaargemiddelde zichtbaarheid van PAWP vanaf het strand bij IJmuiden.

In totaal zijn van november 2011 tot en met november 2012, 133 waarnemingen vanaf het strand bij IJmuiden gedaan. Deze waarnemingen zijn verspreid over de seizoenen en zowel 's nachts als overdag uitgevoerd. De waarnemingen werden zowel met het blote oog als met verrekijker verricht. Vervolgens is bepaald welk meteostation (de Kooy, Schiphol, of Europlatform) het beste gebruikt kon worden om de jaargemiddelde zichtbaarheid vanaf het strand te berekenen. Meteostation de Kooy bleek hiervoor het best geschikt te zijn.

Met behulp van het gemeten meteorologisch zicht en de langjarig gemiddelde waarden daarvan voor meteostation de Kooy is de zichtbaarheid van PAWP vanaf de kust met het blote oog bepaald op 33% van de tijd, met een foutenmarge van 6%. Met de verrekijker is het windpark 37% van de tijd zichtbaar, met een foutenmarge van 7%.

Het is van belang hierbij te vermelden dat de toetswaarde van 15% (Meteoconsult, 1998) voortkomt uit een analyse voor de zichtbaarheid verder dan 20km gedurende de maanden mei tot en met augustus, waarbij sprake moet zijn van zomerse temperaturen (>25 graden). Doordat in de studie van Meteoconsult niet alle meteorologische omstandigheden zijn meegenomen en in deze studie wel, zijn de gemeten zichtbaarheden van deze twee studies niet direct vergelijkbaar.

Om een betere vergelijking te maken is er gekeken naar de waarde die Meteoconsult geeft voor de gehele maanden mei tot en met augustus (dus zonder de toevoeging van de eis voor zomerse temperaturen). De waarde voor de zichtbaarheid verder dan 20km bedraagt dan in de Meteoconsultstudie 33%. Als we kijken naar de waarnemingen die voor dit rapport gedaan zijn in de maanden mei tot en met augustus (in totaal 24), dan bedraagt de gemiddelde zichtbaarheid ook 33% met een onzekerheid van 16%. De onzekerheid is relatief groot, omdat er slechts een beperkt aantal waarnemingen in de genoemde periode beschikbaar zijn.

Inhoudsopgave

Samenvatting

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Onderzoeksopzet | 2 |
| 2.1 | Zichtbaarheid (definitie) | 2 |
| 2.2 | Meteorologisch Zicht (definitie) | 3 |
| 2.3 | Meetprogramma (beschrijving) | 4 |
| 2.3.1 | Zichtpunt(en) | 5 |
| 2.3.2 | Protocol | 7 |
| 2.3.3 | Aantal waarnemingen | 8 |
| 2.4 | Statistische methode (wiskundige beschrijving) | 9 |
| 2.5 | Analyse | 10 |
| 3 | Resultaten | 11 |
| 3.1 | Inleiding | 11 |
| 3.2 | Waarnemingen | 11 |
| 3.3 | Correlatie met datasets de Kooy, Schiphol en Europlatform | 11 |
| 3.3.1 | Langjarig gemiddeld zicht meteostation de Kooy | 12 |
| 3.4 | Zichtbaarheid met blote oog | 14 |
| 3.5 | Zichtbaarheid met verrekijker | 17 |
| 4 | Conclusies | 19 |
| 5 | Discussie | 20 |
| 5.1 | Oorzaken discrepantie resultaten en doelstelling | 20 |
| 5.2 | Vervolgmetingen | 20 |
| 5.3 | Mitigerende maatregelen | 21 |
| | Literatuur | 22 |
| | BIJLAGEN | 23 |
| | BIJLAGE 1. Het Meetprotocol | 24 |
| | BIJLAGE 2. Waarnemingen | 25 |
| | BIJLAGE 3. Voorbeeldfoto's | 32 |

1 Inleiding

Ecofys is sinds 2007 betrokken bij de opzet en de uitvoering van het monitoring- en evaluatieprogramma (MEP) van Prinses Amaliawindpark (PAWP). In het MEP zijn voor twaalf onderzoeksgebieden meetvoorschriften opgesteld. Zichtbaarheid van het windpark vanaf de kust is hier een van. Dit rapport beschrijft de onderzoeksopzet en resultaten het onderzoek naar de zichtbaarheid van Prinses Amaliawindpark vanaf de kust.

Het meetvoorschrift voor het bepalen van de zichtbaarheid vanaf de kust van het Prinses Amaliawindpark (PAWP) is onderverdeeld in twee fases. In de eerste fase moest worden vastgesteld of het windpark zichtbaar is vanaf locaties bij Egmond aan Zee en Wijk aan Zee. Omdat het windpark zichtbaar bleek, werd er in een tweede fase bepaald welk gedeelte van de tijd het windpark gemiddeld in een jaar zichtbaar is. Deze rapportage bespreekt de resultaten (hoofdstuk 3) van de tweede fase van het zichtbaarheidsonderzoek.

De zichtbaarheid van PAWP is met behulp van waarnemingen met het blote oog en verrekijker vanaf het strand bij IJmuiden bepaald (hoofdstuk 2). Deze waarnemingen zijn opgedeeld in waarnemingen in het donker en bij daglicht, en verdeeld over een jaar (november 2011 – november 2012). De waarnemingen worden gecorreleerd aan langjarig gemeten meteorologisch zicht op meteorostation de Kooy in Den Helder. Hiermee doen we een uitspraak over de gemiddelde jaarlijkse zichtbaarheid van PAWP vanaf het strand bij IJmuiden.

Dit eindrapport bevat, naast een resultatendiscussie (hoofdstuk 5), ook een conclusie over het in de vergunning omschreven doel (hoofdstuk 4), te weten het wel of niet meer dan 15% van de tijd zichtbaar zijn van het Prinses Amaliawindpark.

2 Onderzoeksopzet

Dit hoofdstuk beschrijft de onderzoeksopzet conform het operationeel plan voor het bepalen van de zichtbaarheid (Ecofys, 11 juli 2011). Gedurende de meettijd is er, in overleg met Rijkswaterstaat, een aantal wijzigingen op het operationeel plan doorgevoerd. Deze wijzigingen worden ook beschreven in dit hoofdstuk.

Het doel van het zichtbaarheidsonderzoek is om te bepalen hoe vaak in een jaar de windturbines van PAWP met het blote oog en met een verrekijker zichtbaar zijn vanaf de kust en om een uitspraak te doen of dit meer of minder dan 15% van de tijd bedraagt.

Het meetvoorschrift schrijft voor dat gedurende verschillende representatieve weersgesteldheden de zichtbaarheid onderzocht moet worden:

Fase 2: in een jaar wordt gedurende verschillende representatieve weersgesteldheden de zichtbaarheid onderzocht. Doel van een eventuele fase 2 is om te bepalen hoe vaak een 'zichtbare periode' voorkomt in een jaar (citaat uit het meetvoorschrift)

Om een uitspraak te kunnen doen over hoe vaak een zichtbare periode gemiddeld in een jaar voorkomt, wordt het al dan niet zichtbaar zijn van de PAWP windturbines gerelateerd aan de waarden van het meteorologisch zicht zoals dat wordt gemeten op een bestaand weerstation. Omdat er van meteorologisch zicht langjarige meetreeksen beschikbaar zijn, kan er daarmee een uitspraak worden gedaan van de gemiddelde zichtbaarheid van PAWP.

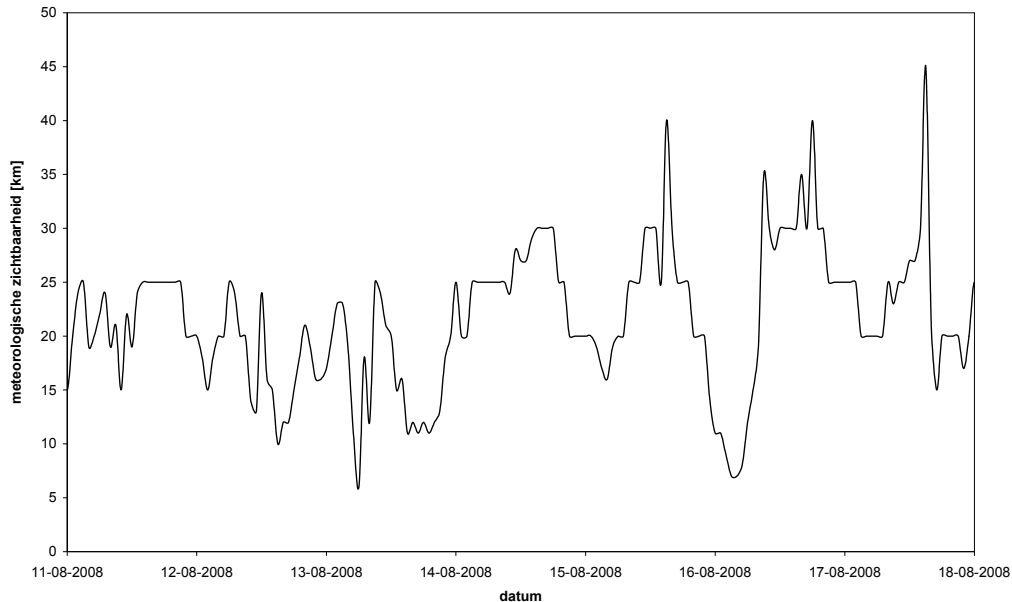
2.1 Zichtbaarheid (definitie)

Het meetvoorschrift schrijft voor om waarnemingen zowel 's nachts als overdag uit te voeren en te bepalen hoe vaak een zichtbare periode voorkomt in een jaar. Hiertoe wordt de jaargemiddelde zichtbaarheid van PAWP bepaald zonder uitsluiting van bepaalde weersomstandigheden of tijdstippen. Meteoconsult gebruikt in haar rapport (1998, Zichtbaarheid landaanwinning Onderzoek in opdracht van Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten, Werkgroep Landschap) over zichtbaarheid een andere definitie. In dit rapport wordt de voorspelde zichtbaarheid uitgesplitst over de seizoenen. De toetswaarde van 15% komt voort uit hun analyse voor de zichtbaarheid verder dan 20km gedurende de maanden mei tot en met augustus, waarbij sprake moet zijn van zomerse temperaturen (>25 graden). Meteoconsult houdt in haar analyse dus rekening met de menselijke factor (is het prettig om op het strand te verblijven?).

In hoofdstuk 5 wordt verder op de verschillen tussen beide methodieken ingegaan.

2.2 Meteorologisch Zicht (definitie)

Het uitgangspunt in de tweede fase van het zichtbaarheidsonderzoek is dat de 'weersgesteldheden' het beste kunnen worden gekarakteriseerd met het *meteorologisch zicht*¹, zoals dat wordt gedefinieerd, gemeten en geregistreerd door het KNMI (zie <http://www.knmi.nl/cms/content/40787/zicht>). Het meteorologisch zicht is een objectief meetbare grootheid. Zie een voorbeeld in Figuur 1. Hierin zien we uurlijkse waarnemingen van het meteorologisch zicht gemeten op meteostation de Kooy.



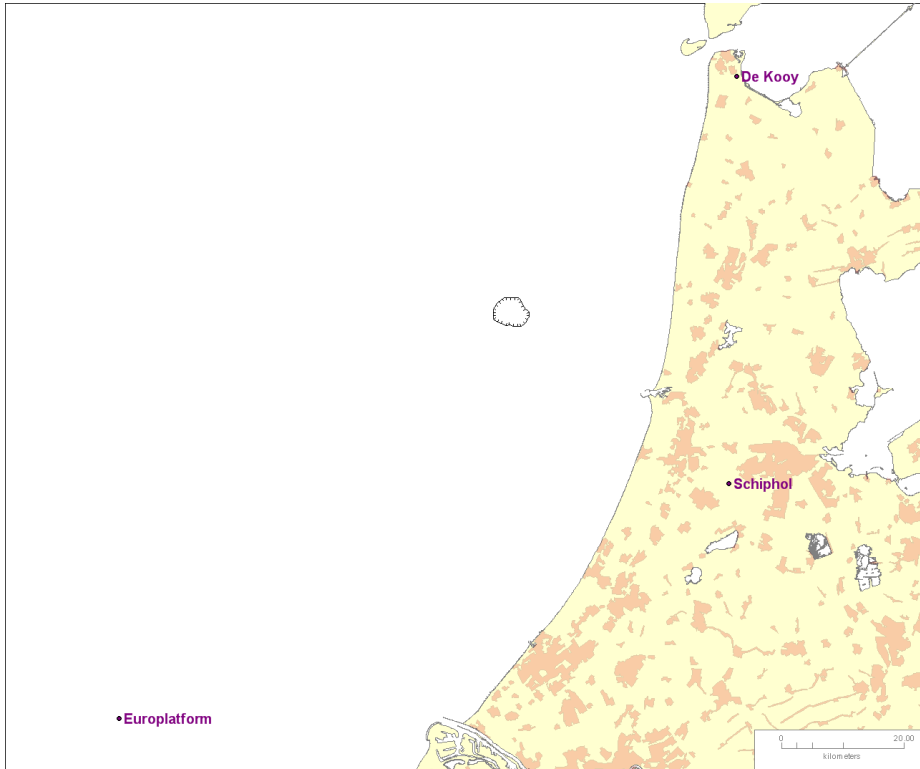
Figuur 1: De gemeten meteorologische zichtbaarheid op het weerstation De Kooy in augustus 2008.

Meteorologisch zicht wordt in meerdere zichtstudies gebruikt als grootheid voor zichtbaarheid. De in de onderzoeksvraag genoemde toetswaarde van 15% wordt in een studie van Meteoconsult uit 1998 bepaald aan de hand van deze grootheid. Ook in het rapport Afstand en zichtbaarheid windturbines Noordzee (Royal Haskoning, oktober 2009), wordt meteorologisch zicht gebruikt om een uitspraak te doen over de gemiddelde zichtbaarheid van windturbines op zee.

De statistiek van het al dan niet zichtbaar zijn van de PAWP windturbines wordt gerelateerd aan de waarden van het meteorologisch zicht zoals dat wordt gemeten op een bestaand weerstation. Bij voldoende correlatie tussen de waarnemingen en de gemeten waarden voor het meteorologisch zicht kan vervolgens aan de hand van de historische meteorologisch zichtgegevens van het betreffende station bepaald worden hoe vaak het windpark zichtbaar zal zijn in een gemiddeld jaar.

¹ Het meteorologisch zicht is de grootste afstand waarop een zwart object te zien en te herkennen is.

De weerstations, waar heden ten dage meteorologisch zicht wordt gemeten en die qua ligging in aanmerking komen hiervoor, zijn De Kooy en Schiphol². Deze stations liggen op ongeveer 50 km van het Prinses Amaliawindpark. Een offshore meetpunt met meteorologisch zicht (Europlatform) ligt ruim 90 kilometer van het windpark.



Figuur 2: KNMI meetstations in de nabijheid van PAWP waar tot op heden meteorologisch zicht gemeten wordt

Om een antwoord op de onderzoeksvraag te geven met de hoogst mogelijke kwaliteit wordt het wel of niet zichtbaar zijn van de PAWP windturbines gerelateerd aan het gerapporteerde meteorologisch zicht op de meetstations (De Kooy, Schiphol en Europlatform). Het station met de hoogste correlatie tussen de waarnemingen en het meteorologisch zicht wordt in het vervolg van het onderzoek gebruikt als meest representatieve station. Voor dit station worden de eindresultaten in dit rapport gepresenteerd.

2.3 Meetprogramma (beschrijving)

Het meetprogramma bestaat uit een reeks van waarnemingen door personen vanaf een vast zichtpunt waarbij de waarnemer vastlegt of het windpark op dat moment wel of niet zichtbaar is. De waarnemingen worden steeds uitgevoerd door twee personen volgens een vast protocol.

² Uurlijkse waarden worden gerapporteerd op de website van het KNMI, zie <http://www.knmi.nl/actueel/index.html>

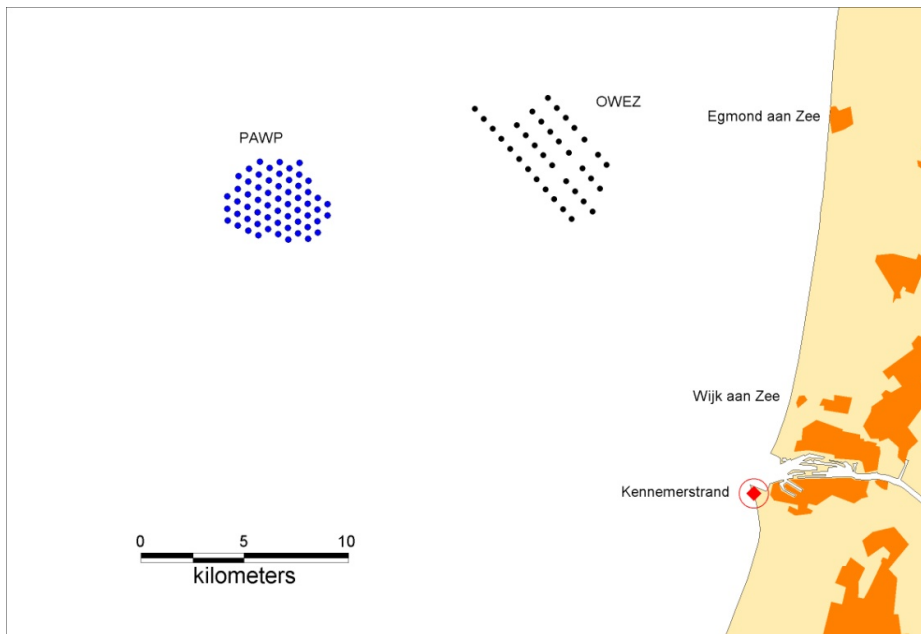
De waarnemingen worden gedaan met het blote oog en met een verrekijker. Elke waarneming wordt daarnaast vastgelegd met een fotocamera.

Omdat de turbines 's nachts een rood licht dragen, wordt er onderscheid gemaakt tussen de nachtelijke zichtbaarheid (in het donker, ten minste een uur na zonsondergang) en die van overdag (bij daglicht, ten minste een uur na zonsopgang). Er wordt getracht evenveel waarnemingen bij daglicht als in het donker te maken.

2.3.1 Zichtpunt(en)

In het meetvoorschrift is gesteld dat de serie waarnemingen worden gedaan vanaf het strand en de duinovergang bij Egmond aan Zee en bij Wijk aan Zee. Tijdens de waarnemingen in fase 1 vanaf het strand bij Egmond aan Zee bleek echter de ligging van OWEZ t.o.v. Egmond aan Zee en het PAWP ongunstig te zijn voor het waarnemen van de turbines van PAWP omdat dan "door" het windpark van OWEZ heen moet worden gekeken. Daarom is, in overleg met Rijkswaterstaat, de locatie Egmond aan Zee niet gebruikt gedurende fase 2 van het onderzoek.

Meetpunt Wijk aan Zee is, in overleg met Rijkswaterstaat, vervangen door het Kennemerstrand (parallel aan de Harlingenstraat) bij IJmuiden. Het Kennemerstrand ligt op 24 km van de dichtstbijzijnde windturbine van PAWP.



Figuur 3: Het voorgestelde zichtpunt op het strand van het Kennemerstrand (⊙) in relatie tot het PAWP. De afstand van het zichtpunt tot de dichtstbijzijnde windturbine van PAWP is 24 km.

Het meetvoorschrift schrijft voor dat er waarnemingen gedaan moesten worden vanaf zowel de duinovergang als het strand. In overleg met Rijkswaterstaat is er voor gekozen om alleen waarnemingen te doen vanaf een enkele positie, te weten de stranddijk bij de vakantiewoningen naast de haven van IJmuiden.

Voor deze waarnemingen was in eerste instantie de kleine pier van IJmuiden gekozen, maar deze bleek niet onder alle omstandigheden (veilig) bereikbaar. De eerste zes waarnemingen zijn van deze locatie gedaan, de overige 127 vanaf de definitieve locatie.

Figuur 4 geeft op een plattegrond van de haven van IJmuiden de locatie van de waarnemingen weer en de richting waarop de foto's genomen zijn. Figuur 5 geeft de exacte positie van het fototoestel met statief weer die tijdens de waarnemingen steeds werd gebruikt. Het statief wordt altijd maximaal uitgeklapt waardoor de hoogte van het fototoestel bij elke foto gelijk is.



Figuur 4. Kaart met de waarnemingspositie.



Figuur 5 Locatie vanwaar de zichtbaarheidswaarnemingen gedaan worden.

De coördinaat van de waarneming in het RD stelsel is: 99115 – 497328.

2.3.2 Protocol

De waarnemingen zijn steeds uitgevoerd door twee personen volgens een vast protocol (zie bijlage). Beide waarnemers gingen naar het zichtpunt en bepaalden elk voor zich of ze het windpark konden waarnemen met het blote oog.

De 'waarneembaarheid' van het windpark werd als volgt vastgelegd:

1. niet waarneembaar
2. wel waarneembaar

Vervolgens werd een waarneming gedaan met behulp van een verrekijker. De waarnemingen met de verrekijker werden vastgelegd volgens hetzelfde principe als voor de waarnemingen met het blote oog.

Vervolgens werd er een foto gemaakt vanaf het vaste zichtpunt in de richting van het windpark. Voor het maken van de foto werd een statief gebruikt, zodat de foto altijd vanaf dezelfde hoogte genomen wordt. 's Nachts werden de instellingen van het toestel zo aangepast, dat de foto's een reële afspiegeling van de werkelijkheid vormen. Voor de foto's werd gebruik gemaakt van een Canon EOS 550D camera. De foto's dienen als bewijs dat een waarneming daadwerkelijk is gedaan, maar worden in de analyse zelf verder niet gebruikt.

Verder wordt van elke waarneming de volgende gegevens vastgelegd.

1. datum en tijdstip
2. namen van de waarnemers
3. weersomstandigheden
4. eventuele bijzonderheden

De bijbehorende uurlijkse waarde van het meteorologisch zicht wordt achteraf opgezocht van de website van het KNMI, zie <http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/>.

Alle waarnemers werden vooraf getraind bij daglicht, zodat ze het onderscheid tussen het PAWP en OWEZ-windpark foutloos konden maken. De zichtrichting van het Prinses Amaliawindpark werd vastgelegd met een kompas. In het donker kan er dan geen verwarring meer bestaan over de ligging van beide parken ten opzichte van elkaar.

2.3.3 Aantal waarnemingen

Voor een goede correlatie tussen de waargenomen zichtbaarheid van het windpark PAWP en het meteorologisch zicht zijn waarnemingen over het hele bereik van het meteorologisch zicht nodig. Het is aannemelijk dat bij goed meteorologisch zicht (bijvoorbeeld meer dan 30km) het windpark altijd zichtbaar is en bij minder goed meteorologisch zicht (bijvoorbeeld minder dan 10km) het windpark niet zichtbaar is. In het middengebied (meteorologisch zicht in de range van de afstand tot het windpark = 10-30km) zijn voldoende waarnemingen nodig om de benodigde statistiek te verkrijgen voor een zinvolle analyse. Daarnaast is het van belang dat voornamelijk de zichtbaarheidsbins die in de tijd vaak voorkomen voldoende waarnemingen bevatten (meer hierover in paragraaf 2.4).

De zichtbaarheidsbins zijn als volgt ingedeeld:

| Meteorologisch zicht [km] | Bin nummer |
|------------------------------|---------------|
| 0 - 2.5 | 1 |
| 2.5 - 7.5 | 2 |
| 7.5 - 12.5 | 3 |
| 12.5 - 17.5 | 4 |
| 17.5 - 22.5 | 5 |
| 22.5 - 27.5 | 6 |
| 27.5 - 32.5 | 7 |
| 32.5 - 37.5 | 8 |
| 37.5 - 42.5 | 9 |
| 42.5 - 47.5 | 10 |
| 47.5 - 52.5 | 11 |
| 52.5 en hoger | 12 |

Tabel 1 Indeling van de zichtbaarheidsbins.

Er is begonnen met een serie van in totaal 128 waarnemingen in een jaar tijd. Getracht is deze waarnemingen slim over de verschillende bins te verdelen: In de bins 3 tot en met 7 worden per bin 20 waarnemingen gedaan. 10 waarnemingen bij daglicht en 10 waarnemingen worden in het donker uitgevoerd. In de overige bins (zie Tabel 1) wordt getracht 2 waarnemingen overdag en 2 's nachts te doen. Tevens zijn deze waarnemingen verspreid over het jaar, zodat in elk seizoen waarnemingen gedaan worden.

Na deze eerste set waarnemingen wordt per bin de zichtbaarheid van het windpark geanalyseerd. Op grond van deze tussentijdse analyse bepaalden we of, en zo ja, in welk bereik van het meteorologisch zicht de tweede helft van de waarnemingen moet worden uitgevoerd om voldoende statistiek te krijgen over het hele bereik.

De tweede helft van de waarnemingen wordt vervolgens gericht uitgevoerd op momenten waarop verwacht wordt dat het meteorologisch zicht in het gewenste bereik is. Deze waarnemingen werden zoveel mogelijk verspreid over het jaar, voorzover de weerscondities dat toelieten. Meer informatie over de statistische methode is te vinden in paragraaf 2.4.

2.4 Statistische methode (wiskundige beschrijving)

Er zijn $n = 1, \dots, N$ bins van meteorologisch zicht van het KNMI (0-2.5km, 2.5-7.5km, ...), dus bin 1 is 0-2.5 km zicht, bin 2 is 2.5-7.5 km zicht, etc (zie Tabel 1) en $N=12$.

Er worden in totaal T waarnemingen gedaan op het strand (Zw_t), die gelijk gekoppeld zijn aan een bepaalde KNMI-bin (Zk_t). Zo ontstaan dus paren (Zw_t, Zk_t), waarbij t de waarneming indexeert ($t = 1, \dots, T$) en Zw_t een binaire stochastische variabele is, die 1 is als het windpark zichtbaar is en 0 als niet. Zk_t is de bin die hoort bij Zw_t .

Voorbeeld: Als het park zichtbaar was voor waarneming $t = 5$ en de bin was 7.5-12.5km, dan is de waarneming (Zw_5, Zk_5) = (1,3).

Stel je doet T waarnemingen waar T_n = aantal waarnemingen in bin n . Verder nemen we aan dat de waarnemingen onafhankelijk zijn van elkaar (dit betekent dat er genoeg tijd tussen de verschillende waarnemingen zit).

Vervolgens rekenen we voor elke bin uit wat de gemiddelde zichtbaarheid van het Prinses Amalia Windpark is: $z^{gem}_n = (1/T_n) * \sum Zw_t$ (voor de t 's die bij deze bin horen). Dit gemiddelde is een consistente schatter voor de "kans dat het park zichtbaar is, gegeven dat de KNMI-bin gelijk is aan n ".

Hiervan berekenen we vervolgens de standaarddeviatie. Omdat we hebben aangenomen dat de kansen onafhankelijk zijn, is het gemiddelde een functie van de som van onafhankelijke 0-1 ("Bernoulli") stochasten. De variantie is daarmee $z^{gem}_n * (1 - z^{gem}_n) / (T_n - 1)$. De standaarddeviatie is de wortel uit dit getal.

De bins met zichtbaarheidskansen z^{gem}_n rond 50% hebben een grotere variantie en dus standaarddeviatie dan wanneer z^{gem}_n dichtbij 0% of 100% is. Daarom proberen we om zoveel mogelijk waarnemingen te krijgen voor de bins 3 t/m 7, en minder voor de overige.

Hiermee hebben we voor elke bin een gemiddelde zichtbaarheid met een standaarddeviatie verkregen. De laatste stap is om een gewogen gemiddelde over alle bins te nemen. Dit doen we onder de aanname dat de relatieve frequentie van bins deterministisch is. Dat betekent dat je de totale kans kan uitrekenen als je weet welk percentage van de tijd bin n optreedt. Deze waarde noemen we hieronder s_n . De uiteindelijke zichtbaarheidskans is dan:

$$s_1 * z^{gem}_1 + \dots + s_N * z^{gem}_N$$

De variantie hierop is:

$$(s_1)^2 * z^{gem}_1 * (1 - z^{gem}_1) / (T1 - 1) + \dots + (s_N)^2 * z^{gem}_N * (1 - z^{gem}_N) / (TN - 1)$$

En de standaarddeviatie is hier de wortel van.

De uiteindelijke jaargemiddelde zichtbaarheid zal worden gepresenteerd als de gemiddelde waarde plus of min twee maal de standaarddeviatie.

2.5 Analyse

In de analyse worden de waarnemingen samengenomen per 5km meteorologisch zicht (0-2.5km, 2.5-7.5km, 7.5-12.5km, etc). Per 5km-bin wordt bepaald voor welk percentage van de uitgevoerde waarnemingen het windpark zichtbaar was.

Aan de hand van de langjarige frequentieverdeling van het meteorologisch zicht van het meest representatieve weerstation wordt vervolgens uitgerekend hoe vaak in een gemiddeld jaar de windturbines van PAWP met het blote oog en/of met een verrekijker zichtbaar zijn vanaf het zichtpunt.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de zichtbaarheidwaarnemingen die gedaan zijn van november 2011 tot en met november 2012. Daarnaast worden de resultaten voor de zichtbaarheid van PAWP gecorrigeerd met het meest representatieve meteostation en wordt hiermee de uiteindelijke jaargemiddelde zichtbaarheid berekend.

3.2 Waarnemingen

In totaal zijn er tussen 28 november 2011 en 18 november 2012 133 waarnemingen van de zichtbaarheid van PAWP gedaan. Onderstaande tabellen geven aan hoe vaak het windpark wel of niet zichtbaar was. Dit wordt onderverdeeld in waarnemingen bij daglicht en in het donker, en met het blote oog en met de verrekijker.

| | Zichtbaar | Niet Zichtbaar | Totaal |
|--------|-----------|----------------|--------|
| Dag | 45 | 29 | 74 |
| Nacht | 20 | 39 | 59 |
| Totaal | 65 | 68 | 133 |

Tabel 2 Waarnemingen PAWP met het blote oog

| | Zichtbaar | Niet Zichtbaar | Totaal |
|--------|-----------|----------------|--------|
| Dag | 50 | 24 | 74 |
| Nacht | 22 | 37 | 59 |
| Totaal | 72 | 61 | 133 |

Tabel 3 Waarnemingen PAWP met de verrekijker

Bovenstaande tabellen laten zien dat het windpark iets vaker met een verrekijker zichtbaar was dan met het blote oog. Tevens was het windpark overdag vaker zichtbaar dan 's nachts.

3.3 Correlatie met datasets de Kooy, Schiphol en Europlatform

Om een uitspraak over de jaargemiddelde zichtbaarheid van het windpark te kunnen doen, worden de zichtbaarheidwaarnemingen gecorrigeerd met waarnemingen van meteorologisch zicht van een nabijgelegen KNMI meteostation. Eerst wordt het meest representatieve meteostation bepaald, dat wil zeggen: het station met de hoogste correlatie. De correlatie wordt bepaald aan de hand van hoe vaak tijdens een waarneming waarbij PAWP zichtbaar was op een meteostation een meteorologisch zicht wordt gerapporteerd in bins 6 t/m 11 (zicht verder dan 22.5km). Ook wordt er gekeken hoe vaak tijdens een waarneming waarbij PAWP niet zichtbaar was, op een meteostation een meteorologisch zicht wordt gerapporteerd in bin 1 t/m 5 (zicht tot maximaal 22.5km). De dichtstbijzijnde windturbine ligt op 24 km. De correlatie wordt bepaald in Tabel 4.

| SCHIPHOL | Totaal aantal waarnemingen | PAWP Zichtbaar | PAWP Niet zichtbaar | Correlatie |
|-----------------------|----------------------------|----------------|---------------------|------------|
| Waarnemingen BIN 1-5 | 74 | 28 | 46 | 62% |
| Waarnemingen BIN 6-11 | 59 | 37 | 22 | 63% |
| | | | Gemiddelde | 62% |
| | | | | |
| DE KOOY | Totaal aantal waarnemingen | PAWP Zichtbaar | PAWP Niet zichtbaar | Correlatie |
| Waarnemingen BIN 1-5 | 71 | 22 | 49 | 69% |
| Waarnemingen BIN 6-11 | 62 | 43 | 19 | 69% |
| | | | Gemiddelde | 69% |
| | | | | |
| EUROPLATFORM | Totaal aantal waarnemingen | PAWP Zichtbaar | PAWP Niet zichtbaar | Correlatie |
| Waarnemingen BIN 1-5 | 75 | 27 | 48 | 64% |
| Waarnemingen BIN 6-11 | 58 | 38 | 20 | 66% |
| | | | Gemiddelde | 65% |

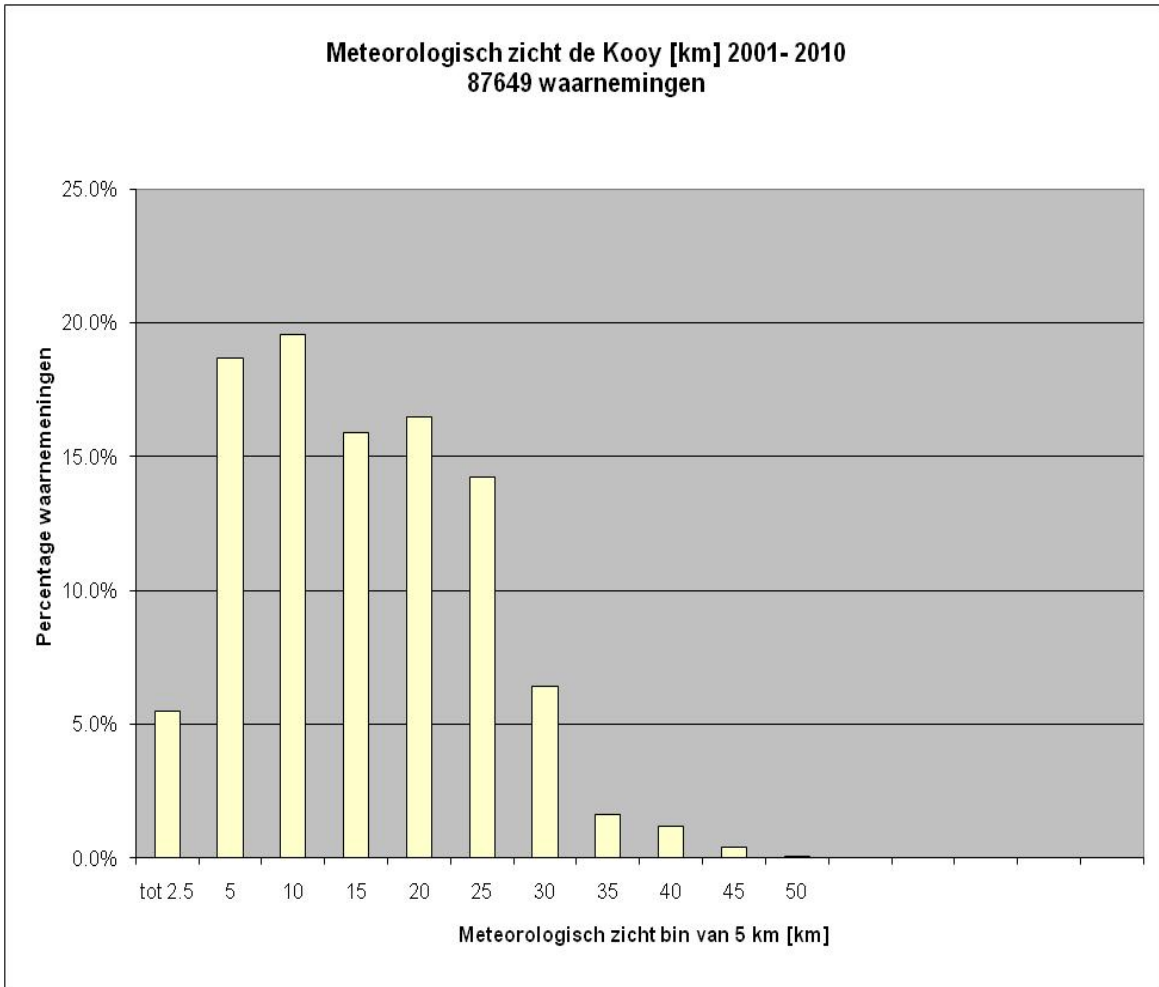
Tabel 4 Correlatie zichtbaarheid en meteorologisch zicht KNMI stations

Tabel 4 laat zien dat meteostation de Kooy het meest representatieve station is voor het bepalen van de gemiddelde zichtbaarheid van PAWP d.m.v. zichtbaarheidswaarnemingen vanuit IJmuiden. In 69% van de gevallen kwam de waarneming overeen met een meteorologisch zicht dat je zou verwachten. (zichtbaar in bins 6 t/m 11 en niet zichtbaar in bins 1 t/m 5). In de volgende paragrafen wordt de zichtbaarheid van PAWP bepaald aan de hand van het langjarig gemiddelde zicht op meteostation de Kooy.

3.3.1 Langjarig gemiddeld zicht meteostation de Kooy

Figuur 6 toont de verdeling van het gemeten meteorologisch zicht van meteostation de Kooy voor de jaren 2001 tot en met 2010. In totaal zijn hiervoor 87649 waarnemingen gebruikt.

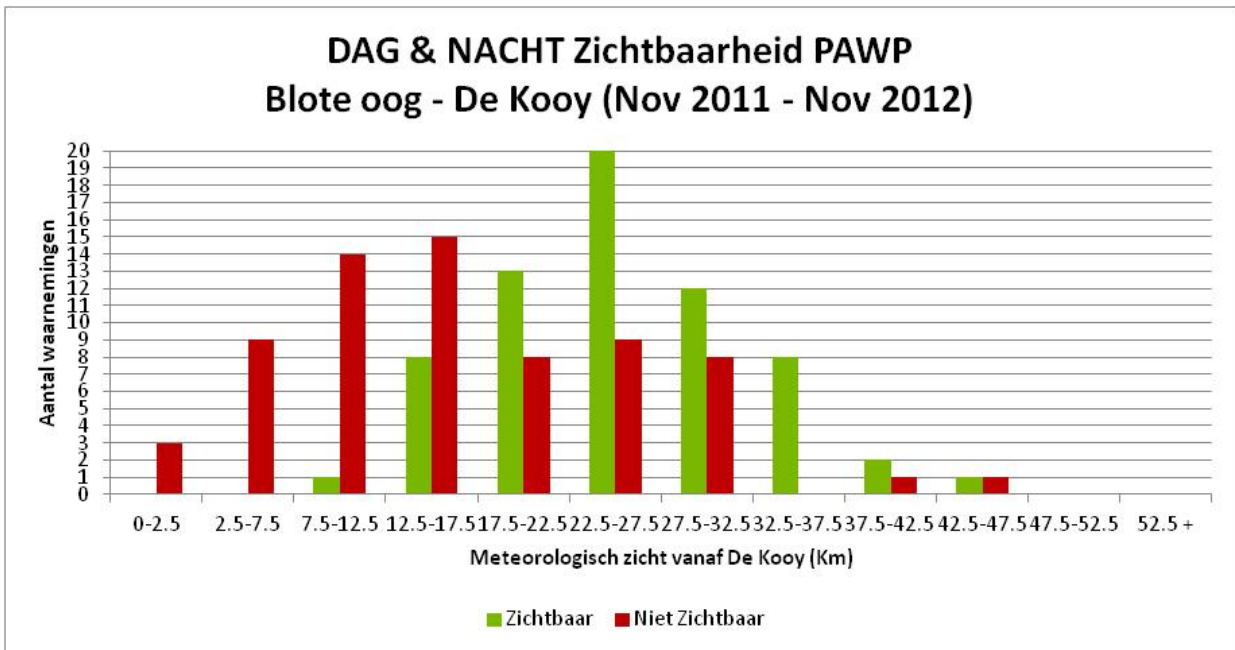
De waardes uit Figuur 6 worden in de statistische methode gebruikt voor s_n , zie paragraaf 2.4.



Figuur 6 Verdeling meteorologisch zicht de Kooy

3.4 Zichtbaarheid met blote oog

Figuur 7 toont de verdeling van de 133 waarnemingen over de zichtbaarheidbins met meteorologisch zicht gemeten op meteostation de Kooy. De figuur laat bijvoorbeeld zien dat er in totaal 15 waarnemingen zijn gedaan in bin 3 (7.5 tot 12.5 km zicht). Hiervan was het windpark 14 maal niet zichtbaar en één maal wel zichtbaar.



Figuur 7 Verdeling van de 133 waarnemingen met het blote oog over de zichtbaarheidbins verdeeld volgens meteostation de Kooy.

Volgens de statistische methode zoals beschreven in paragraaf 2.4 worden vervolgens de waarnemingen gekoppeld aan het langjarig gemiddelde voorkomen van een bepaalde bin (s_n).

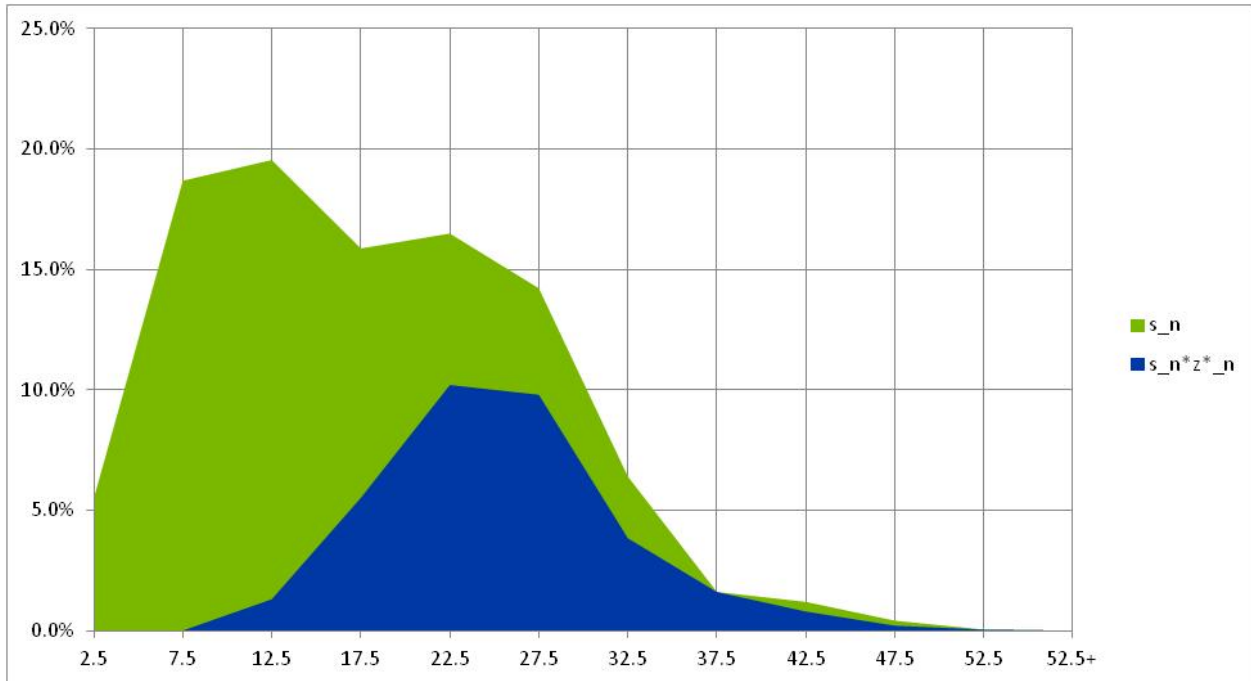
| bin | Max zicht in bin | Tn | Zw_t | z*_n | Variantie | Standaarddev | s_n | s_n*z*_n | Variantie |
|-----|------------------|-----|------|------|-----------|--------------|-------|----------|-----------|
| 1 | 2.5 | 3 | 0 | 0% | 0.000 | 0.00 | 5.5% | 0% | 0.00000 |
| 2 | 7.5 | 9 | 0 | 0% | 0.000 | 0.00 | 18.7% | 0% | 0.00000 |
| 3 | 12.5 | 15 | 1 | 7% | 0.004 | 0.07 | 19.6% | 1% | 0.00017 |
| 4 | 17.5 | 23 | 8 | 35% | 0.010 | 0.10 | 15.9% | 6% | 0.00026 |
| 5 | 22.5 | 21 | 13 | 62% | 0.012 | 0.11 | 16.5% | 10% | 0.00032 |
| 6 | 27.5 | 29 | 20 | 69% | 0.008 | 0.09 | 14.2% | 10% | 0.00015 |
| 7 | 32.5 | 20 | 12 | 60% | 0.013 | 0.11 | 6.4% | 4% | 0.00005 |
| 8 | 37.5 | 8 | 8 | 100% | 0.000 | 0.00 | 1.6% | 2% | 0.00000 |
| 9 | 42.5 | 3 | 2 | 67% | 0.111 | 0.33 | 1.2% | 1% | 0.00002 |
| 10 | 47.5 | 2 | 1 | 50% | 0.250 | 0.50 | 0.4% | 0% | 0.00000 |
| 11 | 52.5 | 0 | 0 | 100% | 0.000 | 0.00 | 0.0% | 0% | 0.00000 |
| 12 | 52.5+ | 0 | 0 | 100% | 0.000 | 0.00 | 0.0% | 0% | 0.00000 |
| | T= | 133 | | | | | 1.000 | 33% | 0.00098 |

Tabel 5 Waarnemingen PAWP (Tn) gekoppeld aan langjarig gemiddelde voorkomen van bin (s_n) meteostation de Kooy.

Tabel 5 toont de waarnemingen van PAWP (Tn) in combinatie met het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht in een bepaalde bin (s_n). Zw_t zijn alle waarnemingen waarvoor PAWP zichtbaar was. z*_n is het percentage zichtbare waarnemingen per bin. Voor bins 11 en 12 waarvoor geen waarnemingen zijn gedaan omdat deze weerscondities uiterst zeldzaam zijn wordt aangenomen dat het park altijd zichtbaar is. Het gaat hier om respectievelijk 0.04% en 0% van de totale tijd.

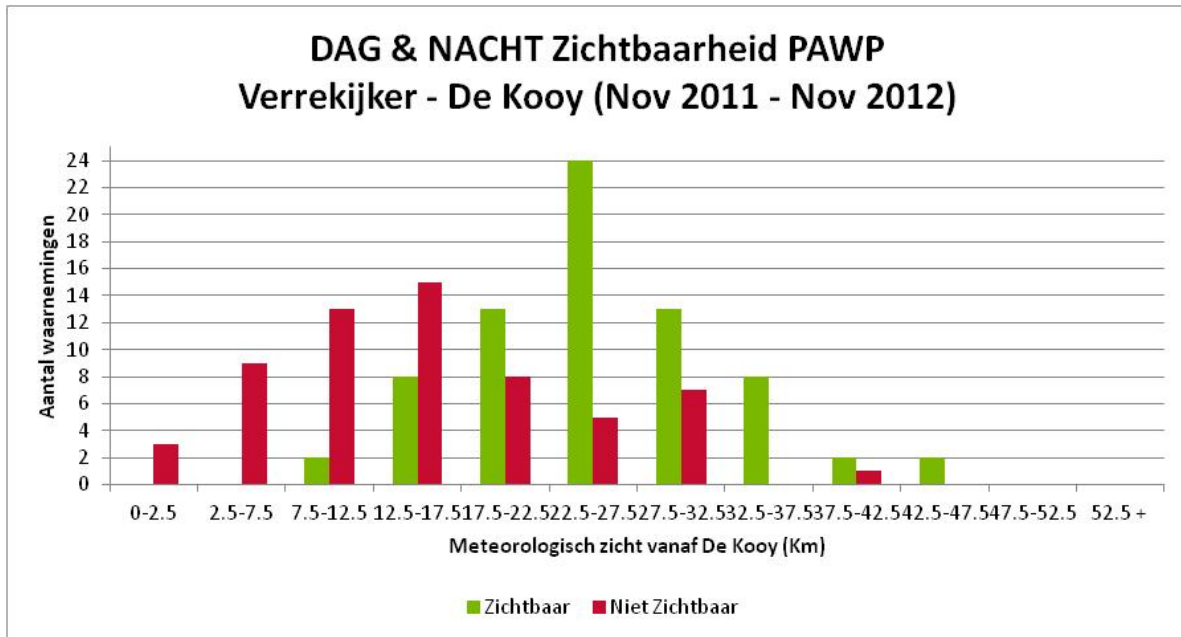
Wanneer we de resultaten (s_n*z*_n) per bin sommeren komen we op een zichtbaarheid van 33% met een onzekerheid (tweemaal de standaarddeviatie) van 6%. Met andere woorden: gemiddeld over een jaar is, met een zekerheid van 95%, PAWP tussen 27% en 39% van de tijd met het blote oog zichtbaar vanaf de kust bij IJmuiden.

Figuur 8 toont de belangrijkste gegevens uit Tabel 5 (s_n en s_n*z*_n). Hierin is goed te zien waar het grootste gedeelte van de zichtbaarheid van PAWP zich bevindt. Het groene oppervlak representeert het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht (s_n) voor meteostation de Kooy. Het blauwe oppervlak representeert s_n vermenigvuldigd met het zichtbaarheidpercentage per bin (blote oog), ofwel de gemiddelde zichtbaarheid van PAWP per meteorologisch zicht bin, uitgedrukt in percentage van de tijd.



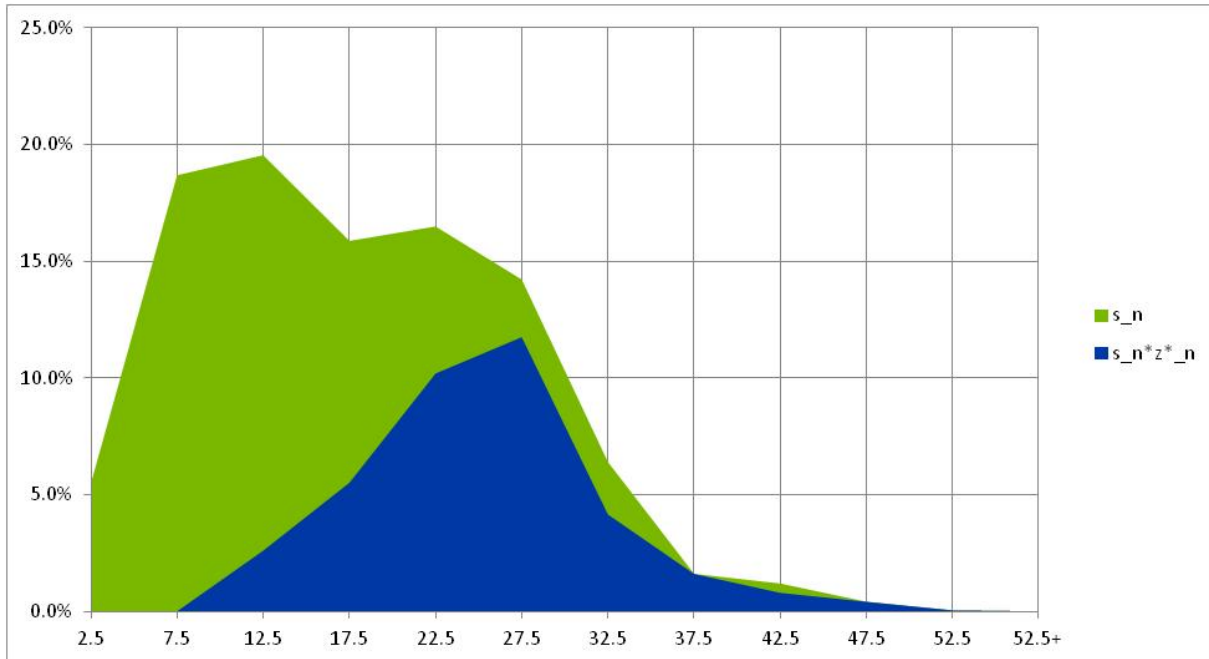
Figuur 8 Het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht (s_n) en s_n vermenigvuldigd met het zichtbaarheidpercentage per bin (blote oog). Het groene oppervlak representeert het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht (s_n) voor meteostation de Kooy. Het blauwe oppervlak representeert s_n vermenigvuldigd met het zichtbaarheidpercentage per bin (blote oog), ofwel de gemiddelde zichtbaarheid van PAWP per meteorologisch zicht bin, uitgedrukt in percentage van de tijd.

3.5 Zichtbaarheid met verrekijker



Figuur 9 Verdeling van de 133 waarnemingen met een verrekijker over de zichtbaarheidbins verdeeld volgens meteostation de Kooy.

Met dezelfde methodiek als in paragraaf 3.4 is de zichtbaarheid met verrekijker bepaald. De conclusie is dan dat de jaargemiddelde zichtbaarheid van PAWP vanaf het strand bij IJmuiden 37% bedraagt met een onzekerheid van 7%.



Figuur 10 Het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht (s_n) en s_n vermenigvuldigd met het zichtbaarheidpercentage per bin (verrekijker). Het groene oppervlak representeert het langjarig gemiddeld voorkomen van meteorologisch zicht (s_n) voor meteostation de Kooy. Het blauwe oppervlak representeert s_n vermenigvuldigd met het zichtbaarheidpercentage per bin (verrekijker), ofwel de gemiddelde zichtbaarheid van PAWP per meteorologisch zicht bin, uitgedrukt in percentage van de tijd.

4 Conclusies

Het doel van het zichtbaarheidsonderzoek is om te bepalen hoe vaak in een jaar de windturbines van PAWP met het blote oog en met een verrekijker zichtbaar zijn vanaf de kust en om een uitspraak te doen of dit meer of minder dan 15% van de tijd bedraagt.

Uit de resultaten blijkt dat het windpark met het blote oog in een jaar gemiddeld 33% van de tijd zichtbaar is, met een foutenmarge van 6%. Met de verrekijker bedraagt de jaargemiddelde zichtbaarheid 37% van de tijd met een foutenmarge van 7%. Deze percentages liggen hoger dan de in het vergunningsvoorschrift genoemde toetswaarde van 15%. In hoofdstuk 5 lichten we de betekenis hiervan toe.

5 Discussie

5.1 Oorzaken discrepantie resultaten en doelstelling

De in het vergunningsvoorschrift genoemde toetswaarde van 15% is gebaseerd op het rapport van Meteoconsult waarin de voorspelde zichtbaarheid wordt uitgesplitst over de seizoenen. De toetswaarde van 15% komt voort uit hun analyse voor de zichtbaarheid verder dan 20km gedurende de maanden mei tot en met augustus, waarbij sprake moet zijn van zomerse temperaturen (>25 graden). Meteoconsult houdt in haar analyse dus rekening met de menselijke factor (is het prettig om op het strand te verblijven?). In het onderhavige rapport hebben wij dit onderscheid juist niet gemaakt.

Om een betere vergelijking te maken tussen het onderhavige onderzoek en dat van Meteoconsult kijken we naar de waarde die Meteoconsult geeft voor de gehele maanden mei tot en met augustus (dus zonder de toevoeging van de eis voor zomerse temperaturen). De waarde voor de zichtbaarheid boven de 20km bedraagt dan 33%. Als we kijken naar de waarnemingen die voor dit rapport gedaan zijn in de maanden mei tot en met augustus (in totaal 24), dan bedraagt de gemiddelde zichtbaarheid ook 33% met een onzekerheid van 16%. De onzekerheid is relatief groot, omdat er slechts een beperkt aantal waarnemingen in de genoemde periode beschikbaar zijn.

In een andere studie, rapportage Afstand en zichtbaarheid windturbines Noordzee 2009 (zie literatuurlijst), bedraagt de zichtbaarheid boven de 20 km tussen de 28 en 31% van de tijd. In deze studie is echter alleen gerekend met zichtwaardes gedurende de dag.

5.2 Vervolgmetingen

Tabel 6 toont het aantal waarnemingen per meteorologisch zicht bin voor meteostation de Kooy. De tabel laat zien dat de waarnemingen in de bins tot en met zicht tot 47.5 km goed gevuld en verdeeld zijn (het aantal waarnemingen ligt dichtbij het beoogd aantal waarnemingen). In de bins boven de 47.5km zijn geen waarnemingen gedaan en is aangenomen dat het windpark altijd zichtbaar is. Deze bins hebben een verwaarloosbaar effect op de totale zichtbaarheid, omdat ze respectievelijk 0.04% en 0% van de tijd voorkomen. Extra waarnemingen in deze bins toevoegen zal dus geen significant verschil maken. Naar het oordeel van Ecofys heeft het daarom geen zin om vervolgmetingen uit te voeren.

| Meteorologisch Zicht de Kooy [km] | Totaal aantal waarnemingen | Beoogd aantal waarnemingen |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0-2.5 | 3 | 4 |
| 2.5-7.5 | 9 | 4 |
| 7.5-12.5 | 15 | 20 |
| 12.5-17.5 | 23 | 20 |
| 17.5-22.5 | 21 | 20 |
| 22.5-27.5 | 29 | 20 |
| 27.5-32.5 | 20 | 20 |
| 32.5-37.5 | 8 | 4 |
| 37.5-42.5 | 3 | 4 |
| 42.5-47.5 | 2 | 4 |
| 47.5-52.5 | 0 | 4 |
| 52.5 + | 0 | 4 |

Tabel 6 Aantal waarnemingen per bin (meteostation de Kooy).

5.3 Mitigerende maatregelen

Het mitigeren van het zicht op bestaande windturbines op zee is erg lastig. Met name het zicht bij daglicht is niet weg te nemen of te verminderen. De windturbines zijn al in een kleur grijs geschilderd die goed overeenkomt met een veelvoorkomende grijstint in Hollandse luchten.

De zichtbaarheid in het donker zou kunnen worden verminderd door de rode lampen af te schermen naar de kust toe. Hierdoor zijn de lampen vanaf het strand niet meer zichtbaar. De lampen dienen echter wel een doel: het zichtbaar maken van het windpark voor vliegverkeer in het donker.

Onderzocht zou moeten worden of het gedeeltelijk afschermen van de lampen een te groot nadelig effect zou hebben op de vliegveiligheid.

Literatuur

Zichtbaarheid, operationeel plan voor het bepalen van de zichtbaarheid, Rooijmans, Folkerts, Dam, Ecofys, 11 juli 2011, versie 4.0

Zichtbaarheid landaanwinning. Onderzoek uitgevoerd door Meteo Consult in opdracht van Samenwerkingsverband Maasvlakte 2 Varianten, Werkgroep Landschap. Meteo Consult, 1998

Monitorings- & Evaluatieprogramma offshore windpark Q1-WP. E-connection maart 2002; revisie juni 2003.

Meetvoorstel bevoegd gezag ten behoeve van de effectmetingen E-Connection. Rijkswaterstaat, Ronald van den Heuvel, 4 november 2003.

Milieueffect rapport Offshore windpark Q7-WP. E-Connection Juni 2001-02

Afstand en zichtbaarheid windturbines Noordzee. Zichtbaarheid op 10 en 12 nautische mijl. Ir R. Planteijdt, Royal Haskoning, 15 oktober 2009.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1. Het Meetprotocol

Protocol - waarnemingen zichtbaarheid Prinses Amalia windpark

Naam waarnemer 1:

Naam waarnemer 2:

Datum:

Tijdstip waarneming:

Weersomstandigheden:

Overige bijzonderheden:

Locatie 1 (duinovergang)

ZICHTBAAR?

JA

NEE

Blote oog:

Verrekijker:

Foto gemaakt:

Locatie 2 (strand)

ZICHTBAAR?

JA

NEE

Blote oog:

Verrekijker:

Foto gemaakt:

BIJLAGE 2. Waarnemingen

| Waarneming # | Waarnemers ³ | | Datum | Tijd | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid | | | Bijzonderheden |
|--------------|-------------------------|-------------|----------|------|-----------|---|---------------|-------------|--------------|---|
| | 1 | 2 | yyyymmdd | hhmm | | | Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | |
| 1 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111128 | 1331 | DAY | Redelijk | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 2 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111128 | 1922 | NIGHT | Rustig | FALSE | FALSE | TRUE | Foto met flits |
| 3 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111202 | 1147 | DAY | Goed | TRUE | TRUE | TRUE | Goed zichtbaar |
| 4 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111204 | 2015 | NIGHT | Regen | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 5 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111206 | 1230 | DAY | Regen | FALSE | FALSE | TRUE | i.v.m. weer foto voor locatie 2 ergens anders genomen |
| 6 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111208 | 1500 | DAY | Lage bewolking | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 7 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111208 | 1800 | DAY | slecht | FALSE | FALSE | TRUE | Statief moest vastgehouden worden door wind |
| 8 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111211 | 2100 | NIGHT | Rustig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 9 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111212 | 1400 | DAY | rustig | TRUE | TRUE | TRUE | Heldere Horizon |
| 10 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111213 | 1845 | NIGHT | Rustig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 11 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111219 | 1130 | DAY | Helder zon op park | TRUE | TRUE | TRUE | Helder bewolkt |
| 12 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111220 | 1045 | DAY | Wind en regen | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 13 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111221 | 1520 | DAY | Bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 14 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111222 | 1830 | NIGHT | Normaal voor de tijd vh jaar | FALSE | FALSE | TRUE | Avond foto gelukt door licht vanaf zee |
| 15 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111230 | 1215 | DAY | Redelijk. Ondanks goede zicht wel nevelig | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 16 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20111230 | 1730 | NIGHT | Bewolkt | FALSE | FALSE | TRUE | 1 uur na zonsondergang |
| 17 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120104 | 1945 | NIGHT | Veel wind en regen | FALSE | FALSE | TRUE | Zeer donker |
| 18 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120105 | 1645 | DAY | Harde wind storm en regen | FALSE | FALSE | TRUE | grauw weer |

³ Namen waarnemers bekend bij Ecofys

| Waarneming # | Waarnemers 1 | Waarnemers 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|-----------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--|
| 19 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120106 | 1515 | DAY | Winderig en zonnig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 20 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120108 | 1800 | NIGHT | Zeer donker | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 21 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120228 | 1130 | DAY | Mistig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 22 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120228 | 1900 | NIGHT | Zeer mistig | FALSE | FALSE | FALSE | Foto maken niet mogelijk doordat het zeer mistig was |
| 23 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120304 | 1330 | DAY | Nevelig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 24 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120304 | 1930 | NIGHT | Regen | FALSE | FALSE | FALSE | Geen foto kunnen maken omdat het te donker was |
| 25 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120306 | 1545 | DAY | Nevelig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 26 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120306 | 2145 | NIGHT | Nevelig | FALSE | FALSE | FALSE | Te donker om een foto te kunnen maken |
| 27 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120310 | 1515 | DAY | Mistig aan de horizon | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 28 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120310 | 2100 | NIGHT | | FALSE | FALSE | FALSE | Te donker voor een foto |
| 29 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120313 | 1430 | DAY | Zonnig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 30 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120313 | 2115 | NIGHT | | FALSE | FALSE | FALSE | Te donker voor een foto |
| 31 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120314 | 1550 | DAY | Zon/Helder | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 32 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120314 | 2050 | NIGHT | Windstil | FALSE | FALSE | FALSE | Te donker voor foto |
| 33 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120319 | 1145 | DAY | Zonnig en helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 34 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120319 | 2130 | NIGHT | Zeer helder | FALSE | FALSE | FALSE | Te donker voor foto |
| 35 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120403 | 1630 | DAY | Weinig wind/mistig aan de horizon | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 36 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120403 | 2200 | NIGHT | Mistig | FALSE | FALSE | FALSE | Geen foto kunnen maken omdat het te donker was |

| Waarneming # | Waarnemers 1 | 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|-----------|---------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|
| 37 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120405 | 1515 | DAY | zonnig maar mistig aan de horizon | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 38 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120405 | 2145 | NIGHT | klein windje | FALSE | FALSE | FALSE | |
| 39 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120406 | 1550 | DAY | beetje wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 40 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120406 | 2130 | NIGHT | wolken met wind | FALSE | FALSE | FALSE | geen foto kunnen maken |
| 41 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120407 | 1345 | DAY | bewolkt met wat wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 42 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120407 | 2120 | NIGHT | winderig | FALSE | FALSE | FALSE | geen foto |
| 43 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120413 | 1205 | DAY | Zonnig en helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 44 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120413 | 2215 | NIGHT | Helder | TRUE | TRUE | FALSE | geen foto |
| 45 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120424 | 1445 | DAY | Mistig aan de horizon zonnig aan land | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 46 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120424 | 2215 | NIGHT | Mistig en hijig | TRUE | TRUE | FALSE | geen foto |
| 47 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120427 | 1400 | DAY | Zonnig en Helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 48 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120427 | 2230 | NIGHT | Helder | TRUE | TRUE | FALSE | geen foto |
| 49 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120513 | 1730 | DAY | Bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 50 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120513 | 2230 | NIGHT | Bewolkt | FALSE | FALSE | FALSE | geen foto |
| 51 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120518 | 1440 | DAY | Bewolkt met wind | FALSE | TRUE | TRUE | |
| 52 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120518 | 2230 | NIGHT | Bewolkt en wind | FALSE | FALSE | FALSE | |
| 53 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120519 | 1640 | DAY | Zonnig, beetje mistig aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 54 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120519 | 2245 | NIGHT | Bewolkt | FALSE | FALSE | FALSE | geen foto |
| 55 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120526 | 1715 | DAY | Zonnig, beetje mistig aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 56 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120527 | 1630 | DAY | Zonnig, beetje mistig aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 57 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120607 | 1145 | DAY | Zonnig, beetje mistig aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | |

| Waarneming # | Waarnemers 1 | 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|-----------|----------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--|
| 58 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120615 | 10 | NIGHT | beetje wind | TRUE | TRUE | TRUE | Donker |
| 59 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120713 | 1 | NIGHT | Helder | TRUE | TRUE | TRUE | donker |
| 60 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120807 | 2215 | NIGHT | Windstil | TRUE | TRUE | TRUE | donker |
| 61 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120813 | 1635 | DAY | Windstil/mistig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 62 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120816 | 1651 | DAY | Tegen achtergrond heijig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 63 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120817 | 1250 | DAY | Goed | FALSE | FALSE | TRUE | nu ook niet te zien |
| 64 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120818 | 1730 | DAY | Iets heijig, wel zichtbaar | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 65 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120818 | 2300 | NIGHT | windstil | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 66 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120820 | 1415 | DAY | Mistig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 67 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120821 | 1455 | DAY | Helder | FALSE | FALSE | TRUE | maar niet zichtbaar |
| 68 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120822 | 1540 | DAY | Bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | Als schim zichtbaar |
| 69 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120822 | 2130 | NIGHT | Bewolkt | FALSE | TRUE | TRUE | Voor het eerst niet met blote oog, maar wel met verrekijker! |
| 70 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120823 | 1245 | DAY | Bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | wel zichtbaar |
| 71 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120827 | 1650 | DAY | Heiig | FALSE | TRUE | TRUE | |
| 72 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120830 | 1430 | DAY | Heiig | FALSE | FALSE | TRUE | niet zichtbaar |
| 73 | Waarnemer 1 | Ziek | 20120901 | 1546 | DAY | goed, iets bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | molens iets zichtbaar |
| 74 | Waarnemer 1 | Ziek | 20120902 | 1515 | DAY | licht bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 75 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120904 | 1630 | DAY | licht bewolkt | FALSE | FALSE | TRUE | geen |
| 76 | Waarnemer 2 | Waarnemer 3 | 20120904 | 2145 | NIGHT | lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 77 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120906 | 1155 | DAY | goed | TRUE | TRUE | TRUE | Niet |

| Waarneming # | Waarnemers 1 | 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|-----------|---------------------------------|----------------------------|-------------|--------------|--|
| 78 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120906 | 1730 | DAY | helder weer | TRUE | TRUE | TRUE | extra foto voor goede zichtomstandigheden! Vanaf terras! |
| 79 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120906 | 2130 | NIGHT | weinig wind | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 80 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120907 | 2130 | NIGHT | schemerig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 81 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120809 | 1600 | DAY | helder weer | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 82 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120909 | 2115 | NIGHT | windstil, helder | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 83 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120910 | 2145 | NIGHT | weinig wind | FALSE | FALSE | TRUE | geheel donker |
| 84 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120913 | 1800 | DAY | lichte wind, zeer helder! | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 85 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120913 | 2120 | NIGHT | normaal | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 86 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120914 | 1510 | DAY | bewolkt | FALSE | TRUE | TRUE | |
| 87 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120914 | 2141 | NIGHT | zwaar bewolkt donker | FALSE | FALSE | TRUE | veel wind |
| 88 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120915 | 1805 | DAY | bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 89 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120915 | 2205 | NIGHT | lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | donker |
| 90 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120916 | 2020 | NIGHT | zwaar bewolkt | FALSE | TRUE | TRUE | als een schim zichtbaar |
| 91 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120917 | 1815 | DAY | Bewolkt, met lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 92 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120917 | 2140 | NIGHT | Lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | donker |
| 93 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120918 | 1230 | DAY | Bewolking met veel wind | TRUE | TRUE | TRUE | Helder aan de horizon |
| 94 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120918 | 2120 | NIGHT | Winderig. Helder aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | Goed zichtbaar (lampjes op de palen) |
| 95 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120920 | 1420 | DAY | Bewolkt. Lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 96 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120920 | 2105 | NIGHT | Lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 97 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120921 | 1620 | DAY | Bewolkt. Lichte wind! | TRUE | TRUE | TRUE | |

| Waarneming # | Waarnemers 1 | 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|-----------|------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------|----------------------------|
| 98 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120921 | 2100 | NIGHT | Helder, lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | Lichtjes licht zichtbaar |
| 99 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120922 | 1430 | DAY | Lichte wind. Helder aan de horizon | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 100 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120922 | 2130 | NIGHT | Geen wind. Zeer Helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 101 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120923 | 1350 | DAY | bewolkt, maar horizon helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 102 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120924 | 1600 | DAY | Regen en wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 103 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20120928 | 1345 | DAY | Winderig en bewolkt. Lichte zon | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 104 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120929 | 1745 | DAY | Harde wind, licht bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 105 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20120929 | 2110 | NIGHT | Harde wind en licht bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 106 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121002 | 2020 | NIGHT | Lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | Donker/bewolkt |
| 107 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121004 | 1620 | DAY | Veel wind. Licht bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 108 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121005 | 1450 | DAY | Veel wind en bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 109 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121006 | 1650 | DAY | Goed Helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 110 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121006 | 2105 | NIGHT | Winderig | TRUE | TRUE | TRUE | Zeer helder! |
| 111 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20121007 | 1730 | DAY | Open bewolking | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 112 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20121007 | 2150 | NIGHT | Helder | TRUE | TRUE | TRUE | Lichtjes zichtbaar |
| 113 | Waarnemer 2 | Waarnemer 3 | 20121010 | 2015 | NIGHT | Lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | Helder |
| 114 | Waarnemer 1 | Waarnemer 3 | 20121014 | 1355 | DAY | Bewolkt met zon | FALSE | TRUE | TRUE | Harde wind |
| 115 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121015 | 1458 | DAY | Licht bewolkt grijs | FALSE | TRUE | TRUE | Zo wel - zo niet zichtbaar |
| 116 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121016 | 1945 | NIGHT | Zwaar bewolkt | FALSE | FALSE | TRUE | Harde wind |
| 117 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121020 | 1645 | DAY | Helder lichte regen | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 118 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121020 | 2115 | NIGHT | Lichte regen | TRUE | TRUE | TRUE | Helder |

| Waarneming # | Waarnemers 1 | Waarnemers 2 | Datum yyyymmdd | Tijd hhmm | Dag/Nacht | Weersomstandigheid | Zichtbaarheid Blote oog | Verrekijker | Foto gemaakt | Bijzonderheden |
|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------------|-------------|--------------|----------------|
| 119 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121022 | 2040 | NIGHT | Lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | Donker |
| 120 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121023 | 1700 | DAY | Mistig. Lichte wind | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 121 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121024 | 1540 | DAY | Mistig! Weinig wind | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 122 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121024 | 2130 | NIGHT | Geen maan | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 123 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121025 | 1720 | DAY | Zeer bewolkt | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 124 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121027 | 2115 | NIGHT | Koud! Helder | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 125 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121028 | 1930 | NIGHT | Harde wind, zeer donker | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 126 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121029 | 2110 | NIGHT | Helder, lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 127 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121030 | 1800 | NIGHT | Bewolkt. Regenachtig | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 128 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121105 | 1455 | DAY | Bewolkt, met lichte regen | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 129 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121105 | 2230 | NIGHT | Lichte wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 130 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121106 | 1230 | DAY | Bewolkt veel wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 131 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121108 | 1450 | DAY | Winderig | FALSE | FALSE | TRUE | |
| 132 | Waarnemer 1 | Waarnemer 2 | 20121108 | 2120 | NIGHT | Veel wind | TRUE | TRUE | TRUE | |
| 133 | Waarnemer 1 | | 20121118 | 1240 | DAY | Helder | TRUE | TRUE | TRUE | |

BIJLAGE 3. Voorbeeldfoto's



Figuur 11 - Foto van 08 december 2011 om 15:00. PAWP is niet zichtbaar



Figuur 12 - Foto van 19 december 2011 om 11:43. PAWP is zichtbaar, met witte windturbines tegen een donkere achtergrond.



Figuur 13 - Foto van 07 oktober 2012 om 17:30. PAWP is zichtbaar, met donkere windturbines tegen een lichte achtergrond.



Figuur 14 – Foto van 04 december 2011 om 20:15. PAWP is zichtbaar (lampen). Beter zichtbaar op digitale versie van de foto.

ECOFYS



sustainable energy for everyone

ECOFYS

sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.

Kanaalweg 15G
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662 33 00

F: +31 (0) 30 662 33 01

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com