

Bijlage 6 Visualisaties

De visualisaties zijn in een separaat bijlagerapport opgenomen.

Alternatieven

Alternatief	Vermogen (MW)	Aantal Turbines	Rotor (m)	Ashoogte (m)	Min tiphoogte (m)	Max. tiphoogte (m)	Aantal wieken
I	ca. 2,0 MW	18-24	ca. 72	ca. 80	ca. 44	ca. 116	3
II	ca. 3,5 MW	18-20	ca. 90	ca. 100	ca. 55	ca. 145	3
III	ca. 6,0 MW	15	ca. 126	ca. 135	ca. 72	ca. 198	3

Achtereenvolgens zijn daarin de volgende visualisaties opgenomen:

Zichtpunt 1

Alternatief IB (24 turb.)
Alternatief IIB (20 turb.)
Alternatief III

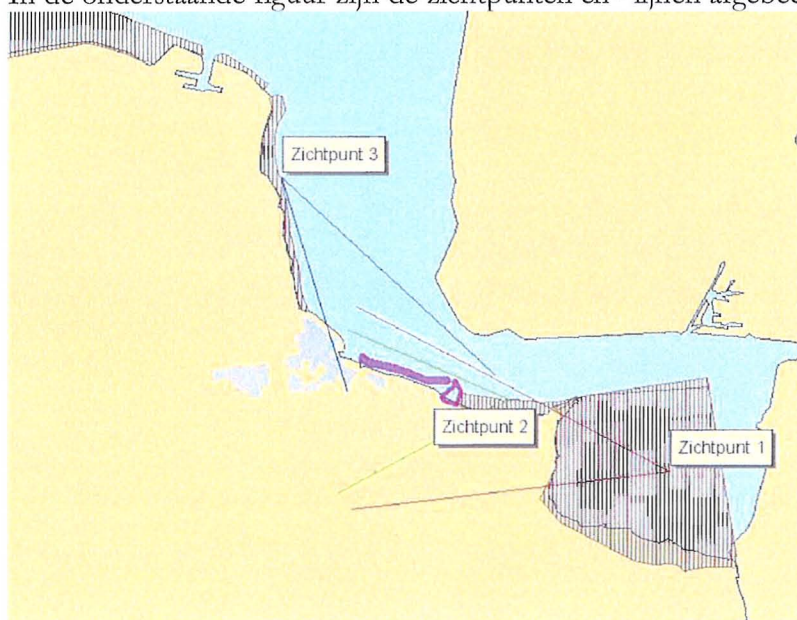
Zichtpunt 2

Alternatief IA (18 turb.)
Alternatief IB (24 turb.)
Alternatief IIA (18 turb.)
Alternatief IIB (20 turb.)
Alternatief III

Zichtpunt 3

Alternatief IB (24 turb.)
Alternatief III

In de onderstaande figuur zijn de zichtpunten en –lijnen afgebeeld.





ALTERRA

WAGENINGEN UR

Windpark Delfzijl-Noord

Effectenstudie in het kader van de Natuurbeschermingswet

BIJLAGE 6 Visualisaties

B.J.H. Koolstra



Alterra-rapport 515e, ISSN 1566-7197





ECOFYS

Zichtpunt 1; energetische 2 MW variant en windpark Delfzijl Zuid



ECOFYS



ECOFYS

Zichtpunt Boei D19; variant II-3 en Delfzijl Zuid

Zichtpunt 1, Alternatief III



ECOFYS

Zichtpunt 2; basis 2 MW variant

Zichtpunt 2, Alternatief IA



ECOFYS

Zichtpunt 2; energetische 2 MW variant

Zichtpunt 2, Alternatief IB



ECOFYS

Zichtpunt 2; basis 3,5 MW variant

Zichtpunt 2, Alternatief IIA



ECOFYS

Zichtpunt 2; energetische 3,5 MW variant

Zichtpunt 2, Alternatief IIB



ECOFYS

Zichtpunt Termunterzijl zeezijde, variant II-3 en Delfzijl Zuid

Zichtpunt 2, Alternatief III



ECOFYS

Zichtpunt 3; energetische 2 MW variant en windpark Delfzijl Zuid

Zichtpunt 3, Alternatief IB



Zichtpunt 3, Alternatief III

Soort	(1)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	Correctiefactor per alternatief (6)					Aantal slachtoffers (7)				
	Aantal dagen	Gemiddeld aantal			% vogels in het donker	Kans op aanvaring (%)	Altern. I (min)	Altern. I (max)	Altern. II (min)	Altern. II (max)	Altern. III	Altern. I (min)	Altern. I (max)	Altern. II (min)	Altern. II (max)	Altern. III
Aalscholver	61	26	0	0	0	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bergeend	153	15	0	0	25	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,09	0,12	0,14	0,15	0,23
Bontbekplevier	61	5	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Bonte Strandloper	92	9	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05
Eidereend	153	0	0	0	50	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Groenpootruiter	92	0	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grote Mantelmeeuw	153	5	0	0	10	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,05	0,07	0,08	0,09	0,13
Grote Zaagbek	61	0	0	0	50	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kanoerstrandloper	92	6	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Kleine Mantelmeeuw	153	8	0	0	10	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,08	0,10	0,12	0,14	0,20
Kluut	61	1	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kokmeeuw	153	141	0	0	10	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	1,36	1,81	2,12	2,36	3,46
Noordse Stern	92	1	0	0	0	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rosse Grutto	92	16	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
Scholekster	243	346	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	1,86	2,48	2,91	3,23	4,75 (8)
Smient	181	142	0	0	75	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	2,95	3,93	4,61	5,12	7,53
Steenloper	61	3	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Stormmeeuw	153	48	0	0	10	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,47	0,62	0,73	0,81	1,19
Tureluur	243	26	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,14	0,19	0,22	0,24	0,36
Visdief	92	11	0	0	0	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wilde Eend	184	51	0	0	50	0,09	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,72	0,96	1,13	1,25	1,84
Wulp	243	49	0	0	10	0,13	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,26	0,35	0,41	0,45	0,67
Zilvermeeuw	153	35	0	0	10	0,37	0,8528	1,13706	1,33249	1,480547	2,1764	0,34	0,45	0,52	0,58	0,86
Totalen per alternatief												8	11	13	15	21

(1) Het aantal dagen dat de soort in het gebied verblijft (gebaseerd op wintertelling) (2) Het aantal individuen van de soort dat in die periode gemiddeld in het gebied aanwezig is (3) Hulpkolom, in deze berekening ongebruikt gelaten (4) Deel van de soorten dat het windpark in het donker doorkruist

(5) Bovengrens 95%-waarschijnlijkheidsgebied windpark Noord-Friesland (Winkelman 1992a) (6) Vermenigvuldigingsfactor voor het verschil in rotoroppervlakte ten opzichte van luchtoppervlakte in vergelijking met het windpark in het onderzoek van Winkelman (1992a) bepaald middels een expertschatting. (7) Rekening houdend met uitwijking voor windpark bij nadering daarvan (90% zal het windpark alsnog ontwijken als gevolg van de verlichte omgeving waardoor de turbines ook 's nachts waarneembaar zijn). Alternatief I (min) = 18 turbines, I (max) = 24 turbines Alternatief II (min) = 18 turbines, II (max) = 20 turbines

(8) Rekenvoorbeeld voor de scholekster in Alternatief I (min): 243 dagen maal 346 vliegbewegingen 2 maal per dag (heen en terug) = 168156 vliegbewegingen. 10% in het donker = 16816 Trefkans van 0,13% maal factor 0,8528 geeft 18,64 (16816*0,0013*0,8528). 90% daarvan ontwijkt het windpark, wat (0,1*18,64) 2 slachtoffer geeft.

Ecofys BV
P.O. Box 8408
NL-3503 RK Utrecht
Kanaalweg 16-G
NL-3526 KL Utrecht
The Netherlands
www.ecofys.nl

T +31 (0)30 280 83 00
F +31 (0)30 280 83 01
E info@ecofys.nl

ZICHTANALYSE WPDN

Ir. Rob van Beek
31 jan 2006

In opdracht van Millenergy BV

Inhoud

Inhoud 2

1. Zichtbaarheidanalyse 2

1.1	Inleiding	2
1.2	Zichtbaarheid	2
1.3	Kromming van de aarde	3
1.4	Afstanden zichtpunten	5
1.5	Object grootte, oplossend vermogen van het menselijk oog	5
1.6	Meteorologisch zicht, %tijd zichtbaar	7
1.7	Helderheid en contrast	8
1.8	Kleurstelling van de windturbines	9
1.9	Visualisaties	9
1.10	Conclusies	10
1.11	Links	11

1. Zichtbaarheidanalyse

1.1 Inleiding

In welke mate een windpark zichtbaar is hangt onder andere af van de afstand van het windpark tot de waarnemer en de weersomstandigheden (de zichtbaarheid).

In deze notitie wordt onderzocht in hoeverre het Windpark Delfzijl Noord (WPDN), gelegen direct ten oosten van Delfzijl, zichtbaar is vanuit de omgeving op basis van de voor de vergunningen geselecteerde zichtpunten voor fotomontages (visuals).

Hierbij worden waarden berekend voor theoretisch maximale zichtbaarheid op basis van geometrische eigenschappen van de windturbines en de aarde. Tevens zijn meteorologische data m.b.t. zichtbaarheids afstanden verkregen, zodat het percentage van de tijd dat het windpark daadwerkelijk zichtbaar is bepaald kan worden.

Deze notitie is gemaakt i.o.v. Millenergy bv en is bedoeld om objectieve kenmerken van Windpark Delfzijl Noord (WPDN) aan te geven. Langs theoretische en praktische weg wordt uiteindelijk duidelijk welk criterium (hetzij berekend of volgend uit meetwaarden van de zichtdata) bepalend is voor de zichtbaarheid van WPDN.

De Groningse en Noord Duitse kuststreek kenmerkt zich over het algemeen door een lage waarnemingshoogte, ongeveer maximaal 10 meter (zeedijk). Het landschap kent geen kliffen en bergen van waaruit een verdere zichtbaarheid mogelijk is. Dit betekent dat de horizon vanuit de omgeving rondom WPDN door de kromming van de aarde vrij dichtbij wordt waargenomen (ongeveer 5 km vanaf het grondniveau). Hierdoor worden windturbines op meer dan 5 km afstand waargenomen alsof ze allemaal even ver weg zijn. De onderste delen van de turbines zullen achter de horizon verdwijnen. Turbines die dichterbij staan zullen als 'groter' worden waargenomen.

1.2 Zichtbaarheid

De zichtbaarheid van het windpark vanuit de omgeving wordt bepaald door de afstand tot de omgeving, de weersomstandigheden, de eigenschappen van de windturbines (in contrast en helderheid) en de positie van de waarnemer.

Het **theoretisch** maximale zicht wordt bepaald door fysieke geografische kenmerken en kan objectief berekend worden. Hetzelfde geldt voor de zichtbaarheid van onderdelen van de windturbines op bepaalde afstanden. Hier bepalen de afmetingen van de onderdelen in hoeverre het menselijke oog ze nog kan waarnemen.

De weeromstandigheden bepalen de maximale meteorologische zichtafstand, ofwel de afstand tot hoever het zicht reikt. Van de zichtafstand bestaan langjarige meteorologische statistieken gebaseerd op waarnemingen vanaf zee en/of land. Deze meteorologische zichtafstand bepaalt het percentage van de tijd dat het windpark zichtbaar is.

Des te groter de afstand tot de waarnemer, des te minder zichtbaar zullen de windturbines zijn. De zichtbaarheid over grote afstand is afhankelijk van een combinatie van wel de meest beperkende van de volgende factoren:

- kromming van de aarde
- afstanden zichtpunten
- object grootte (oplossend vermogen van het menselijk oog)
- meteorologische zicht
- helderheid en contrast
- kleurstelling van de windturbines

Hieronder worden deze factoren afzonderlijke behandeld.

1.3 Kromming van de aarde

Het theoretisch maximale zicht wordt bepaald door de kromming van de aarde. Dit uit zich in de 'kimduiking' waarbij ook grote objecten helemaal of gedeeltelijk achter de horizon verdwijnen. Voor een waarnemer op het strand (lage zichthoogte) ligt de horizon door de invloed van de kromming op 5 km afstand. Een iets hogere waarnemerhoogte (10m) betekent een flink grotere afstand tot de horizon of kim.

Voor het bepalen van de maximale zichtafstand A (km) zijn de volgende gegevens van belang:

- De hoogte van het object (km)
- De waarnemerhoogte (km)
- De aardstraal R (6368 km)

De formule luidt:

- $H (\text{objecthoogte} + \text{waarnemershoogte}) = A^2/2R$

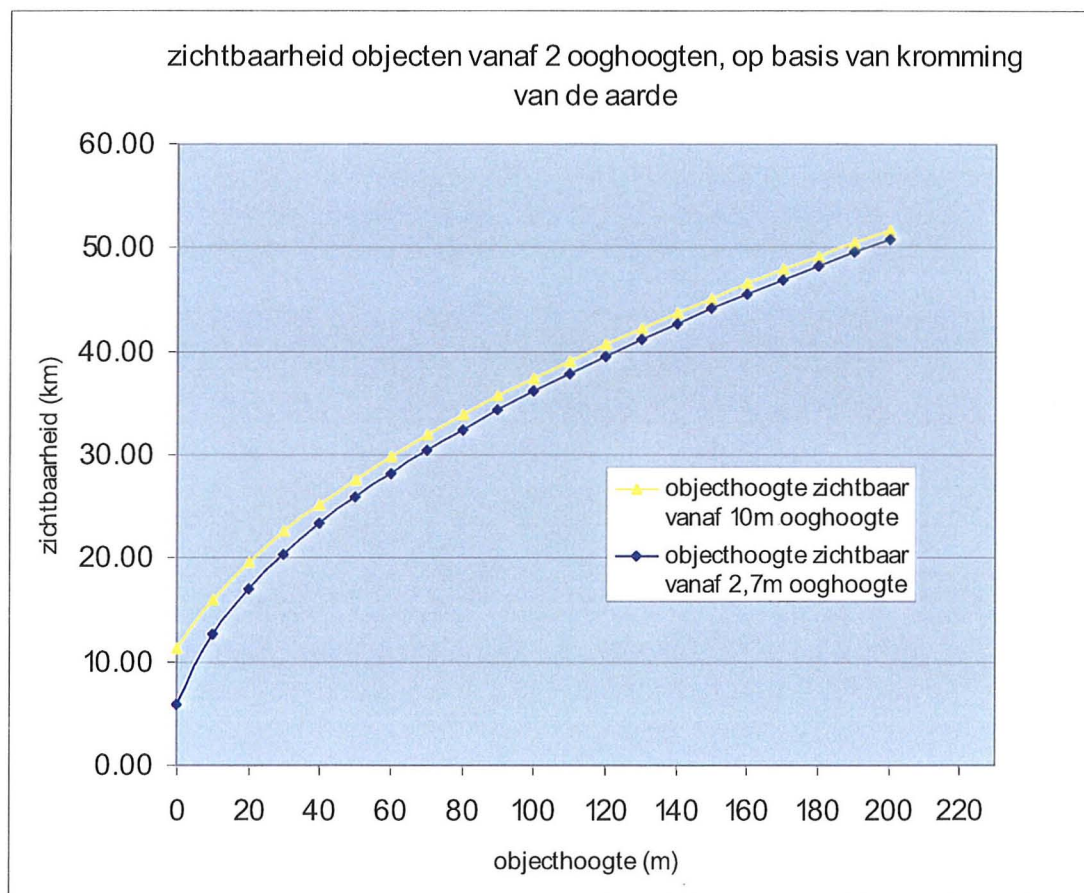
Bovenstaande formule is afgeleid van de geometrisch juiste formule (zie 1.11 Links: Bepaling Horizon (Wikipedia)). Deze aanpassing bestaat uit het weglaten van een kwadratische term van H (welke immers zeer veel kleiner is dan aardstraal R), wat geldig is voor objecthoogten tot zo'n 500 m.

De door LNV gehanteerde formule wordt gebruikt voor radio horizon bepaling (zie 1.11 Links: Radio Horizon) en wijkt af van de bovenstaande.

Onderstaande tabel 1 en grafiek 1 tonen de verschillende theoretische maximale zichtafstanden behorend bij de 3 afmeting varianten van WPDN, uitgaande van een ooghoogte van 2.7 m (NAP hoogte plus ooghoogte) en 10m(zeedijk):

Tabel 1: Theoretisch maximaal zichtafstand gebaseerd op kromming van de aarde alleen

waarnemers ooghoogte (m)	variant	ashoogte (m)	rotordiameter (m)	objecthoogte (m)	afstand waarbij as achter horizon verdwijnt (km)	afstand waarbij tip achter horizon verdwijnt (km)
2.7	variant1, 2MW	80	72	116	32.5	38.9
2.7	variant2, 3.5MW	100	90	145	36.2	43.4
2.7	variant3, 6MW	135	126	198	41.9	50.6
10	variant1, 2MW	80	72	116	33.9	40.1
10	variant2, 3.5MW	100	90	145	37.4	44.4
10	variant3, 6MW	135	126	198	43.0	51.5



Grafiek 1: Zichtbaarheid (in km) van objecten vanaf 2 ooghoogte; effect kromming aarde.

Dit betekent dat waarnemers op grondniveau de toppen van de grootste windturbines met ashoogte van 135 meter en rotordiameter van 126 meter niet meer kunnen zien op meer dan 50.6 km.

Staande op een zeedijk op een hoogte van ongeveer 10 m boven zeeniveau zijn windturbines met een tiphoogte van 198 m hoogte op een afstand van ruim 51 km niet meer zichtbaar.

In Tabel 1 zijn zowel maximale zichtafstanden m.b.t. ashoogte als tiphoogte opgenomen. Dit komt bij het onderdeel zichtbaarheid van onderdelen (oplossend vermogen) van pas.

Bij de allergrootste windturbines is de as (gondel) niet meer zichtbaar op een afstand van meer dan 43 km.

Dit theoretisch maximale zicht geldt alleen bij situaties zonder tussenliggende obstakels. Als gevolg van terreinhoogte verschillen (glooiing), bebouwing en begroeiing wordt het zicht op de horizon bepaald door de mate van voorkomen van obstakels, die zich tussen de waarnemer en de werkelijke horizon bevinden.

1.4 Afstanden zichtpunten

Bij het bepalen van de zichtbaarheid speelt ook de perspectivische verkleining van het object een rol. Een windpark op grote afstand van de waarnemer neemt minder van het zichtveld in beslag dan een windpark dichterbij. Dit geldt voor zowel de horizontale zichthoek (de breedte van het windpark in het zichtveld) als de verticale zichthoek (de hoogte van het windpark in het zichtveld). Als gevolg van perspectivische verkleining wordt een object op grote afstand van de waarnemer minder snel waargenomen. Dit geldt ook voor de verder gelegen windturbines in een windpark. Vanuit zichtpunten in de langs richting van het windpark is dit effect goed waarneembaar.

Tabel 2: Overzicht min. en max. afstanden van de zichtpunten van de visuals tov WPDN.

afstand t.o.v.						zp1, boei		zp3, boei
WPDN	Handelskade	Schaapbulten	Termunterzijl	Knoek	Rysum	D19	zp2	BWS
min (km)	0.4	4.8	0.7	2.6	9.8	10.9	2.5	9.7
max (km)	5.0	5.4	5.4	5.3	10.7	15.7	7.3	13.6

Tabel 2 geeft zowel de kortste afstand als de grootste afstand tot de windturbines weer. De zichtpunten van de visuals liggen allen binnen een straal van 10km rondom het windpark, met uitzondering van zichtpunt 1 (boei D19) welke op bijna 11km ligt. Hiervoor geldt het meteorologisch zichtinterval 4-10km (zie [Meteorologisch zicht, %tijd zichtbaar](#)).

Echter, bij zichtpunten 1 en 3 zijn de grootste afstanden tot de windturbines ruim boven de 10km, zodat bij deze zichtpunten de meteo waarden van het zichtinterval tussen 10 en 20 km gehanteerd moet worden.

1.5 Object grootte, oplossend vermogen van het menselijk oog

De mate van zichtbaarheid van een object is naast zijn hoogte ook afhankelijk van de breedte. De (horizontale en verticale) beeldhoek die een object inneemt op een bepaalde afstand moet boven de drempelwaarde van het gezichtsvermogen uitkomen om gezien te kunnen worden. Deze drempel bedraagt 1-2 boogminuut (onder zeer contrastrijke condities, zie 1.11 links Kenmerken menselijk oog,) en verschilt van individu tot individu. Een boogminuut is 1/60 deel van een graad (hoek); zestig boogminuten is 1 graad. Een boogminuut komt overeen met een afmeting van 30 cm waargenomen op 1 km afstand.

Een oog in rust heeft een normale gezichtsscherpte als twee punten onder een hoek van één boogminuut nog juist gescheiden kunnen worden waargenomen; het zogeheten 'Snellen' principe. Alleen wanneer men met de fovea (de 'gele vlek' in het centrale deel van het oog) kijkt, is deze gezichtsscherpte haalbaar.

De minimale afstand van één boogminuut komt overeen met de doorsnede van een kegeltje op de fovea. Om twee punten gescheiden waar te nemen, moeten twee geprikkelde kegeltjes worden gescheiden door één niet geprikkeld kegeltje (zie 1.11 links Kenmerken menselijk oog: AJN).

Naarmate men ouder wordt neemt de zichtscherpte af en neemt de drempelwaarde toe (bron: NOG).

Bij slechts iets mindere zichtcondities is de drempel enige boogminuten. Algemeen wordt 1 boogminuut als gemiddelde waarde voor de drempelwaarde aangenomen. (zie 1.11 links Kenmerken menselijk oog: AJN, NOG)

De grootste onderdelen aan een windturbine zijn de mast en de rotorbladen. Wanneer de kleinste dimensie van deze onderdelen niet meer waarneembaar is, valt de rest van het onderdeel ook niet meer waar te nemen. Bij de mast is de buispaaldiameter (gemiddelde waarde i.v.m. conische vorm) van belang en bij de rotorbladen de koorde bij de bladwortel (het breedste deel van het blad). Voor de gondel wordt de gondelhoogte als relevante dimensie genomen. Bij variant 3 (de 6MW) zijn nog geen gegevens bekend, maar is als 'worst case' een 'Direct Drive' type met een diameter van 10 m aangenomen op basis van projectie van de huidige afmetingen van deze typen. Een gearbox type rond dit vermogen zal naar verwachting max. 8m gondelhoogte als meest kritieke dimensie kennen.

Tabel 3: Zichthoeken in boogminuten van windturbine onderdelen op verschillende afstanden vanaf de zichtpunten, incl. max afstand waarop onderdeel met volwassen blote oog nog juist zichtbaar is.

variant	onderdeel	afmeting (m)	afstand tot zichtpunt (m)	zichthoek (in boogminuut) vanuit								verdwijnafstand (km) bij min zichthoek van 1 boogminuut
				Handelskade	Schaapbulten	Termunt en zijl	Knoek	Rysum	zp1, boel D19	zp2	zp3, boel BWS	
				min (km)	max (km)	min (km)	max (km)	min (km)	max (km)	min (km)	max (km)	
1; 2MW	buispaal	4	max	0.4	4.8	0.7	2.6	9.8	10.9	2.5	9.7	
		4	min	5.0	5.4	5.4	5.3	10.7	15.7	7.3	13.6	
	rotor	3.5	max	2.7	2.5	2.5	2.6	1.3	0.3	1.9	1.0	13.7
		3.5	min	32.3	2.5	17.8	4.7	1.2	1.1	4.7	1.2	12
	gondel	4	max	2.7	2.5	2.5	2.6	1.3	0.3	1.9	1.0	13.7
		4	min	37.0	2.8	20.3	5.4	1.4	1.3	5.4	1.4	13.7
2; 3,5 MW	buispaal	4.4	max	3.0	2.8	2.8	2.9	1.4	1.3	2.1	1.1	15
		4.4	min	40.7	3.1	22.4	5.9	1.5	1.4	5.9	1.6	15
	rotor	4	max	2.7	2.5	2.5	2.6	1.3	0.3	1.9	1.0	13.7
		4	min	37.0	2.8	20.3	5.4	1.4	1.3	5.4	1.4	13.7
	gondel	4.5	max	3.1	2.9	2.8	2.9	1.4	1.3	2.1	1.1	15.4
		4.5	min	41.6	3.2	22.9	6.0	1.6	1.4	6.1	1.6	15.4
3; 6MW	buispaal	5	max	3.4	3.2	3.2	3.2	1.6	1.1	2.4	1.3	17
		5	min	46.2	3.6	25.4	6.7	1.8	1.6	6.7	1.8	17
	rotor	4	max	2.7	2.5	2.5	2.6	1.3	0.3	1.9	1.0	13.7
		4	min	37.0	2.8	20.3	5.4	1.4	1.3	5.4	1.4	13.7
	gondel	10	max	6.8	6.3	6.3	6.5	3.2	2.2	4.7	2.5	34.3
		10	min	92.4	7.1	50.8	13.4	3.5	3.1	13.5	3.6	34.3

In de tabel is met rood aangegeven wanneer de zichthoek van het betreffende onderdeel onder de drempel van 1 boogminuut komt. De oranje velden geven waarden tussen 1 en 2 boogminuten weer. In de laatste kolom wordt aangegeven vanaf welke afstand het onderdeel niet meer met het blote oog zichtbaar is.

Per variant zijn de bepalende dimensies van buispaal, rotor en gondel opgegeven. Hieruit volgt dat:

- Variant 1 niet meer zichtbaar is vanaf 13.7 km
- Variant 2 niet meer zichtbaar is vanaf 15.4 km
- Variant 3 niet meer zichtbaar is vanaf 34.3 km en na 17 km slechts de gondel zichtbaar is

Bij zichtpunten 1 en 3 (vanaf het water) zijn de verst verwijderde rotorbladen niet meer zichtbaar en de meest nabijgelegen rotoren zeer moeilijk onderscheidbaar. Vrijwel hetzelfde geldt voor de buispalen vanuit deze zichtpunten.

Vanuit Rysum geldt dat de buispalen en de rotoren zeer moeilijk onderscheidbaar zullen zijn.

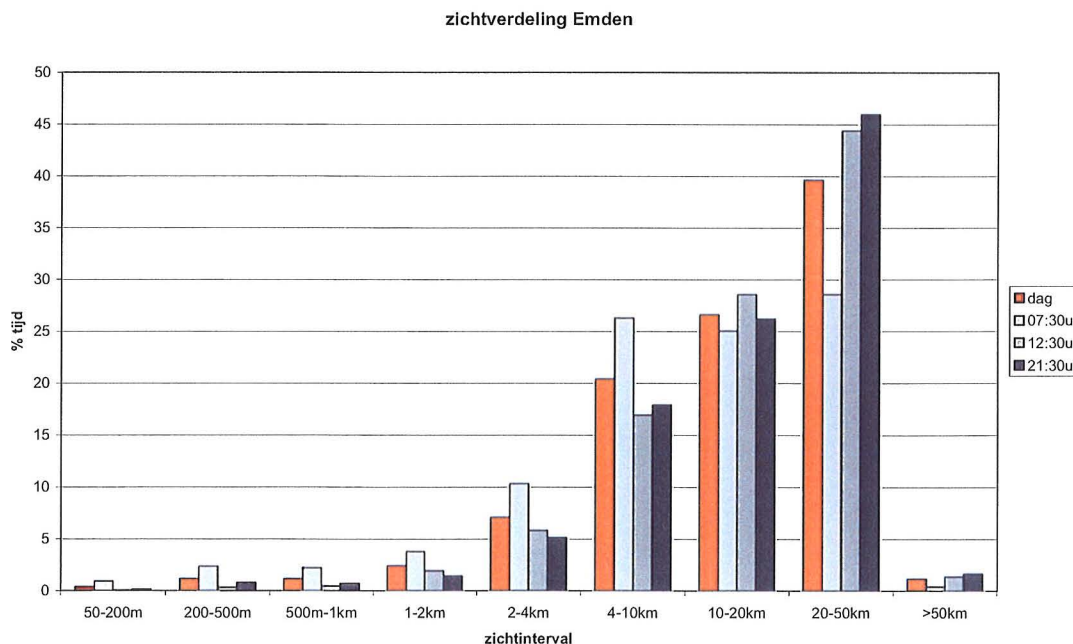
1.6 Meteorologisch zicht, %tijd zichtbaar

De mate waarin het windpark vanuit de omgeving te zien zal zijn, hangt onder meer samen met het meteorologisch zicht. Dit wordt bv uitgedrukt in aantal zichturen per jaar bij een bepaalde afstandsklasse, bijvoorbeeld van 5 tot 10 kilometer.

Bij het bepalen van de zichtafstand is gebruik gemaakt van tabellen van DWD van locatie Emden (Flugplatz) over de periode 1 juli 1997 tot 18 januari 2006. Emden is het meest nabijgelegen meteo station waar zichtafstanden worden geregistreerd (zie bijlage 1).

De zichtdata bestaat uit dagelijks 3 dagelijkse metingen, om 7:30u, 12:30u en 21:30 u. De data is beschikbaar vanaf juli 1997 en heeft dus nu voor ieder waarnemingstijdstip ruim 3100 metingen. Van ieder tijdstip is het percentage van voorkomen van de diverse zichtklassen bepaald (zie tabel 5). De data is door het gemiddelde van de 3 tijdstippen te bepalen naar een dagelijkse zichtwaarde vertaald.

Tabel 4 toont relevante zichtintervallen bij 3 dagelijkse momentopnamen en het dagelijkse gemiddelde (oranje kolom). Opvallend is de lagere zichtbaarheid 's ochtends en de overeenkomsten 's middags en 's avonds.



Grafiek 2: Zichtafstanden op 3 tijdstippen per dag en dagelijks gemiddelde (oranje).

Uit de tabel en grafiek blijkt dat merendeel van de tijd sprake is van goed zicht (meer dan 20 km)

Tabel 4: Waarden zichtafstanden

	07:30u	12:30u	21:30u	% 07:30u	% 12:30u	% 21:30u	% dag
50-200m	29	1	5	1	0	0	0
200-500m	74	11	24	2	0	1	1
500m-1km	70	15	22	2	0	1	1
1-2km	119	61	45	4	2	1	2
2-4km	323	182	160	10	6	5	7
4-10km	821	530	560	26	17	18	20
10-20km	783	893	818	25	29	26	27
20-50km	892	1387	1436	29	44	46	40
>50km	13	44	53	0	1	2	1
	3124	3124	3123	100	100	100	100

De tabel werkt cumulatief; dwz een zicht van 10 km of meer komt in (27+40+1=) 68% van de tijd voor.

Zicht vanaf 4km komt dus 88% van de tijd voor.

Zicht onder de 4km in de ochtend komt in 19% van de tijd voor. Onder deze omstandigheden zijn de turbines uit de diverse zichtpunten (uitgezonderd Handelskade en Termuntenzijl) niet meer zichtbaar.

Zicht onder de 4km in de avond komt in 8% van de tijd voor.

40% van de tijd ligt het zicht tussen de 20 en 50 km. In de praktijk betekent het niet dat een zicht van 30 km of 35 km ook 40% van de tijd voorkomt. Dat zal lager zijn omdat het zichtinterval het totaal van waarnemingen tussen 20 en 50 km weergeeft.

Echter; de verdeling van het de waarnemingen in het interval 20-50 km is niet bekend.

Het is onwaarschijnlijk dat zichtwaarden van 40 km net zo vaak voorkomen als 20 km; daarom zal de het grootste deel van de waarnemingen tussen 20 en 35km liggen.

Dat betekent dat het percentage met een zicht van > 35 km zeer zeker lager zal zijn dan 40% en waarschijnlijker maximaal 20% zal bedragen (ervan uitgaande dat 20 tot 35km in 20% voorkomt; dus een gelijke verdeling van 20-35 en 35-50). Dat is echter niet 'hard' te maken op basis van de gegevens.

Op basis van het aantal waarnemingen binnen de zichtintervallen 10-20 km en > 50 km is het aannemelijk dat de verdeling eerder 20% tussen 20 en 30 km en 20% tussen 30 en 50 km zal zijn.

Echter als 'worst case' wordt aangehouden dat een zichtafstand van meer dan 35 km maximaal 20% van de tijd kan voorkomen.

1.7 Helderheid en contrast

De windturbines bevinden zich op de overgang tussen water en lucht. De luchtlaag vlak boven het water bevat relatief veel vocht in vergelijking tot de hogere luchtlagen.

De heiligheid wordt bepaald door de vochtigheid van en de hoeveelheid verontreinigingen in de lucht (aerosolen). Des te meer verontreiniging en minuscule waterdruppeltjes in de lucht boven water zweven, des te minder wordt het zicht. Bij mist bevat de lucht zoveel

waterdruppels, dat het zicht ernstig beperkt wordt. Maar ook op andere dagen zweven als gevolg van golfslag veel waterdruppeltjes in de lucht boven het wateroppervlak. Bij aflandige wind worden stofdeeltjes vanaf het land aangevoerd.

In de praktijk heeft de heiligheid een contrast verlagende en daarmee zichtbaarheid verlagende werking. Dat wil zeggen dat verder gelegen objecten steeds grijzer worden en richting de kleurtint van de achtergrond verschuiven. Voorbij het maximale meteorologische zicht is de kleur van het object gelijk aan de achtergrond en is het contrast volledig weggefallen.

De contrastwaarde is maximaal bij:

- zonsopgang kijkend naar het westen met de zon in de rug kijkend naar de windturbines, de windturbines zijn dan zo vlak mogelijk aangelicht (vanuit Emden)
- zonsopgang kijkend naar het oosten in de richting van de zon en de windturbines; dit tegenlicht geeft scherp aftekenende contouren van de windturbines tegen de achtergrond (vanuit Delfzijl)
- zonsondergang kijkend naar het oosten met de zon in de rug (vanuit Delfzijl)
- zonsondergang kijkend naar het westen in de richting van de zon; tegenlicht met contourvorming (vanuit Emden)

Uit de zichtdata blijkt dat het zicht bij zonsopgang iets minder goed is dan gedurende de rest van de dag. Echter de zichtcondities tussen 4 en 10km (op deze afstanden liggen de zichtpunten) zijn dan sterker vertegenwoordigd.

1.8 Kleurstelling van de windturbines

De windturbines worden in een lichtgrijze kleur uitgevoerd. Tevens zijn de bladen voorzien van een anti reflectie coating. Beide maatregelen betekenen een verlaging van het contrast en dus verlaging van de zichtbaarheid. Omdat de onderdelen niet puur wit zijn, zullen ze eerder tegen een grijs tint van de achtergrond wegvallen. Het terugdringen van reflectie van lichtstralen op een turbine blad betekent dat het door een waarnemer minder snel opgemerkt zal worden.

Bij andere belichtingen dan bij de maximale contrastwaarde is de kans aanwezig dat de kleur van de windturbines te weinig contrast vertoont met de achtergrond en dus, hoewel theoretisch zichtbaar, niet waarneembaar is. Dit verkleint de zichtbaarheid van het windpark.

1.9 Visualisaties

De gemaakte visualisaties kennen de volgende eigenschappen:

alle foto's die zijn gebruikt voor de visuals vanuit de diverse zichtpunten kennen een zichtafstand van 10km of meer. Dat betekent dat de windturbines in principe (op basis van de zichtafstand) zichtbaar zullen zijn.

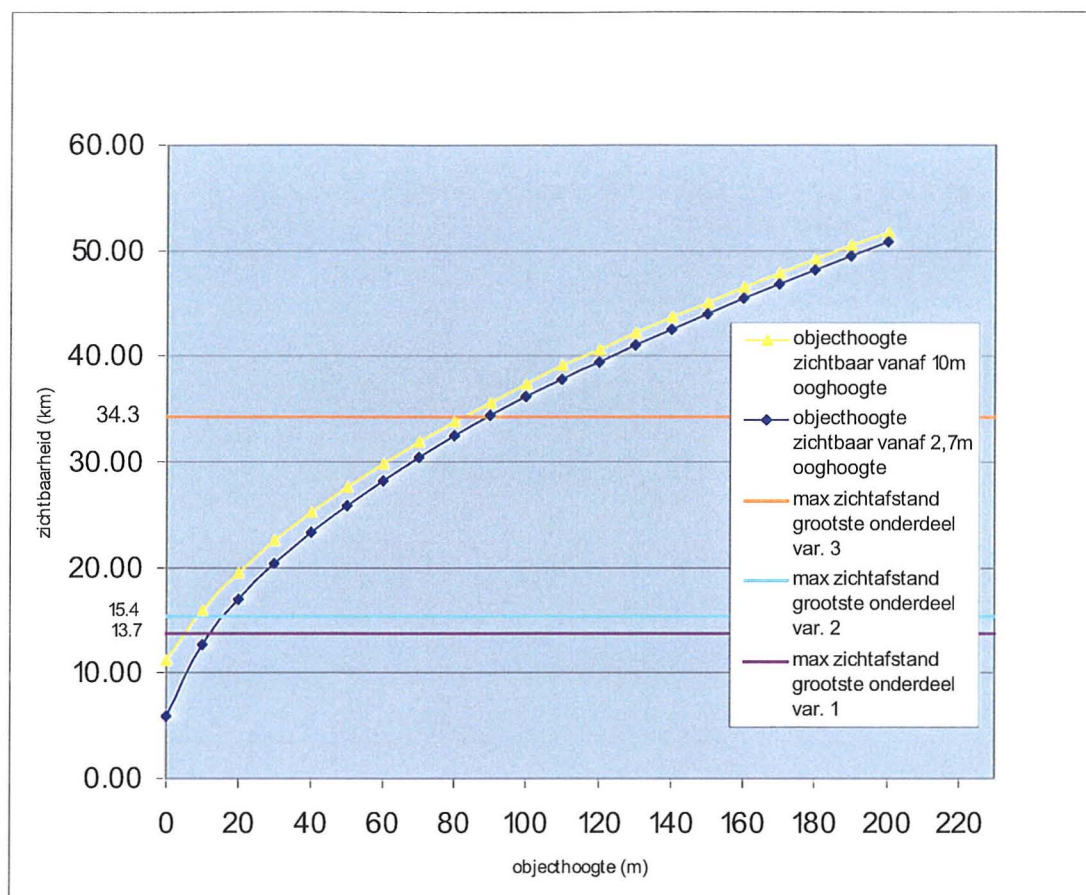
zichtpunt	datum	tijd	brandpuntsafstand (35mm equi) standaard: 50 mm
zp1, boei D19	16-05-2002	9:00	61 mm
zp2	16-05-2002	10:20	61 mm
zp3, boei BW5	16-05-2002	16:00	50 mm
Handelskade	15-05-2003	15:15	panorama 40mm/ stuk
Schaapbulten	15-05-2003	14:23	panorama 50mm/ stuk
Termuntenzijk	15-05-2003	14:50	panorama 50mm/ stuk
Knock	19-07-2005	10:51	panorama 50 mm/ stuk
Rysum	19-06-2005	11:45	panorama 50 mm/ stuk

1.10 Conclusies

Het meest zichtbeperkende criterium is niet het meteorologische zicht, maar het oplossend vermogen van het oog (als gevolg van de afmetingen van de windturbine onderdelen). Ondanks de goede zichtcondities zullen de windturbines door beperkingen van het menselijke oog niet tot de theoretisch maximale en de meteorologische zichtafstanden zichtbaar zijn.

Dit betekent dat de windturbines van WPDN tot maximaal 34.3km in de omgeving zichtbaar zullen zijn, uitgaande van de afmetingen van de grootste windturbines van variant 3 van ca. 6MW. Voor variant 2 en 1 is dit resp. 15.4 en 13.7 km. Hierbij is geen rekening gehouden met afscherming van het zicht door bebouwing en/of andere obstakels.

Het percentage van de tijd dat het zicht 35km bedraagt kan maximaal 20% bedragen (uitgaande van een gelijke verdeling in het zichtinterval 20-50 km) , maar zal in de praktijk lager liggen omdat een ongelijke verdeling in het zichtinterval meer aannemelijk is.



Grafiek 3: Overzicht verschillende zichtafstanden

1.11 Links

Kenmerken menselijk oog :

<http://ajn.artsennet.nl> ; de AJN is een wetenschappelijke vereniging van artsen, werkzaam in of voor de Jeugdgezondheidszorg

http://www.oogheekunde.org/p_methodes_van_onderzoek#VA ; Nederlands

Oogheekundig Gezelschap (NOG), het NOG is een medisch specialistische vereniging voor oogartsen

http://en.wikipedia.org/wiki/Naked_eye

Bepaling Horizon:

<http://newton.ex.ac.uk/research/qsystems/people/sque/physics/horizon/>; University of Exeter, Steve Sque

<http://en.wikipedia.org/wiki/Horizon>

Radio horizon (Wikipedia):

http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_horizon