



Milieueffectenstudie (MES) windpark Eemshaven-West

Deelrapport Technische haalbaarheid en Economische uitvoerbaarheid

Gemeente Eemsmond, Provincie Groningen, Ministerie van Economische
Zaken en het Ministerie van Infrastructuur & Milieu

19 december 2016

Project	Milieueffectenstudie (MES) windpark Eemshaven-West
Document	Deelrapport Technische haalbaarheid en Economische uitvoerbaarheid
Status	Definitief
Datum	19 december 2016
Referentie	GV1101-5/16-021.104
Opdrachtgever	Gemeente Eemshaven, Provincie Groningen, Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Infrastructuur & Milieu
Projectcode	GV1101-5
Projectleider	drs. D.J.F. Bel
Projectdirecteur	ing. A.J.P. Helder
Auteur(s)	J. de Boer, H. Scholten, J.F. van Haaren MSc
Gecontroleerd door	J. de Boer
Goedgekeurd door	drs. D.J.F. Bel
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Van Twickelostraat 2 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 www.witteveenbos.com KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Leeswijzer	1
1.2	De aanleiding voor windenergie in Eemshaven-West	1
1.3	Aanleiding en doelstelling milieueffectenstudie (MES)	2
1.4	Zoekgebied Eemshaven-West	2
2	ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Overzicht alternatieven en varianten	4
2.3	Alternatief 1: alternatief RWE+	6
2.4	Alternatief 2: alternatief Nuon	6
2.5	Alternatief 3: integraal alternatief	8
2.5.1	Variant a: laag, compact	8
2.5.2	Variant b: hoog, verspreid	9
3	AARDBEVINGSRISICO	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Seismische belastingen	10
3.2.1	Invoerparameters	10
3.2.2	Horizontaal elastisch responspectrum	11
3.2.3	Verticaal elastisch responspectrum	12
3.3	Ontwerpnorm voor windturbines in aardbevingsgebieden	13
3.4	Ontwerpbelastingen windturbines in horizontale richting	14
3.5	Belastingen op windturbines ten gevolge van aardbevingen	15
3.5.1	Horizontale richting	15
3.5.2	Verticale richting	16
3.6	Verweking van de ondergrond	16
3.7	Bespreking en conclusies	21
4	AANSLUITING OP HET NET	22
4.1	Inleiding	22

4.2	Aansluiting van windturbines op het net	22
4.3	Capaciteit van het bestaande net	24
4.4	Afstand tot netaansluiting en kosten	26
4.5	Bespreking en conclusies	28

5 ENERGIEOPBRENGSTEN 29

5.1	Methode	29
5.2	Windprofiel Eemshaven	29
5.3	Energieopbrengst per variant	31
5.3.1	Alternatief 1: RWE+	31
5.3.2	Alternatief 2a: Nuon met 3,5 MW turbines	32
5.3.3	Alternatief 2b: Nuon met 5 MW turbines	32
5.3.4	Alternatief 2c: Nuon met 5 MW turbines, productieturbines in testgebied	33
5.3.5	Alternatief 3a: Laag en compact	33
5.3.6	Alternatief 3b: Hoog en verspreid	34
5.4	Samenvatting en conclusies	35

6 BIJDRAGE AAN DE ENERGIEDOELSTELLINGEN 38

7 BESLAG OP DE SDE+ BUDGETTEN 40

7.1	De SDE+ regeling	40
7.2	Subsidiebedragen Eemshaven West	41

8 CONCLUSIES 44

9 LITERATUURLIJST 46

Laatste pagina 46

Bijlage(n) Aantal pagina's

I	Variant 1	4
II	Variant 1 (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	4
III	Variant 2a	6
IV	Variant 2a (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	5
V	Variant 2B	4
VI	Variant 2b (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	3
VII	Variant 2c	4
VIII	Variant 2c (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	3

IX	Variant 3a	4
X	Variant 3a (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	4
XI	Variant 3b	3
XII	Variant 3b (excl. Test- en ontwikkelingsturbines)	3

1

INLEIDING

1.1 Leeswijzer

Voorliggend deelrapport beschrijft het onderzoek inzake technische haalbaarheid en economische uitvoerbaarheid. Ten behoeve van de zelfstandige leesbaarheid van het deelrapport zijn de algemene hoofdstukken in de MES op hoofdlijnen beschreven in hoofdstuk 1 en 2 van dit deelrapport. De lezer kan deze hoofdstukken desgewenst overslaan.

Het deelrapport techniek en economie bestaat uit:

- een inleiding op de Milieueffectstudie (MES), waarvan de technische haalbaarheid en economische uitvoerbaarheid een onderdeel is, in hoofdstuk 1;
- de alternatieven en varianten die zijn onderzocht, in hoofdstuk 2;
- de onderzoeksaanpak en -resultaten inzake het aardbevingsrisico voor windturbines in hoofdstuk 3;
- de onderzoeksaanpak en -resultaten inzake de netaansluiting in hoofdstuk 4;
- de onderzoeksaanpak en -resultaten inzake de energieopbrengst in hoofdstuk 5;
- de onderzoeksaanpak en -resultaten inzake de bijdrage aan energiedoelstellingen in hoofdstuk 6;
- de onderzoeksaanpak en -resultaten inzake het beslag op SDE-subsidie in hoofdstuk 7;
- samenvatting en conclusies in hoofdstuk 8.

1.2 De aanleiding voor windenergie in Eemshaven-West

Nederland werkt aan een CO₂-arme energievoorziening die veilig, betrouwbaar en betaalbaar is. Hierover zijn in het Energieakkoord tussen Rijk en provincies afspraken gemaakt over windmolens op land. Duurzame energie zorgt ervoor dat Nederland minder fossiele brandstoffen nodig heeft. In 2020 moet 14 % van de energie in Nederland afkomstig zijn van duurzame energiebronnen. Windenergie speelt een belangrijke rol in de overgang naar duurzame energie, naast zonne-energie, biomassa en aardwarmte. Rijk en provincies hebben voor windenergie een doelstelling van 6.000 MegaWatt (MW) in 2020 afgesproken. Dat levert elektriciteit voor vier miljoen huishoudens. Groningen heeft de taakstelling om in de provincie een opgesteld vermogen van 855,5 MW mogelijk te maken en heeft gekozen voor ontwikkeling van windparken binnen drie concentratiegebieden, zijnde Eemshaven, Delfzijl en de N33. Het gebied Eemshaven-West maakt deel uit van de drie concentratiegebieden.

Provinciale Staten van Groningen hebben op 29 januari 2014 Eemshaven-West als zoekgebied vastgesteld voor de realisatie van windenergie. In de Omgevingsvisie en Omgevingsverordening van de provincie Groningen en de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl van de provincie Groningen is het zoekgebied opgenomen. In Eemshaven-West moet een deel van de taakstelling worden gerealiseerd.

1.3 Aanleiding en doelstelling milieueffectenstudie (MES)

Aanleiding milieueffectenstudie

Voor de invulling van het windpark Eemshaven-West zijn meerdere plannen van initiatiefnemers, waaronder Nuon en RWE. Het plan van Nuon, in samenwerking met ECN en grondeigenaren verenigd in de Stichting Eemswind, betreft de realisatie van een binnendijks windpark met een opgesteld vermogen van in totaal circa 130 MW. Het plan van RWE betreft de realisatie van een windpark in het profiel van de Emmapolderdijk, met een opgesteld vermogen van in totaal circa 36 MW. Beide plannen vertonen een zekere mate van overlap en zijn daarom niet tegelijk realiseerbaar. De plannen van RWE en Nuon zijn nog indicatief.

De strijdigheid tussen de plannen bestaat uit het feit dat:

- er staan turbines in het profiel van de Waddenzeedijk (Emmapolderdijk) in het plan van RWE en er staan turbines vlak naast de Waddenzeedijk in het plan van Nuon;
- samen beschouwd, en met de turbinespecificaties die zijn aangeleverd door RWE en Nuon, staan de turbines van RWE en Nuon te dicht op elkaar. Te dicht betekent dat de rijen turbines zodanig dicht op elkaar staan dat ze elkaar veel wind afvangen, turbulentie veroorzaken of zelfs fysiek in de weg zitten;
- en er kan, uitgaande van de turbinespecificaties van Nuon, geen rij turbines worden gerealiseerd tussen de bestaande rijen turbines in de Emmapolder en een rij turbines in het profiel van de Waddenzeedijk.

Om bovenstaande redenen kunnen beide plannen, in hun huidige vorm, niet tegelijk worden gerealiseerd.

Doelstelling milieueffectenstudie

Om de planvorming voor het windpark in Eemshaven-West een stap verder te brengen, willen het Rijk, de provincie Groningen en de gemeente Eemsmond gezamenlijk de mogelijkheden voor windenergie in Eemshaven-West onderzoeken. Daarom wordt een milieueffectstudie (MES) uitgevoerd. Het doel van de milieueffectstudie is het verschaffen van inzicht in de mogelijke effecten op het milieu en de omgeving van de initiatieven van Nuon, RWE en een mogelijk derde initiatief voor de vervanging van drie bestaande turbines, voor windenergie binnen het gebied Eemshaven-West. Daarnaast gaat de MES in op de technische en economische haalbaarheid.

De milieueffectstudie moet er voor zorgen dat gemeente, provincie en Rijk een weloverwogen besluit kunnen nemen over de invulling van het windpark Eemshaven-West en de initiatieven van onder meer Nuon en RWE. De overheden willen begin 2017 dit besluit nemen, mede op grond van de MES, eventuele reacties op de MES en een advies over de MES van de Commissie voor de milieueffectrapportage (Cmer). De MES vormt later de basis voor het MER en inpassingplan voor windenergie in Eemshaven-West.

1.4 Zoekgebied Eemshaven-West

Het zoekgebied Eemshaven-West bestaat uit een testveld voor prototype offshore testturbines, een gebied voor onderzoeksturbines en een gebied voor reguliere productie windturbines¹. Het op te stellen vermogen is in totaal circa 100 MW - 130 MW. De prototypes en gecertificeerde onderzoeksturbines tellen mee in het opgestelde vermogen. Het zoekgebied Eemshaven-West omsluit en grenst aan het bestaande windpark Eemswind met een opgesteld vermogen van in totaal circa 60 MW. Hieronder is nader ingegaan op de kenmerken van de testvelden voor de prototype turbines en onderzoeksturbines, zoals die zijn opgenomen in de Omgevingsverordening van de provincie Groningen.

¹ In de structuurvisie Eemsmond-Delfzijl (zie hoofdstuk 2.11) wordt ook gesproken over een windpark Eemshaven-West (ontwikkeling 11a) naast een testpark windenergie Eemshaven-West (11b). Het windpark Eemshaven-West in dit MES omvat beide ontwikkelingen en beschouwd deze in gezamenlijkheid.

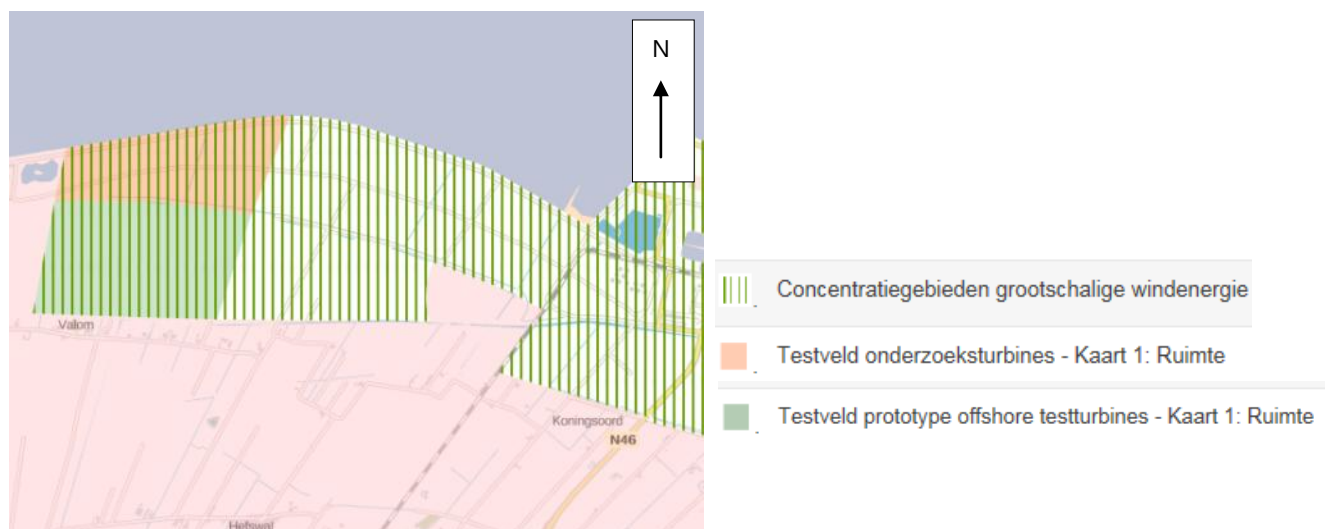
Voor het realiseren van de taakstelling van 855,5 MW in 2020 heeft de provincie Groningen drie concentratiegebieden aangewezen (N33, Delfzijl en Eemshaven). Om de taakstelling te halen gaat de provincie uit van de realisatie van minimaal 100 MW in Eemshaven West.

Het (zuidelijke) testveld voor prototype offshore testturbines kan voorzien in de oprichting van maximaal vier prototype offshore testturbines of maximaal drie prototype offshore testturbines en één prototype onshore testturbine, met als doel certificering van offshore en onshore windturbines en wetenschappelijk onderzoek.

Het (noordelijke) testveld onderzoeksturbines kan voorzien in de oprichting van maximaal vijf reeds gecertificeerde onderzoeksturbines met als doel wetenschappelijk onderzoek ten behoeve van offshore windenergie op voorwaarde dat:

- 1 de turbines deel gaan uitmaken van een park- of lijnopstelling;
- 2 en geen grotere wieklengte hebben dan tweederde van de ashoogte.

Afbeelding 1.1 Zoekgebied Eemshaven-West in Omgevingsvisie en Omgevingsverordening Groningen



2

ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN

2.1 Inleiding

In het hoofdrapport MES zijn de ontwerpaanpak en het proces van het ontwerp van de alternatieven beschreven. In voorliggend hoofdstuk zijn de belangrijkste kenmerken van de alternatieven en varianten op een rij gezet en zijn de alternatieven en varianten kort beschreven.

2.2 Overzicht alternatieven en varianten

Tabel 2.1 bevat een overzicht van de kenmerken van de alternatieven en varianten.

Tabel 2.1 Overzicht alternatieven en varianten

		1 Alternatief RWE+	2a Variant Nuon 3,5 MW	2b Variant Nuon 5,0 MW	2c Variant Nuon 5,0 MW	3a Integrale variant compact en laag	3b Integrale variant verspreid en hoog
BESTAANDE TURBINES	<i>aantal</i>	20	20	20	20	vervangen	vervangen
	<i>vermogen [MW]</i>	3	3	3	3	vervangen	vervangen
	<i>subtotaal [MW]</i>	60	60	60	60	vervangen	vervangen
PRODUCTIETURBINES	<i>type</i>	Enercon E-82 en Enercon E101	Enercon E-101	Gamesa G132	Gamesa G132	Enercon E-82	Gamesa G128
	<i>aantal</i>	12 resp. 11	21	13	13	45	20
	<i>vermogen per turbine [MW]</i>	3 resp. 3,5	3,5	5	5	3	5
	<i>subtotaal [MW]</i>	74,5	73,5	65	65	135	100
	<i>rotor diameter [m]</i>	82 resp. 101	101	132	132	82	128

		1 Alternatief RWE+	2a Variant Nuon 3,5 MW	2b Variant Nuon 5,0 MW	2c Variant Nuon 5,0 MW	3a Integrale variant compact en laag	3b Integrale variant verspreid en hoog
	<i>ashoogte [m]</i>	87 resp. 124,5	124,5	120	120	87	130
	<i>tijphoogte [m]</i>	128 resp. 175	175	186	186	128	194
TURBINES IN TESTVELD NOORD	<i>aantal</i>	5	5	5	8 (waarvan 4 productie- turbines)	5	5
	<i>vermogen per turbine [MW]</i>	5	5	7,5	5	5	7,5
	<i>subtotaal [MW]</i>	25	25	37,5	40	25	37,5
	<i>rotor diameter [m]</i>	128	128	150	132	128	150
	<i>ashoogte [m]</i>	120	120	120	120	120	120
	<i>tijphoogte [m]</i>	184	184	195	186	184	195
TURBINES IN TESTVELD ZUID	<i>aantal</i>	3	3	3	3	4	3
	<i>vermogen per turbine [MW]</i>	10	10	10	10	7,5	10
	<i>subtotaal [MW]</i>	30	30	30	30	30	30
	<i>rotor diameter [m]</i>	230	230	230	230	150	230
	<i>ashoogte [m]</i>	180	180	180	180	120	180
	<i>tijphoogte [m]</i>	295	295	295	295	195	295
TOTAAL VERMOGEN [MW]		189,5	188,5	192,5	195	190	167,5
TOEGEVOEGD VERMOGEN [MW]		129,5	128,5	132,5	135	130	107,5

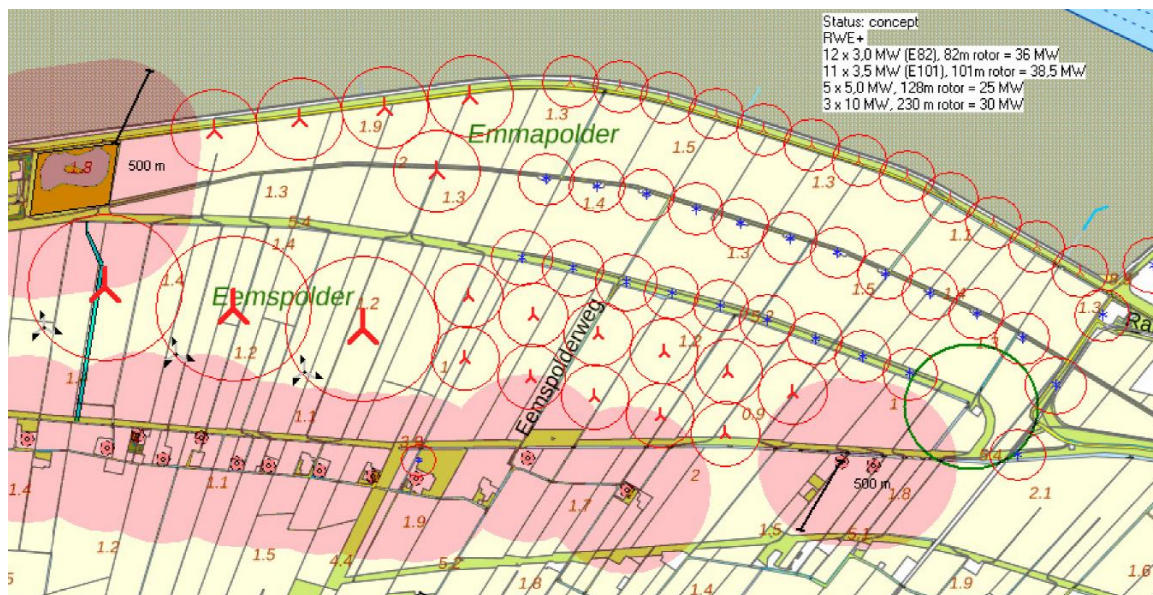
Voor de MES wordt uitgegaan van de volgende (fictieve) prototype testturbines:

- prototype testturbine van 10 MW met een rotordiameter van 230 meter, een ashoogte van 180 meter en een prototype testturbine van 7,5 MW met als uitgangspunt een rotordiameter van 150 meter en een ashoogte van 120 meter;
- gecertificeerde onderzoeksturbines van 5,0 MW met een rotordiameter en ashoogte van 128 meter en 120 meter en gecertificeerde onderzoeksturbines van 7,5 MW met als uitgangspunt een rotordiameter van 150 meter en een ashoogte van 120 meter.

2.3 Alternatief 1: alternatief RWE+

Het plan van RWE omvat het plaatsen van 12 windturbines (3,0 MW) in het profiel van de Emmapolderdijk. De nieuwe turbines volgen het ritme van de bestaande opstelling. Voor een eerlijke vergelijking van de alternatieven en varianten en om aan de doelstelling van circa 100 MW - 130 MW opgesteld vermogen te voldoen, is het plan van RWE aangevuld met turbines in de overige delen van het plangebied Eemshaven-West. Als uitgangspunt hiervoor is variant 2a gehanteerd.

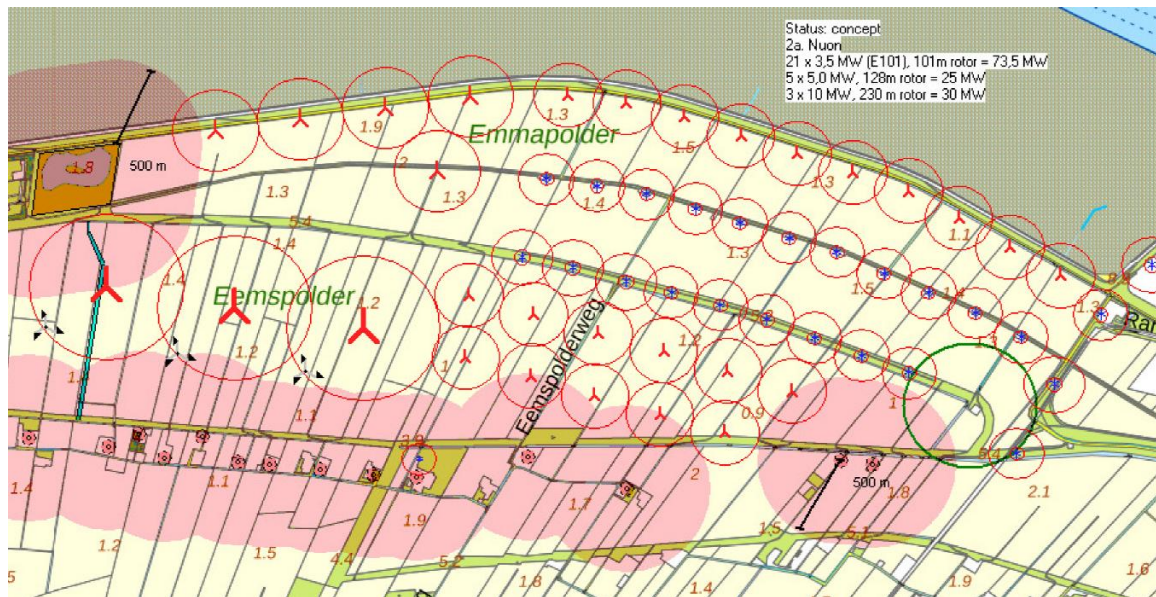
Afbeelding 2.1 Alternatief 1: alternatief RWE+



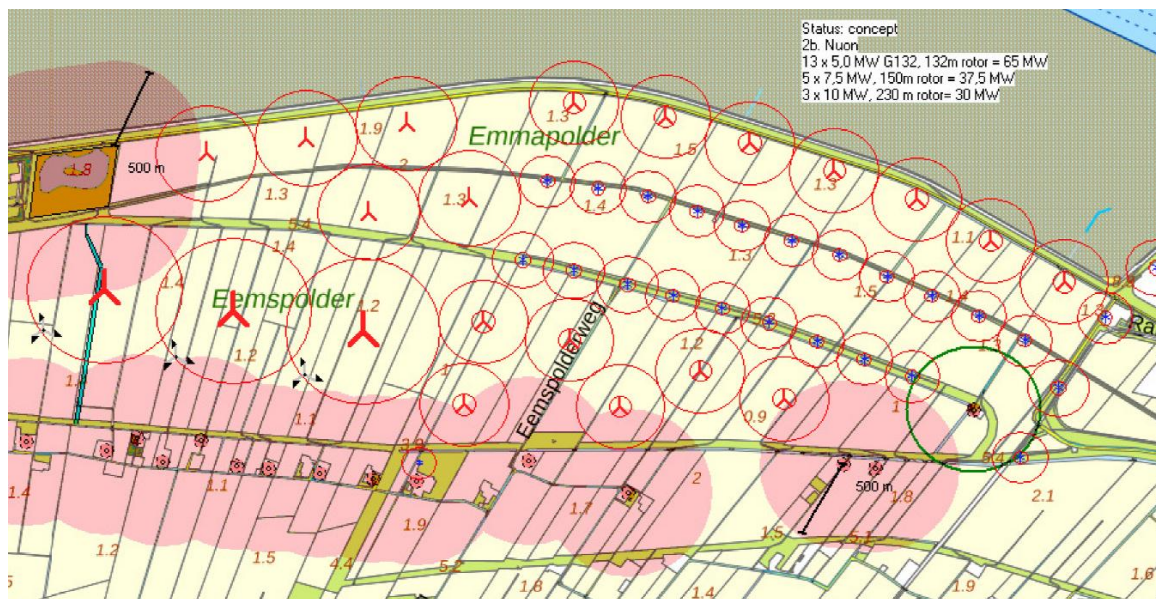
2.4 Alternatief 2: alternatief Nuon

Nuon heeft voor het gezamenlijke initiatief van Nuon, ECN en Stichting Eemswind bandbreedtes aangeleverd, waarbinnen zij een plan willen ontwikkelen. Voor de MES is de bandbreedte door de onderzoekers vertaald naar twee varianten: variant 2a en variant 2b. Variant 2a vertegenwoordigt de onderkant van de bandbreedte en variant 2b vertegenwoordigt de bovenkant van de bandbreedte. Nuon heeft daarnaast een indicatief palenplan opgesteld. Dit indicatieve plan is variant 2c. In variant 2c staat er een rij productieturbines in de gebieden die volgens de Omgevingsverordening van de provincie Groningen zijn bedoeld voor testturbines. Variant 2c wijkt daarmee af van de grenzen van de test- en productiegebieden in Eemshaven-West, zoals opgenomen in de Omgevingsverordening. Varianten 2a en 2b zijn ook gebaseerd op het indicatieve palenplan van Nuon, maar het indicatieve palenplan is door de onderzoekers zodanig gewijzigd, dat het aan de grenzen van de test- en productiegebieden in de Omgevingsverordening voldoet. Dit betekent dat er in varianten 2a en 2b geen productieturbines in de testvelden staan. Variant 2c is in de MES opgenomen om te onderzoeken of, door de grenzen in de Omgevingsverordening los te laten, het windpark beter kan worden ingevuld.

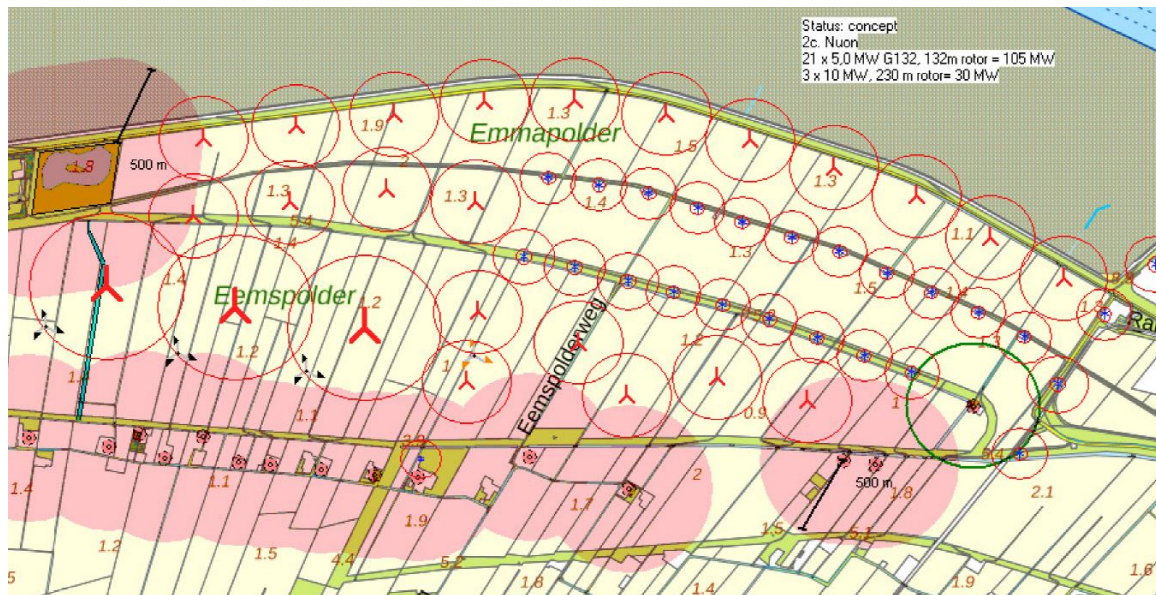
Afbeelding 2.2 Alternatief Nuon: Variant 2a



Afbeelding 2.3 Alternatief Nuon: Variant 2b



Afbeelding 2.4 Alternatief Nuon: Variant 2c

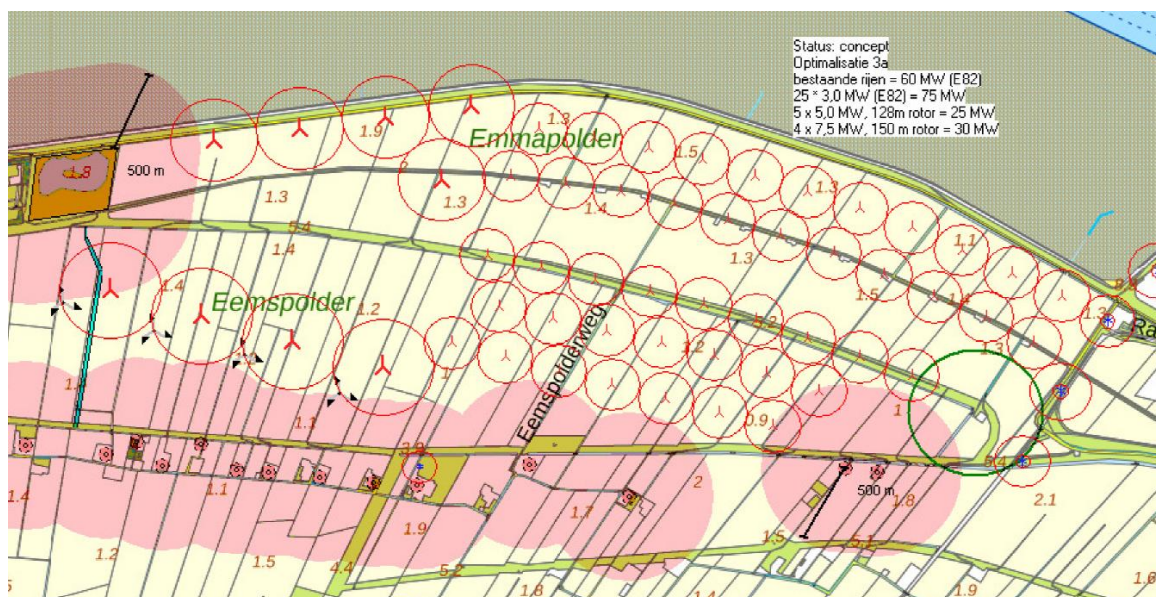


2.5 Alternatief 3: integraal alternatief

2.5.1 Variant a: laag, compact

De integrale variant 3a is de meest compacte en lage integrale variant. De variant omvat de plaatsing van 3,0 MW productieturbines, ofwel de kleinste productieturbines in de MES, op zo groot mogelijke afstand tot het Natura 2000-gebied en Unesco werelderfgoed de Waddenzee ten noorden van het plangebied en op zo groot mogelijke afstand tot de woningen ten zuiden van het plangebied. Het motief hierbij is om effecten op natuur en omgevingshinder te minimaliseren.

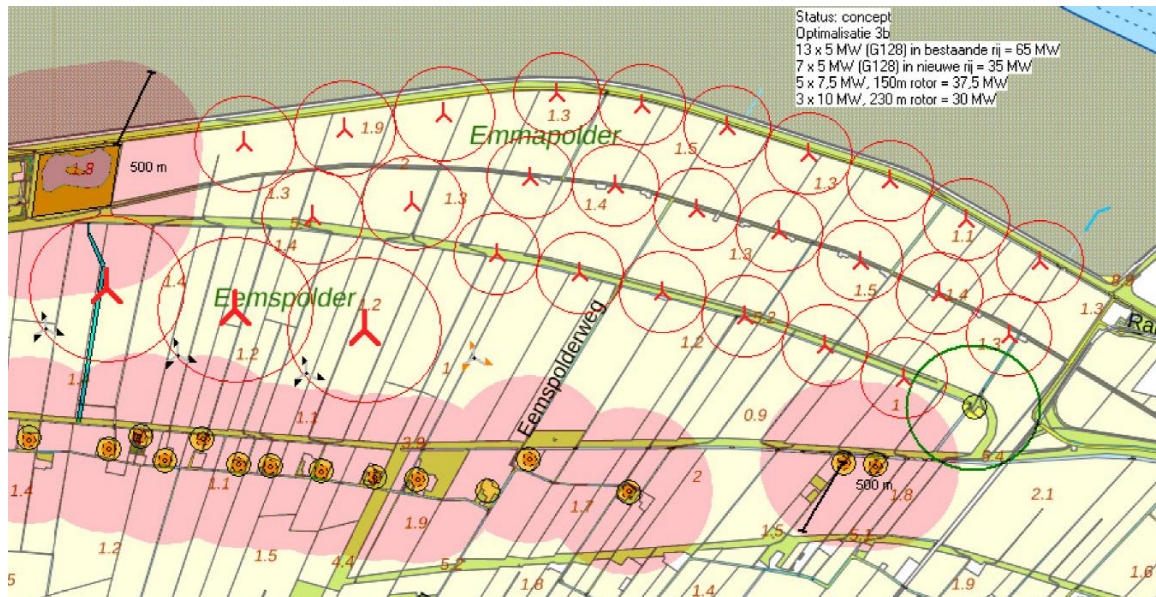
Afbeelding 2.5 Integraal alternatief: Variant 3a



2.5.2 Variant b: hoog, verspreid

De integrale variant 3b is de integrale variant met de grootste productieturbines in de MES, in dit geval 5,0 MW turbines, en de meest verspreide opstelling van de productieturbines. In deze variant worden de bestaande turbines in het plangebied vervangen door 5,0 MW turbines. Het centrale motief bij deze variant is maximalisatie van de energieopbrengst. In variant 3b is geen sprake van een vierde en vijfde rij, hiermee wordt de omgevingshinder geminimaliseerd. Alternatieven 1 en 2 bevatten wel een vierde en vijfde rij, door middel van variant 3b worden zo de hoeken van dit speelveld afgedekt.

Afbeelding 2.6 Integraal alternatief: Variant 3b



3

AARDBEVINGSRISICO

3.1 Inleiding

Eén van de gevolgen van gaswinning in de provincie Groningen is het ontstaan van aardbevingen. De resulterende schade aan gebouwen en hiermee gepaard gaand risico voor mensen krijgt de laatste jaren nadrukkelijk meer aandacht. Dit wordt beschreven in het rapport van de Onderzoeksraad van Veiligheid [1].

Ook voor windturbines is het risico van aardbevingen in potentie relevant. Dit zou mogelijkserwijs kunnen leiden tot risico op schade en een veiligheidsrisico voor de directe omgeving.

In dit hoofdstuk wordt hierop nader ingegaan. De seismische belastingen¹ worden bepaald voor de locatie Eemshaven-West, en de invloed op windturbines worden gekwantificeerd voor een aantal representatieve windturbines. Tot slot wordt ook ingegaan op het risico van verweking van de ondergrond².

3.2 Seismische belastingen

Om de seismische belastingen in het gebied ten westen van de Eemshaven te bepalen wordt gebruikt gemaakt van de Nederlandse praktijkrichtlijn [2], die ontwikkeld is ter beoordeling van constructieve veiligheid van gebouwen in relatie tot aardbevingen in de provincie Groningen.

3.2.1 Invoerparameters

In de genoemde praktijkrichtlijn [2] worden een aantal invoerparameters genoemd die nodig zijn om de seismische belasting te bepalen. Deze zijn conservatief ingevuld voor de lokale situatie. Hieronder volgt een overzicht van de gekozen invoerparameters.

Gevolgklasse

Vanwege de 'reikwijdte' van een windturbine in het geval van omvallen is gekozen voor Gevolgklasse CC2-B (tabel 2.1). Dit resulteert voor 'near collapse' in factor $k_{ag} = 1.6$ [-].

Schuifsnelheid van de bodem

De gemiddelde schuifsnelheid V_{s30} is weergegeven in afbeelding 3.0. Voor het betreffende gebied heeft V_{s30} een waarde tussen 170 en 200 [m/s]. Normale bodemcondities zijn van toepassing. Op basis hiervan mag volgens afbeelding 3.2 de algemene methode worden gebruikt om het elastische responspectrum te bepalen zoals beschreven in paragraaf 3.2.2.2.

¹ Seismische belastingen als gevolg van seismische golven. Een seismische golf is een golf die zich door de Aarde voortplant als gevolg van het vrijkomen van energie bij een aardbeving.

² Verweking ontstaat als door aardbevingen water in zandige lagen terecht komt en het water niet kan wegstromen. In het extreme geval gedraagt de grond zich dan als een vloeistof.

Piekgrondversnelling

De piekgrondversnelling $a_{g;ref}$ (bij een herhalingsijd van 475 jaar) wordt weergegeven in afbeelding 3.1. Het betreffende gebied ten westen van de Eemshaven heeft een piekgrondversnelling van ten hoogste $a_{g;ref} = 0.14$ [g].

Viskeuze damping

Anders dan voor gebouwen is een realistische viskeuze damping voor windturbines lager. Hiervoor wordt een viskeuze dempingsverhouding van $\xi = 1\%$ aangehouden. Dit leidt volgens vergelijking 3.16 tot een dempingscorrectiefactor van $\eta = 1.29$ [-].

3.2.2 Horizontaal elastisch responspectrum

In paragraaf 3.2.2.1 van de praktijkrichtlijn [2] wordt de methode weergegeven om op basis van de bovengenoemde invoerparameters het horizontaal elastisch responspectrum¹ te bepalen. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

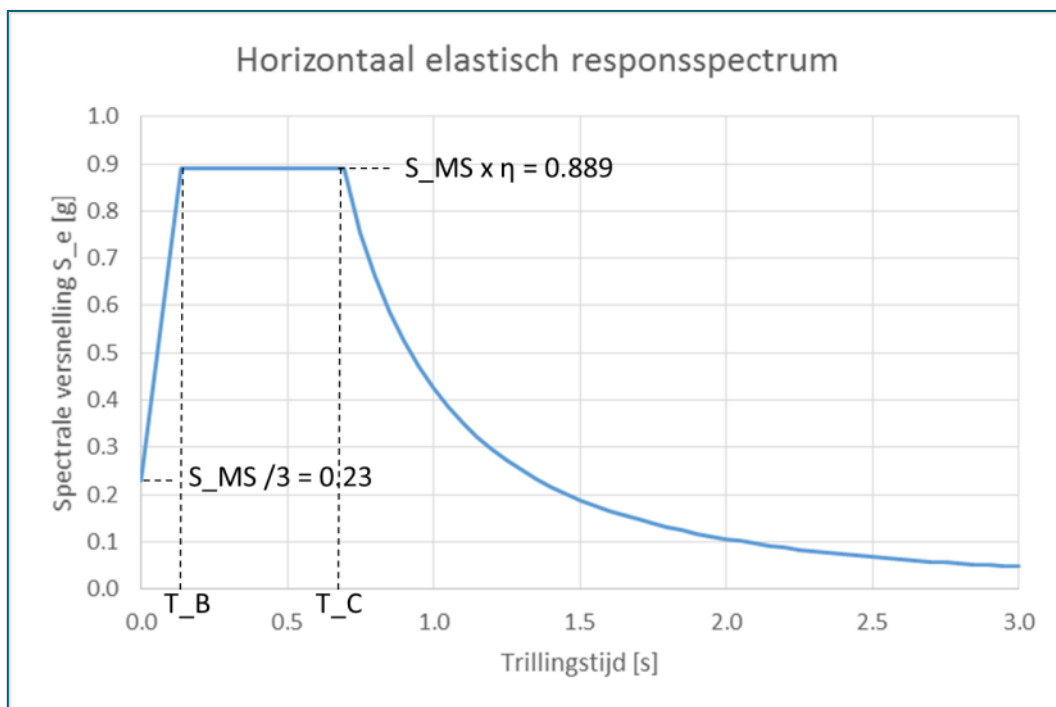
Tabel 3.1 Parameters voor horizontaal elastisch responspectrum

Bron uit NPR	Beschrijving	Grootheid	Waarde	Eenheid
Tabel 2.1	Dimensieloze factor afhankelijk van de gevolgklasse	K_{ag}	1.6	[-]
Afbeelding 3.1	Referentiewaarde piekgrondversnelling	$a_{g;ref}$	0.14	[g]
Verg (3.4)	Spectrale versnelling korte trillingsperiode	S_s	0.493	[g]
Verg (3.5)	Spectrale versnelling lange trillingsperiode	S_1	0.146	[g]
Verg (3.6)	Coeff. voor korte trillingsperioden	F_a	1.398	[-]
Verg (3.7)	Coeff. voor lange trillingsperioden	F_v	2.245	[-]
Verg (3.8)	Rekenwaarde spectrale versnelling korte trillingsperiode	S_{MS}	0.689	[g]
Verg (3.9)	Rekenwaarde spectrale versnelling lange trillingsperiode	S_{M1}	0.329	[g]
Verg (3.10)	Startmoment maximum versnelling	T_B	0.138	[s]
Verg (3.11)	Stopmoment maximum versnelling	T_C	0.691	[s]
IEC61400	Viskeuze dempingsverhouding	ξ	1	[%]
Verg (3.16)	Dempingscorrectiefactor	η	1.291	[-]

In afbeelding 3.1 is het resulterende horizontaal elastisch responspectrum weergegeven.

¹ Een responspectrum is een grafiek die de maximale respons weergeeft van een gebouw op de versnelling, snelheid en verplaatsing tegen tijd en frequentie.

Afbeelding 3.1 Horizontaal elastisch responsspectrum



3.2.3 Verticaal elastisch responsspectrum

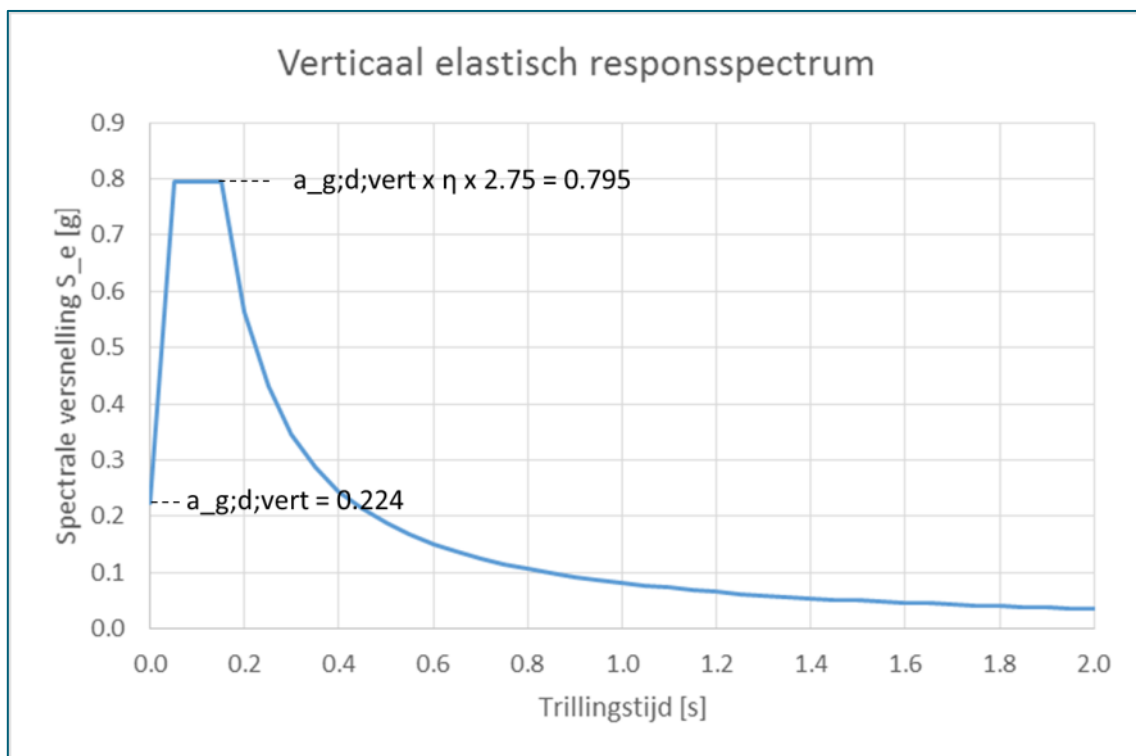
In paragraaf 3.2.2.2.2 van de praktijkrichtlijn [2] wordt de methode weergegeven om het verticaal elastisch responsspectrum te bepalen. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.2 Parameters voor verticaal elastisch responsspectrum

Bron uit NPR	Beschrijving	Grootheid	Waarde	Eenheid
Tabel 2.1	Dimensieloze factor afhankelijk van de gevolgklasse	K_{ag}	1.6	[-]
Afbeelding 3.1	Referentiewaarde piekgrondversnelling	$a_{g;ref}$	0.14	[g]
Verg (3.20)	Piekgrondversnelling in verticale richting	$a_{g;d;vert}$	0.224	[g]
Tabel 3.1	Startmoment maximum versnelling	T_B	0.05	[s]
Tabel 3.1	Stopmoment maximum versnelling	T_C	0.15	[s]
IEC61400	Viskeuze dempingsverhouding	ξ	1	[%]
Verg (3.16)	Dempingscorrectiefactor	η	1.291	[-]

In onderstaande afbeelding is het resulterende verticaal elastisch responsspectrum weergegeven.

Afbeelding 3.2 Verticaal elastisch responsspectrum



3.3 Ontwerpnorm voor windturbines in aardbevingsgebieden

Om in Nederland windturbines te mogen plaatsen moeten deze voldoen aan bepaalde veiligheidseisen. In Nederland zijn daarvoor de internationaal erkende normen uit de IEC 61400 reeks geldend. De ontwerpseisen waaraan windturbines moeten voldoen staan beschreven in IEC 61400-1, ref. [3].

Internationaal zijn praktisch alle commercieel verkrijgbare turbines gecertificeerd volgens deze norm. Dat geldt zeker in Nederland.

In het westelijk deel van het plangebied van Eemshaven-West is sprake van het plaatsen van prototype windturbines en onderzoeksturbines. Het kan zijn dat deze nog niet volledig gecertificeerd zijn, maar juist in het in het certificatieproces zitten. Daarbij mag worden aangenomen dat reeds een theoretische toetsing van het ontwerp heeft plaatsgevonden en dat de metingen ter bevestiging van het ontwerp gaande zijn.

In paragraaf 11.6 en in annex C van de genoemde ontwerpnorm IEC 61400-1 [3] wordt beschreven aan welke ontwerpbelastingen windturbines moeten voldoen als deze geplaatst worden in gebieden waar aardbevingen voorkomen. Hierbij wordt de volgende aanpak voorgeschreven:

Grondversnellingen en responsspectrum

Het bepalen van de grondversnellingen en het responsspectrum in overeenstemming met de lokale normen. Dit is voor de situatie ten westen van de Eemshaven beschreven in voorgaande paragraaf (3.2).

Herhalingsinterval

De grondversnellingen moeten worden bepaald voor een herhalingsstijd van 475 jaar. Dit komt overeen met de Nederlandse praktijkrichtlijn [2], zoals toegepast in voorgaande paragraaf (3.2).

Dynamisch model

De grondversnellingen moeten worden toegepast op een dynamisch model. Hierbij kan een vereenvoudigd eerste-orde model worden gebruikt, waarbij de turbine wordt beschreven als een omgekeerde pendulum.

Hierbij wordt de helft van de massa van de mast en de topmassa als puntmassa gemodelleerd bovenaan de mast. Voor een mast waarvan het onderste deel uit beton bestaat, wordt minder dan de helft van de massa meegenomen in de puntmassa.

Als demping moet de 1 % van de kritische demping worden aangenomen. Dit komt overeen met demping zoals toegepast in voorgaande paragraaf.

Belastingen

De resulterende belastingen ten gevolge van aardbevingen moeten worden opgeteld bij de operationele belastingen onder normale omstandigheden.

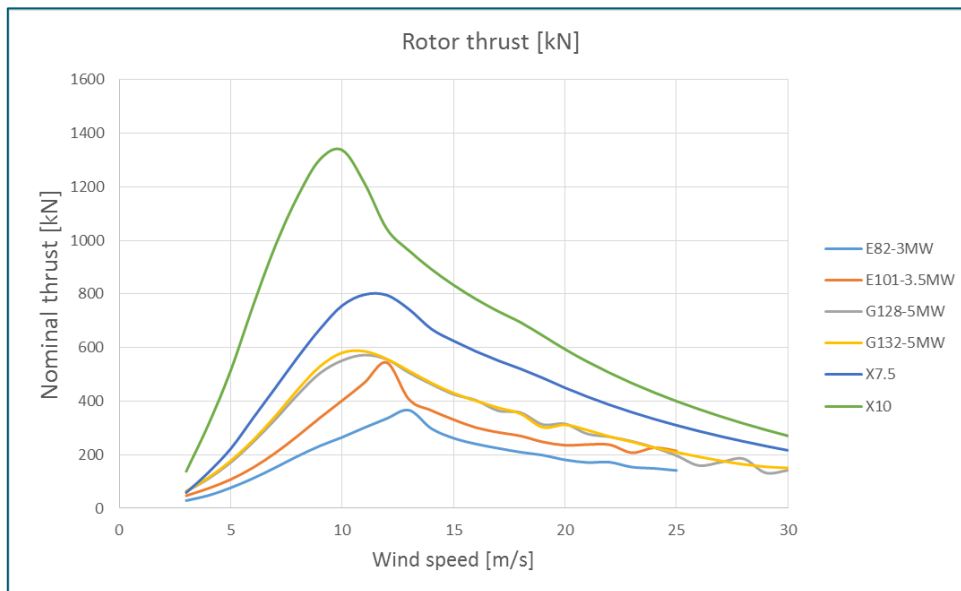
Voor deze berekening wordt een belastingsfactor voorgeschreven van 1.0. Dit is lager dan de belastingsfactor van 1.35 die moet worden toegepast voor zogenoemde normale belastingsgevallen. Zie hiervoor paragraaf 7.6.2.1 uit de IEC-norm [3].

3.4 Ontwerpbelastingen windturbines in horizontale richting

Windturbines zijn ontworpen om een forse winddruk in horizontale richting te kunnen weerstaan. In deze paragraaf wordt een inschatting gemaakt van deze horizontale belastingen. Dit dient als referentie om de belastingen ten gevolge van aardbevingen mee te vergelijken.

De horizontale belastingen worden gedomineerd door de winddruk. Deze winddruk neemt toe bij toenemende wind tot ongeveer bij de nominale windsnelheid, en neemt daarna weer af. De winddruk is bepaald voor de verschillende turbines uit dit rapport en weergegeven in afbeelding 3.3 en 3.4. Dit betreft de quasi-statische winddruk. De dynamische belastingen worden hier buiten beschouwing gelaten.

Afbeelding 3.3 Winddruk op de verschillende turbines als functie van de windsnelheid



Tijdens het ontwerpproces van de windturbines worden de belastingen vermenigvuldigd met een belastingsfactor. Voor normale belastingsgevallen is deze belastingsfactor gelijk aan 1.35, volgens de IEC 61400-1 norm, ref. [3]. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.3 Winddruk op de verschillende windturbines

	Maximale nominale winddruk	Maximale ontwerp winddruk
E82-3MW	366 kN	494 kN
E101-3.5MW	544 kN	735 kN
G128-5MW	572 kN	772 kN
G132-5MW	586 kN	791 kN
X7.5	798 kN	1077 kN
X10	1337 kN	1805 kN

3.5 Belastingen op windturbines ten gevolge van aardbevingen

Vanuit een dynamisch perspectief zijn windturbines lange slanke constructies, zowel de mast als de bladen. Dit leidt tot relatief lage frequenties en lange trillingstijden. In het algemeen zijn lange trillingstijden gunstig om de relatief snelle aardbevingen goed te kunnen doorstaan. Dit blijkt ook uit de responspectra zoals weergegeven in afbeelding 3.1 en 3.2. Hieronder worden de belastingen op de windturbines ten gevolge van aardbevingen nader uitgewerkt, in zowel de horizontale als de verticale richting.

3.5.1 Horizontale richting

De horizontale dynamische respons van een windturbine op een aardbeving wordt bepaald door de eerste eigenfrequentie van de turbine. De turbine beweegt daarbij als een omgekeerde pendulum.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. De massa's en eigenfrequenties van de onderliggende turbines zijn niet openbaar bekend. Daarom is gebruik gemaakt van schattingen op basis van vergelijkbare turbines. De versnellingsrespons wordt bepaald door de eigenfrequentie. Met de totale massa leidt dit tot de belasting ten gevolge van de aardbeving F_a [kN].

Tabel 3.4 Eigenschappen van verschillende windturbines in relatie tot horizontale belasting

		E82-3MW	E101-3.5MW	G128-5MW	G132-5MW	X7.5	X10
Vermogen	P	3 MW	3.5 MW	5 MW	5 MW	7.5 MW	10 MW
Diameter	D	82 m	101 m	128 m	132 m	150 m	230 m
Ashoogte	H	87 m	124.5 m	130 m	120 m	120 m	180 m
Rotordruk	Ft	366 kN	544 kN	572 kN	586 kN	798 kN	1337 kN
Frequentie	f	0,35 Hz	0,30 Hz	0,28 Hz	0,29 Hz	0,26 Hz	0,23 Hz
Trillingstijd	T	2,9 s	3,3 s	3,6 s	3,4 s	3,8 s	4,3 s
Topmassa	M _{top}	220 t	240 t	275 t	275 t	600 t	800 t
Deel torenmassa	M _{tor}	300 t	400 t	400 t	400 t	500 t	800 t
Totaal massa	M _{tot}	520 t	640 t	675 t	675 t	1100 t	1600 t
Horizontale versnellingsrespons	a _{hor}	0,052 g	0,038 g	0,033 g	0,036 g	0,029 g	0,023 g
Belasting ten gevolge van aardbeving	F _a	27 kN	24 kN	22 kN	24 kN	32 kN	36 kN
Fractie van rotordruk	F _a /F _t	7,4 %	4,5 %	3,9 %	4,1 %	4,0 %	2,7 %

		E82- 3MW	E101- 3.5MW	G128- 5MW	G132- 5MW	X7.5	X10
Totaal belasting	$F_t + F_a$	393 kN	568 kN	594 kN	610 kN	830 kN	1373 kN
Ontwerpbelasting	F_d	494 kN	735 kN	772 kN	791 kN	1077 kN	1805 kN
Fractie van ontwerpbelasting	$(F_t + F_a)/F_d$	79,6 %	77,3 %	76,9 %	77,1 %	77,1 %	76,1 %

Uit de tabel blijkt dat de belasting ten gevolge van de aardbevingen relatief klein is (maximaal 7.4 %) in vergelijking met de rotordruk bij nominale wind. Bij elkaar opgeteld is dit nog steeds minder (maximaal 79.6 %) dan de belasting waarvoor de turbine ten minste is ontworpen.

Hieruit blijkt dat voor de deze turbines in dit gebied, de extra belasting in horizontale richting ten gevolge van aardbevingen ruim binnen de ontwerpbelastingen valt.

3.5.2 Verticale richting

Voor de verticale dynamische respons van een windturbine is het gedrag van de bladen van belang. Tijdens een eventuele aardbeving hangen altijd een of twee van de bladen (vrijwel) horizontaal. Dat betekent dat naast het gewicht van het blad ook een verticale belasting ten gevolge van aardbeving erbij komt.

De verticale dynamische versnellingsrespons wordt bepaald door de eerste eigenfrequentie in van het blad. Om dynamische redenen is een reële schatting hiervoor 4,5 maal het nominale toerental van de turbine. Het toerental wordt geschat op basis van een tipsnelheid van 80 m/s. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.5 Eigenschappen van verschillende windturbines in relatie tot verticale belasting

		E82- 3MW	E101- 3.5MW	G128- 5MW	G132- 5MW	X7.5	X10
Vermogen	P	3 MW	3.5 MW	5 MW	5 MW	7.5 MW	10 MW
Diameter	D	82 m	101 m	128 m	132 m	150 m	230 m
Toerental	Ω	18,6 rpm	15,1 rpm	11,9 rpm	11,6 rpm	10,2 rpm	6,6 rpm
Bladfrequentie	f	1,4 Hz	1,1 Hz	0,9 Hz	0,9 Hz	0,8 Hz	0,5 Hz
Trillingstijd	T	0,7 s	0,9 s	1,1 s	1,2 s	1,3 s	2,0 s
Verticale versnellingsrespons	a_{vert}	0,122 g	0,095 g	0,071 g	0,069 g	0,059 g	0,035 g

Uit de tabel blijkt dat de belasting ten gevolge van de aardbevingen relatief klein is (maximaal 12.2 %) in vergelijking met de gewone zwaartekracht. Voor bladen is dit slechts een kleine rimpel op de gewone wisselende belasting die ze iedere omwenteling ervaren.

3.6 Verweking van de ondergrond

Tijdens aardbevingen kan verweking van de ondergrond ontstaan waardoor de draagkracht verloren gaat. Dit zou kunnen leiden tot scheefzakken of zelfs omvallen van de windturbine. In deze paragraaf wordt hier nader op ingegaan. De theorie en de vergelijkingen die hieronder worden vermeld zijn overgenomen uit bijlage D van de Nederlandse Praktijkrichtlijn [2].

Uitgangspunt is de berekening van de veiligheidsfactor γ_L tegen verweking, zoals weergegeven in vergelijking D.1 van [2]:

$$\gamma_L = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \times MSF \times K_\sigma \times K_\alpha$$

waarin:

- γ_L is de veiligheid tegen verweking;
- $CRR_{7,5}$ is de Cyclic Resistance Ratio bij een aardbeving met magnitude 7,5;
- CSR is de Cyclic Stress Ratio;
- MSF is de Magnitude Scaling Factor;
- K_σ is de correctiefactor voor de isotrope spanningstoestand;
- K_α is de correctiefactor voor de schuifspanning onder statische belasting.

Hieronder worden de deelonderwerpen uit deze vergelijking besproken en uitgewerkt. Om de berekeningen te vereenvoudigen worden conservatieve benaderingen gebruikt.

Cyclic Resistance Ratio bij een aardbeving met magnitude $M_w = 7,5$.

De $CRR_{7,5}$ heeft een empirische relatie met de genormaliseerde conusweerstand $q_{c;1;N}$, en wordt weergegeven in vergelijking D.8.

De conusweerstand is afhankelijk van de grondsoort. Voor slappe klei is deze tussen de 0 en 2 MPa. Voor stevige klei kan deze oplopen tot 8 MPa. Voor zand is de conusweerstand in de regel groter dan 5 MPa. Als conservatieve aanname wordt hier uitgegaan van de minimale waarde van de conusweerstand van 1 MPa.

De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3.6 Invoerparameters voor verweking

Bron uit NPR	Beschrijving	Grootheid	Waarde	Eenheid
Verg (D.11)	Atmosferische druk	P_a	100	[kPa]
-	Conusweerstand (conservatieve ondergrens)	$q_{c;1}$	1.000	[kPa]
Verg (D.11)	Genormaliseerde conusweerstand (conservatieve ondergrens)	$q_{c;1;N}$	10	[-]
Verg (D.8)	Cyclic Resistance Ratio bij $M=7,5$	$CRR_{7,5}$	0.052	[-]

Cyclic Stress Ratio

De vergelijking voor de CSR wordt weergegeven in vergelijking D.7. Hieruit blijkt dat de CSR wordt bepaald door de diepte, de verticale spanningen en de piekgrondversnelling.

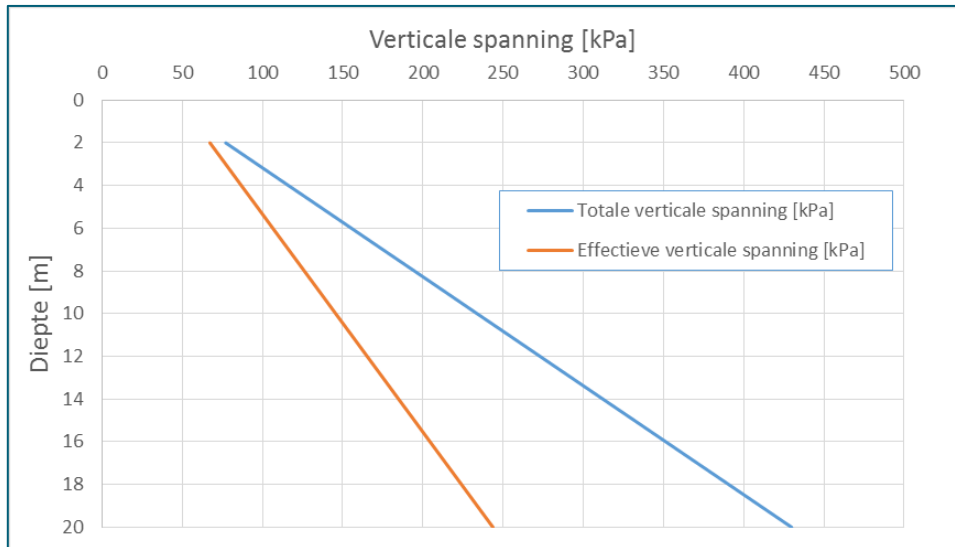
Zoals eerder is weergegeven wordt voor de piekgrondversnelling aangenomen $a_{g;ref} = 0.14$ [g].

Voor de verticale spanningen onder de turbine speelt het gewicht van de turbine inclusief fundering een rol. De fundering van een windturbine bestaat veelal uit een ronde schijf van zwaar bewapend beton, met palen rondom. Dit geeft een externe druk op de ondergrond. Een realistische waarde voor deze externe druk is 77kPa, gebaseerd op een totale massa van 2.000 ton en een funderingsdiameter van 18 m. De onderkant van de fundering wordt 2 m onder het maaiveld verondersteld.

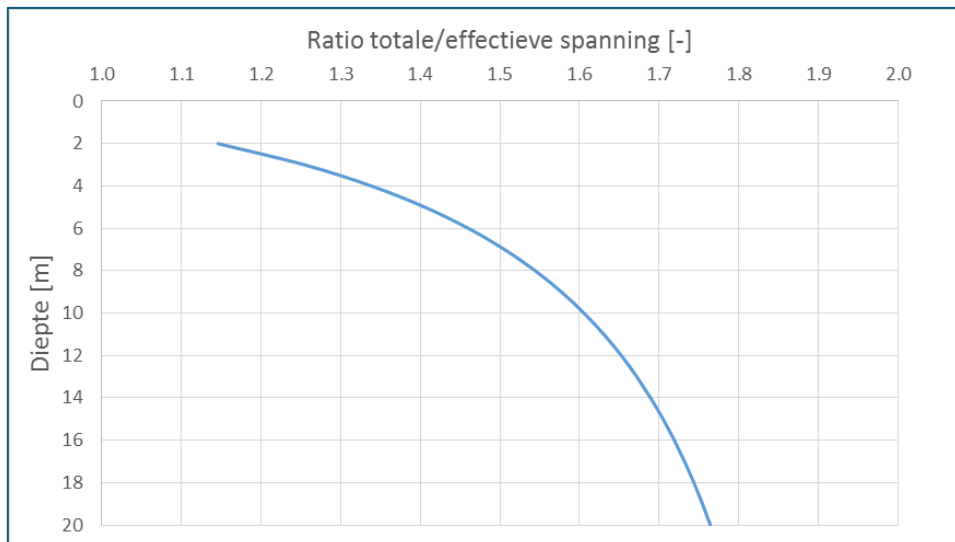
De effectieve verticale spanning is de totaalspanning minus de waterdruk. De waterdruk wordt bepaald door de stand van het grondwater. Hiervoor wordt 1 meter onder het maaiveld aangenomen.

De resulterende totale verticale druk en de effectieve verticale druk zijn weergegeven in afbeelding 3.4. De ratio tussen deze is weergegeven in afbeelding 3.5.

Afbeelding 3.4 Totale verticale en effectieve verticale spanning onder de windturbine

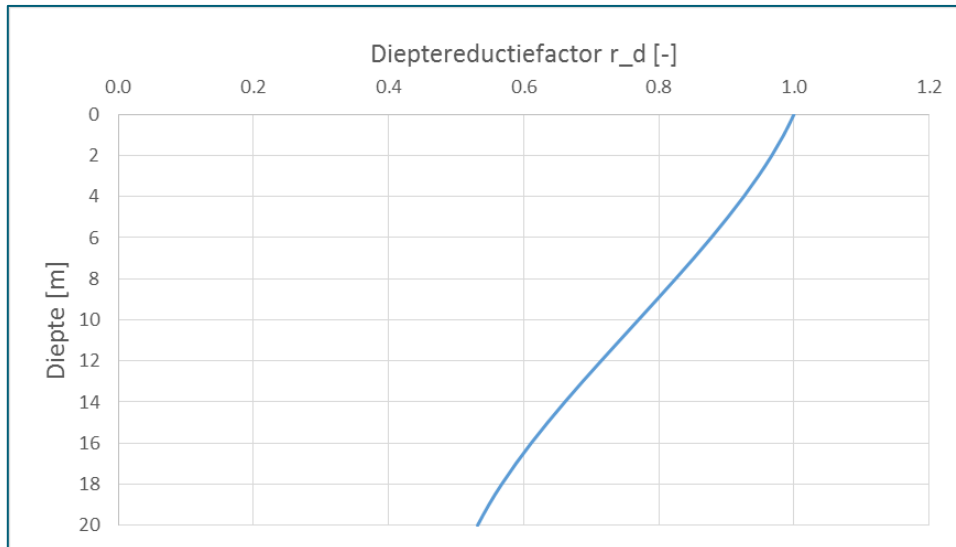


Afbeelding 3.5 Ratio van de totale verticale en effectieve verticale spanning onder de windturbine



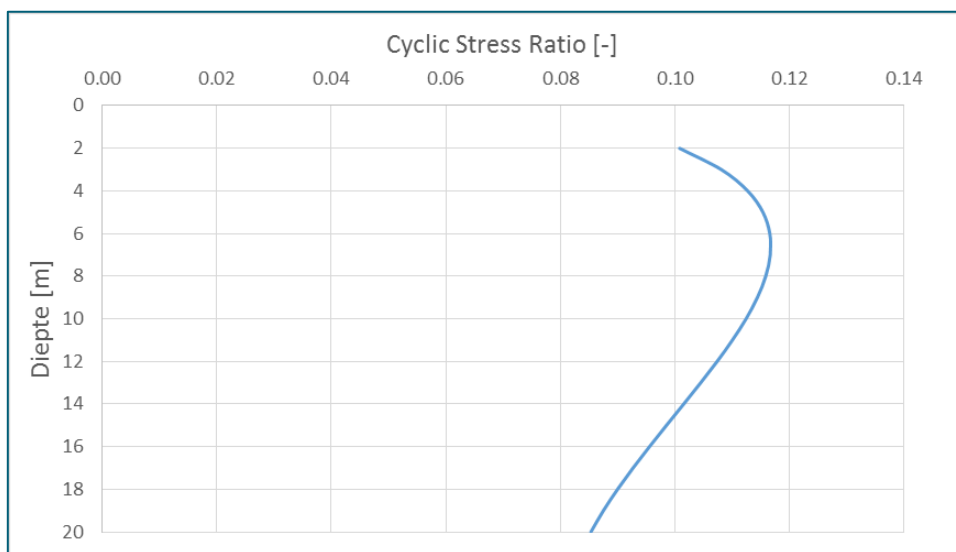
De dieptereductiefactor is weergegeven in afbeelding D.4 van de NPR [2] en herhaald in onderstaande afbeelding.

Afbeelding 3.6 Dieptereductiefactor r_d [-]



De resulterende Cyclic Stress Ratio is weergegeven in afbeelding 3.7.

Afbeelding 3.7 Cyclic Stress Ratio CSR [-]



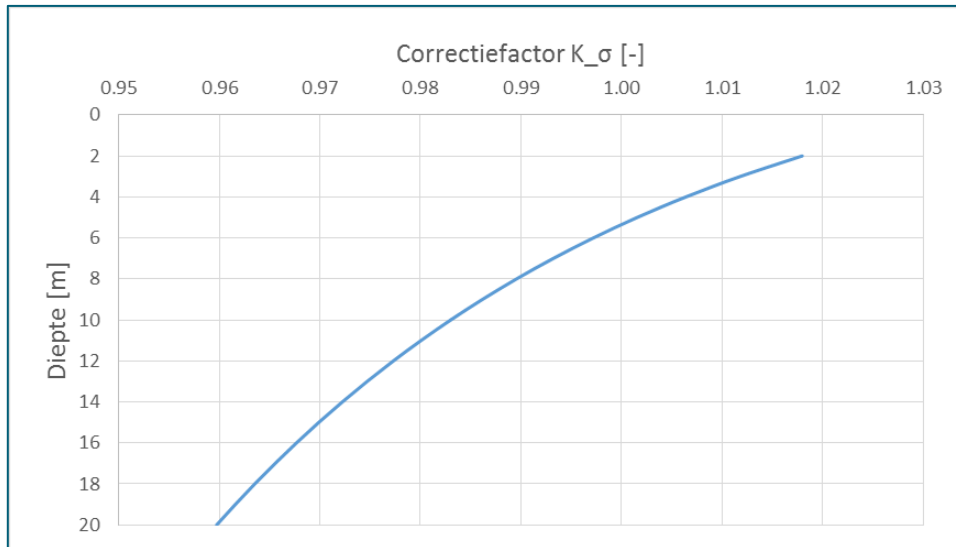
Magnitude Scaling Factor

Voor de Magnitude Scaling Factor wordt $MSF=1.8$ verondersteld, in overeenstemming met paragraaf D.7 uit de NPR [2].

Correctiefactor voor isotrope spanningstoestand

Een gering effect wordt gegeven door de correctiefactor voor de isotrope spanningstoestand, zoals beschreven in paragraaf D.8 van de NPR [2]. De resulterende factor is weergegeven in afbeelding 3.8.

Afbeelding 3.8 Correctiefactor voor de isotrope spanningstoestand K_σ [-]



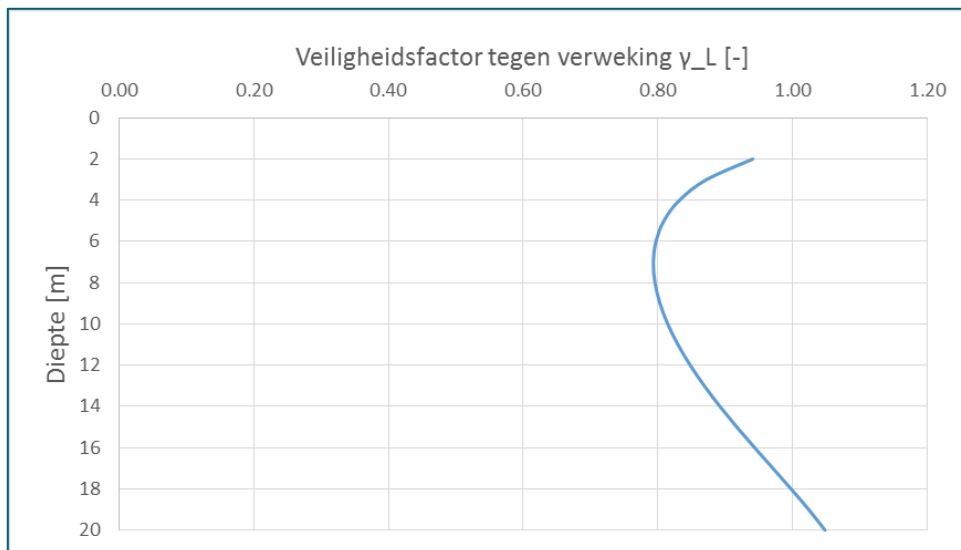
Correctiefactor voor de schuifspanning onder statische spanning

Voor deze factor wordt $K_\alpha=1.0$ verondersteld, in overeenstemming met paragraaf D.9 uit de NPR [2].

Resultaat voor de veiligheidsfactor tegen verweking

De voorgaande onderdelen leiden samen tot de veiligheidsfactor tegen verweking γ_L . Dit resulteert in een waarde rond de 0,8 tot 1,0, zoals weergegeven in afbeelding 3.9.

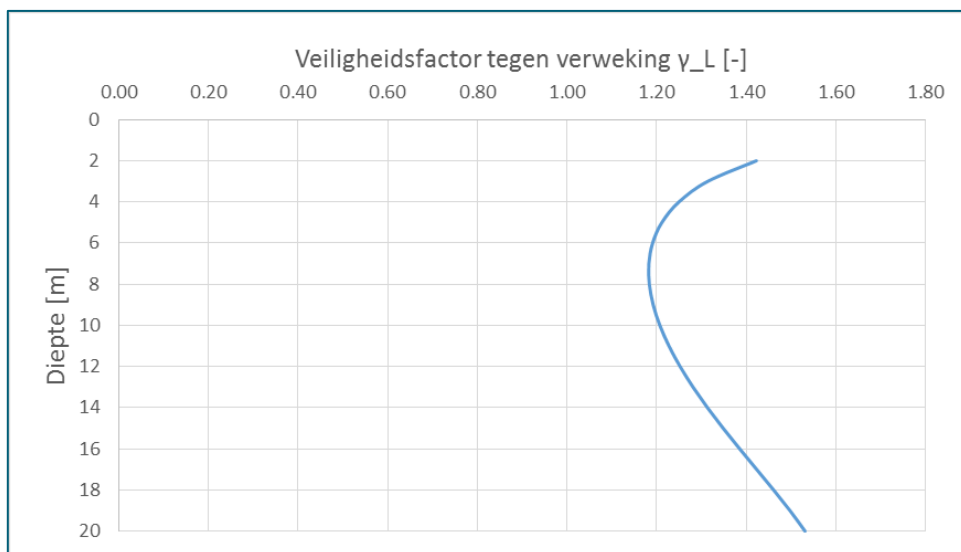
Afbeelding 3.9 Veiligheidsfactor tegen verweking γ_L [-]



De veiligheidsfactor tegen verweking is nadrukkelijk lager dan de gewenste waarde 2.

Hierbij moet worden aangetekend dat de berekening hierboven is gebaseerd op conservatieve waarden. Dat geldt met name voor de conusweerstand: een hogere waarde heeft positieve invloed op het resultaat. Een hogere waarde die nog steeds realistisch is, is een conusweerstand van 5 MPa. De veiligheidsfactor neemt dan toe, zoals weergegeven in afbeelding 3.10. De veiligheidsfactor is nu toegenomen tot boven de 1, maar nog niet boven de gewenste waarde 2.

Afbeelding 3.10 Veiligheidsfactor tegen verweking γ_L [-], bij een hogere waarde voor de conusweerstand van 5 MPa



3.7 Bespreking en conclusies

Seismische belastingen

Vanuit een dynamisch perspectief zijn windturbines lange slanke constructies, dit geldt voor zowel de mast als de bladen. Dit leidt tot relatief lage frequenties en lange trillingstijden, onder normale omstandigheden (zonder aardbevingen). De lange trillingstijden zijn gunstig om de relatief snelle trillingen als gevolg van aardbevingen, met hogere trillingsfrequenties dan die van windturbines, goed te kunnen doorstaan. Deze conclusie is geldig voor alle alternatieven en varianten, en de alternatieven en varianten onderscheiden zich hier niet op.

Verweking van de ondergrond

Tijdens aardbevingen zou verweking van de ondergrond kunnen ontstaan, waardoor de draagkracht van de ondergrond verloren gaat. Dit zou kunnen leiden tot scheefzakken of zelfs omvallen van de windturbine. In de 'Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 9998' (NEN, 2015), staat een formule voor de berekening van een veiligheidsfactor tegen verweking en staat een gewenste waarde, als uitkomst van die formule, de waarde 2. Uit het onderzoek blijkt dat in de onderzochte situatie de veiligheidsfactor tegen verweking rond de 1 is, en daarmee voldoet de veiligheidsfactor niet aan de vereiste waarde. Dit betekent dat er mitigerende maatregelen tegen verweking nodig kunnen zijn, zoals:

- ontwerp van de fundering dat bestand is tegen een mate van verweking;
- ontlastbronnen (zie paragraaf 11.2.3);
- grondverbetering, zoals:
 - verdichting van de ondergrond;
 - vervanging van verweekbare grond door bijvoorbeeld grind.

In het onderzoek zijn conservatieve uitgangspunten gehanteerd. Voorafgaand aan de plaatsing van de windturbines dient een nauwkeuriger verwerkingsanalyse te worden uitgevoerd.

De conclusie inzake verweking geldt voor alle alternatieven en varianten, de alternatieven en varianten onderscheiden zich hier niet op.

Een aandachtspunt in de verwerkingsanalyse is het mogelijk voorkomen van wadzand afzettingen (zie opmerking 3 in Bijlage D van de NPR richtlijn [2]. Wadzand is zand met een bepaald percentage aan fijne grondfractie. De correctiefactor die volgens de internationale praktijk moet worden toegepast is wellicht niet geschikt voor dit type afzetting. De NPR geeft aan dat voor het beoordelen van de verwerkingsgevoeligheid een ter zake deskundige dient te worden geraadpleegd.

4

AANSLUITING OP HET NET

4.1 Inleiding

De opkomst van nieuwe duurzame energiebronnen heeft een impact op de gehele elektrische infrastructuur: op laagspanningsniveau ten gevolge van de opkomst van zonne-energie; op middenspanningsniveau ten gevolge van de opkomst van windenergie op land en op hoogspanningsniveau ten gevolge van de opkomst van grootschalige windenergie vanaf de Noordzee.

De elektrische infrastructuur die nodig is voor het aansluiten van de windturbines op het elektriciteitsnetwerk brengt kosten met zich mee. Een deel van die kosten wordt gedragen door de projectontwikkelaar van het windpark (projectkosten) en een deel van die kosten komt voor rekening van de regionale en/of landelijke netbeheerder (maatschappelijke kosten), om de inpassing en verdere uitrol van wind op land mogelijk te maken. In dit hoofdstuk wordt onderzocht of de vastgestelde varianten onderscheidend zijn op deze beide kostenposten.

4.2 Aansluiting van windturbines op het net

In het algemeen geldt voor de aansluiting en bedrijfsvoering van energie productie-eenheden de Nederlandse Net- en Systeemcode. Deze regelingen bevatten de voorwaarden met betrekking tot de wijze waarop netbeheerders en afnemers zich gedragen ten aanzien van het in werking hebben van de netten, het voorzien van een aansluiting op het net en het uitvoeren van het transport van elektriciteit over het net.

Om enig inzicht te krijgen in de kosten voor aansluiting op het net wordt hier slechts gekeken naar de algemeen gangbare aansluitwijze van windturbines op het elektriciteitsnetwerk en de eventuele aanpassingen die genomen moeten worden om de capaciteit van de achterliggende netten aan te passen aan de toegenomen elektriciteitsproductie. Er wordt niet gekeken naar de periodieke transportkosten van de opgewekte elektriciteit.

De elektrische infrastructuur omvat de kabels voor het transport van de elektriciteit en bouwwerken voor correcte aansluiting op het bestaande elektriciteitsnetwerk. Onder de bekabeling vallen ook kabels (veelal glasvezel) voor aansluiting van de windturbines op het internet ten behoeve van het uitwisselen van informatie. Voor correcte inpassing in het elektriciteitsnetwerk zijn voor het aansluitpunt op het hoogspanningsnet een transformatorstation en schakelstations benodigd. In het algemeen worden windturbines aangesloten op het zogenaamd middenspanningsniveau (1 tot 20 kV), middels een midden-spanningskabel. Bij grote windparken kan ook direct aangesloten worden op het hoogspanningsniveau, bijvoorbeeld in het geval van windpark Noordoostpolder (110kV).

Afbeelding 4.1 geeft schematisch de algemene aansluitwijze van turbines weer, die hieronder beschreven wordt.

Een of meerdere turbines worden via een inkoopstation aangesloten op het elektriciteitsnet. In het inkoopstation zitten:

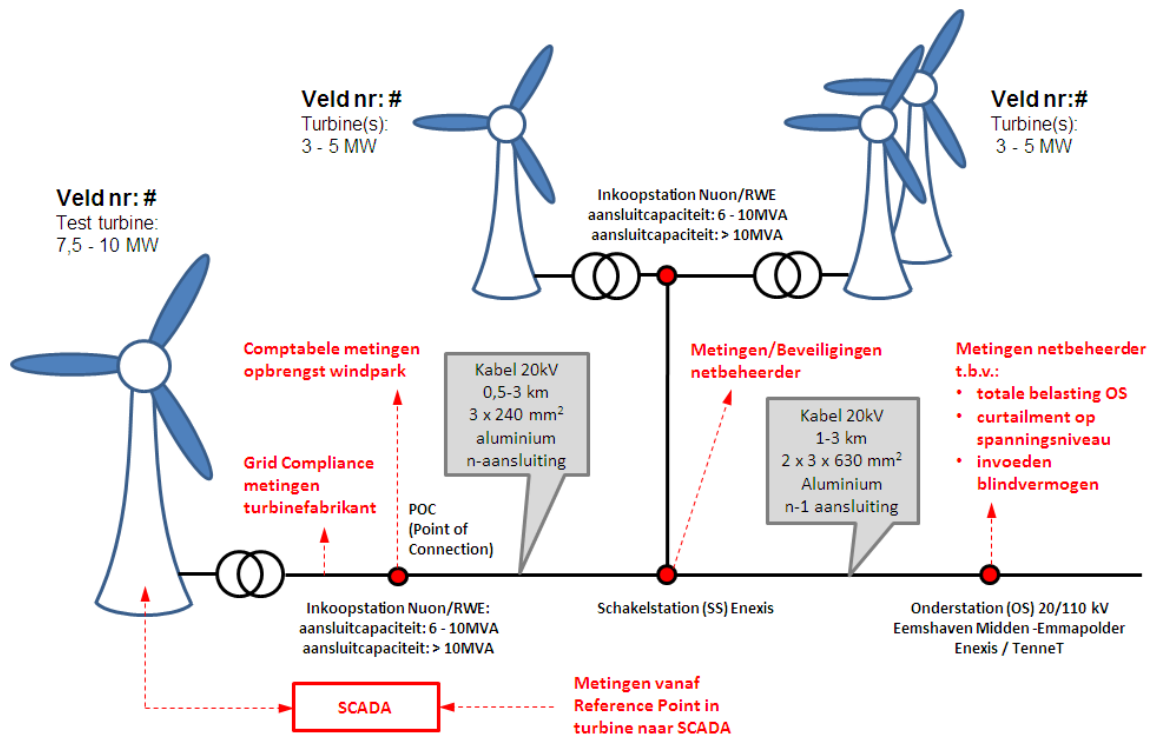
- het overdrachtpunt - voor beveiliging en een eventuele scheidingsmogelijkheid;
- de meetinrichting - daarmee vindt de meting plaats van de geleverde en opgenomen elektriciteit.

Het (gezamenlijke) nominale vermogen van de turbine(s) bepaalt de benodigde aansluitcapaciteit van het inkoopstation. De regionale netbeheerder hanteert verschillende typen aansluitingen tegen verschillende tarieven^{1,2}. De aansluitcapaciteiten die Enexis hanteert voor grootverbruikers, en die eventueel in aanmerking komen voor het aansluiten van de windturbines in Eemshaven West zijn bijvoorbeeld:

- 1.750 kVA tot en met 6 MVA;
- > 6 MVA tot en met 10 MVA;
- > 10 MVA.

Afhankelijk van de gehanteerde tarieven kan het kostenefficiënt zijn meerdere turbines op een inkoopstation aan te sluiten, bijvoorbeeld 3 x 3MW turbines op een 6 MVA tot en met 10 MVA inkoopstation.

Afbeelding 4.1 Generieke netaansluiting turbines windpark Eemshaven West



Vanaf het inkoopstation ligt een middenspanningskabel naar het dichtstbijzijnde punt in het net met een voor die aansluiting behorend spanningsniveau. In het Eemshaven West gebied is dit naar verwachting 20kV. Bij aansluiting van meerdere windturbines is dit punt in veel gevallen een schakelstation/verdeelstation. De kosten voor het leggen van deze kabel zijn voor de aangeslotene (klant). Vanaf het schakelstation ligt vervolgens een middenspanningskabel naar het dichtstbijzijnde onderstation, waar middels transformatoren de 110kV-verbinding gemaakt wordt met het hoogspanningsvlak.

¹ <https://www.enexis.nl/Documents/tarieven/Tarieven elektriciteit voor zakelijk grootverbruik vanaf 01-01-2016.pdf>.

² <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/14973/Tarievenbesluit-Enexis-BV-Elektriciteit-2016/>.

Afhankelijk van het belang van de verbinding, kan deze enkel of dubbel (N-1 redundantie¹) uitgevoerd zijn. Mocht op grond van onvoldoende capaciteit een netverzwaring naar het onderstation nodig blijken, dan komen deze kosten over het algemeen ten laste van de netbeheerder.

4.3 Capaciteit van het bestaande net

In de Elektriciteitswet wordt voorgeschreven dat een netbeheerder elke twee jaar een 'Kwaliteits- en Capaciteitsdocument' (KCD) moet indienen bij de Autoriteit Consument en Markt (ACM). Middels dit KCD legt de netbeheerder verantwoording af over de wijze waarop de kwaliteit van de transportdienst wordt gewaarborgd, en de wijze waarop zij ervoor zorgt dat niet alleen nu, maar ook in de toekomst voldoende transportcapaciteit voorhanden is. Voor het inschatten van de toekomstige capaciteitsbehoefte is het van belang om vooruit te kijken naar een aantal relevante algemene ontwikkelingen en trends, zoals de verwachte toename van het elektriciteitsverbruik, ontwikkelingen elektrisch vervoer, toename zonnepanelen, en met name ook de groei van wind op land.

Naast de beschreven algemene ontwikkelingen gebruiken de netbeheerders ook meetgegevens uit de netten en regionale informatie om te komen tot prognoses van belasting en opwekking in hun netten. Deze gegevens worden gecombineerd tot een raming van de transportcapaciteit en vervolgens worden de capaciteitsknelpunten in het net bepaald.

Veel van de onderkende capaciteitsknelpunten zijn gerelateerd aan de geplande/verwachte ontwikkeling van windparken op basis van het Energieakkoord. Gezien de omvang van deze opgave en de knelpunten die in de praktijk soms blijken op te treden bij het realiseren van windparken bestaat er risico op een vertraagde of een kosteninefficiënte uitvoering van deze plannen. Om dit te voorkomen geven de netbeheerders in een vroeg stadium inzicht in de benodigde netaanpassingen en de doorlooptijd daarvan. Om de doorlooptijd van de netaansluiting van windparken te versnellen, wordt er onder regie van de netbeheerders in een vroegtijdig stadium met de provincie en de windprojectontwikkelaars intensief samengewerkt aan de keuzes voor netinpassing.

De distributietransformatoren in Groningen en Drenthe van TenneT's 110 kV hoogspanningsnetwerk naar 10 kV of 20 kV zijn in beheer van de regionale netbeheerder Enexis. De Kwaliteits en Capaciteits (KCD) documentatie van Enexis en landelijk netbeheerder TenneT beschrijft de verwachte knelpunten en plannen in het Eemshaven gebied.

De doelstelling voor de provincie Groningen is om in 2020 een totaal windvermogen van 855,5 MW op land te hebben. Voor het gebied rondom de Eemshaven wordt verwacht dat het windvermogen de komende jaren 150 tot 250 MW toe zal nemen. De voorziene grootschalige windparken in Groningen en Drenthe zullen in samenspraak tussen TenneT en Enexis op de middenspanningsnetten dan wel op het 110kV-net worden aangesloten. Volgens de KCD documentatie zullen de uitbreidingen van de windparken in het Eemshaven gebied op het middenspanningsniveau (20kV) worden aangesloten.

In het Kwaliteits- en capaciteitsdocument Elektriciteit 2016-2025 van Enexis [4] staat verder aangegeven dat er zich in de periode 2016-2025 mogelijk een aantal capaciteitsknelpunten voordoen in het Eemshavengebied, zie tabel 4.1.

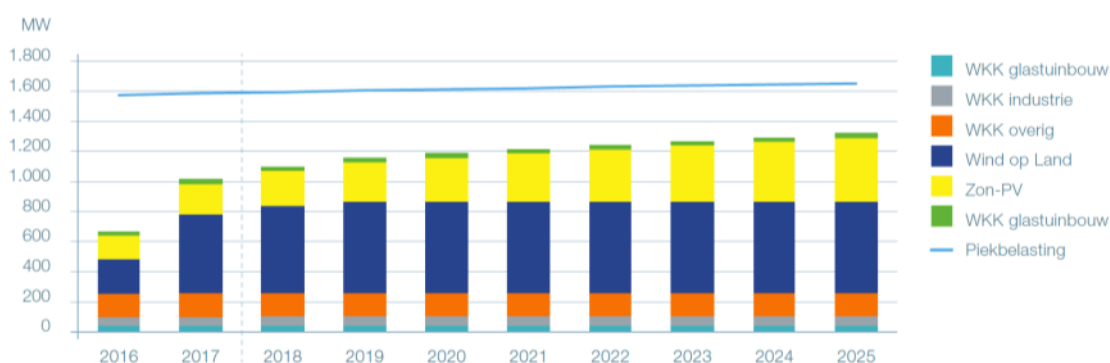
¹ N-1 redundantie is de gebruikelijke vorm van aansluiten in elektriciteitsnetten. N-1 redundantie maakt gebruik van twee circuits, waarbij geldt dat één circuit in principe voldoende is voor de volle loadflow. Wanneer één circuit niet gebruikt kan worden (ten gevolge van fouten of storingen) kan het andere circuit nog steeds alle vermogen verplaatsen.

Tabel 4.1 Capaciteitsknelpunten en maatregelen Enexis

Locatie/station	Jaar van optreden / oplossen	Spannings-niveau	Omschrijving knelpunt	Maatregel
Eemshaven Oost Blok C	2016	20 kV	Onvoldoende MS velden bij prognose 'opwekking max' en 'belasting'	MS installatie plaatsen
Eemshaven Midden	2019	20 kV	Onvoldoende capaciteit MS installatie en transformator bij prognose 'opwekking max'	Nieuw HS/MS-station

In overeenstemming met Enexis, voorziet TenneT TSO, in hun Kwaliteits- en Capaciteitsdocument Deel II: Investeringsplan 2016 [5], een sterke toename van decentrale opwekking (DCO) in hun 110kV net in Groningen en Drenthe, zie afbeelding 4.2.

Afbeelding 4.2 Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 110kV-net in Groningen en Drenthe



Om de voorziene groei van windenergie in de Eemshaven te faciliteren heeft Enexis bij TenneT aangegeven in 2019 een nieuw 110/20kV onderstation (Eemshaven Midden) in bedrijf te willen nemen. Deze netkoppeling is opgenomen in het KCD document van TenneT, zie afbeelding 4.3.

Afbeelding 4.3 Door TenneT verwachte 110/20kV koppelingen in Groningen en Drenthe

Wijzigingen in aankoppelingen met lager spanningsniveau in Groningen en Drenthe			
Locatie	Spannings-niveau	Maatregel	Gepland jaar in bedrijf
Gasselte	20 kV	Koppeling van 1 nieuwe transformator (110/20 kV)	2018
Stadskanaal	20 kV	Koppeling van 1 nieuwe transformator (110/20 kV)	2018
Klazienaveen Zwet	20 kV	Koppeling van 1 nieuwe transformator (110/20 kV)	2019
Eemshaven Midden (toekomstig*)	20 kV	Koppeling van 3 nieuwe transformatoren (110/20 kV)	2019

* Eemshaven Midden is een mogelijk nieuw te realiseren station, onder andere ten behoeve van Wind op Land.

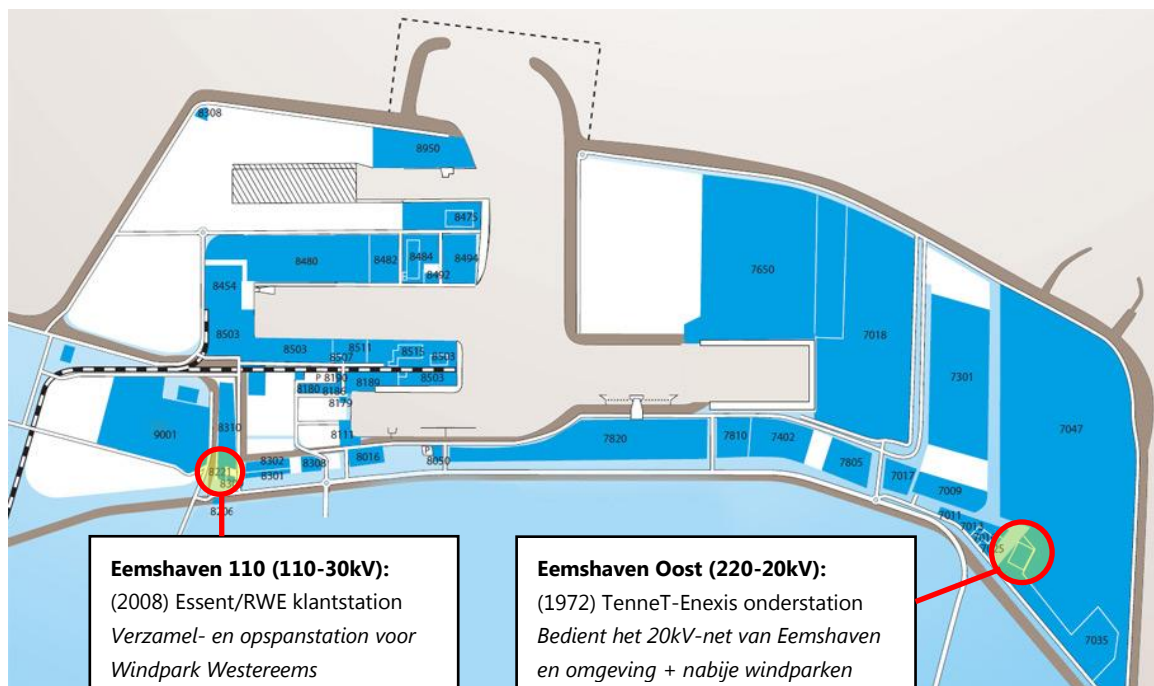
4.4 Afstand tot netaansluiting en kosten

Bepalend voor de kosten van netaansluiting voor de projectontwikkelaar zijn in het algemeen de kabel tracé meerlengte kosten van het inkoopstation tot het dichtstbijzijnde aansluitpunt in het net. Volgens de Electriciteitswet¹ heeft iedere afnemer recht heeft te worden aangesloten op het dichtstbijzijnde punt in het net met een bij zijn aansluiting behorend spanningsniveau, met dien verstande dat een afnemer die een aansluiting op het net wenst met een aansluitwaarde groter dan 10 MVA, wordt aangesloten op het dichtstbijzijnde punt in het net waar voldoende netcapaciteit beschikbaar is.

Op dit moment zijn er twee netaansluitpunten in gebruik voor de windparken in- en rondom de Eemshaven; te weten: klantstation Eemshaven 110 aan de Westereemsweg en onderstation Eemshaven Oost aan de Robbenplaatweg, zie de onderstaande afbeelding 4.4. Klantstation Eemshaven 110 is in eigendom van Essent/RWE en is specifiek voor windpark Westereems in 2008 aangelegd vanwege congestieproblemen op het 220- en 380 kV-net in de Eemshaven. Dit station is aangesloten op het 110-10 kV trafostation Winsum Ranum (uit 1971) middels een 28 km lange commerciële 110 kV grondkabel, die ook geheel in eigendom van Essent/RWE is. Onderstation Eemshaven Oost is in 2016 door Enexis uitgebreid met een additionele MS installatie om het bestaande knelpunt van onvoldoende beschikbare MS velden voor de voorziene 'opwek' en 'belasting' in het lokale 20kV net op te lossen².

Het feit dat Enexis en TenneT in 2019 een nieuw MS/HS onderstation (Eemshaven Midden) willen plaatsen, duidt erop dat beide hierboven beschreven netaansluitingen onvoldoende capaciteit hebben voor aansluiting van de geplande windparken. De aanname is dat voor alle onderzochte varianten de netaansluiting zal plaatsvinden op het nieuwe onderstation Eemshaven Midden.

Afbeelding 4.4 Locatie klantstation Essent/RWE en onderstation TenneT-Enexis in de Eemshaven

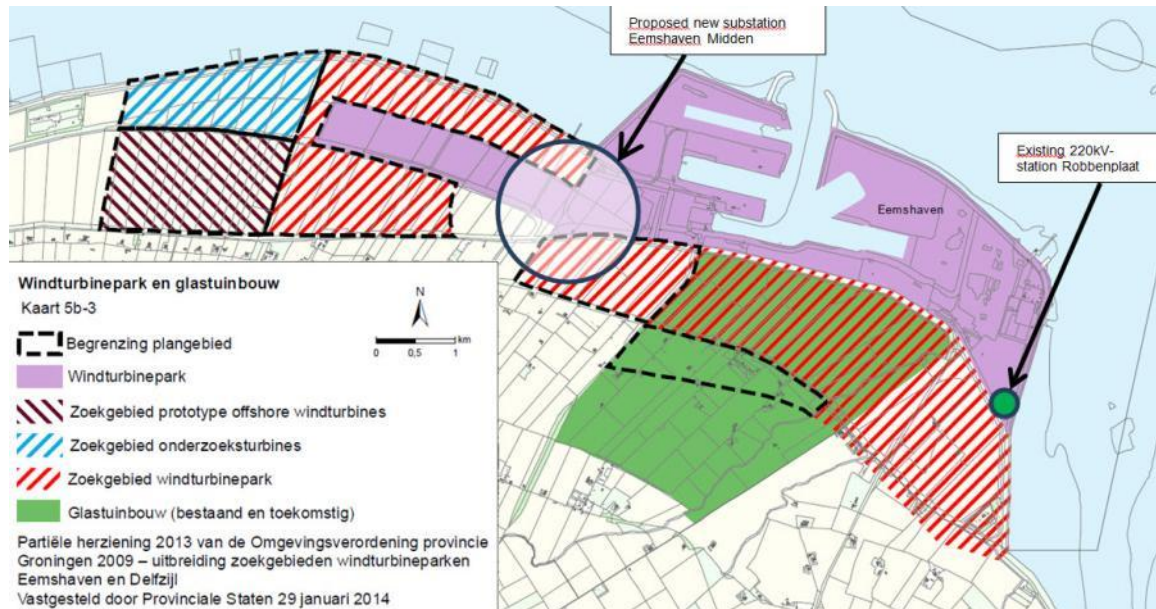


¹ Artikel 27, lid 2, sub d van de E-wet.

² Enexis Kwaliteits- en capaciteitsdocument Elektriciteit 2016-2025.

Het door Enexis in 2019 geplande nieuwe 110/20kV onderstation (Eemshaven Midden) lijkt een gunstige positie te krijgen, dichtbij de onderzochte windparkuitbreidingen, zie afbeelding 4.5. Het lijkt aannemelijk dat de drie transformatoren, tenminste een capaciteit van 50 MVA per stuk zullen hebben om de voorziene windparkuitbreiding in zijn geheel te kunnen inpassen op dit nieuwe onderstation.

Afbeelding 4.5 Locatievoorstel nieuw onderstation Eemshaven Midden



Onder de aanname dat het nieuwe onderstation Eemshaven Midden de dichtstbijzijnde netaansluiting zal vormen, samen met een schatting van de gemiddelde afstand tot de turbines is er ook een schatting te maken van de gemiddelde aansluitkosten. Er zijn grofweg drie aansluitopties in de diverse windparkvarianten:

- 1 veld van 3 x 3MW productieturbines op een 6 MVA tot en met 10 MVA aansluiting, 3 km van het onderstation;
- 2 veld van 2 x 5MW productieturbines op een 6 MVA tot en met 10 MVA aansluiting, 3 km van het onderstation;
- 3 een enkele 7,5 of 10 MW testturbine op een 6 MVA tot en met 10 MVA aansluiting, 5 km van het onderstation.

De kostenschatting voor een netaansluiting >10MVA is niet meegenomen omdat de netbeheerder deze als maatwerk beschouwt.

Op basis van de aansluittarieven van Enexis (voor 2016) komen de kosten voor de initiële aansluiting in het geval 1 en 2 op EUR 252.920,00 voor een nieuwe aansluiting type 6 MVA tot en met 10 MVA en EUR 426.615,00 voor de meerlengte van het kabel tracé naar het aansluitpunt (gemiddeld 3 km). Totale aansluitkosten voor optie 1 en 2 zijn daarmee ongeveer EUR 680.000,00. De aansluitkosten voor de productieturbines komen daarmee uit op ongeveer EUR 70 tot 75 duizend per MegaWatt.

Voor aansluitoptie 3 zijn de kosten voor de initiële aansluiting type 6 MVA tot en met 10 MVA EUR 252.920,00 en de kosten voor de meerlengte van het kabel tracé naar het aansluitpunt (gemiddeld 5 km) EUR 713.415,00. Totale aansluitkosten voor optie 3 zijn daarmee ongeveer EUR 966.000,00. De aansluitkosten voor de test- en onderzoeksturbines komen daarmee uit op ongeveer EUR 95 tot 130 duizend per MegaWatt.

De genoemde kosten geven een indicatie van de kosten voor de klant. Het definitief ontwerp van de netaansluiting vindt plaats in overleg met de netbeheerder. De netbeheerders hebben ook enige flexibiliteit om maatwerkoplossingen te maken. In de huidige fase zijn de verschillen tussen de varianten niet onderscheidend.

4.5 Bespreking en conclusies

Op basis van de beschikbare kwaliteits- en capaciteitsdocumentatie blijkt dat de regionale netbeheerder Enexis en landelijk netbeheerder TenneT met elkaar in overeenstemming zijn over de noodzakelijke uitbreiding van de netcapaciteit om de groei van windenergie in het Eemshaven gebied te faciliteren. De uitbreidingen zijn opgenomen in de investeringsplannen en daarmee lijken de netbeheerders tijdig en goed in te spelen op de voorziene groei van wind, waarmee de Eemshaven een sterke hub voor windenergie is en blijft.

Alleen het geval dat een van de onderzochte windpark varianten meer aansluitcapaciteit zou vergen dan nu door de netbeheerders voorzien, zou kunnen leiden tot onderscheidende aansluitkosten tussen de windparkvarianten. In dat geval zou netbeheerder Enexis namelijk de additionele kosten voor elektrische infrastructuur als diepe aansluitkosten bij de projectontwikkelaar van de windparken (Nuon of RWE) in rekening kunnen brengen. In de onderzochte varianten is Nuon variant 2c met 135 MW additioneel te plaatsen windvermogen als variant met de grootste capaciteit volledig in te passen op het nieuwe onderstation Eemshaven Midden, en daarmee is er geen wezenlijk onderscheid te maken voor de onderzochte varianten in termen van netaansluitkosten.

5

ENERGIEOPBRENGSTEN

5.1 Methode

Voor de alternatieven is de verwachte energieopbrengst berekend met het programma WindPro, specifiek de rekenmodules 'Meteo' en 'Park'. Binnen deze modules wordt de windsnelheid en richting op ashoogte op basis van metingen bepaald en wordt de onderlinge beïnvloeding van de windturbines bepaald.

De onderlinge beïnvloeding, oftewel windzog, wordt berekend middels het N/O Jensen Wake Model. Voor de meteorologische gegevens is uitgegaan van een Mesoscale dataset van EMDConWx. De dataset beslaat gebieden met een resolutie van ongeveer 3 x 3 kilometer en uurlijkse waarden (richting en snelheid) voor heel Europa.

Verder is de energieopbrengst afhankelijk van de omgeving. In de omgeving zijn weinig objecten die het windprofiel beïnvloeden. Wel staan er ten zuiden van het windpark aan de Emmaweg diverse boerderijen en woningen, de aanname is dat door geringe hoogte geen significante invloed wordt verwacht op het windpark¹. Er wordt uitgegaan van de volgende terrein standaard binnen WindPro: 'open farmland'.

Voor elke variant is een energieopbrengst berekening gemaakt. Tevens is voor elke variant een energieopbrengst berekening gemaakt waarbij de prototypes en onderzoeksturbines buiten beschouwing zijn gelaten. De bestaande turbines zijn in alle opbrengst berekeningen meegenomen om het effect van nieuwe turbines in relatie tot het bestaande windpark in kaart te brengen.

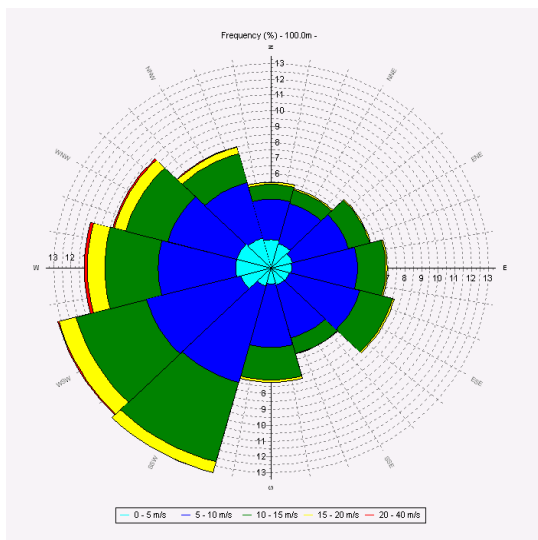
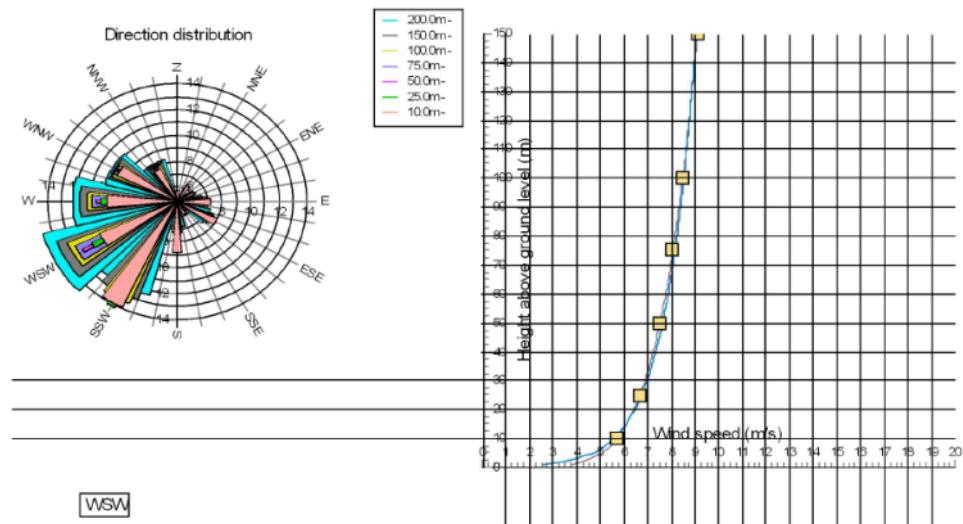
Met de verwachte energieopbrengst van het nieuwe en het bestaande park is de effectiviteit van het windpark te bepalen, uitgedrukt in MWh/MW. Tevens is de energieopbrengst per park berekend met en zonder prototype- en onderzoeksturbines. Hiermee is te bepalen wat de invloed van deze turbines is.

5.2 Windprofiel Eemshaven

De langjarig gemiddelde windsnelheid voor het Eemshaven gebied bedraagt 8,5 m/s op een hoogte van 100 meter. Hiermee valt het gebied in windklasse I of net in windklasse II. De dominante windrichting is afhankelijk van de hoogte oriënterend west-zuidwest, zuid-zuidwest. Dit is te zien in afbeelding 5.1.

¹ Als stelregel geldt dat objecten binnen een kilometer (zoals de woningen aan de Emmaweg) de windsnelheid op ashoogte kunnen beïnvloeden mits deze minimaal ¼ van de hoogte hebben tussen het maaiveld en de onderste tip van de turbine. Voor de laagste windturbine binnen de varianten (Enercon E82) geldt de hoogte: 11,5 meter.

Afbeelding 5.1 Windroos met gemiddelde windsnelheid



Van de Weibull distributie is o.a. af te leiden wat de frequentie van verschillende windsnelheden is voor een viertal geselecteerde hoogtes: 75, 100, 150 en 200 meter. De gemiddelde windsnelheid op die hoogtes staan in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Gemiddelde windsnelheden Eemshaven gebied

Hoogte [m]	Gemiddelde windsnelheid [m/s]
75	8,1
100	8,5
150	9,1
200	9,5

5.3 Energieopbrengst per variant

De opbrengst van het windpark wordt, behalve door het windaanbod ter plaatse en de powercurve van het windturbintype, ook door de onderlinge afstanden van de turbines bepaald. Doordat de turbines turbulentie in de lucht veroorzaken ontstaat er een zogenaamd zog. Binnen het windpark zullen de windturbines die (benedenwinds) in het zog van andere windturbines staan, te maken krijgen met een lagere windsnelheid. Deze zogverliezen ontstaan in het windpark zelf, maar ook door objecten of windturbines in de omgeving van het windpark. De grootte van deze zogeffecten kan worden berekend met zogmodellen. Andere benamingen van zogeffecten zijn parkeffecten of windafvang. Om van bruto opbrengsten naar netto-opbrengsten te rekenen moet onder andere rekening worden gehouden met deze windafvang. Ook wordt gesproken van wind park efficiency. Dit is de parkopbrengst relatief aan de situatie waarin turbines elkaar niet verstoren.

Voor iedere variant is de opbrengst steeds met en zonder test- en onderzoeksturbines berekend en in beeld gebracht. De reden hiervan is dat de zekerheid dat deze test- en onderzoeksturbines er ook daadwerkelijk zullen staan minder groot is. Turbinefabrikanten kunnen op een windturbine testveld een contract afsluiten voor een turbinepositie ten behoeve van hun onderzoeksprogramma en/of om hun nieuwe windturbines te certificeren en te testen. Over het algemeen worden posities geleased voor een relatief korte periode (4 tot 7 jaar). De maximaal potentiële opgewekte energie van een turbinetestveld wordt dus zelden gehaald ten gevolge van niet ingevulde turbine posities, de plaatsing van kleinere turbines dan maximaal mogelijk op die positie, omsteltijden bij het verwijderen en plaatsen van andere turbines en turbinestilstand ten gevolge van voorbereidingen en aanpassingen voor onderzoek. Dit betekent dat de werkelijke energieopbrengsten tussen de berekende waarden met en zonder test- en onderzoeksturbines zullen liggen.

Alle energieopbrengsten worden gepresenteerd zonder elektriciteitsverliezen en op basis van 100 % beschikbaarheid van de turbines. Voor de productieturbines zijn in werkelijkheid 2 tot 3 % verliezen realistisch.

De opbrengsten van de bestaande turbines zijn niet gebaseerd op gemeten waarden, maar berekend met behulp van WindPro, zodat een goede vergelijking kan worden gemaakt met de berekende waarden van de nieuwe turbines.

5.3.1 Alternatief 1: RWE+

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Overzicht energieopbrengst alternatief 1: RWE+

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	74,5	129,5
Totaal vermogen [MW]	60,0	134,5	189,5
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	158,4	155,5
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	232,8	228,0
Opbrengst testturbines (3x10MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	160,5
Opbrengst onderzoeksturbines (5x5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	98,4
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	391,2	642,4

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Windafvang ¹ bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	-17,0 (-9,7 %)	-19,9 (-11,4 %)
Capacity factor ² [%]	33,4	33,2	38,7
Windpark efficiency ³ [%]	88,1	82,6	85,7

5.3.2 Alternatief 2a: Nuon met 3,5 MW turbines

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.3.

Tabel 5.3 Overzicht energieopbrengst alternatief 2a: Nuon met 3,5 MW turbines

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	73,5	128,5
Totaal vermogen [MW]	60,0	133,5	188,5
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	157,2	154,3
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	264,8	259,7
Opbrengst testturbines (3x10MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	160,4
Opbrengst onderzoeksturbines (5x5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	98,2
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	422,0	672,8
Windafvang bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	-18,2 (-10,4 %)	-21,1 (-12,0 %)
Capacity factor [%]	33,4	36,1	40,7
Windpark efficiency [%]	88,1	83,0	85,7

5.3.3 Alternatief 2b: Nuon met 5 MW turbines

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.4.

¹ Windafvang: beïnvloeding van de nieuwe turbines op de bestaande turbines.

² Capacity factor: gemiddeld vermogen gedeeld door nominaal vermogen. Identiek aan vollasturen gedeeld door 8.760 uur.

³ Windpark efficiency: geeft zogverliezen weer. Is parkopbrengst relatief aan situatie waarin turbines elkaar niet verstoren.

Tabel 5.4 Overzicht energieopbrengst alternatief 2b: Nuon met 5 MW turbines

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	65,0	132,5
Totaal vermogen [MW]	60,0	125,0	192,5
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	160,9	156,9
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	267,5	261,7
Opbrengst testturbines (3x10MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	159,8
Opbrengst onderzoeks-turbines (5x7.5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	142,0
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	428,4	720,3
Windafvang bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	-14,5 (-8,3 %)	-18,5 (-10,6 %)
Capacity factor [%]	33,4	39,1	42,7
Windpark efficiency [%]	88,1	86,6	87,7

5.3.4 Alternatief 2c: Nuon met 5 MW turbines, productieturbines in testgebied

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.5.

Tabel 5.5 Overzicht energieopbrengst alternatief 2c: Nuon met 5 MW turbines, productieturbine in testgebied

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	85,0	135,0
Totaal vermogen [MW]	60,0	145,0	195,0
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	159,2	156,7
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	350,9	340,4
Opbrengst testturbines (3x10MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	159,3
Opbrengst onderzoeks-turbines (4x5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	79,9
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	510,1	736,3
Windafvang bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	-16,2 (-9,2 %)	-18,7 (-10,7 %)
Capacity factor [%]	33,4	40,1	43,1
Windpark efficiency [%]	88,1	87,1	87,4

5.3.5 Alternatief 3a: Laag en compact

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.6.

Tabel 5.6 Overzicht energieopbrengst alternatief 3a: Laag en compact

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	75,0	130,0
Totaal vermogen [MW]	60,0	135,0	190,0
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	156,3	153,5
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	189,6	185,4
Opbrengst testturbines (4x7,5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	120,0
Opbrengst onderzoeksturbines (5x5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	99,0
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	345,9	557,8
Windafvang bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	-19,1 (-10,9 %)	-22,0 (-12,5 %)
Capacity factor [%]	33,4	29,2	33,5
Windpark efficiency [%]	88,1	79,9	83,2

5.3.6 Alternatief 3b: Hoog en verspreid

Een overzicht van de energieopbrengst van dit alternatief is te zien in tabel 5.7.

Tabel 5.7 Overzicht energieopbrengst alternatief 3b: hoog en verspreid

Variant	Referentiesituatie	Productieturbines	Productie + test/onderzoeksturbines
Nieuw vermogen [MW]	-	100,0	167,5
Totaal vermogen [MW]	60,0	100,0	167,5
Opbrengst bestaande turbines [GWh/jr]	175,4	n.v.t.	n.v.t.
Opbrengst productieturbines [GWh/jr]	n.v.t.	396,2	388,0
Opbrengst testturbines (3x10MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	160,2
Opbrengst onderzoeksturbines (5x7.5MW) [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	141,1
Totaal opbrengst [GWh/jr]	175,4	396,2	689,3
Windafvang bestaande turbines [GWh/jr]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Capacity factor [%]	33,4	45,2	46,9
Windpark efficiency [%]	88,1	89,7	89,7

5.4 Samenvatting en conclusies

Vermogen

Variant 2c blijkt met 135 MW toegevoegd vermogen het grootste totale geïnstalleerde vermogen te hebben. Dit wordt verklaard door de vier productieturbines die in het testgebied zijn geplaatst. In variant 3b neemt het vermogen het minste toe (107,5 MW), vooral vanwege het ontbreken van een vierde en vijfde rij.

Energieopbrengst

De energieopbrengst neemt het meest toe in variant 2c: 560,9 GWh/jaar met test- en onderzoeksturbines, en 321,7 GWh/jaar zonder test- en onderzoeksturbines. In variant 3a is de energieopbrengst het laagst: 382,5 GWh/jaar met test- en onderzoeksturbines, en 163,5 GWh/jaar zonder test- en onderzoeksturbines. Variant 2c is de variant met het grootste opgestelde vermogen, dat is de voornaamste reden voor de hoge opbrengst. Variant 3a is de meest compacte variant, de compacte opstelling leidt tot relatief veel verliezen.

Windafvang en efficiëntie

De bestaande turbines ondervinden bij variant 3a, de meest compacte variant, de meeste windafvang. Dit komt door de compacte opstelling. Deze variant leidt tot een opbrengstverlies van 12,5 % met, en 10,9 % zonder test- en onderzoeksturbines. De bestaande turbines ondervinden bij variant 2b de minste windafvang. Deze variant leidt tot een opbrengstverlies van 10,6 % met test- en onderzoeksturbines, en 8,3 % zonder test- en onderzoeksturbines.

Variant 3b, met verspreid opgestelde grote productieturbines en opschaling van de bestaande turbines, blijkt overall het meest efficiënt, variant 3a het minst. Dit komt door de compacte opstelling van de turbines in variant 3a en de ruime opstelling van de turbines in variant 3b.

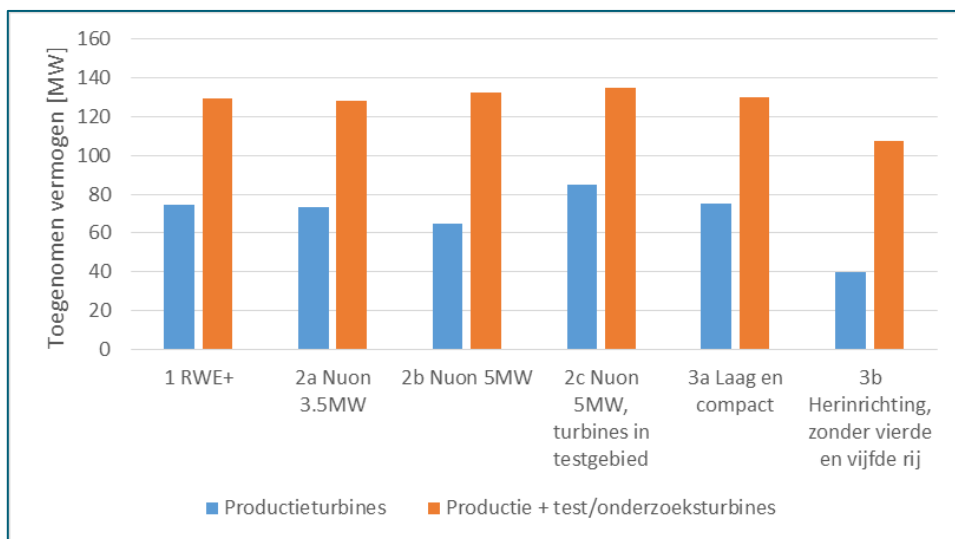
Test- en onderzoeksturbines

In alle gevallen dragen de turbines in het test- en onderzoeksvelden voor een belangrijk deel bij aan het totale vermogen en de totale energieopbrengst, in het geval zij er staan en draaien. Dit geldt het minst voor variant 2c en het meest voor variant 3b. Variant 3b bevat relatief weinig productieturbines, door het ontbreken van een vierde en vijfde rij.

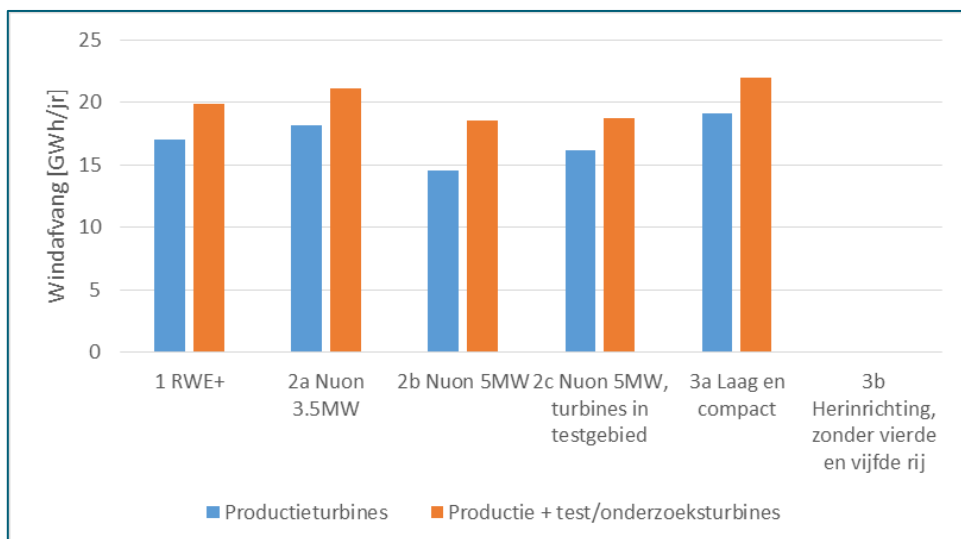
Tabel 5.8 Vergelijking alternatieven

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
Toegenomen vermogen met/zonder test- en onderzoeksturbines [MW]	129,5 74,5	128,5 73,5	132,5 65	135 85	130 75	107,5 40
Windafvang bestaande turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	-20,0 -17,0	-21,1 -18,2	-18,5 -14,5	-18,7 -16,2	-22,0 -19,1	n.v.t.
Windafvang bestaande turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [%]	-11,4 % -9,7 %	-12,0 % -10,4 %	-10,6 % -8,3 %	-10,7 % -9,2 %	-12,5 % -10,9 %	n.v.t.
Toegenomen opbrengst met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	467,0 215,8	497,3 246,6	544,9 253,0	560,8 334,7	382,4 170,5	513,9 220,8

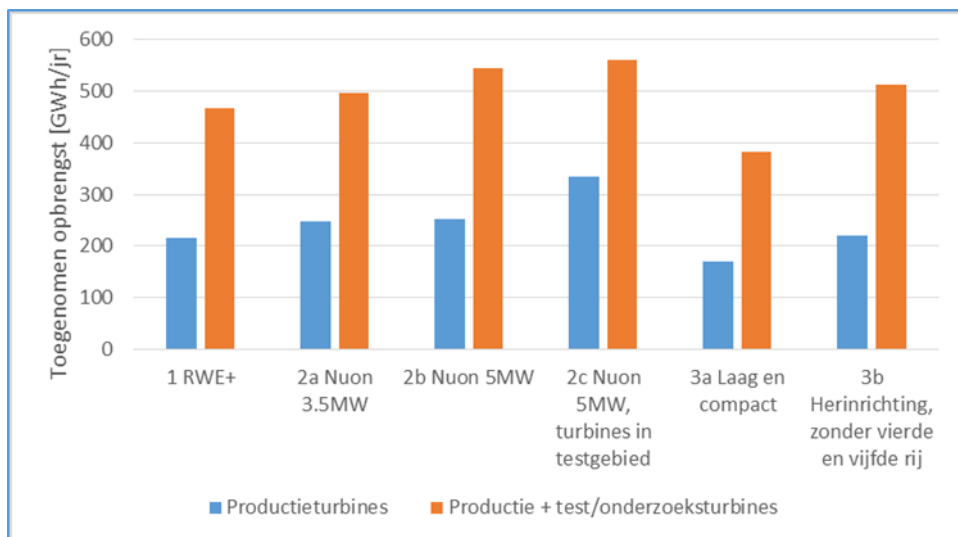
Afbeelding 5.2 Toegenomen vermogen per variant met/zonder test- en onderzoeksturbinen



Afbeelding 5.3 Windafvang van de bestaande turbines per variant met/zonder test- en onderzoeksturbinen



Afbeelding 5.4 Toegenomen opbrengst per variant met/zonder test- en onderzoeksturbinen



6

BIJDRAGE AAN DE ENERGIEDOELSTELLINGEN

Op basis van de Europese afspraken heeft Nederland als verplichting op zich genomen om in 2020 14 % van de energieconsumptie duurzaam op te wekken. Dit komt overeen met 289 Petajoule. Dit is ook de basis van het regeerakkoord van 2013. In het verlengde daarvan is het doel om in 2023 16 % van de energie duurzaam op te wekken.

Hoe deze duurzame energie moet worden opgewekt is vastgelegd in het SER Energieakkoord [4], waarin het Rijk met vertegenwoordigers van een groot aantal maatschappelijke organisaties afspraken heeft gemaakt hoe deze doelen te realiseren.

Een belangrijk deel van deze duurzame opwekking komt voor rekening van windenergie op land. Het doel is om in 2020 in totaal 6.000 MW geïnstalleerd vermogen wind op land te hebben gerealiseerd. Naar verwachting komt dit overeen met 54 PetaJoule.¹

De provincies hebben in 2013 in het Interprovinciaal Overleg (IPO) afspraken gemaakt hoe deze 6.000 MW wordt verdeeld. Voor de provincie Groningen betekent dit dat in 2020 een totaal van 855,5 MW aan windvermogen in de provincie moet staan.

De voortgang wordt bijgehouden en weergegeven in de Monitor Wind op land [5]. Aan het eind van 2015 is 442 MW gerealiseerd en moet 413,5 MW nog worden gerealiseerd. In totaal is 518,7 MW in de verschillende fasen van voorbereiding. Er is dus sprake van enige marge, die ook nodig wordt geacht in verband met mogelijke vertragingen. Het plan bij Eemshaven West speelt in deze plannen een belangrijke rol met een geschatte capaciteit van 120 MW.

De bijdrage aan de landelijke en provinciale energiedoelstellingen van de verschillende varianten is weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Bijdrage van de verschillende varianten aan de landelijke en provinciale energiedoelstellingen

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW+	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
Toegenomen vermogen met/zonder test- en onderzoeksturbinen [MW]	129,5 74,5	128,5 73,5	132,5 65	135 85	130 75	107,5 40
Deel van resterende doelstelling van provincie Groningen tot 2020 (413,5 MW), met/zonder test- en onderzoeksturbinen [%]	31,3 % 18,0 %	31,1 % 17,8 %	32,0 % 15,7 %	32,6 % 20,6 %	31,4 % 18,1 %	26,0 % 9,7 %
Toegenomen opbrengst met/zonder test- en onderzoeksturbinen [GWh/jaar]	467,0 215,8	497,3 246,6	544,9 253,0	560,8 334,7	382,4 170,5	513,9 220,8

¹ 54 PetaJoule is gelijk aan 15.000 GWh. Op basis van 6000 MW komt dit overeen met een gemiddelde van 2500 vollasturen, ofwel een capaciteitsfactor van 28,5 %.

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW+	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
Bijdrage aan 54 PJ duurzame opwekking in 2020, met/zonder test- en onderzoeksturbines [PJ/jaar] ¹	1,68 0,78	1,79 0,89	1,96 0,91	2,02 1,20	1,38 0,61	1,85 0,79

Alle alternatieven en varianten voldoen aan de doelstelling dat het geïnstalleerde vermogen met 100 MW - 130 MW toeneemt. Aandachtspunt is dat het totale vermogen van de productieturbines in variant 3b 40 MW is, dit is lager dan de voorziene 60 MW aan productieturbines in het VKA in het planMER voor de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl. Ongeveer de helft van de capaciteit is gepland op het test- en onderzoekspark. In de verschillende varianten is de capaciteit in dit gebied van 55 MW tot 67,5 MW. Dat betekent dat een goede invulling en ook realisatie van het test- en onderzoekspark nodig is om de doelstelling van 100 MW - 130 MW te halen. Voor een test- en onderzoekspark is van nature de onzekerheid groter of de verwachte capaciteit er ook daadwerkelijk komt en operationeel is, in vergelijking met de productieturbines. In variant 2c staan er ook productieturbines in het test- en onderzoeksveld. Vanuit het oogpunt van de doelstellingen biedt dit meer zekerheid.

Variant 2c draagt het meeste bij aan de doelstelling voor de opwekking van duurzame energie in 2020, variant 3a het minst, zowel in het geval de opbrengst van alle turbines worden meegerekend, als in het geval dat alleen de productieturbines worden meegerekend.

In varianten 2b en 3b dragen de test- en onderzoeksturbines het meest bij aan de energieopbrengst (circa 300 GWh/jr). In variant 3a is dit 220 GWh/jr. In alternatief 1 en de varianten 2a en 2c is dit circa 240 - 260 GWh/jr. Dit wordt verklaard doordat in varianten 2b en 3b in het noordelijke testveld het meeste vermogen aan onderzoeksturbines staat opgesteld.

¹ 1 GWh is gelijk aan 0,0036 PJ.

BESLAG OP DE SDE+ BUDGETTEN

De subsidie van duurzame energie is gebaseerd op de grondgedachte dat de opwekking van duurzame energie duurder is dan de marktprijs van elektriciteit. Om de opwekking van duurzame energie te stimuleren wordt deze meerprijs gecompenseerd.

7.1 De SDE+ regeling

De gemiddelde kostprijzen van verschillende vormen van duurzame energie worden jaarlijks door ECN en DNV-GL geschat, in opdracht van de rijksoverheid. Deze geschatte gemiddelde kostprijzen worden basisbedragen genoemd. Voor 2017 zijn deze basisbedragen weergegeven in het Eindadvies basisbedragen SDE+, ref [8]. In de loop der jaren is de regeling regelmatig aangepast en verfijnd, waardoor de complexiteit is toegenomen.

De basisbedragen van duurzame energie zijn afhankelijk van het type en de externe omstandigheden. In het geval van windenergie is het basisbedrag vooral afhankelijk van het windaanbod. Het windaanbod is verdeeld in categorieën, waarbij voor iedere gemeente in Nederland de categorie wordt bepaald. Deze systematiek is geïntroduceerd in 2015. Voor de gemeente Eemsmond geldt de categorie met een gemiddelde windsnelheid van groter of gelijk aan 8 m/s (op 100 meter hoogte).

Het correctiebedrag drukt de marktwaarde uit van de duurzame energie op basis van de gemiddelde elektriciteitsprijs van een jaar. Het correctiebedrag wordt achteraf definitief vastgesteld. De SDE+ regeling vergoedt het verschil tussen het correctiebedrag en het basisbedrag.

De basisenergieprijs is de ondergrens voor het correctiebedrag. Het correctiebedrag kan hier niet onderkomen. Als het correctiebedrag gelijk is aan de basisenergieprijs is de maximale subsidie bereikt. De basisenergieprijs is bepaald op 2/3 van de verwachte gemiddelde langjarige elektriciteitsprijs voor de periode van 2016 tot 2030.

Voor het plaatsen van windturbines op een primaire waterkeringen, zoals dijken, is een speciale categorie ingevoerd. Hierin wordt rekening gehouden met de extra kosten voor de veilige aanleg van de fundering in deze waterkering.

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de subsidieparameters voor de categorie Wind op land ≥ 8 m/s, inclusief plaatsing op primaire waterkeringen.

Tabel 7.1 Overzicht subsidieparameters Wind op land ≥ 8 m/s

	Bedragen wind op land, ≥ 8 m/s	Bedragen Wind op primaire waterkering, ≥ 8 m/s
Basisbedrag SDE+ 2017	0,064 EUR/kWh	0,069 EUR/kWh
Voorlopig correctiebedrag 2017	0,028 EUR/kWh	0,028 EUR/kWh
Basisprijs SDE+ 2017	0,025 EUR/kWh	0,025 EUR/kWh
Subsidie 2017 (voorlopig)	0,036 EUR/kWh	0,041 EUR/kWh

De bedragen worden ieder jaar opnieuw vastgesteld. Een belangrijke trend is het jaarlijkse dalen van de basisprijzen, ref [5]. Daarnaast zijn in 2015 windsnelheidscategorieën ingevoerd, waardoor voor de gemeente Eemsmond het basisbedrag is gedaald. De ontwikkeling van de basisprijs in de afgelopen jaren is weergegeven in tabel 7.2. Hierin is ook zichtbaar dat jaren ingedeeld zijn in fasen, waarbij de basisprijs oploopt tot het budget voor die fase is opgebruikt.

Duidelijk zichtbaar is dat het basisbedrag voor deze locatie in de afgelopen jaren fors is gedaald.

Tabel 7.2 Ontwikkeling basisbedragen voor deze locatie in de afgelopen jaren

	Basisbedrag SDE+ voor deze locatie
2008	0,110 EUR/kWh
2009	0,118 EUR/kWh
2010	0,120 EUR/kWh
2011 (fase 1 en 2)	0,113 – 0,120 EUR/kWh
2012 (fase 1)	0,088 EUR/kWh
2013 (fase 1 tot en met 6)	0,0875 – 0,116 EUR/kWh
2014 (fase 1 tot en met 6)	0,0875 – 0,1213 EUR/kWh
2015 (fase 1 tot en met 3)	0,070 – 0,074 EUR/kWh
2016 (fase 1 tot en met 4)	0,070 EUR/kWh
2017	0,064 EUR/kWh

7.2 Subsidiebedragen Eemshaven West

De SDE+ subsidie is gebaseerd op de gerealiseerde energieopbrengst in een gegeven jaar, vermenigvuldigd met het subsidiebedrag dat is afgesproken in het jaar van installatie.

De bestaande turbines zijn geplaatst in 2009, op basis van de MEP-regeling¹ van 2006. De MEP-regeling kende een plafond van 20.000 vollasturen. Het wordt aangenomen dat dit plafond (vrijwel) is bereikt en dat de subsidie op basis hiervan is gestopt.

Voor nieuw geplaatste turbines is het basisbedrag lager dan voorheen. Bij plaatsing in 2017 is dit EUR 0,064 per kWh. Samen met het correctiebedrag van EUR 0,028 per kWh leidt dit tot een subsidie van EUR 0,036 per kWh.

In variant 3b worden de bestaande turbines van 3 MW vervangen door grotere turbines van 5 MW. Deze grotere turbines komen in aanmerking voor SDE-subsidie.

In variant 3a worden de bestaande turbines vervangen door nieuwe turbines van hetzelfde type. Omdat deze nieuwe turbines niet groter zijn dan de bestaande turbines, en omdat de bestaande turbines nog geen 15 jaar oud zijn, komen deze nieuwe turbines niet in aanmerking voor subsidie. Daarom wordt aangenomen dat deze vervanging niet eerder dan 2024 plaats vindt, als de turbines ongeveer 15 jaar oud zijn. De SDE+ subsidie toont een neerwaartse trend. Het is reëel om te veronderstellen dat de subsidie voor goede windlocaties zoals deze in 2024 gedaald zal zijn naar (vrijwel) nul.

Voor nieuw geplaatste turbines op de dijk is het subsidiebedrag voor 2017 EUR 0,005 per kWh hoger, dus EUR 0,041 per kWh. Dit geldt voor een aantal turbines in de RWE+ variant.

¹ De MEP-regeling was de voorloper van de SDE regeling.

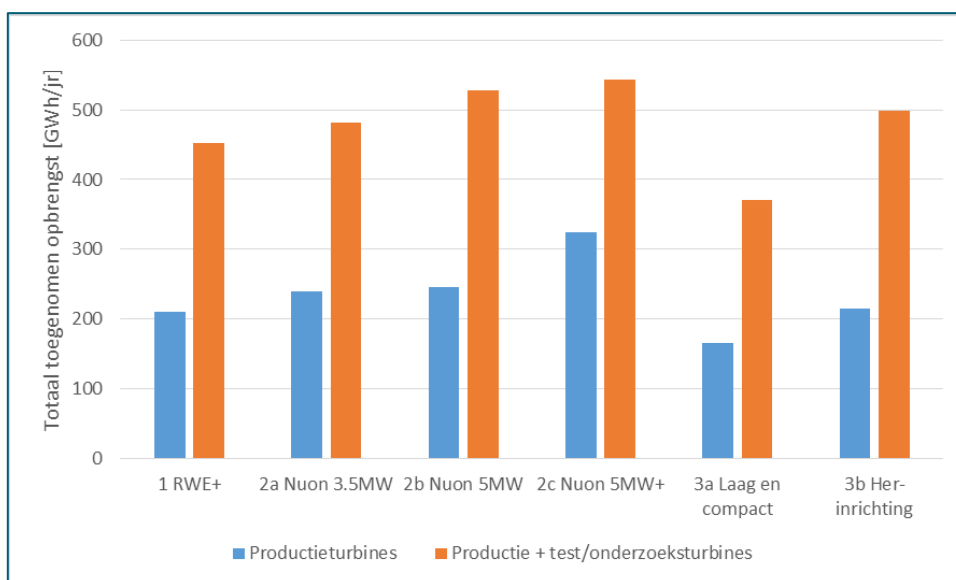
Het werkelijke windaanbod varieert van jaar tot jaar. De beste schatting voor de windopbrengst is de gebaseerd op de zogenaamde P50-waarde, vrijwel overeenkomend met de opbrengst die behoort bij de gemiddelde windsnelheid op een gegeven locatie. Hierbij moet ook rekening gehouden worden met elektrische verliezen en verliezen ten gevolge van niet-beschikbaarheid van de turbines ten gevolge van technische problemen onderhoud. Een realistische schatting voor deze verliezen is 3 %. De opbrengstberekeningen voor de verschillende varianten zijn hiermee gecorrigeerd.

De opbrengsten voor de verschillende delen en de verschillende varianten zijn weergegeven in tabel 7.3 en afbeelding 7.1.

Tabel 7.3 Subsidiabele opbrengsten voor de verschillende varianten

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW+	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
Minderopbrengst bestaande turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	-19,3 -16,5	-20,5 -18,2	-18,0 -14,1	-18,2 -15,7	-21,3 -18,6	-170,2 -170,2
Opbrengst nieuwe turbines op dijk met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	88,8 90,4	n.v.t. n.v.t.	n.v.t. n.v.t.	n.v.t. n.v.t.	n.v.t. n.v.t.	n.v.t. n.v.t.
Opbrengst (overige) nieuwe turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	383,6 125,4	502,9 256,8	546,5 259,5	562,2 340,4	392,2 184,0	668,7 384,4
Totaal opbrengsteffect met/zonder test- en onderzoeksturbines [GWh/jaar]	453,0 209,3	482,4 238,6	528,6 245,4	544,0 324,7	370,9 165,4	498,5 214,2

Afbeelding 7.1 Subsidiabele opbrengsten voor de verschillende varianten

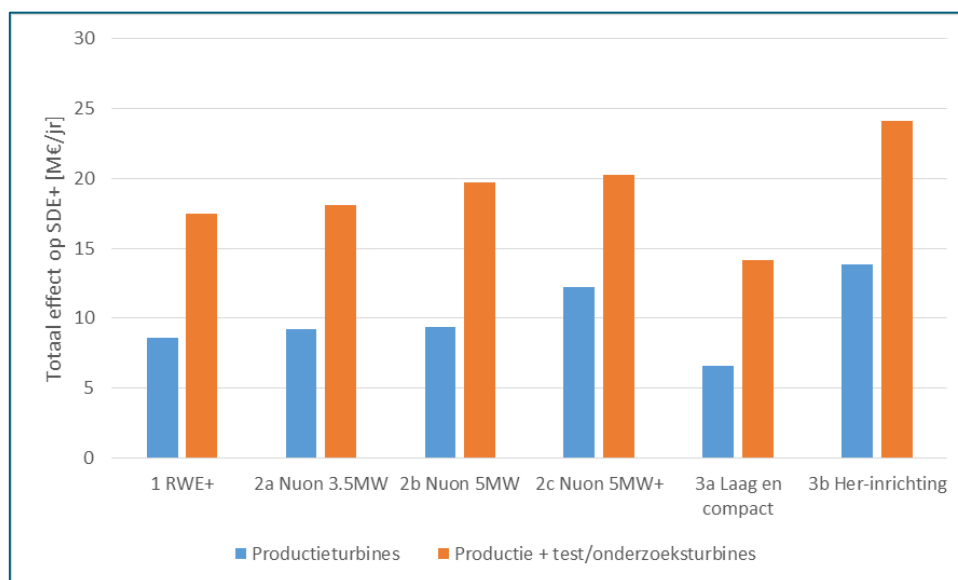


De effecten op de jaarlijkse subsidiebedragen zijn weergegeven in tabel 7.4 en afbeelding 7.2.

Tabel 7.4 SDE+ subsidie bijdragen voor de verschillende varianten

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW+	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
Verminderde SDE+ bestaande turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [MEUR/jaar]	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
SDE+ nieuwe turbines op dijk met/zonder test- en onderzoeksturbines [MEUR/jaar]	3,64 3,71	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
SDE+ (overige) nieuwe turbines met/zonder test- en onderzoeksturbines [MEUR/jaar]	13,81 4,87	18,11 9,25	19,68 9,34	20,24 12,25	14,12 6,62	24,07 13,84
Totaal effect SDE+ met/zonder test- en onderzoeksturbines [MEUR/jaar]	17,45 8,58	18,10 9,25	19,68 9,34	20,24 12,25	14,12 6,62	24,07 13,84
SDE+ per MW nieuw vermogen [kEuro/jr per MW]	134,7 115,2	140,9 125,8	148,5 143,7	149,9 144,2	108,6 88,3	143,7 138,4

Afbeelding 7.2 SDE+ subsidie bijdragen voor de verschillende varianten



De benodigde subsidie is het hoogst voor variant 3b. Dit wordt verklaard doordat in deze variant turbines uit 2009, die geen subsidie meer ontvangen, worden vervangen door nieuwe turbines, die weer subsidie ontvangen.

De benodigde subsidie per MW nieuw vermogen is het laagst voor variant 3a. De verklaring is dat in deze variant de minste energie (in MWh) wordt opgewekt per MW. Dit wordt verklaard doordat de toegepaste turbines (E82-3MW) een relatief kleine rotor hebben voor de generator. Dit is tegenstrijdig met de trend in de markt waarbij juist grotere rotoren worden gebruikt bij een gegeven vermogen. Verder staan de turbines in deze variant erg compact bijeen waardoor ook de energieopbrengst daalt.

CONCLUSIES

Een samenvattend overzicht van de aspecten die in dit rapport zijn behandeld is weergegeven in tabel 8.1.

Tabel 8.1 Overzicht van de verschillende aspecten voor de verschillende varianten

	1 RWE+	2a Nuon 3.5MW	2b Nuon 5MW	2c Nuon 5MW+	3a Laag en compact	3b Hoog en verspreid
H3 Aardbevingsbestendigheid	Aandacht voor verweking. Niet onderscheidend per variant.					
H4 Netaansluiting	Voldoende ruimte op net. Niet onderscheidend per variant.					
H6 Toegenomen vermogen met/zonder test- en onderzoeksturbines [MW]	129,5 74,5	128,5 73,5	132,5 65	135 85	130 75	107,5 40
H6 Bijdrage aan 54 PJ DE in 2020, met/zonder test- en onderzoeksturbines [PJ/jaar] ¹	1,68 0,78	1,79 0,89	1,96 0,91	2,02 1,20	1,38 0,61	1,85 0,79
H7 Totaal effect SDE+ met/zonder test- en onderzoeksturbines [MEUR/jaar]	17,45 8,58	18,10 9,25	19,68 9,34	20,24 12,25	14,12 6,62	24,07 13,84

De belangrijkste bevindingen en conclusies zijn:

1. windturbines zijn in het algemeen bestand tegen seismische belastingen in dit gebied. Dit is niet onderscheidend voor de verschillende varianten;
2. verweking van de ondergrond ten gevolge van aardbevingen zou een risico kunnen zijn. Hier zijn nadere analyses en eventueel ook mitigerende maatregelen voor nodig. De alternatieven en varianten onderscheiden zich hier niet op;
3. de netbeheerders Enexis en TenneT creëren voldoende ruimte op het net om elke variant te kunnen faciliteren. Kostenverschillen tussen de varianten zijn niet onderscheidend;
4. variant 2c draagt het meeste bij aan de provinciale doelstelling (in MW). Dit wordt verklaard door de vier productieturbines in het test- en onderzoeksgebied;
5. variant 3b draagt het minste bij aan de provinciale doelstelling (in MW). Dit wordt verklaard door het ontbreken van de 4^{de} en 5^{de} rij;
6. variant 2c draagt het meeste bij aan de opwekking van duurzame energie;
7. variant 3a draagt het minste bij aan de opwekking van duurzame energie. Dit wordt ondermeer veroorzaakt doordat de turbines dicht bijeen staan;
8. het behalen van de doelstelling is afhankelijk van de realisatie en beschikbaarheid van de test- en onderzoeksturbines. De zekerheid hiervan is minder dan voor 'gewone' productieturbines;
9. turbines in het dijkprofiel krijgen een iets hogere subsidie (voor 2017 EUR 0,041 per kWh in plaats van EUR 0,036 per kWh);
10. variant 3b leidt tot de meeste SDE+ subsidie. Dit wordt verklaard doordat bestaande turbines, die geen subsidie meer ontvangen, worden vervangen door nieuwe turbines die weer subsidie ontvangen;

¹ 1 GWh is gelijk aan 0,0036 PJ.

Aandachtspunt is dat het totale vermogen van de productieturbines in variant 3b 40 MW is, dit is lager dan de voorziene 60 MW aan productieturbines in het VKA in het planMER voor de Structuurvisie Eemsmond-Delfzijl.

LITERATUURLIJST

- [1] Onderzoeksraad voor veiligheid, 'Aardbevingsrisico's in Groningen,' 2015.
- [2] NEN, 'Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 9998,' NEN, 2015.
- [3] IEC, 'IEC 61400-1 Wind turbines - Part 1: Design requirements,' 2005.
- [4] Enexis, 'Kwaliteits- en capaciteitsdocument Elektriciteit 2016 - 2025,' 's-Hertogenbosch, 2016.
- [5] TenneT, 'Kwaliteits- en Capaciteitsdocument Deel II: Investeringsplan 2016,' TenneT, Arnhem, 2015.
- [6] SER, 'Energieakkoord voor duurzame groei,' sept 2013.
- [7] RVO, 'Monitor Wind op Land 2015,' maart 2016.
- [8] ECN, DNV-GL, 'Eindadvies basisbedragen SDE+ 2017'.
- [9] ECN, DNV-GL, 'Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie'.
- [10] RVO, 'Voorlopige correctiebedragen stimulering duurzame energieproductie 2016 ten behoeve van voorschotlening 2016'.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: VARIANT 1

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:01 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.231 kg/m³ to 1.242 kg/m³
 Air density relative to standard 100.4 % to 101.4 %
 Hub altitude above sea level (asl) 87.0 m to 180.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 7.9 °C to 8.5 °C
 Pressure at WTGs 992.6 hPa to 1,003.9 hPa

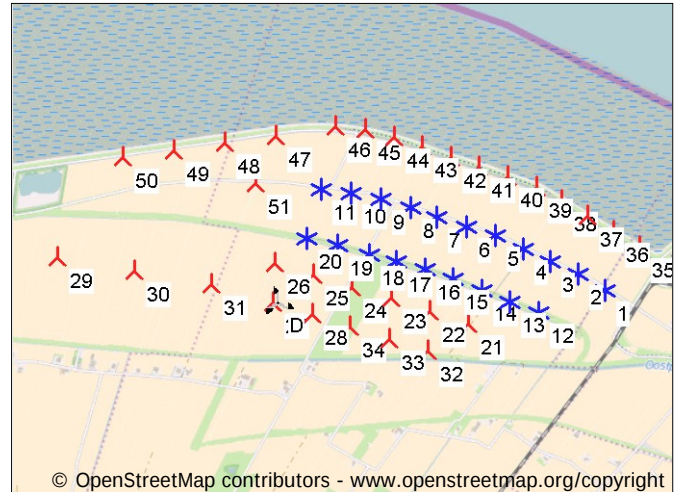
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:75,000
 New WTG Existing WTG Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	75.0	WEIBULL	5,119	8.5
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5
D	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	200.0	WEIBULL	7,082	8.6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result			Specific results ^{a)}				Mean wind speed @hub height [m/s]
	PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]		
Wind farm	642,436.9	749,665.2	85.7	38.7	12,596.8	3,390		8.6
New WTGs only	486,936.9	550,520.1	88.5	42.9	15,707.6	3,760		8.6
Existing park WTGs only	155,500.0	199,145.1	78.1	29.6	7,775.0	2,592		8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5			
Reduction for existing park WTGs caused by new	19,930.1							

a) Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 31 new WTGs with total 129.5 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve		Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
21 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,620.5	85.65	41.1	8.82
22 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,948.9	81.10	38.9	8.82
23 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,712.6	79.49	38.2	8.82
24 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,643.6	79.02	38.0	8.82
25 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,798.0	80.07	38.5	8.82
26 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,419.2	84.29	40.5	8.82
27 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,971.7	88.04	42.3	8.82
28 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,717.4	86.31	41.5	8.82
29 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	54,172.1	97.66	61.8	9.36
30 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,306.3	96.10	60.8	9.36
31 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,031.1	95.60	60.5	9.36
32 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,168.4	89.37	42.9	8.82
33 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,778.3	86.73	41.6	8.82
34 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,708.8	86.25	41.4	8.82
35 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,225.3	87.93	31.3	8.26
36 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,799.8	83.38	29.7	8.26
37 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,629.3	81.56	29.0	8.26
38 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,540.8	80.61	28.7	8.26
39 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,473.1	79.89	28.4	8.26
40 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,453.2	79.67	28.3	8.26
41 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,457.8	79.72	28.4	8.26

To be continued on next page...

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:01 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+

...continued from previous page

WTG type				Power curve				Annual Energy			
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Result	Park Efficiency
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]
42 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,451.5	79.66
43 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,446.1	79.60
44 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,520.7	80.40
45 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,644.1	81.71
46 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,860.7	84.03
47 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,265.8	87.75
48 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,607.7	89.31
49 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,824.1	90.30
50 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,414.6	92.98
51 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,325.4	88.02

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

WTG type				Power curve				Annual Energy			
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh %]
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,742.2
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,148.3
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,803.2
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,618.6
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,468.0
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,415.8
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,407.6
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,439.9
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,472.4
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,579.9
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	7,850.2
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,516.3
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,939.8
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,412.2
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,254.4
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,207.8
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,185.0
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,138.5
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,289.4
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,610.6

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

				[m]	
1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	246,780	607,744	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.1)
22 New	246,394	607,865	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.2)
23 New	246,009	607,987	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.3)

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+

...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
24 New	245,617	608,087	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.4)
25 New	245,229	608,201	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.5)
26 New	244,842	608,316	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.6)
27 New	244,830	607,919	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.2)
28 New	245,225	607,811	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.3)
29 New	242,682	608,328	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (75.1)
30 New	243,449	608,210	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (75.2)
31 New	244,217	608,092	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (75.3)
32 New	246,384	607,472	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.1)
33 New	245,995	607,581	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.2)
34 New	245,606	607,690	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.3)
35 New	248,472	608,541	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.1)
36 New	248,212	608,690	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.2)
37 New	247,952	608,840	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.3)
38 New	247,691	608,989	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.4)
39 New	247,432	609,121	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.1)
40 New	247,147	609,214	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.2)
41 New	246,861	609,307	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.3)
42 New	246,576	609,400	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.4)
43 New	246,291	609,493	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.5)
44 New	246,005	609,586	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.6)
45 New	245,720	609,655	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (111.1)
46 New	245,421	609,679	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (111.2)
47 New	244,830	609,574	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.1)
48 New	244,325	609,494	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.2)
49 New	243,819	609,413	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.3)
50 New	243,313	609,333	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.4)
51 New	244,637	609,100	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (113)

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

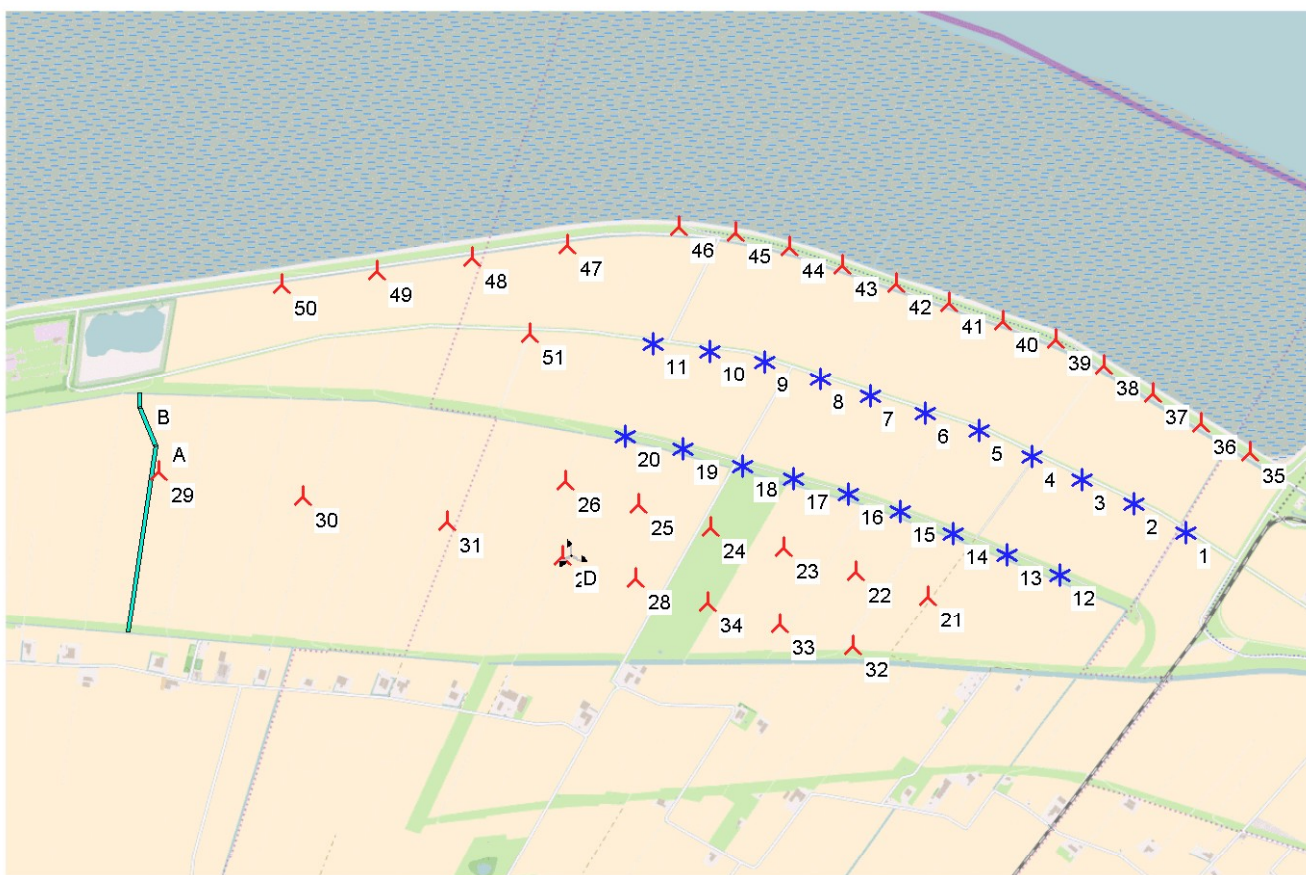
Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:01 PM/3.0.639

PARK - Map

Calculation: 1. RWE+



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,516 North: 608,576

人 New WTG

* Existing WTG

人 Meteorological Data

人 Obstacle

II

BIJLAGE: VARIANT 1 (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:16 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+ zonder prototype

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.237 kg/m³ to 1.242 kg/m³
 Air density relative to standard 101.0 % to 101.4 %
 Hub altitude above sea level (asl) 87.0 m to 124.5 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.2 °C to 8.5 °C
 Pressure at WTGs 999.3 hPa to 1,003.9 hPa

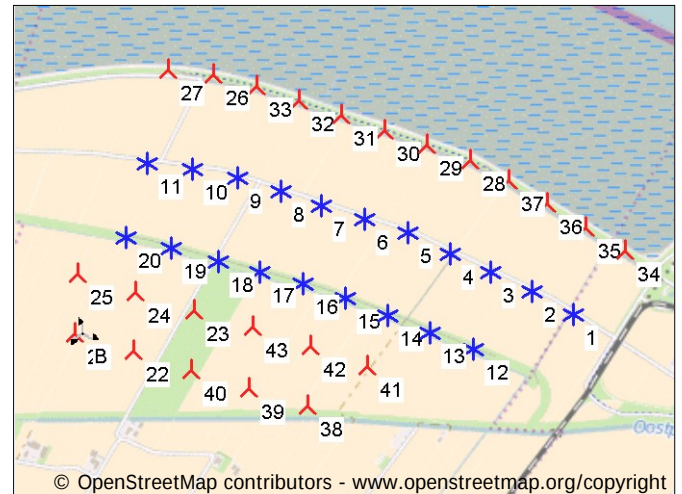
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:50,000
 New WTG Existing WTG Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	75.0	WEIBULL	5,119	8.5
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}				Mean wind speed @hub height [m/s]
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]		
Wind farm	391,186.8	473,477.5	82.6	33.2	9,097.4	2,908		8.5
New WTGs only	232,764.4	274,332.3	84.8	35.6	10,120.2	3,124		8.5
Existing park WTGs only	158,422.5	199,145.1	79.6	30.1	7,921.1	2,640		8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5			
Reduction for existing park WTGs caused by new	17,007.6							

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 23 new WTGs with total 74.5 MW rated power

Links	Valid	WTG type Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
21 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,569.5	92.09	44.2	8.82
22 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,006.1	88.27	42.4	8.82
23 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,909.1	80.83	38.8	8.82
24 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,290.8	83.42	40.1	8.82
25 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,228.9	89.78	43.1	8.82
26 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,957.9	85.07	30.3	8.26
27 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,456.6	90.40	32.2	8.26
28 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,512.9	80.31	28.6	8.26
29 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,506.1	80.24	28.5	8.26
30 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,532.1	80.52	28.6	8.26
31 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,555.4	80.77	28.7	8.26
32 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,602.9	81.27	28.9	8.26
33 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,743.8	82.78	29.4	8.26
34 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,246.7	88.16	31.4	8.26
35 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,827.7	83.68	29.8	8.26
36 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,666.8	81.96	29.2	8.26
37 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,584.5	81.08	28.8	8.26
38 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,231.9	89.80	43.1	8.82
39 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,877.5	87.40	42.0	8.82
40 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,866.4	87.32	41.9	8.82
41 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,685.8	86.10	41.3	8.82
42 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,048.0	81.77	39.3	8.82
43 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,857.1	80.47	38.6	8.82

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:16 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+ zonder prototype

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

Links	WTG type	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs [MWh]	Annual Energy After New WTGs [MWh]	Decrease due to new WTGs [MWh %]	Park Efficiency [%]
					[kW]	[m]	[m]	[m]							
1 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	9,096.9	8,767.6	329.4 3.6	89.72
2 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,626.9	8,174.2	452.6 5.2	83.65
3 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,376.8	7,832.3	544.5 6.5	80.15
4 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,306.3	7,653.1	653.1 7.9	78.32
5 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,259.6	7,505.2	754.3 9.1	76.80
6 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,243.1	7,462.0	781.1 9.5	76.36
7 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,237.3	7,475.4	761.9 9.2	76.50
8 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,292.7	7,549.3	743.3 9.0	77.25
9 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,409.0	7,671.4	737.6 8.8	78.50
10 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,582.3	7,939.9	642.4 7.5	81.25
11 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	9,021.1	8,487.9	533.1 5.9	86.86
12 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,937.2	8,546.9	390.3 4.4	87.46
13 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,662.2	7,978.9	683.3 7.9	81.65
14 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,586.3	7,460.4	1,125.9 13.1	76.34
15 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,522.6	7,313.6	1,208.9 14.2	74.84
16 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,516.6	7,283.5	1,233.2 14.5	74.53
17 B	Yes	ENERCON	E-82	E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0	0 - 08/2014	8,572.1	7,292.4	1,279.7 14.9	74.63
18 B	Yes	VESTAS	V90	3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0		9,822.2	8,312.3	1,509.9 15.4	75.52
19 B	Yes	VESTAS	V90	3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0		9,992.8	8,586.6	1,406.2 14.1	78.01
20 B	Yes	VESTAS	V90	3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0		10,366.2	9,129.4	1,236.8 11.9	82.94

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

[m]

1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	244,830	607,919	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.2)
22 New	245,225	607,811	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.3)
23 New	245,617	608,087	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.4)
24 New	245,229	608,201	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.5)
25 New	244,842	608,316	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.6)
26 New	245,720	609,655	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (111.1)
27 New	245,421	609,679	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (111.2)
28 New	247,432	609,121	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.1)
29 New	247,147	609,214	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.2)
30 New	246,861	609,307	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.3)
31 New	246,576	609,400	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.4)
32 New	246,291	609,493	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.5)
33 New	246,005	609,586	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (110.6)
34 New	248,472	608,541	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.1)
35 New	248,212	608,690	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.2)
36 New	247,952	608,840	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.3)
37 New	247,691	608,989	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (109.4)
38 New	246,384	607,472	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.1)
39 New	245,995	607,581	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.2)
40 New	245,606	607,690	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.3)

To be continued on next page...

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:16 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 1. RWE+ zonder prototype

...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
41 New	246,780	607,744	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.1)
42 New	246,394	607,865	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.2)
43 New	246,009	607,987	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.3)

Project:

variant RWE+

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

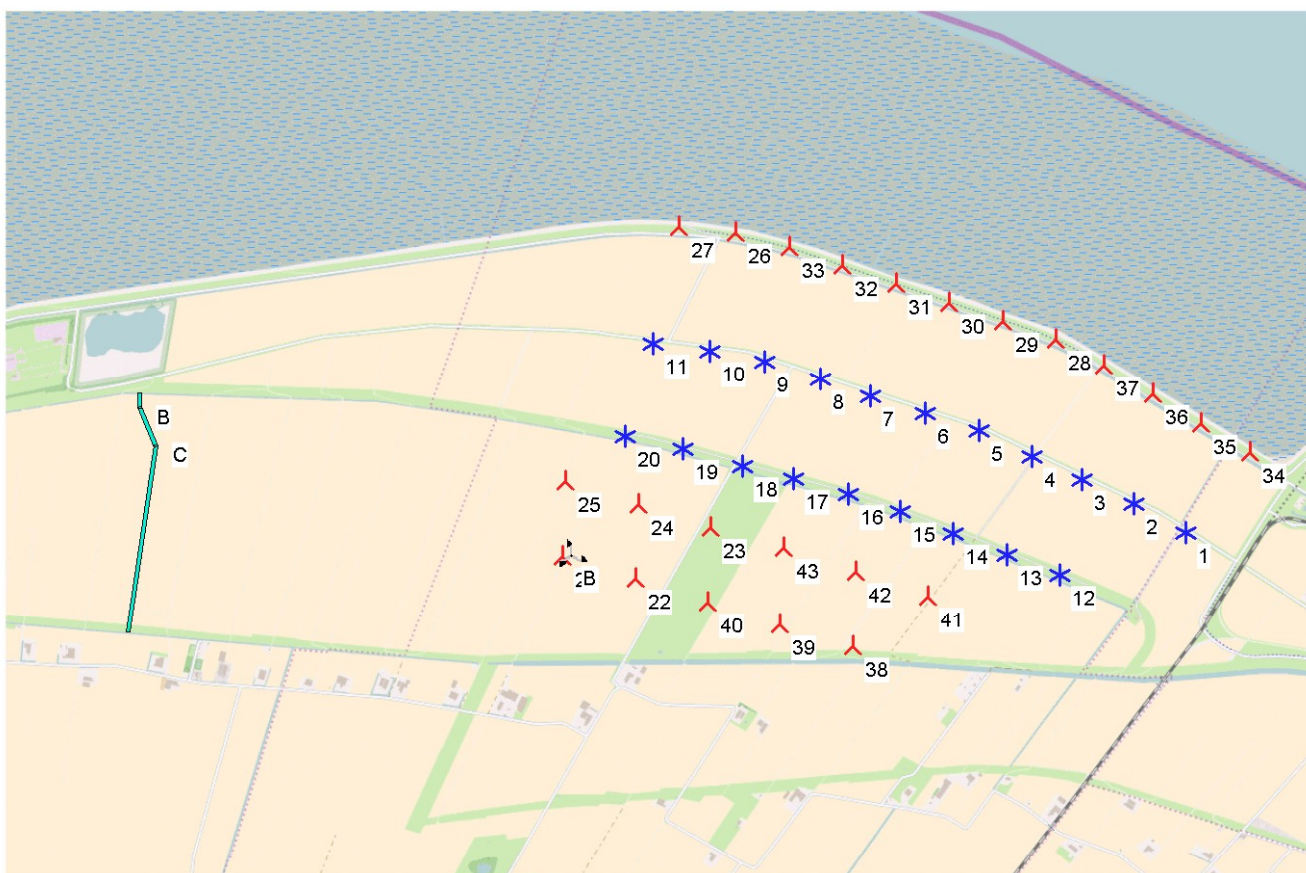
Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 2:16 PM/3.0.639

PARK - Map

Calculation: 1. RWE+ zonder prototype



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,516 North: 608,576

▲ New WTG

✱ Existing WTG

▲ Meteorological Data

▬ Obstacle

III

BIJLAGE: VARIANT 2A

Project:

variant Nuon laag

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:03 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: Energieopbrengst 2a

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.231 kg/m³ to 1.240 kg/m³
 Air density relative to standard 100.4 % to 101.3 %
 Hub altitude above sea level (asl) 98.0 m to 180.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 7.9 °C to 8.4 °C
 Pressure at WTGs 992.6 hPa to 1,002.5 hPa

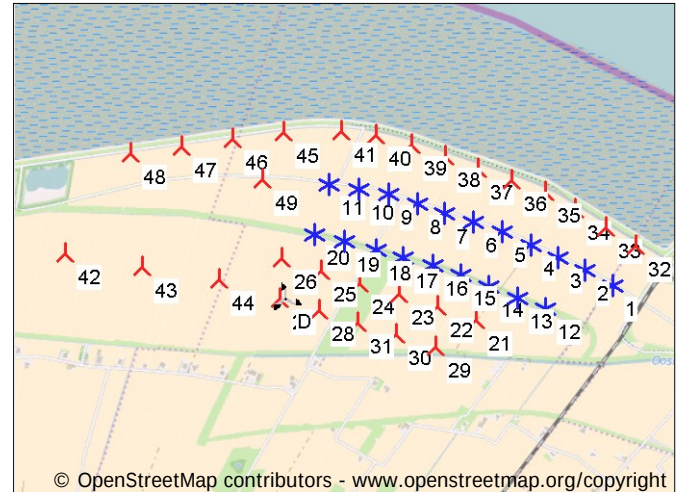
Wake Model Parameters

From angle To angle Terrain type Wake decay constant
 [°] [°]
 -180.0 180.0 Open farmland 0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind Speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:75,000

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5
D	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5)	200.0	WEIBULL	7,082	8.6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}				Mean wind speed @hub height [m/s]
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]		
Wind farm	672,763.4	784,751.8	85.7	40.7	13,729.9	3,569		8.7
New WTGs only	518,464.9	585,606.7	88.5	46.0	17,878.1	4,035		8.9
Existing park WTGs only	154,298.5	199,145.1	77.5	29.3	7,714.9	2,572		8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5			
Reduction for existing park WTGs caused by new	21,131.6							

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 29 new WTGs with total 128.5 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve		Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
21 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,591.3	85.46	41.0	8.82
22 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,919.2	80.89	38.8	8.82
23 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,685.8	79.31	38.1	8.82
24 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,623.1	78.89	37.9	8.82
25 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,775.5	79.92	38.4	8.82
26 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,400.5	84.16	40.4	8.82
27 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,962.3	87.97	42.2	8.82
28 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,706.7	86.24	41.4	8.82
29 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,155.9	89.29	42.9	8.82
30 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,765.7	86.64	41.6	8.82
31 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,698.3	86.18	41.4	8.82
32 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,122.0	89.06	42.8	8.82
33 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,501.7	84.85	40.7	8.82
34 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,293.8	83.44	40.1	8.82
35 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,171.5	82.61	39.7	8.82
36 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,105.1	82.16	39.5	8.82
37 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,139.1	82.39	39.6	8.82
38 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,139.6	82.39	39.6	8.82
39 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,159.7	82.53	39.6	8.82
40 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,283.8	83.37	40.0	8.82
41 B	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,547.7	85.16	40.9	8.82
42 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	54,162.8	97.64	61.8	9.36
43 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,295.4	96.08	60.8	9.36

To be continued on next page...

Project:

variant Nuon laag

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:03 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: Energieopbrengst 2a

...continued from previous page

WTG type								Power curve		Annual Energy	Park	Capacity factor	Mean wind speed
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Result	Efficiency		
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]		
44 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,019.0	95.58	60.5	9.36
45 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,169.0	87.31	43.7	8.76
46 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,575.6	89.16	44.7	8.76
47 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,810.2	90.23	45.2	8.76
48 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,408.3	92.96	46.6	8.76
49 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,276.5	87.80	44.0	8.76

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

WTG type								Power curve		Annual Energy			Park
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs	Decrease due to new WTGs	Efficiency
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,699.1	397.8 4.4	89.02
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,078.2	548.6 6.4	82.67
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,714.9	661.9 7.9	78.95
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,512.2	794.1 9.6	76.87
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,353.2	906.3 11.0	75.25
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,311.3	931.8 11.3	74.82
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,312.0	925.3 11.2	74.83
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,349.3	943.4 11.4	75.21
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,386.6	1,022.4 12.2	75.59
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,495.8	1,086.5 12.7	76.71
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	7,794.5	1,226.5 13.6	79.76
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,492.6	444.6 5.0	86.91
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,907.0	755.2 8.7	80.91
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,378.2	1,208.1 14.1	75.50
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,221.8	1,300.8 15.3	73.90
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,180.2	1,336.4 15.7	73.48
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,157.0	1,415.1 16.5	73.24
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,113.5	1,708.7 17.4	73.71
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,260.7	1,732.1 17.3	75.05
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,580.3	1,786.0 17.2	77.95

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z [m] Row data/Description

1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	246,780	607,744	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.1)
22 New	246,394	607,865	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.2)
23 New	246,009	607,987	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (102.3)
24 New	245,617	608,087	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.4)
25 New	245,229	608,201	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.5)
26 New	244,842	608,316	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (80.6)
27 New	244,830	607,919	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-!	hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.2)

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: Energieopbrengst 2a

...continued from previous page

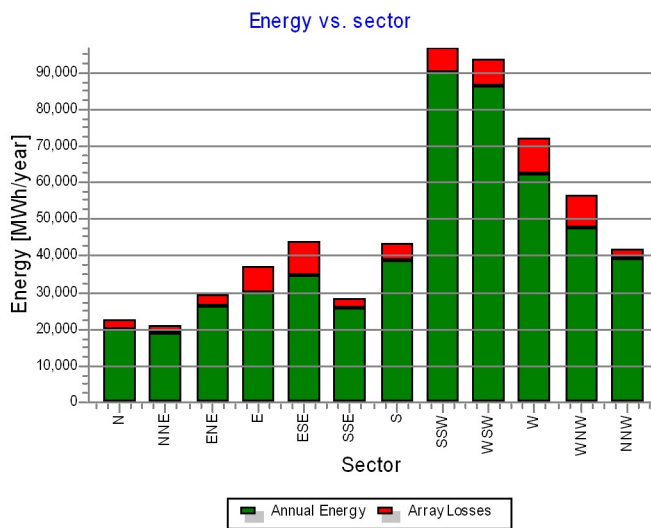
Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
28 New	245,225	607,811	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (68.3)
29 New	246,384	607,472	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.1)
30 New	245,995	607,581	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.2)
31 New	245,606	607,690	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (79.3)
32 New	248,365	608,507	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (87.1)
33 New	248,059	608,684	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (87.2)
34 New	247,752	608,860	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (87.3)
35 New	247,451	609,028	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (88.1)
36 New	247,115	609,139	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (88.2)
37 New	246,779	609,250	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (88.3)
38 New	246,444	609,361	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (88.4)
39 New	246,108	609,472	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (88.5)
40 New	245,758	609,558	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (99.1)
41 New	245,407	609,597	0.0	ENERCON E-101 E2 3500 101.0 !-! hub: 124.5 m (TOT: 175.0 m) (99.2)
42 New	242,682	608,328	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (111.1)
43 New	243,449	608,210	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (111.2)
44 New	244,217	608,092	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (111.3)
45 New	244,830	609,574	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.1)
46 New	244,325	609,494	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.2)
47 New	243,819	609,413	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.3)
48 New	243,313	609,333	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (112.4)
49 New	244,637	609,100	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (113)

PARK - Production Analysis

Calculation: Energieopbrengst 2aWTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1.233 kg/m³ - 1.243 kg/m³
Directional Analysis

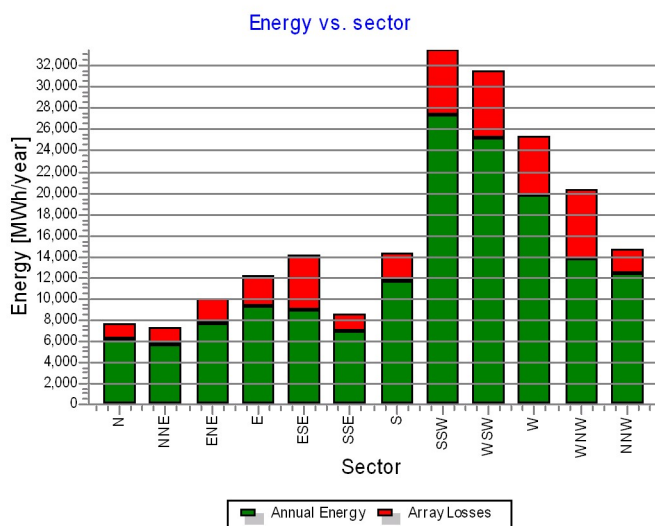
Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	22,287.3	20,889.6	29,507.1	36,924.9	43,717.1	28,200.5	43,243.1	96,687.0	93,672.6	71,955.0	56,677.5	41,845.2	585,606.4
-Decrease due to array losses	[MWh]	2,170.4	2,044.9	3,497.7	7,211.1	9,314.0	2,760.5	4,382.6	6,679.3	7,327.2	9,867.2	9,055.8	2,831.3	67,141.8
Resulting energy	[MWh]	20,116.8	18,844.7	26,009.4	29,713.8	34,403.1	25,440.0	38,860.5	90,007.7	86,345.5	62,087.7	47,621.7	39,014.0	518,464.8
Specific energy	[kWh/m ²]													1,451
Specific energy	[kWh/kW]													4,035
Decrease due to array losses	[%]	9.7	9.8	11.9	19.5	21.3	9.8	10.1	6.9	7.8	13.7	16.0	6.8	11.47
Utilization	[%]	27.6	29.0	29.1	25.3	24.2	29.4	26.2	23.6	20.8	17.5	19.3	24.0	22.7
Operational	[Hours/year]	474	451	533	601	660	492	627	1,161	1,161	981	857	696	8,694
Full Load Equivalent	[Hours/year]	157	147	202	231	268	198	302	700	672	483	371	304	4,035



PARK - Production Analysis

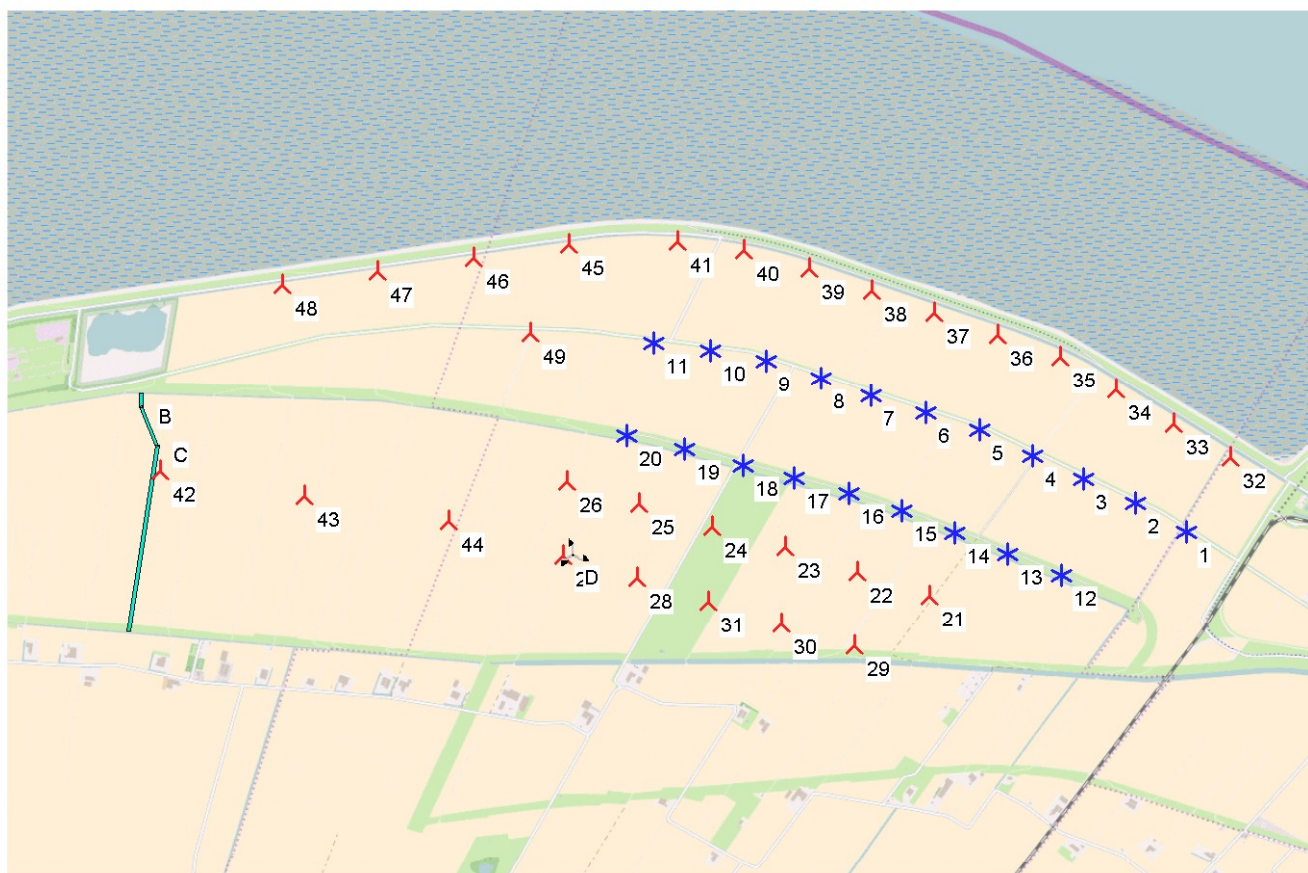
Calculation: Energieopbrengst 2aWTG: All existing WTGs, Air density varies with WTG position 1.233 kg/m^3 - 1.243 kg/m^3
Directional Analysis

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	7,571.2	7,227.5	9,916.7	12,150.8	14,158.0	8,479.1	14,236.5	33,499.1	31,431.4	25,436.2	20,299.7	14,738.8	199,145.1
-Decrease due to array losses	[MWh]	1,495.7	1,613.3	2,249.9	2,921.6	5,321.1	1,540.9	2,610.3	6,181.4	6,260.9	5,709.4	6,473.7	2,468.5	44,846.6
Resulting energy	[MWh]	6,075.5	5,614.2	7,666.9	9,229.3	8,837.0	6,938.2	11,626.2	27,317.7	25,170.5	19,726.8	13,826.0	12,270.3	154,298.5
Specific energy	[kWh/m ²]													1,417
Specific energy	[kWh/kW]													2,572
Decrease due to array losses	[%]	19.8	22.3	22.7	24.0	37.6	18.2	18.3	18.5	19.9	22.4	31.9	16.7	22.52
Utilization	[%]	29.6	30.1	31.1	30.4	25.2	34.9	32.1	29.0	25.3	21.5	20.5	27.0	26.4
Operational	[Hours/year]	464	445	526	591	649	481	618	1,146	1,125	952	836	680	8,513
Full Load Equivalent	[Hours/year]	101	94	128	154	147	116	194	455	420	329	230	205	2,572



PARK - Map

Calculation: Energieopbrengst 2aWTG: All existing WTGs, Air density varies with WTG position 1.233 kg/m^3 - 1.243 kg/m^3



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,463 North: 608,534

New WTG
 Existing WTG
 Meteorological Data
 Obstacle

IV

BIJLAGE: VARIANT 2A (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

Project:

variant Nuon laag

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:12 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: Copy of Energieopbrengst 2a

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.237 kg/m³ to 1.240 kg/m³
 Air density relative to standard 101.0 % to 101.3 %
 Hub altitude above sea level (asl) 98.0 m to 124.5 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.2 °C to 8.4 °C
 Pressure at WTGs 999.3 hPa to 1,002.5 hPa

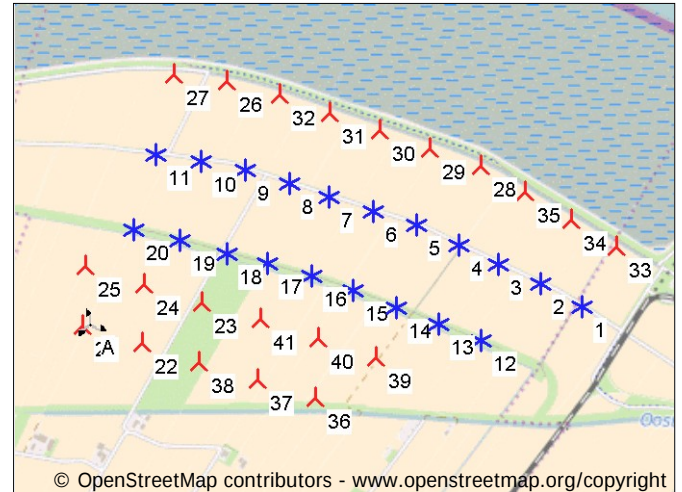
Wake Model Parameters

From angle To angle Terrain type Wake decay constant
 [°] [°]
 -180.0 180.0 Open farmland 0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:50,000

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConwx_N53.450_E006.740 (5)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result	GROSS (no loss)	Park	Capacity	Mean WTG	Full load	Mean wind speed
	PARK	Free WTGs	efficiency	factor	result	hours	@hub height
	[MWh/y]	[MWh/y]	[%]	[%]	[MWh/y]	[Hours/year]	[m/s]
Wind farm	421,994.7	508,564.1	83.0	36.1	10,292.6	3,161	8.6
New WTGs only	264,774.2	309,419.0	85.6	41.1	12,608.3	3,602	8.8
Existing park WTGs only	157,220.5	199,145.1	78.9	29.9	7,861.0	2,620	8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5		
Reduction for existing park WTGs caused by new	18,209.6						

a) Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 21 new WTGs with total 73.5 MW rated power

Links	Valid	WTG type Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
21 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,560.1	92.03	44.2	8.82
22 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,995.4	88.20	42.4	8.82
23 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,888.6	80.69	38.7	8.82
24 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,268.2	83.26	40.0	8.82
25 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,210.2	89.66	43.1	8.82
26 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,695.5	86.16	41.4	8.82
27 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,421.0	91.09	43.7	8.82
28 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,215.7	82.91	39.8	8.82
29 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,163.0	82.55	39.6	8.82
30 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,226.0	82.98	39.8	8.82
31 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,275.2	83.31	40.0	8.82
32 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,377.5	84.01	40.3	8.82
33 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,151.2	89.26	42.9	8.82
34 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,540.3	85.11	40.9	8.82
35 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,340.7	83.76	40.2	8.82
36 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	13,219.4	89.72	43.1	8.82
37 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,864.8	87.31	41.9	8.82
38 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,856.0	87.25	41.9	8.82
39 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,656.6	85.90	41.3	8.82
40 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	12,018.2	81.57	39.2	8.82
41 A	Yes	ENERCON	E-101 E2-3,500	3,500	101.0	124.5	0.0	EMD	Level 0 - official - OM 0s - 3500kW - 10/2015	11,830.3	80.29	38.6	8.82

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

variant Nuon laag

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
11/4/2016 10:12 AM/3.0.639

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

Project:

variant Nuon laag

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

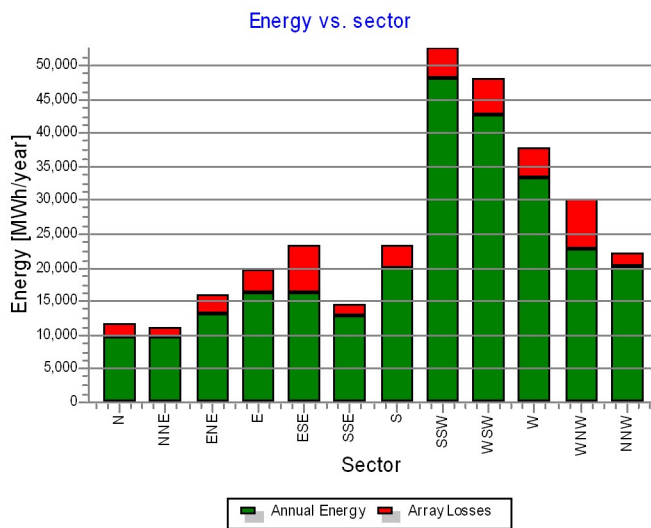
Calculated:

11/4/2016 10:12 AM/3.0.639

PARK - Production Analysis

Calculation: Copy of Energieopbrengst 2aWTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1.240 kg/m³ - 1.243 kg/m³
Directional Analysis

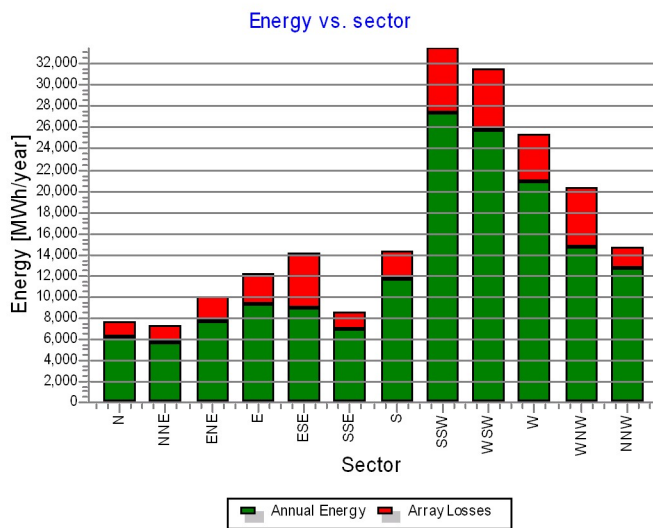
Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	11,515.0	11,146.0	15,801.2	19,605.9	23,190.2	14,425.7	23,353.4	52,563.5	47,887.4	37,730.9	30,167.2	22,032.6	309,418.7
-Decrease due to array losses	[MWh]	1,740.7	1,471.0	2,665.0	3,377.5	6,985.7	1,671.7	3,463.8	4,452.6	5,209.3	4,459.3	7,367.2	1,781.1	44,644.8
Resulting energy	[MWh]	9,774.3	9,675.0	13,136.2	16,228.3	16,204.6	12,754.0	19,889.6	48,110.9	42,678.1	33,271.7	22,800.1	20,251.5	264,774.1
Specific energy	[kWh/m ²]													1,574
Specific energy	[kWh/kW]													3,602
Decrease due to array losses	[%]	15.1	13.2	16.9	17.2	30.1	11.6	14.8	8.5	10.9	11.8	24.4	8.1	14.43
Utilization	[%]	31.2	33.2	32.3	31.6	26.5	36.0	31.0	29.2	25.8	23.3	22.0	29.3	27.6
Operational	[Hours/year]	477	456	540	606	666	493	635	1,176	1,155	977	858	698	8,738
Full Load Equivalent	[Hours/year]	133	132	179	221	220	174	271	655	581	453	310	276	3,602



PARK - Production Analysis

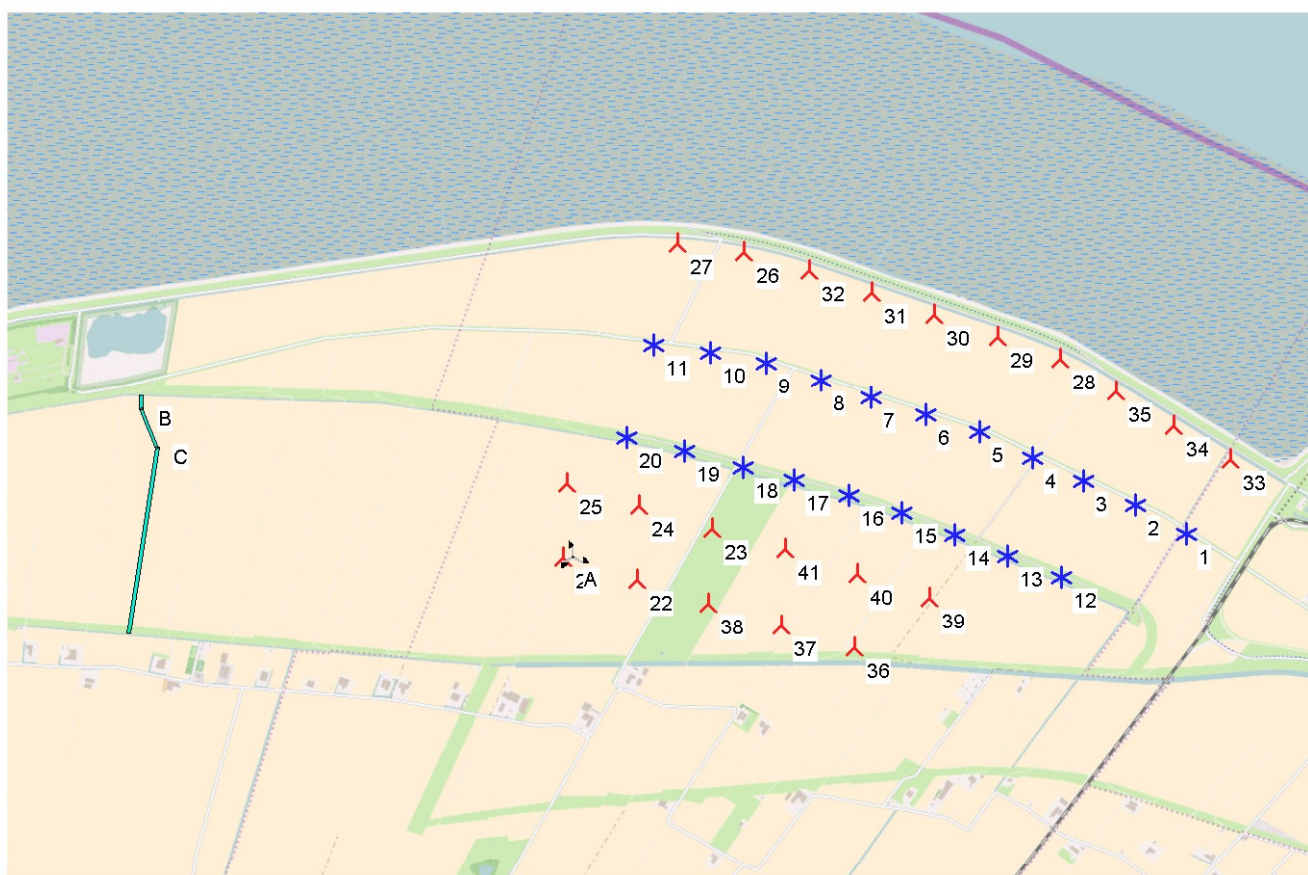
Calculation: Copy of Energieopbrengst 2aWTG: All existing WTGs, Air density varies with WTG position 1.240 kg/m³ - 1.243 kg/m³
Directional Analysis

Sector		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSW	8 WSW	9 W	10 WNW	11 NNW	Total
Roughness based energy	[MWh]	7,571.2	7,227.5	9,916.7	12,150.8	14,158.0	8,479.1	14,236.5	33,499.1	31,431.4	25,436.2	20,299.7	14,738.8	199,145.1
-Decrease due to array losses	[MWh]	1,472.8	1,613.3	2,249.9	2,921.6	5,321.1	1,540.9	2,610.3	6,173.6	5,685.3	4,531.1	5,707.7	2,097.1	41,924.7
Resulting energy	[MWh]	6,098.4	5,614.2	7,666.9	9,229.3	8,837.0	6,938.2	11,626.2	27,325.5	25,746.1	20,905.1	14,592.0	12,641.7	157,220.5
Specific energy	[kWh/m ²]													1,444
Specific energy	[kWh/kW]													2,620
Decrease due to array losses	[%]	19.5	22.3	22.7	24.0	37.6	18.2	18.3	18.4	18.1	17.8	28.1	14.2	21.05
Utilization	[%]	29.7	30.1	31.1	30.4	25.2	34.9	32.1	29.0	25.9	22.8	21.6	27.9	26.9
Operational	[Hours/year]	464	445	526	591	649	481	618	1,146	1,125	952	836	680	8,513
Full Load Equivalent	[Hours/year]	102	94	128	154	147	116	194	455	429	348	243	211	2,620



PARK - Map

Calculation: Copy of Energieopbrengst 2aWTG: All existing WTGs, Air density varies with WTG position 1.240 kg/m^3 - 1.243 kg/m^3



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,463 North: 608,534

▲ New WTG
 ✱ Existing WTG
 ▲ Meteorological Data
 — Obstacle



BIJLAGE: VARIANT 2B

Project:

variant Nuon groot

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:52 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2b. Nuon

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1.231 kg/m ³ to 1.240 kg/m ³
Air density relative to standard	100.4 % to 101.3 %
Hub altitude above sea level (asl)	98.0 m to 180.0 m
Annual mean temperature at hub alt.	7.9 °C to 8.4 °C
Pressure at WTGs	992.6 hPa to 1,002.5 hPa

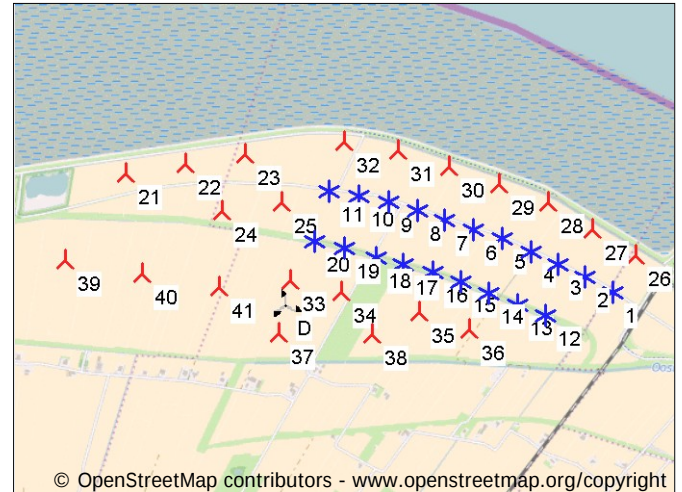
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°]	Wind speed [m/s]
start end step	start end step
0.5 360.0 1.0	0.5 30.5 1.0



New WTG

Scale 1:75,000

Existing WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5
D	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	200.0	WEIBULL	7,082	8.6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}				Mean wind speed @hub height [m/s]
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]		
Wind farm	720,348.1	820,933.6	87.7	42.7	17,569.5	3,742		8.7
New WTGs only	563,448.8	621,788.5	90.6	48.5	26,830.9	4,252		8.8
Existing park WTGs only	156,899.4	199,145.1	78.8	29.8	7,845.0	2,615		8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5			
Reduction for existing park WTGs caused by new	18,530.7							

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 21 new WTGs with total 132.5 MW rated power

Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
21 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	29,557.4	92.37	45.0	8.76
22 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	28,588.0	89.34	43.5	8.76
23 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	28,107.1	87.84	42.8	8.76
24 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	28,068.3	87.72	42.7	8.76
25 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	27,661.0	86.45	42.1	8.76
26 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,808.0	91.58	47.5	8.76
27 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,065.7	88.31	45.8	8.76
28 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,810.6	87.19	45.2	8.76
29 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,751.1	86.92	45.1	8.76
30 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,701.5	86.71	44.9	8.76
31 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,812.2	87.19	45.2	8.76
32 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,966.7	87.87	45.6	8.76
33 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,770.2	87.01	45.1	8.76
34 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,782.9	87.06	45.1	8.76
35 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,921.5	87.67	45.5	8.76
36 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,715.0	91.17	47.3	8.76
37 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,985.8	92.36	47.9	8.76
38 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,618.3	90.74	47.0	8.76
39 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	54,040.1	97.42	61.6	9.36
40 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,071.7	95.67	60.5	9.36
41 D	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	52,645.8	94.91	60.1	9.36

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

PARK - Main Result

Calculation: 2b. Nuon

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

Links	WTG type				Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Calculated prod. without new WTGs	Annual Energy			Park Efficiency
	Valid	Manufact.	Type-generator						Creator	Name		After New WTGs	Decrease due to new WTGs		
					[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]		[%]
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,683.1	413.8	4.5	88.86
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,080.4	546.5	6.3	82.69
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,761.1	615.7	7.4	79.42
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,577.1	729.2	8.8	77.54
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,497.6	762.0	9.2	76.73
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,422.3	820.8	10.0	75.96
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,406.1	831.2	10.1	75.79
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,423.7	869.0	10.5	75.97
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,504.5	904.5	10.8	76.80
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,602.0	980.3	11.4	77.79
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	7,708.8	1,312.2	14.5	78.89
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,516.5	420.7	4.7	87.15
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	8,017.0	645.2	7.4	82.04
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,593.7	992.6	11.6	77.71
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,585.5	937.0	11.0	77.63
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,424.3	1,092.4	12.8	75.98
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000		3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,489.6	1,082.5	12.6	76.64
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000		3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,510.5	1,311.7	13.4	77.32
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000		3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,502.9	1,490.0	14.9	77.25
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000		3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,592.8	1,773.5	17.1	78.06

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

				[m]	
1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	243,269	609,200	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (108.1)
22 New	243,860	609,304	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (108.2)
23 New	244,451	609,409	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (108.3)
24 New	244,238	608,845	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (103.1)
25 New	244,829	608,944	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (103.2)
26 New	248,363	608,484	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (160)
27 New	247,923	608,738	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (161)
28 New	247,480	608,989	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (162)
29 New	246,989	609,162	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (163)
30 New	246,485	609,323	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (164)
31 New	245,980	609,481	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (165)
32 New	245,441	609,560	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (166)
33 New	244,928	608,169	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (173)
34 New	245,441	608,064	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (174)
35 New	246,220	607,881	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (175)
36 New	246,720	607,716	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (176)
37 New	244,824	607,644	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (177)
38 New	245,750	607,650	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (178)

To be continued on next page...

Project:

variant Nuon groot

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:52 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2b. Nuon

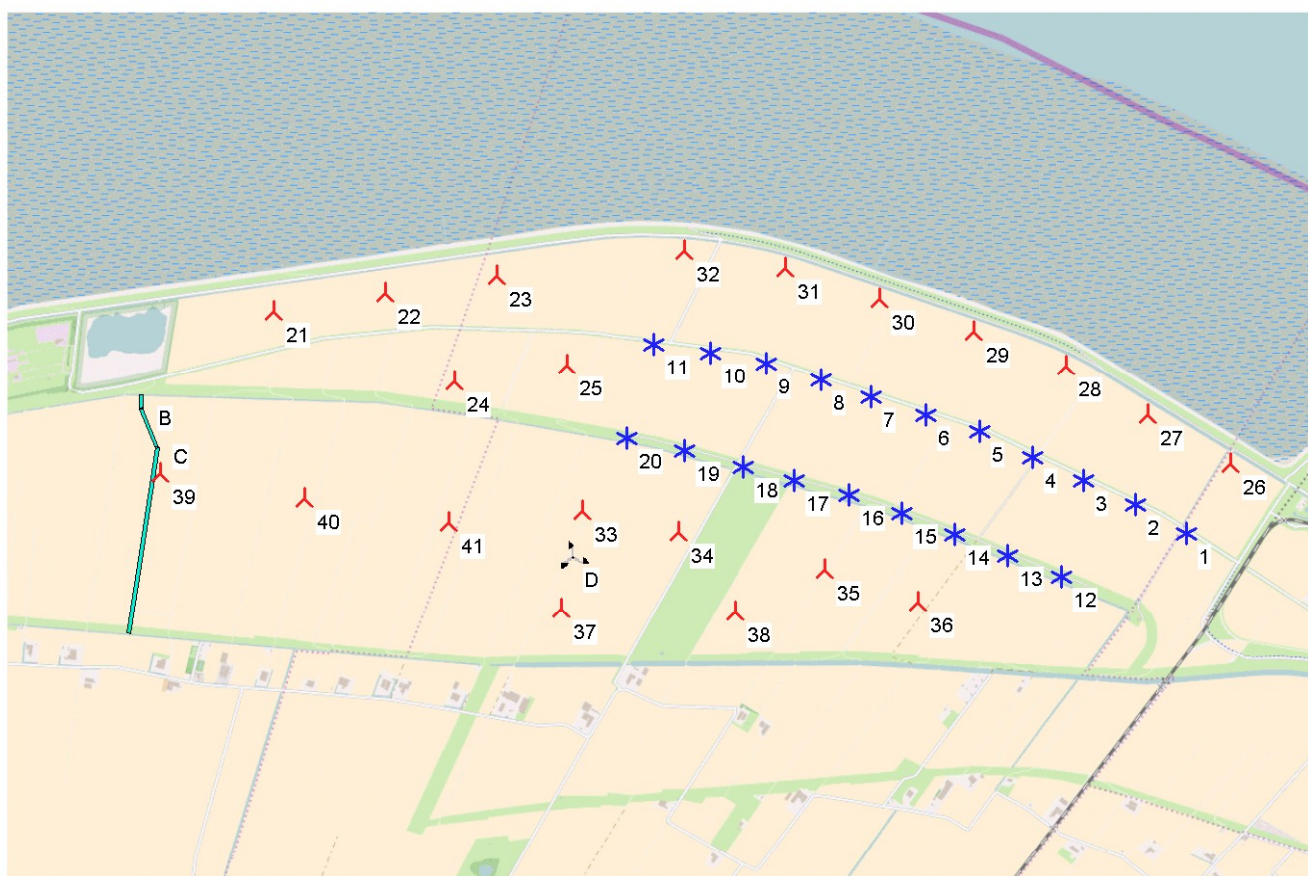
...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
39 New	242,682	608,328	0.0 X	10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.1)
40 New	243,449	608,210	0.0 X	10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.2)
41 New	244,217	608,092	0.0 X	10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.3)

PARK - Map

Calculation: 2b. Nuon



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,461 North: 608,602

New WTG
 Existing WTG
 Meteorological Data
 Obstacle

VI

BIJLAGE: VARIANT 2B (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

Project:

variant Nuon groot

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:56 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2b. Nuon zonder prototype

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.238 kg/m³ to 1.240 kg/m³
 Air density relative to standard 101.0 % to 101.3 %
 Hub altitude above sea level (asl) 98.0 m to 120.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.3 °C to 8.4 °C
 Pressure at WTGs 999.9 hPa to 1,002.5 hPa

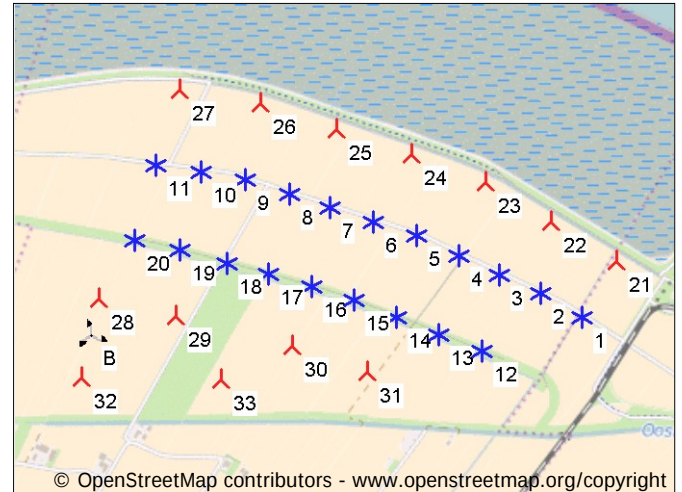
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:50,000
 New WTG Existing WTG Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
B	244,875	607,930	EmdConwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Specific results ^{a)}						
	Result	GROSS (no loss)	Park	Capacity	Mean WTG	Full load	Mean wind speed
	PARK	Free WTGs	efficiency	factor	result	hours	@hub height
	[MWh/y]	[MWh/y]	[%]	[%]	[MWh/y]	[Hours/year]	[m/s]
Wind farm	428,439.8	494,531.2	86.6	39.1	12,983.0	3,428	8.6
New WTGs only	267,523.4	295,386.1	90.6	47.0	20,578.7	4,116	8.8
Existing park WTGs only	160,916.4	199,145.1	80.8	30.6	8,045.8	2,682	8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5		
Reduction for existing park WTGs caused by new	14,513.7						

a) Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 13 new WTGs with total 65.0 MW rated power

WTG type				Power curve				Annual Energy			
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Result	Park Efficiency
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]
21 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,868.0	91.84
22 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,150.7	88.68
23 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,917.7	87.66
24 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,911.4	87.63
25 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,977.0	87.92
26 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,279.2	89.25
27 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,096.7	92.85
28 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,016.1	92.49
29 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,404.0	89.80
30 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,193.7	88.87
31 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,860.6	91.81
32 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,820.1	96.03
33 B	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,028.1	92.55

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

PARK - Main Result

Calculation: 2b. Nuon zonder prototype

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

Links	WTG type		Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Calculated prod. without new WTGs	Annual Energy		Park Efficiency
	Valid	Manufact.						Creator	Name		After New WTGs	Decrease due to new WTGs	
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,720.3	376.6 4.1	89.24
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,117.7	509.2 5.9	83.07
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,805.1	571.7 6.8	79.87
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,633.9	672.4 8.1	78.12
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,548.9	710.7 8.6	77.25
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,490.3	752.8 9.1	76.65
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,506.8	730.5 8.9	76.82
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,571.7	721.0 8.7	77.48
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,726.1	682.9 8.1	79.06
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	8,006.5	575.8 6.7	81.93
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	8,532.9	488.2 5.4	87.32
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,555.4	381.8 4.3	87.55
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	8,066.0	596.2 6.9	82.54
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,656.9	929.4 10.8	78.36
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,658.9	863.7 10.1	78.38
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,520.4	996.2 11.7	76.96
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,636.9	935.2 10.9	78.15
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,773.6	1,048.6 10.7	79.71
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,957.1	1,035.7 10.4	81.38
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	9,431.1	935.2 9.0	85.68

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

			[m]	
1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	248,363	608,484	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (160)
22 New	247,923	608,738	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (161)
23 New	247,480	608,989	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (162)
24 New	246,989	609,162	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (163)
25 New	246,485	609,323	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (164)
26 New	245,980	609,481	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (165)
27 New	245,441	609,560	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (166)
28 New	244,928	608,169	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (173)
29 New	245,441	608,064	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (174)
30 New	246,220	607,881	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (175)
31 New	246,720	607,716	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (176)
32 New	244,824	607,644	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (177)
33 New	245,750	607,650	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (178)

Project:

variant Nuon groot

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

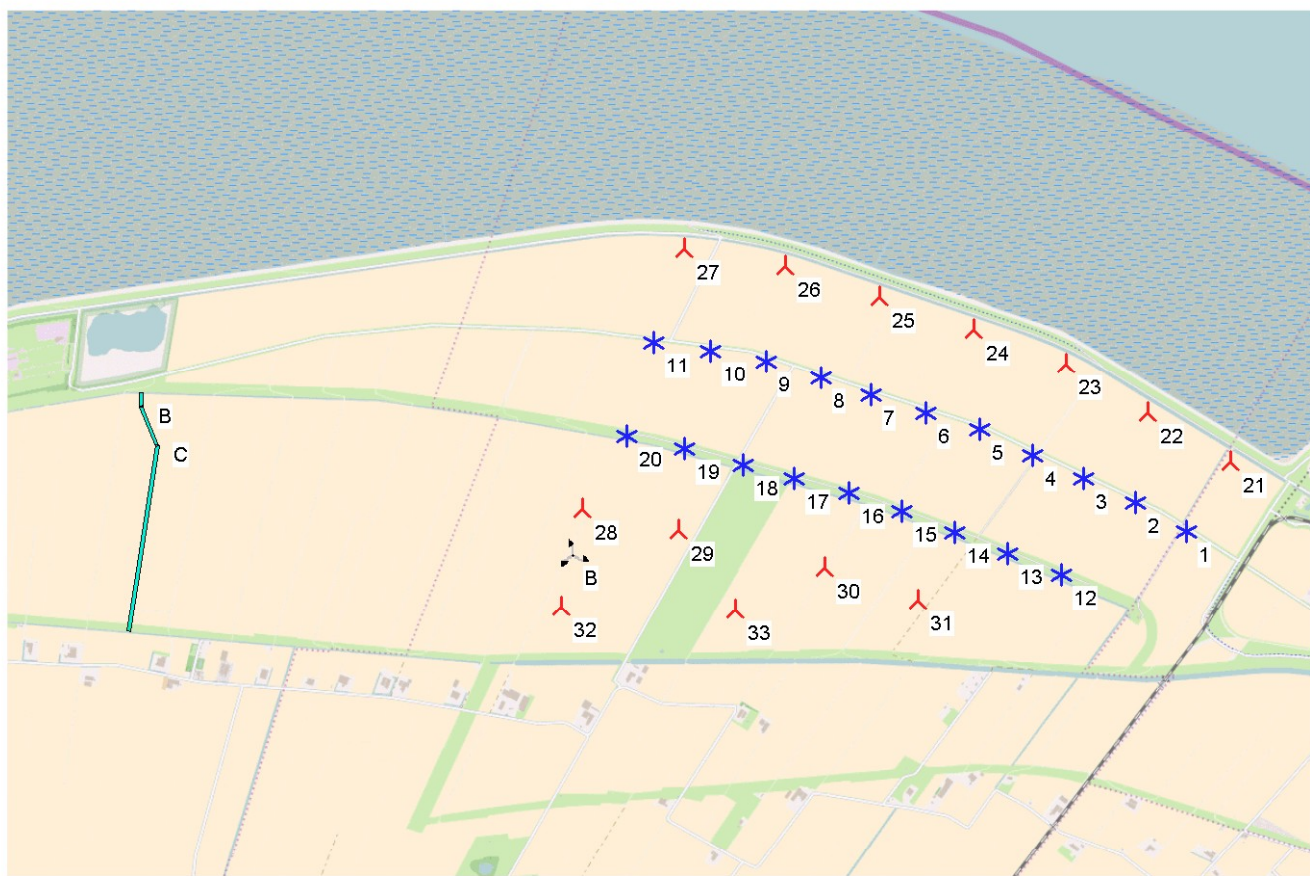
Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 10:56 AM/3.0.639

PARK - Map

Calculation: 2b. Nuon zonder prototype



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,461 North: 608,602

▲ New WTG

* Existing WTG

▲ Meteorological Data

▲ Obstacle

VII

BIJLAGE: VARIANT 2C

Project:

variant Nuon 2c

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 11:31 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2c. Nuon

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1.231 kg/m ³ to 1.240 kg/m ³
Air density relative to standard	100.4 % to 101.3 %
Hub altitude above sea level (asl)	98.0 m to 180.0 m
Annual mean temperature at hub alt.	7.9 °C to 8.4 °C
Pressure at WTGs	992.6 hPa to 1,002.5 hPa

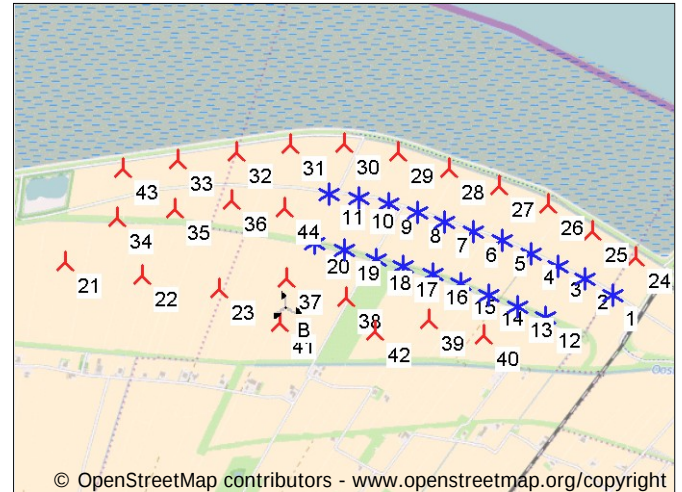
Wake Model Parameters

From angle	To angle	Terrain type	Wake decay constant
[°]	[°]		
-180.0	180.0	Open farmland	0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°]	Wind speed [m/s]
start end step start end step	
0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0	



Scale 1:75,000

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	200.0	WEIBULL	7,082	8.6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}			
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	Mean wind speed @hub height [m/s]
Wind farm	736,253.2	842,721.3	87.4	43.1	16,733.0	3,776	8.7
New WTGs only	579,564.7	643,576.2	90.1	49.0	24,148.5	4,293	8.8
Existing park WTGs only	156,688.5	199,145.1	78.7	29.8	7,834.4	2,611	8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5		
Reduction for existing park WTGs caused by new	18,741.6						

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 24 new WTGs with total 135.0 MW rated power

Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
21 B	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,918.8	97.20	61.5	9.36
22 B	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	52,841.1	95.26	60.3	9.36
23 B	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	52,502.3	94.65	59.9	9.36
24 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,805.2	91.56	47.5	8.76
25 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,043.5	88.21	45.7	8.76
26 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,824.4	87.25	45.2	8.76
27 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,762.0	86.97	45.1	8.76
28 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,721.7	86.80	45.0	8.76
29 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,749.8	86.92	45.1	8.76
30 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,714.2	86.76	45.0	8.76
31 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,753.9	86.94	45.1	8.76
32 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,764.5	86.98	45.1	8.76
33 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,880.6	87.49	45.4	8.76
34 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,346.3	89.54	46.4	8.76
35 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,636.8	86.42	44.8	8.76
36 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,480.2	85.73	44.4	8.76
37 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,691.2	86.66	44.9	8.76
38 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,806.9	87.17	45.2	8.76
39 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,240.8	89.08	46.2	8.76
40 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,804.8	91.56	47.5	8.76
41 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,794.8	91.52	47.4	8.76

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: 2c. Nuon

...continued from previous page

Links	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
42 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,571.1	90.53	46.9	8.76
43 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,499.4	90.22	46.8	8.76
44 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,410.3	85.42	44.3	8.76

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

WTG type									Power curve		Annual Energy			Park
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs	Decrease due to new WTGs	Efficiency	
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]	
1 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,661.7	435.2 4.8	88.64	
2 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,073.3	553.5 6.4	82.62	
3 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,724.8	652.0 7.8	79.05	
4 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,541.0	765.2 9.2	77.17	
5 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,492.5	767.1 9.3	76.67	
6 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,414.1	829.0 10.1	75.87	
7 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,448.7	788.6 9.6	76.22	
8 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,414.2	878.5 10.6	75.87	
9 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,477.7	931.3 11.1	76.52	
10 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,530.5	1,051.7 12.3	77.06	
11 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	7,613.3	1,407.7 15.6	77.91	
12 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,442.9	494.3 5.5	86.40	
13 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,882.0	780.2 9.0	80.66	
14 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,691.9	894.4 10.4	78.71	
15 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,555.3	967.2 11.3	77.32	
16 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,574.3	942.3 11.1	77.51	
17 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,510.1	1,062.1 12.4	76.85	
18 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,488.6	1,333.6 13.6	77.12	
19 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,592.4	1,400.5 14.0	78.06	
20 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,559.2	1,807.1 17.4	77.76	

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

			[m]	
1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O! hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	242,682	608,328	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.1)
22 New	243,449	608,210	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.2)
23 New	244,217	608,092	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (183.3)
24 New	248,363	608,484	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (215)
25 New	247,923	608,738	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (216)
26 New	247,480	608,989	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (217)

To be continued on next page...

Project:

variant Nuon 2c

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 11:31 AM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2c. Nuon

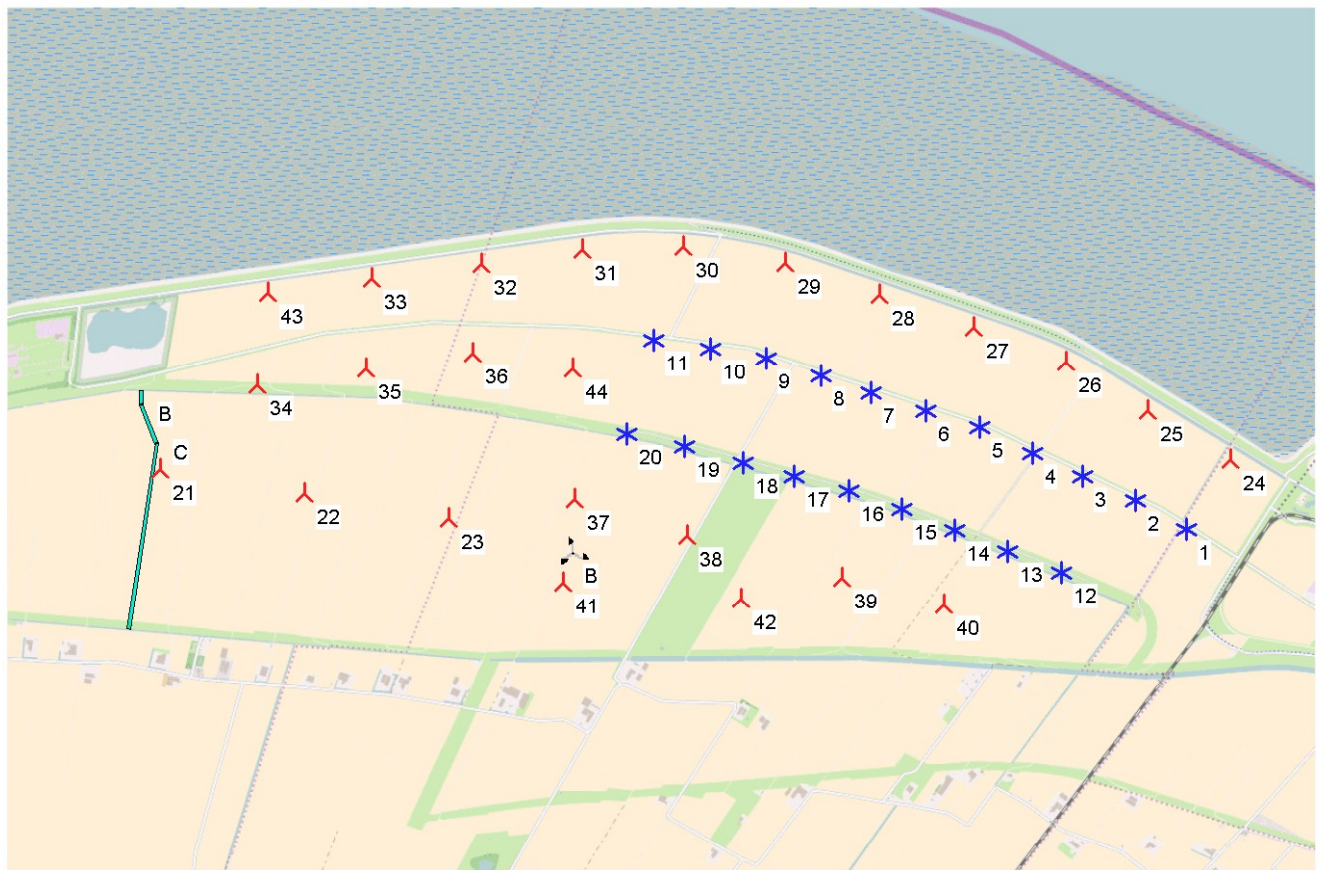
...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
27 New	246,989	609,162	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (218)
28 New	246,485	609,323	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (219)
29 New	245,980	609,481	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (220)
30 New	245,441	609,560	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (221)
31 New	244,901	609,536	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (222)
32 New	244,366	609,450	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (223)
33 New	243,785	609,361	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (224)
34 New	243,191	608,782	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (225)
35 New	243,763	608,879	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (226)
36 New	244,331	608,973	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (227)
37 New	244,887	608,208	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (228)
38 New	245,487	608,025	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (229)
39 New	246,315	607,819	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (230)
40 New	246,858	607,685	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (231)
41 New	244,833	607,764	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (232)
42 New	245,781	607,697	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (233)
43 New	243,239	609,272	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (234)
44 New	244,861	608,902	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (235)

PARK - Map

Calculation: 2c. Nuon



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,461 North: 608,622

New WTG
 Existing WTG
 Meteorological Data
 Obstacle

VIII

BIJLAGE: VARIANT 2C (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

Project:

variant Nuon 2c

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 4:17 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 2c. Nuon zonder prototype

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.238 kg/m³ to 1.240 kg/m³
 Air density relative to standard 101.0 % to 101.3 %
 Hub altitude above sea level (asl) 98.0 m to 120.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.3 °C to 8.4 °C
 Pressure at WTGs 999.9 hPa to 1,002.5 hPa

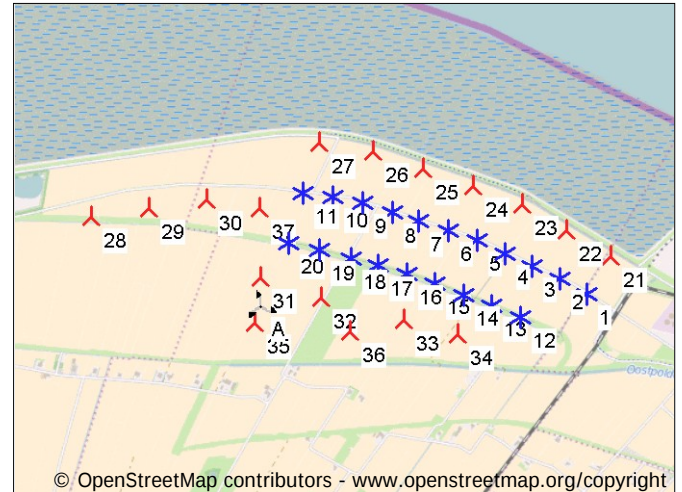
Wake Model Parameters

From angle To angle Terrain type Wake decay constant
 [°] [°]
 -180.0 180.0 Open farmland 0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:75,000

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Name of wind distribution

Height Type

Wind energy

Mean wind speed

A 244,875 607,930 EmdConwx_N53.450_E006.740 (5) (1) 100.0 WEIBULL 5,346 8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result		GROSS (no loss)		Park efficiency		Specific results ^{a)}		Full load hours		Mean wind speed @hub height	
	PARK	[MWh/y]	Free WTGs	[MWh/y]	[%]	Capacity factor	Mean WTG result	[MWh/y]	[Hours/year]		[m/s]	
Wind farm		510,134.1		585,419.2	87.1	40.1	13,787.4		3,518		8.6	
New WTGs only		350,911.4		386,274.1	90.8	47.1	20,641.8		4,128		8.8	
Existing park WTGs only		159,222.7		199,145.1	80.0	30.3	7,961.1		2,654		8.5	
Existing park WTGs without new WTGs		175,430.1		199,145.1	88.1		8,771.5					
Reduction for existing park WTGs caused by new		16,207.3										

a) Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 17 new WTGs with total 85.0 MW rated power

WTG type									Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name					
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]	
21 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,848.9	91.76	47.6	8.76	
22 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,103.2	88.47	45.9	8.76	
23 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,889.2	87.53	45.4	8.76	
24 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,855.6	87.38	45.3	8.76	
25 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	19,888.9	87.53	45.4	8.76	
26 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,060.6	88.29	45.8	8.76	
27 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,574.5	90.55	46.9	8.76	
28 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	22,014.6	96.89	50.2	8.76	
29 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,482.5	94.55	49.0	8.76	
30 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,089.7	92.82	48.1	8.76	
31 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,580.5	90.58	47.0	8.76	
32 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,245.0	89.10	46.2	8.76	
33 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,411.8	89.83	46.6	8.76	
34 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,896.8	91.97	47.7	8.76	
35 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	21,464.1	94.46	49.0	8.76	
36 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,847.0	91.75	47.6	8.76	
37 A	Yes	GAMESA	G132-5,000	5,000	132.0	120.0	0.0	USER	Level 0 - Calculated - 107.5 dB	20,658.4	90.92	47.1	8.76	

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

PARK - Main Result

Calculation: 2c. Nuon zonder prototype

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

Links	WTG type		Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Calculated prod. without new WTGs	Annual Energy			Park Efficiency
	Valid	Manufact.						Creator	Name		After New WTGs	Decrease due to new WTGs		
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]	
1 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,689.6	407.3 4.5	88.92	
2 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,101.5	525.3 6.1	82.91	
3 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,754.7	622.1 7.4	79.36	
4 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,575.6	730.7 8.8	77.52	
5 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,531.9	727.6 8.8	77.08	
6 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,463.2	779.9 9.5	76.37	
7 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,513.5	723.8 8.8	76.89	
8 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,504.3	788.3 9.5	76.79	
9 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,657.8	751.2 8.9	78.36	
10 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,829.5	752.8 8.8	80.12	
11 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	8,069.3	951.8 10.6	82.58	
12 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,479.3	457.8 5.1	86.77	
13 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,933.1	729.1 8.4	81.18	
14 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,751.9	834.4 9.7	79.33	
15 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,620.4	902.1 10.6	77.98	
16 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,652.5	864.1 10.1	78.31	
17 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,615.9	956.3 11.2	77.94	
18 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,660.0	1,162.1 11.8	78.68	
19 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,826.6	1,166.3 11.7	80.19	
20 A	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,991.9	1,374.3 13.3	81.69	

WTG siting

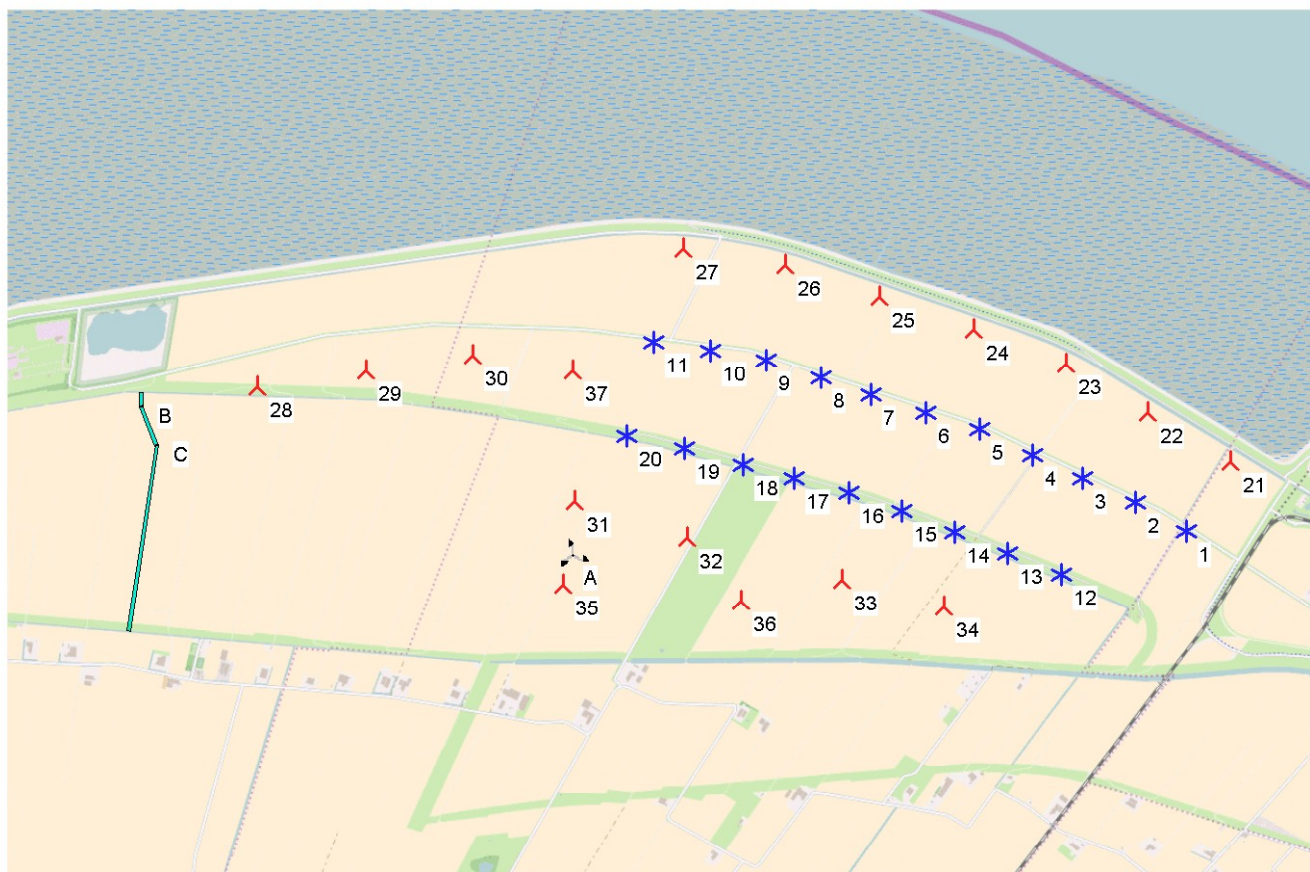
Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

				[m]	
1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (1)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (2)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (3)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (4)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (5)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (6)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (7)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (8)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (9)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (10)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (11)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (12)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (13)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (14)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (15)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (16)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (17)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (19)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (20)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (21)
21 New	248,363	608,484	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (215)
22 New	247,923	608,738	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (216)
23 New	247,480	608,989	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (217)
24 New	246,989	609,162	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (218)
25 New	246,485	609,323	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (219)
26 New	245,980	609,481	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (220)
27 New	245,441	609,560	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (221)
28 New	243,191	608,782	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (225)
29 New	243,763	608,879	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (226)
30 New	244,331	608,973	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (227)
31 New	244,887	608,208	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (228)
32 New	245,487	608,025	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (229)
33 New	246,315	607,819	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (230)
34 New	246,858	607,685	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (231)
35 New	244,833	607,764	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (232)
36 New	245,781	607,697	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (233)
37 New	244,861	608,902	0.0	GAMESA G132 5000 132.0 !O!	hub: 120.0 m (TOT: 186.0 m) (235)

PARK - Map

Calculation: 2c. Nuon zonder prototype



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,461 North: 608,622

▲ New WTG
 ✱ Existing WTG
 ▲ Meteorological Data
 — Obstacle

IX

BIJLAGE: VARIANT 3A

Project:

Variant 3a

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/4/2016 12:08 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.238 kg/m³ to 1.242 kg/m³
 Air density relative to standard 101.0 % to 101.4 %
 Hub altitude above sea level (asl) 87.0 m to 120.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.3 °C to 8.5 °C
 Pressure at WTGs 999.9 hPa to 1,003.9 hPa

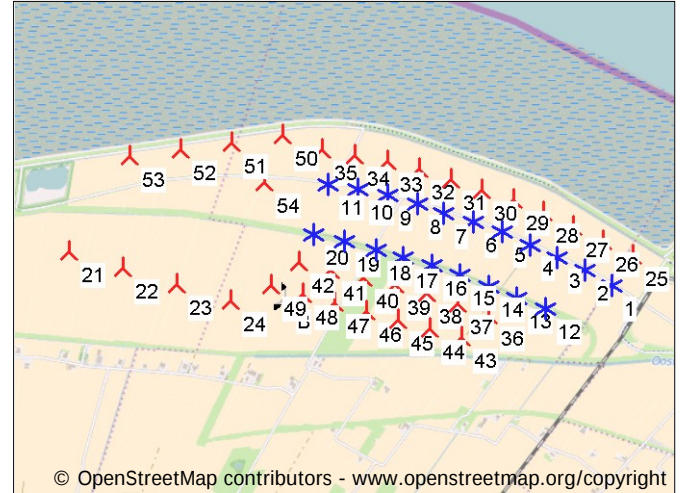
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:75,000
 New WTG Existing WTG Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	75.0	WEIBULL	5,119	8.5
B	244,875	607,930	EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}			
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]	Mean wind speed @hub height [m/s]
Wind farm	557,809.5	670,775.6	83.2	33.5	10,329.8	2,936	8.4
New WTGs only	404,348.3	471,630.4	85.7	35.5	11,892.6	3,110	8.4
Existing park WTGs only	153,461.2	199,145.1	77.1	29.2	7,673.1	2,558	8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5		
Reduction for existing park WTGs caused by new	21,968.9						

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 34 new WTGs with total 130.0 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Displacement height [m]	Power curve		Annual Energy Result [MWh]	Park Efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean wind speed [m/s]
	Valid	Manuf.	Type-generator					Creator	Name				
21 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	30,638.0	95.75	46.6	8.76
22 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	29,907.5	93.47	45.5	8.76
23 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	29,689.9	92.79	45.2	8.76
24 B	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	29,737.4	92.94	45.2	8.76
25 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,049.7	86.05	30.6	8.26
26 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,519.2	80.38	28.6	8.26
27 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,314.9	78.20	27.8	8.26
28 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,204.9	77.02	27.4	8.26
29 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,145.1	76.38	27.2	8.26
30 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,127.0	76.19	27.1	8.26
31 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,131.9	76.24	27.1	8.26
32 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,229.3	77.28	27.5	8.26
33 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,249.5	77.50	27.6	8.26
34 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,335.9	78.42	27.9	8.26
35 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,618.1	81.44	29.0	8.26
36 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,511.6	80.30	28.6	8.26
37 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,047.4	75.34	26.8	8.26
38 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	6,900.9	73.77	26.2	8.26
39 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	6,881.3	73.56	26.2	8.26
40 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	6,930.0	74.08	26.4	8.26
41 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,033.4	75.19	26.7	8.26
42 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,379.9	78.89	28.1	8.26

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal

...continued from previous page

Links	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
43 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,078.5	86.36	30.7	8.26
44 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,809.7	83.48	29.7	8.26
45 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,754.2	82.89	29.5	8.26
46 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,726.3	82.59	29.4	8.26
47 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,741.0	82.75	29.4	8.26
48 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,799.6	83.38	29.7	8.26
49 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,857.5	84.00	29.9	8.26
50 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,353.2	88.15	44.2	8.76
51 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,690.3	89.69	44.9	8.76
52 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,973.9	90.98	45.6	8.76
53 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,527.9	93.50	46.8	8.76
54 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	120.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,453.6	88.61	44.4	8.76

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

WTG type									Power curve		Annual Energy			Park
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs	Decrease due to new WTGs	Efficiency	
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]	
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,700.1	396.9 4.4	89.03	
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,056.3	570.6 6.6	82.44	
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,679.4	697.4 8.3	78.59	
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,481.1	825.1 9.9	76.56	
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,344.5	915.1 11.1	75.16	
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,306.4	936.7 11.4	74.77	
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,276.3	961.0 11.7	74.46	
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,274.6	1,018.1 12.3	74.44	
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,356.7	1,052.3 12.5	75.28	
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,452.8	1,129.5 13.2	76.27	
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	7,725.1	1,296.0 14.4	79.05	
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,482.5	454.6 5.1	86.80	
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,766.6	895.7 10.3	79.48	
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,282.7	1,303.6 15.2	74.53	
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,135.0	1,387.6 16.3	73.01	
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,056.6	1,460.0 17.1	72.21	
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,054.5	1,517.6 17.7	72.19	
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,136.8	1,685.4 17.2	73.92	
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,281.2	1,711.7 17.1	75.23	
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	8,612.2	1,754.0 16.9	78.24	

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description

[m]

1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (54)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (55)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (56)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (57)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (58)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (59)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (60)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (61)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (62)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (63)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (64)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (65)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (66)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (67)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (68)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (69)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (70)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (71)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (72)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (73)
21 New	242,722	608,346	0.0	X 7.5-150 7500 150.0 !-!	hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (75.1)

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal

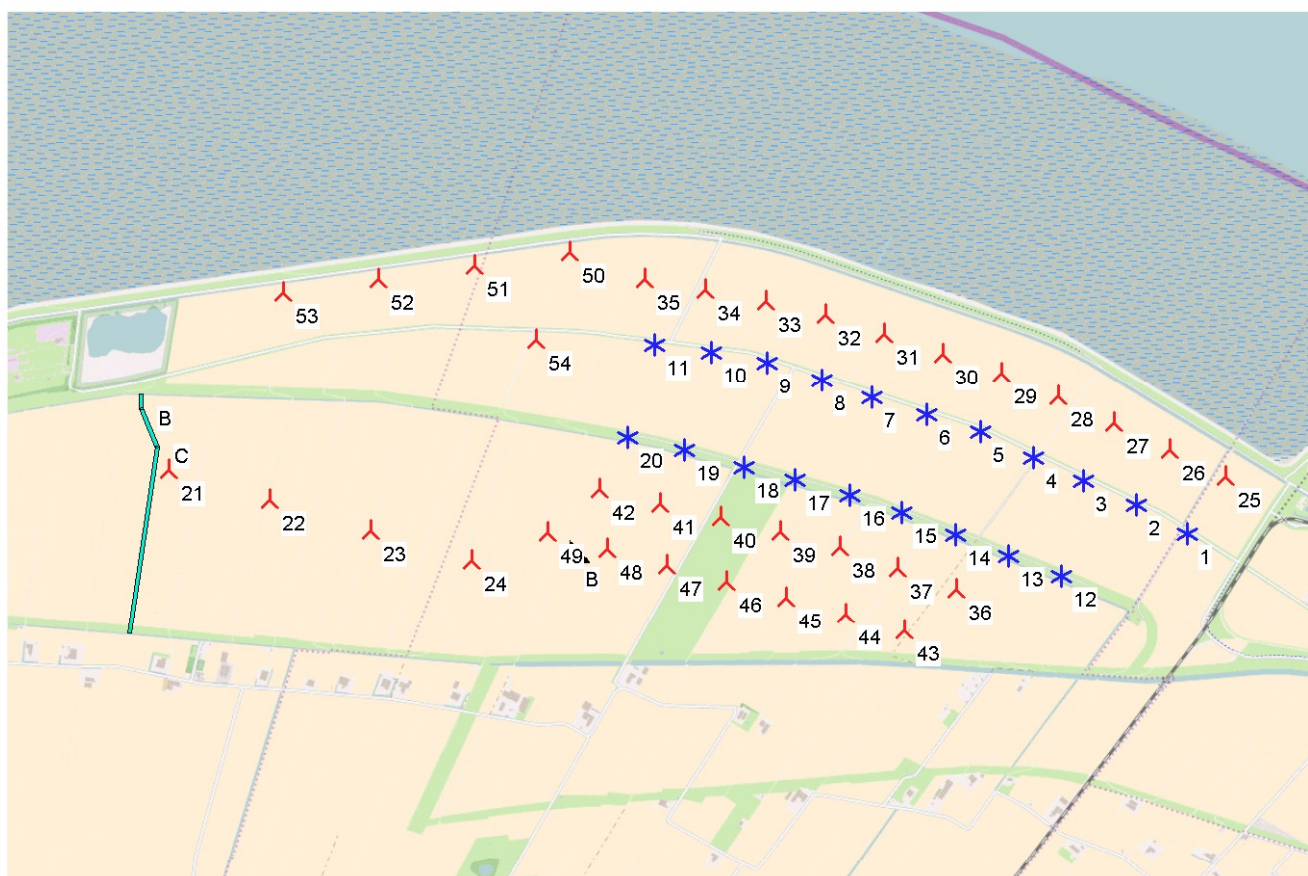
...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
22 New	243,261	608,195	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (75.2)
23 New	243,801	608,044	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (75.3)
24 New	244,340	607,893	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (75.4)
25 New	248,336	608,417	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.1)
26 New	248,038	608,554	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.2)
27 New	247,740	608,691	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.3)
28 New	247,442	608,829	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.4)
29 New	247,138	608,943	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.1)
30 New	246,824	609,040	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.2)
31 New	246,511	609,138	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.3)
32 New	246,198	609,235	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.4)
33 New	245,879	609,303	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.1)
34 New	245,555	609,354	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.2)
35 New	245,231	609,406	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.3)
36 New	246,915	607,792	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.1)
37 New	246,605	607,899	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.2)
38 New	246,295	608,005	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.3)
39 New	245,978	608,079	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.1)
40 New	245,657	608,148	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.2)
41 New	245,336	608,217	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.3)
42 New	245,016	608,285	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.4)
43 New	246,648	607,565	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.1)
44 New	246,330	607,646	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.2)
45 New	246,012	607,728	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.3)
46 New	245,694	607,809	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.4)
47 New	245,376	607,890	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.5)
48 New	245,059	607,971	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.6)
49 New	244,741	608,052	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.7)
50 New	244,831	609,542	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (133.1)
51 New	244,325	609,462	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (133.2)
52 New	243,820	609,381	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (133.3)
53 New	243,314	609,301	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (133.4)
54 New	244,660	609,076	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 120.0 m (TOT: 184.0 m) (134)

PARK - Map

Calculation: 3a. integraal



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,448 North: 608,554

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Obstacle



BIJLAGE: VARIANT 3A (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal zonder prototype

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1.240 kg/m ³ to 1.242 kg/m ³
Air density relative to standard	101.2 % to 101.4 %
Hub altitude above sea level (asl)	87.0 m to 105.0 m
Annual mean temperature at hub alt.	8.4 °C to 8.5 °C
Pressure at WTGs	1,001.7 hPa to 1,003.9 hPa

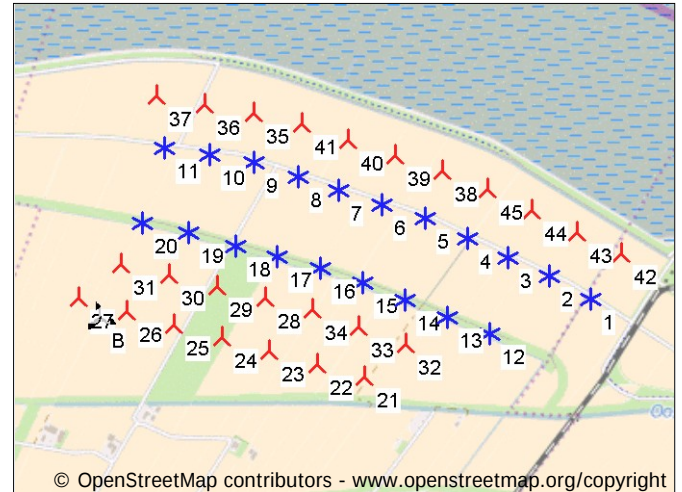
Wake Model Parameters

Wake decay constant 0.075 Open farmland

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°]	Wind speed [m/s]
start end step	start end step
0.5 360.0 1.0	0.5 30.5 1.0



Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Scale 1:50,000

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Name of wind distribution

	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A 244,875 607,930 EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	75.0	WEIBULL	5,119	8.5
B 244,875 607,930 EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) (1)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK [MWh/y]	GROSS (no loss) Free WTGs [MWh/y]	Park efficiency [%]	Specific results ^{a)}				Mean wind speed @hub height [m/s]
				Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]	Full load hours [Hours/year]		
Wind farm	345,949.0	433,011.3	79.9	29.2	7,687.8	2,563		8.4
New WTGs only	189,643.5	233,866.1	81.1	28.8	7,585.7	2,529		8.3
Existing park WTGs only	156,305.5	199,145.1	78.5	29.7	7,815.3	2,605		8.5
Existing park WTGs without new WTGs	175,430.1	199,145.1	88.1		8,771.5			
Reduction for existing park WTGs caused by new	19,124.5							

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 25 new WTGs with total 75.0 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
21 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,112.9	86.73	30.8	8.26
22 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,854.2	83.96	29.9	8.26
23 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,820.8	83.60	29.7	8.26
24 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,829.6	83.70	29.8	8.26
25 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,932.2	84.79	30.2	8.26
26 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,145.2	87.07	31.0	8.26
27 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,598.6	91.92	32.7	8.26
28 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	6,979.3	74.61	26.5	8.26
29 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,073.0	75.61	26.9	8.26
30 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,294.2	77.97	27.7	8.26
31 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,874.0	84.17	29.9	8.26
32 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,550.0	80.71	28.7	8.26
33 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,099.5	75.89	27.0	8.26
34 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	6,967.9	74.49	26.5	8.26
35 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,400.5	79.11	28.1	8.26
36 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,678.5	82.08	29.2	8.26
37 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,391.3	89.70	31.9	8.26
38 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,180.9	76.76	27.3	8.26
39 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,174.8	76.70	27.3	8.26
40 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,203.5	77.01	27.4	8.26
41 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,318.6	78.23	27.8	8.26

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal zonder prototype

...continued from previous page

Links	WTG type							Power curve		Annual Energy	Park		
	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Result	Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
42 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,061.4	86.18	30.7	8.26
43 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,534.1	80.54	28.6	8.26
44 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,336.5	78.43	27.9	8.26
45 A	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	87.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	7,231.9	77.31	27.5	8.26

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

Calculated Annual Energy for each of 20 existing park WTGs with total 60.0 MW rated power

WTG type									Power curve		Annual Energy			Park
Links	Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Creator	Name	Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs	Decrease due to new WTGs	Efficiency	
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]	
1 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,096.9	8,714.2	382.8 4.2	89.18	
2 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,626.9	8,072.1	554.8 6.4	82.60	
3 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,376.8	7,699.8	677.0 8.1	78.79	
4 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,306.3	7,507.5	798.8 9.6	76.83	
5 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,259.6	7,375.0	884.5 10.7	75.47	
6 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,243.1	7,350.0	893.0 10.8	75.22	
7 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,237.3	7,338.1	899.2 10.9	75.09	
8 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,292.7	7,376.1	916.5 11.1	75.48	
9 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,409.0	7,522.0	887.0 10.5	76.97	
10 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,582.3	7,777.0	805.2 9.4	79.59	
11 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	9,021.1	8,386.7	634.4 7.0	85.82	
12 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,937.2	8,501.2	436.0 4.9	87.00	
13 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,662.2	7,788.9	873.3 10.1	79.71	
14 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,586.3	7,311.9	1,274.4 14.8	74.83	
15 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,522.6	7,176.4	1,346.2 15.8	73.44	
16 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,516.6	7,114.1	1,402.6 16.5	72.80	
17 B	Yes	ENERCON	E-82 E4-3,000	3,000	82.0	98.0	0.0	EMD	Level 0 - official - Mode 0 - 08/2014	8,572.1	7,147.5	1,424.6 16.6	73.14	
18 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,822.2	8,312.1	1,510.1 15.4	75.51	
19 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	9,992.8	8,604.1	1,388.8 13.9	78.17	
20 B	Yes	VESTAS	V90-3,000	3,000	90.0	105.0	0.0	EMD	Mode 0	10,366.2	9,231.0	1,135.3 11.0	83.86	

WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Z Row data/Description
[m]

1 Exist	248,138	608,111	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (54)
2 Exist	247,862	608,259	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (55)
3 Exist	247,582	608,380	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (56)
4 Exist	247,314	608,499	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (57)
5 Exist	247,029	608,630	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (58)
6 Exist	246,742	608,714	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (59)
7 Exist	246,449	608,803	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (60)
8 Exist	246,182	608,889	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (61)
9 Exist	245,888	608,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (62)
10 Exist	245,593	609,025	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (63)
11 Exist	245,291	609,061	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (64)
12 Exist	247,475	607,871	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (65)
13 Exist	247,189	607,975	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (66)
14 Exist	246,906	608,082	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (67)
15 Exist	246,621	608,192	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (68)
16 Exist	246,341	608,281	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (69)
17 Exist	246,049	608,355	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 98.0 m (TOT: 139.0 m) (70)
18 Exist	245,777	608,418	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (71)
19 Exist	245,461	608,501	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (72)
20 Exist	245,155	608,563	0.0	VESTAS V90 60Hz 3000 90.0 !O!	hub: 105.0 m (TOT: 150.0 m) (73)
21 New	246,648	607,565	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.1)
22 New	246,330	607,646	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.2)
23 New	246,012	607,728	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.3)
24 New	245,694	607,809	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.4)
25 New	245,376	607,890	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.5)
26 New	245,059	607,971	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.6)
27 New	244,741	608,052	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O!	hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (126.7)

To be continued on next page...

PARK - Main Result

Calculation: 3a. integraal zonder prototype

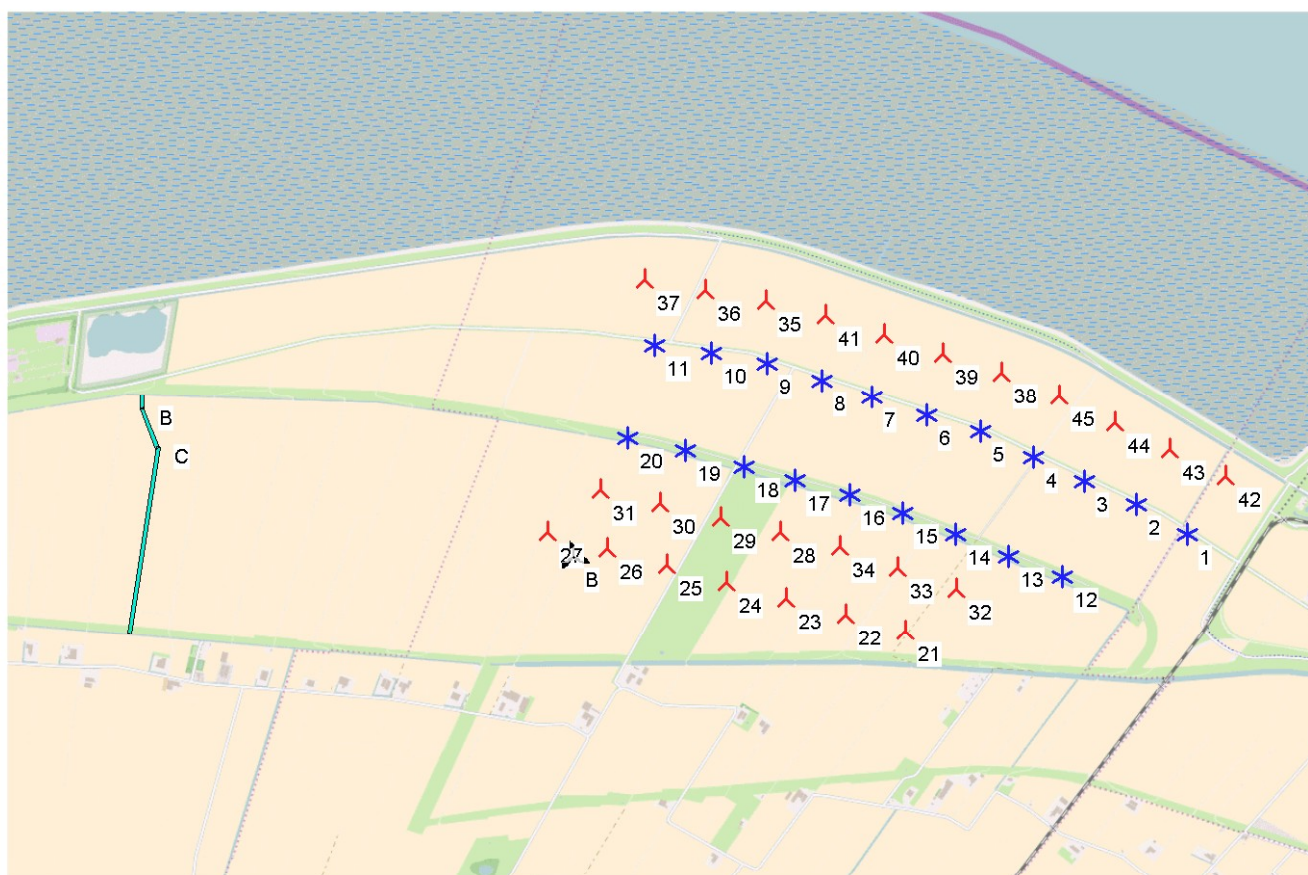
...continued from previous page

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
28 New	245,978	608,079	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.1)
29 New	245,657	608,148	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.2)
30 New	245,336	608,217	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.3)
31 New	245,016	608,285	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (122.4)
32 New	246,915	607,792	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.1)
33 New	246,605	607,899	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.2)
34 New	246,295	608,005	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (121.3)
35 New	245,879	609,303	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.1)
36 New	245,555	609,354	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.2)
37 New	245,231	609,406	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (120.3)
38 New	247,138	608,943	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.1)
39 New	246,824	609,040	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.2)
40 New	246,511	609,138	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.3)
41 New	246,198	609,235	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (119.4)
42 New	248,336	608,417	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.1)
43 New	248,038	608,554	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.2)
44 New	247,740	608,691	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.3)
45 New	247,442	608,829	0.0	ENERCON E-82 E4 3000 82.0 !O! hub: 87.0 m (TOT: 128.0 m) (118.4)

PARK - Map

Calculation: 3a. integraal zonder prototype



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,448 North: 608,486

New WTG
 Existing WTG
 Meteorological Data
 Obstacle

XI

BIJLAGE: VARIANT 3B

Project:

Variant 3b

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/7/2016 12:01 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 3b. integraal

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1.231 kg/m ³ to 1.238 kg/m ³
Air density relative to standard	100.4 % to 101.0 %
Hub altitude above sea level (asl)	120.0 m to 180.0 m
Annual mean temperature at hub alt.	7.9 °C to 8.3 °C
Pressure at WTGs	992.6 hPa to 999.9 hPa

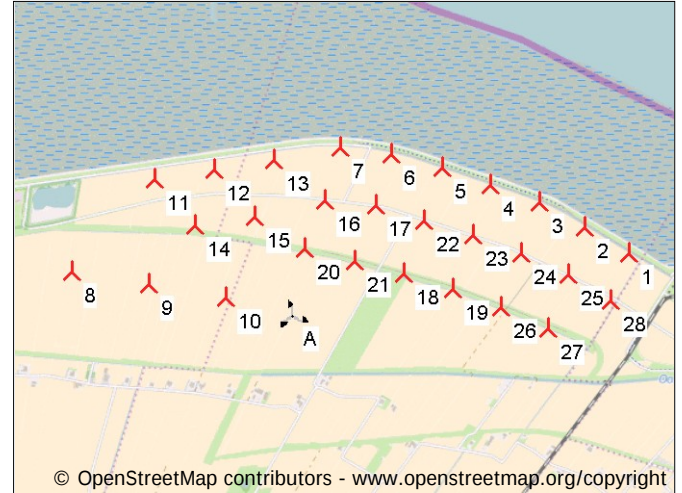
Wake Model Parameters

From angle	To angle	Terrain type	Wake decay constant
[°]	[°]		
-180.0	180.0	Open farmland	0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°]			Wind speed [m/s]		
start	end	step	start	end	step
0.5	360.0	1.0	0.5	30.5	1.0



Scale 1:75,000

New WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Name of wind distribution	Height [m]	Type	Wind energy [kWh/m ²]	Mean wind speed [m/s]
A	244,875	607,930	EmdConwx_N53.450_E006.740 (5)	100.0	WEIBULL	5,346	8.5
B	244,875	607,930	EmdConwx_N53.450_E006.740 (5)	150.0	WEIBULL	6,060	8.5
C	244,875	607,930	EmdConwx_N53.450_E006.740 (5)	200.0	WEIBULL	7,082	8.6

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result	GROSS (no loss)	Park	Specific results		Full load hours	Mean wind speed @hub height
	PARK [MWh/y]	Free WTGs [MWh/y]	efficiency [%]	Capacity factor [%]	Mean WTG result [MWh/y]		
Wind farm	689,443.0	768,179.5	89.8	47.0	24,623.0	4,116	8.9

*) Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 28 new WTGs with total 167.5 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
1 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,939.8	90.27	45.5	8.89
2 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,310.1	87.42	44.1	8.89
3 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,142.0	86.66	43.7	8.89
4 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,048.8	86.24	43.5	8.89
5 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,021.4	86.11	43.4	8.89
6 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,141.2	86.66	43.7	8.89
7 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,230.1	87.06	43.9	8.89
8 C	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	54,101.6	97.53	61.7	9.36
9 C	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	53,154.2	95.82	60.6	9.36
10 C	No	X	10-230-10,000/1	10,000	230.0	180.0	0.0	USER	X10-230	52,966.9	95.49	60.4	9.36
11 A	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	29,384.7	91.83	44.7	8.76
12 A	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	28,030.2	87.60	42.6	8.76
13 A	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	27,737.0	86.68	42.2	8.76
14 A	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	28,303.9	88.46	43.1	8.76
15 A	No	X	7,5-150-7,500	7,500	150.0	120.0	0.0	USER	X7,5-150 EW	27,626.1	86.34	42.0	8.76
16 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	18,808.0	85.15	42.9	8.89
17 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	18,820.3	85.20	42.9	8.89
18 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,709.5	89.23	45.0	8.89
19 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,785.0	89.57	45.1	8.89
20 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,475.5	88.17	44.4	8.89
21 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,677.2	89.08	44.9	8.89
22 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	18,865.2	85.41	43.0	8.89
23 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	18,903.6	85.58	43.1	8.89
24 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,050.5	86.24	43.5	8.89
25 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,353.6	87.62	44.2	8.89
26 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,993.2	90.51	45.6	8.89
27 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,495.7	92.79	46.8	8.89
28 B	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,367.6	92.21	46.5	8.89

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

11/7/2016 12:03 PM / 1

11/7/2016 12:03 PM / 1

windPRO

PARK - Main Result

Calculation: 3b. integraal

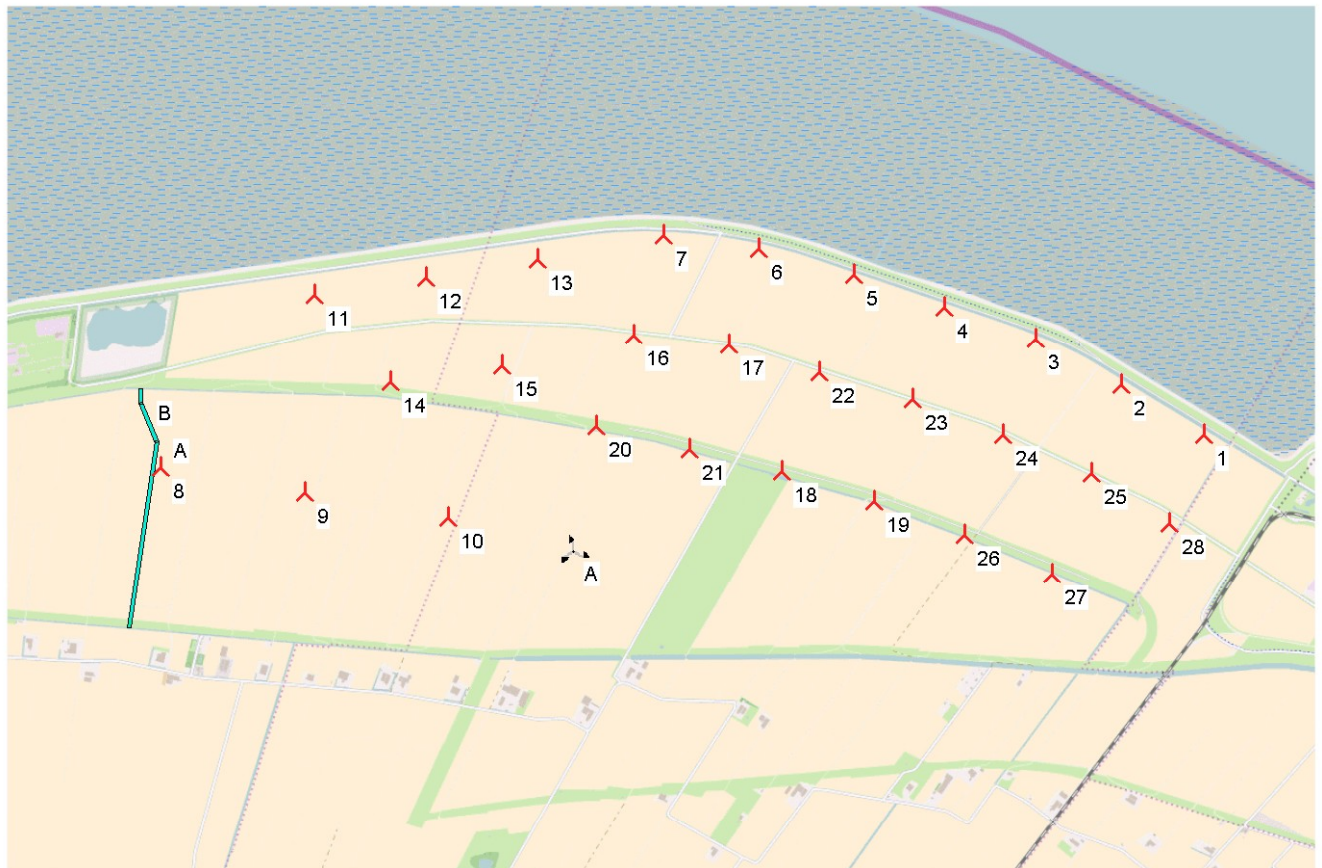
WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
1 New	248,219	608,607	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (128.1)
2 New	247,775	608,861	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (128.2)
3 New	247,318	609,099	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.1)
4 New	246,832	609,261	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.2)
5 New	246,346	609,422	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.3)
6 New	245,841	609,552	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (130.1)
7 New	245,332	609,609	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (130.2)
8 New	242,682	608,328	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (174.1)
9 New	243,449	608,210	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (174.2)
10 New	244,217	608,092	0.0	X 10-230 10000-1 230.0 !-! hub: 180.0 m (TOT: 295.0 m) (174.3)
11 New	243,485	609,261	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (175.1)
12 New	244,075	609,365	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (175.2)
13 New	244,666	609,470	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (175.3)
14 New	243,896	608,804	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (176.1)
15 New	244,488	608,904	0.0	X 7,5-150 7500 150.0 !-! hub: 120.0 m (TOT: 195.0 m) (176.2)
16 New	245,181	609,078	0.0	95.4°, 512.0 m
17 New	245,692	609,039	0.0	
18 New	245,984	608,369	0.0	107.7°, 512.0 m
19 New	246,475	608,223	0.0	
20 New	244,993	608,592	0.0	104.0°, 512.0 m
21 New	245,492	608,478	0.0	
22 New	246,175	608,897	0.0	105.9°, 512.0 m
23 New	246,670	608,766	0.0	
24 New	247,153	608,588	0.0	113.9°, 512.0 m
25 New	247,625	608,390	0.0	
26 New	246,957	608,051	0.0	113.9°, 512.0 m
27 New	247,429	607,853	0.0	
28 New	248,045	608,136	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (212)

PARK - Map

Calculation: 3b. integraal



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,390 North: 608,731

 New WTG  Meteorological Data  Obstacle

XII

BIJLAGE: VARIANT 3B (EXCL. TEST- EN ONTWIKKELINGSTURBINES)

Project:

Variant 3b

Licensed user:

Witteveen+Bos

Van Twickelostraat 2

NL-7411 SC DEVENTER

+31 570 69 76 76

Witteveen+Bos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:

11/7/2016 12:06 PM/3.0.639

PARK - Main Result

Calculation: 3b. integraal zonder prototype

Wake Model

N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode Individual per WTG
 Result for WTG at hub altitude 1.237 kg/m³
 Air density relative to standard 100.9 %
 Hub altitude above sea level (asl) 130.0 m
 Annual mean temperature at hub alt. 8.2 °C
 Pressure at WTGs 998.6 hPa

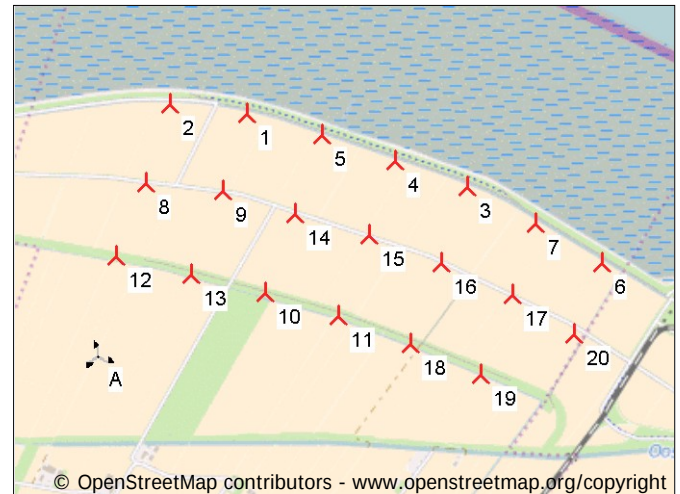
Wake Model Parameters

From angle To angle Terrain type Wake decay constant
 [°] [°]
 -180.0 180.0 Open farmland 0.075

Displacement heights from objects

Wake calculation settings

Angle [°] Wind speed [m/s]
 start end step start end step
 0.5 360.0 1.0 0.5 30.5 1.0



Scale 1:50,000

New WTG

Meteorological Data

Key results for height 100.0 m above ground level

Terrain Dutch Stereo-RD/NAP 2000

X (east) Y (north) Name of wind distribution

Height Type

Wind energy

Mean wind speed

A 244,875 607,930 EmdConvwx_N53.450_E006.740 (5) 150.0 WEIBULL 6,060 8.5

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Specific results ^{a)}						
	Result	GROSS (no loss)	Park efficiency	Capacity factor	Mean WTG result	Full load hours	Mean wind speed @hub height
	PARK [MWh/y]	Free WTGs [MWh/y]	[%]	[%]	[MWh/y]	[Hours/year]	[m/s]
Wind farm	396,373.2	441,777.1	89.7	45.2	19,818.7	3,964	8.9

^{a)} Based on wake reduced results, but no other losses included

Calculated Annual Energy for each of 20 new WTGs with total 100.0 MW rated power

Links	WTG type			Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Displacement height	Power curve		Annual Energy Result	Park Efficiency	Capacity factor	Mean wind speed
	Valid	Manufact.	Type-generator					Creator	Name				
				[kW]	[m]	[m]	[m]			[MWh]	[%]	[%]	[m/s]
1 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,623.2	88.84	44.8	8.89
2 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,432.2	92.50	46.6	8.89
3 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,245.3	87.13	43.9	8.89
4 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,212.0	86.98	43.8	8.89
5 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,310.1	87.42	44.1	8.89
6 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,998.6	90.54	45.6	8.89
7 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,392.7	87.79	44.2	8.89
8 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,282.2	91.82	46.3	8.89
9 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,412.1	87.88	44.3	8.89
10 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,063.5	90.83	45.8	8.89
11 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,019.9	90.63	45.7	8.89
12 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,956.9	94.88	47.8	8.89
13 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,342.8	92.10	46.4	8.89
14 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,158.2	86.73	43.7	8.89
15 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,067.0	86.32	43.5	8.89
16 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,168.1	86.78	43.7	8.89
17 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	19,441.5	88.01	44.4	8.89
18 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,164.5	91.29	46.0	8.89
19 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,634.4	93.42	47.1	8.89
20 A	Yes	GAMESA	G128-5,000	5,000	128.0	130.0	0.0	EMD	Level 0 - Calculated - 108.5 dB - 04-2013	20,447.9	92.57	46.7	8.89

Annual Energy results do not include any losses apart from wake losses. Additional losses and uncertainty must be considered for an investment decision.

PARK - Main Result

Calculation: 3b. integraal zonder prototype

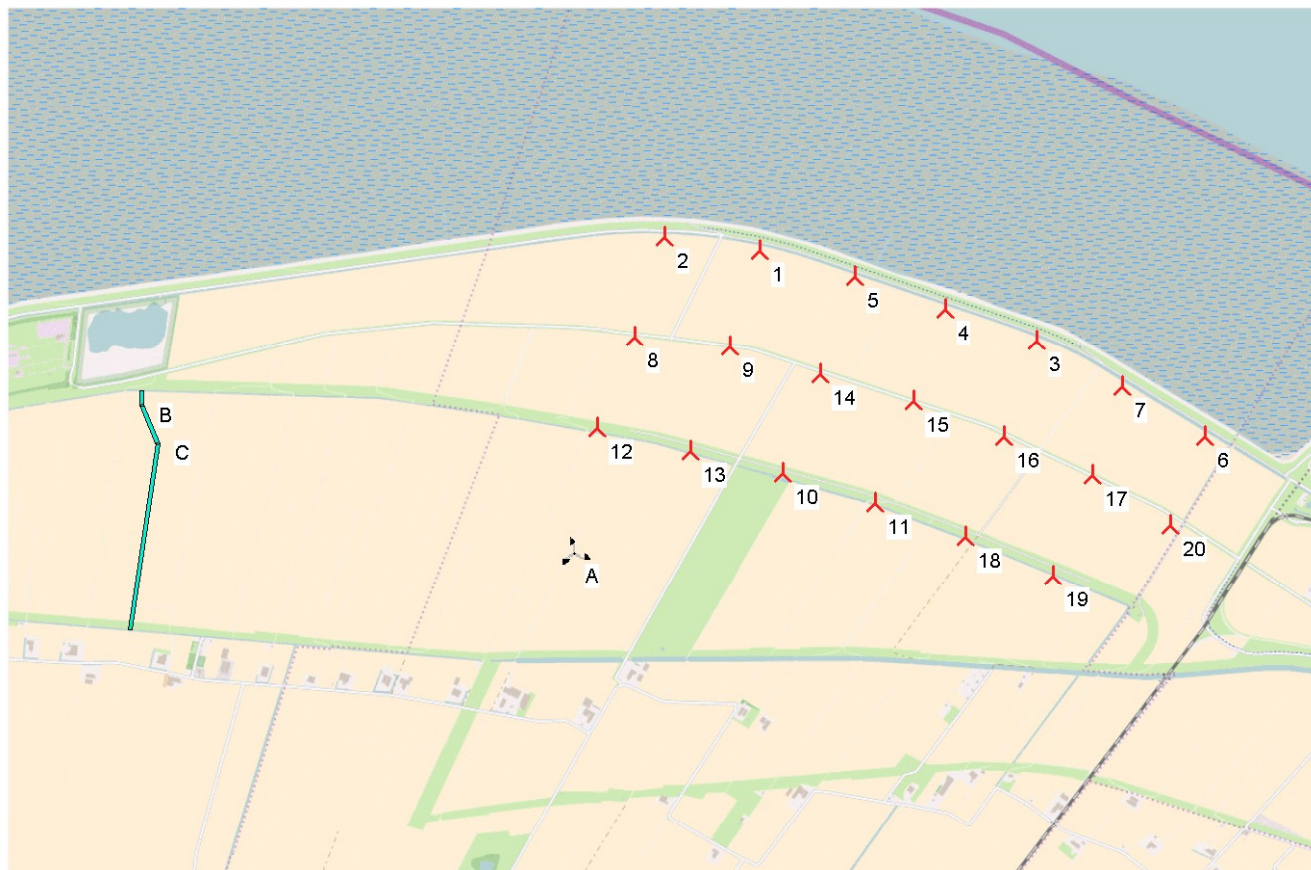
WTG siting

Dutch Stereo-RD/NAP 2000

	X (east)	Y (north)	Z	Row data/Description
			[m]	
1 New	245,841	609,552	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (130.1)
2 New	245,332	609,609	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (130.2)
3 New	247,318	609,099	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.1)
4 New	246,832	609,261	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.2)
5 New	246,346	609,422	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (129.3)
6 New	248,219	608,607	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (128.1)
7 New	247,775	608,861	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (128.2)
8 New	245,181	609,078	0.0	95.4°, 512.0 m
9 New	245,692	609,039	0.0	
10 New	245,984	608,369	0.0	107.7°, 512.0 m
11 New	246,475	608,223	0.0	
12 New	244,993	608,592	0.0	104.0°, 512.0 m
13 New	245,492	608,478	0.0	
14 New	246,175	608,897	0.0	105.9°, 512.0 m
15 New	246,670	608,766	0.0	
16 New	247,153	608,588	0.0	113.9°, 512.0 m
17 New	247,625	608,390	0.0	
18 New	246,957	608,051	0.0	113.9°, 512.0 m
19 New	247,429	607,853	0.0	
20 New	248,045	608,136	0.0	GAMESA G128 5000 128.0 !O! hub: 130.0 m (TOT: 194.0 m) (212)

PARK - Map

Calculation: 3b. integraal zonder prototype



© OpenStreetMap contributors - www.openstreetmap.org/copyright

0 500 1000 1500 2000 m

Map: Open Street Map 001, Print scale 1:40,000, Map center Dutch Stereo-RD/NAP 2000 East: 245,390 North: 608,731

New WTG

Meteorological Data

Obstacle

