NOTITIE

Onderwerp	Energieopbrengst berekening Duurzame Polder - Gemeente Oss
Project	Duurzame Polder
Opdrachtgever	Gemeente Oss
Projectcode	140764
Status	Definitief
Datum	28 Augustus 2024
Referentie	140764/24-012.352
Auteur(s)	J. de Vries MSc
Gecontroleerd door	J.A. Zoete MSc
Goedgekeurd door	R. de Jong MSc
Paraaf	
Bijlage(n)	I Resultaten energieopbrengstberekeningen
Aan	-
Kopie	-

1 INLEIDING

De energiedoelstelling van Duurzame Polder is geconcretiseerd en verschilt per gemeente (gemeente Oss en gemeente ’s-Hertogenbosch).

In de RES 1.0 is de energiedoelstelling van de gehele gemeente Oss vastgesteld op 0,28 terawattuur (TWh), waarvan 0,24 TWh nog te realiseren. De gemeente Oss heeft het doel om een resterende RES-opgave van 0,514 PJ (dit is 143 GWh per jaar) met de windturbines van Duurzame Polder op te wekken.

Verschillende factoren beïnvloeden de te verwachten energieopbrengst; bijvoorbeeld het type windturbine, de (onderlinge) positie van de windturbine, turbulentie van de wind door de grond, windafvang tussen windturbines, windsnelheid, windrichting, luchtdichtheid en onderhoud van windturbines. De gemeente Oss wil graag beter inzicht krijgen in de te verwachten energieopbrengst van verschillende opstellingen van het voorkeursalternatief (VKA).

Het doel van voorliggend document is om de gemeente Oss te informeren over de verwachte energieopbrengst van verschillende opties voor het VKA van het windpark in de Duurzame Polder. Hierbij geldt het uitgangspunt dat de energiedoelstelling van 0,514 PJ wordt behaald. Hierbij richt deze notitie zich op de energieopbrengsten in de gemeente Oss. De resultaten voor ’s-Hertogenbosch worden daarom verder niet beschouwd.

2 OPTIES

Voor deze notitie zijn verschillende mogelijke opstellingen voor de windturbines in Oss doorgerekend. Het uitgangspunt is dat veertien windturbines in de gemeente 's-Hertogenbosch worden ontwikkeld, waarbij een grid-opstelling van toepassing is. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de verschillende opties. De a-varianten (en c-variant voor optie 1) representeren de bovengrens van de opties. De b-varianten (en d-variant voor optie 1) representeren de ondergrens van de opties. De b-varianten houden nadrukkelijker rekening met mogelijk optredende risico's, zoals risico's voor natuur.

Tabel 2.1 Overzicht van de doorgerekende opties

Optie	Variant	Aantal windturbines in gemeente Oss	Aantal windturbines in gemeente 's-Hertogenbosch
optie 1	a	8 in grid-opstelling	14 in grid-opstelling
	b	6 in grid-opstelling	
	c	11 in zwerm-opstelling	
	d	8 in zwerm-opstelling	
optie 2	a	5 in lijn-opstelling	
	b	7 in zwerm-opstelling	
optie 3	a	9 in zwerm-opstelling	
	b	7 in zwerm-opstelling	
optie 4	a	11 in zwerm-opstelling	
	b	8 in zwerm-opstelling	
optie 5	a	10 in zwerm-opstelling	
	b	8 in zwerm-opstelling	

Optie 1 - Het gepresenteerde concept-VKA

Optie 1a - Gepresenteerde concept-VKA - 8 windturbines

Afbeelding 2.1 geeft optie 1a voor Duurzame Polder weer. Dit is het concept-VKA dat eerder is gepresenteerd[1] en is onderzocht in een voorgaande energieopbrengstberekening.

[1] Zie hiervoor: https://www.duurzamepolder.nl/storage/files/108/ontwerpnota-hns-compressed.pdf (d.d. 18 januari 2024).

Afbeelding 2.1 Opstelling van optie 1a

Optie 1b - Rekening houden met risico's - 6 windturbines

Afbeelding 2.2 geeft optie 1b weer. Ten opzichte van optie 1a zijn twee windturbines vervallen door optredende risico's voor natuur en het mogelijk invoeren van een minimale afstand van twee keer de tiphoogte tot woningen.

Afbeelding 2.2 Opstelling van optie 1b

Optie 1c - Volledige uitvulling VKA-gebied - 11 windturbines
Afbeelding 2.3 geeft optie 1c weer. Om te zoeken naar een hogere energie opwek is in deze optie het concept-VKA gebied, inclusief gebieden in de 1-2 km zone tot de kernen maximaal ingevuld.

Afbeelding 2.3 Opstelling van optie 1c

Optie 1d - Volledige uitvulling VKA-gebied, rekening houden met risico's - 8 windturbines
Afbeelding 2.4 geeft optie 1d weer. Ten opzichte van optie 1c zijn drie windturbines vervallen door optredende risico's voor onder andere natuur en minimale afstand van twee keer de tiphoogte.

Afbeelding 2.4 Opstelling van optie 1d

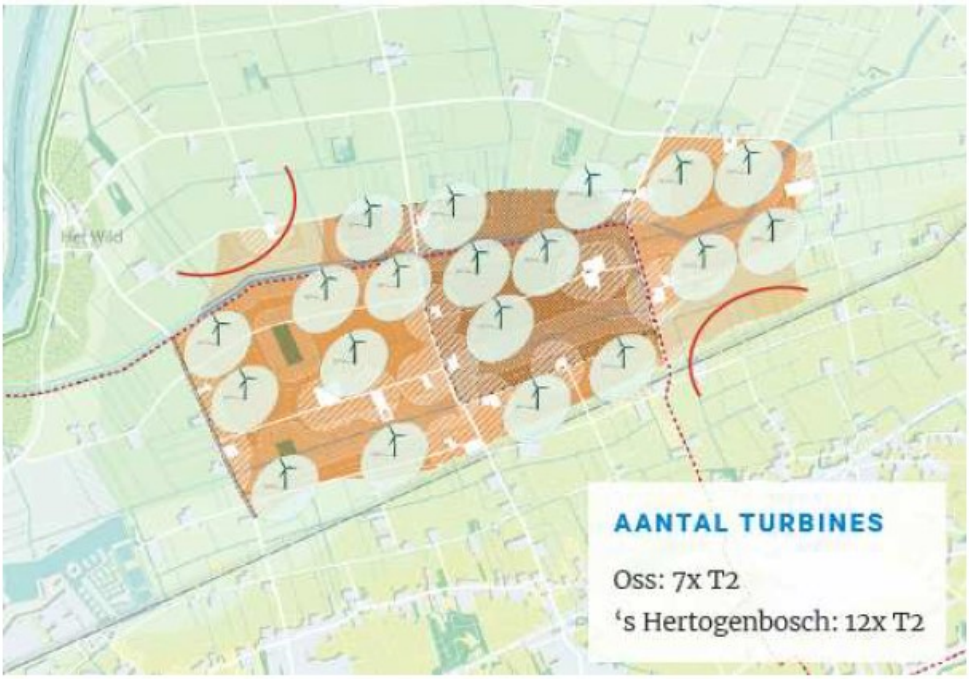
Optie 2 - Rekening houden met 2 km afstand in het huidige concept-VKA gebied

Optie 2a - Aanhouden lijnopstelling en schrappen windmolens binnen 1-2 km zone - 5 windturbines
Afbeelding 2.5 geeft optie 2a weer. Ten opzichte van optie 1a zijn in optie 2a drie windturbines binnen de 2 km zone in het noordwesten en het zuidoosten afgevallen.

Afbeelding 2.5 Opstelling van optie 2a

Optie 2b - Zwermopstelling - 7 windturbines
Afbeelding 2.6 geeft optie 2b weer. Ten opzichte van optie 2a is een windturbine vervallen om rekening te houden met de 2 km zone en optredende risico's voor natuur. Daarnaast zijn extra windturbines toegevoegd rondom de Hertogswetering. De opstelling voor in gemeente 's-Hertogenbosch is onjuist weergegeven. Voor optie 2b geldt dat er in gemeente 's-Hertogenbosch veertien windturbines staan, net zoals in de andere opties.

Afbeelding 2.6 Opstelling van optie 2b. De opstelling in gemeente 's-Hertogenbosch is onjuist weergegeven



Optie 3 - Uitbreiding VKA richting noordoosten

Optie 3a - Bovengrens VKA met uitbreiding richting noordoosten - 9 windturbines
In optie 3 wordt ingezet op het uitbreiden van het windpark richting het noordoosten. Afbeelding 2.7 geeft optie 3a weer. Optie 3a betreft de opstelling waarbij is bepaald wat maximaal binnen het gebied voor optie 3 gerealiseerd kan worden.

Afbeelding 2.7 Opstelling van optie 3a

Optie 3b - Ondergrens VKA met uitbreiding richting noordoosten - 7 windturbines

Afbeelding 2.8 geeft optie 3b weer. In optie 3b wordt ten opzichte van optie 3a rekening gehouden met optredende risico's, voor met name een minimale afstand van twee keer de tiphoogte en grondposities.

Afbeelding 2.8 Opstelling van optie 3b

Optie 4 - Uitbreiding VKA gebied noordoost met westelijke uitbreiding

Optie 4a - Bovengrens met uitbreiding van het VKA gebied aansluitend aan noordoost uitbreiding - 11 windturbines

Voor optie 4 is het uitbreidingsgebied naar het noordoosten verder uitgebreid naar het westen (westzijde Weisestraat). Afbeelding 2.9 geeft optie 4a weer. Net zoals optie 3a betreft optie 4a de opstelling waarbij is bepaald wat maximaal binnen het gebied voor optie 4 gerealiseerd kan worden.

Afbeelding 2.9 Opstelling van optie 4a

Optie 4b - Ondergrens van het VKA met uitbreidingsgebied- 8 windturbines

Afbeelding 2.10 geeft optie 4b weer. Net zoals optie 3b vervallen in optie 4b windturbines om rekening te houden met optredende risico's, zoals het ontbreken van grondposities.

Afbeelding 2.10 Opstelling van optie 4b

Optie 5 - Uitbreiding richting Gewandeweg

Optie 5a - Bovengrens uitbreiding in noordelijke richting - 10 windturbines

In optie 5 vindt geen uitbreiding plaats richting het noordoosten zoals voor opties 3 en 4. In plaats daarvan vindt uitbreiding plaats richting het noorden (ten noorden van de Gewandeweg). Afbeelding 2.11 geeft optie 5a weer. Net zoals opties 3a en 4a betreft optie 5a de opstelling waarbij is bepaald wat maximaal binnen het gebied voor optie 5 gerealiseerd kan worden.

Afbeelding 2.11 Opstelling van optie 5a

Optie 5b Ondergrens uitbreiding in noordelijke richting - 8 windturbines

Afbeelding 2.12 geeft optie 5b weer. Net zoals opties 3b en 4b vervallen in optie 5b windturbines om rekening te houden met optredende risico's, zoals het weidevogelgebied ten westen van de Weisestraat en de nabijheid van de Hertogswetering.

Afbeelding 2.12 Opstelling van optie 5b

3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Referentieturbine

Voor het bepalen van de energieopbrengst van de opties is één windturbinetype voor alle windturbines die de opties omvatten gehanteerd. De referentieturbine is:

- Vestas V172: deze turbine heeft een vermogen van 7,2 MW, een ashoogte van 175 m en een rotordiameter van 172 m.

3.2 Input parameters energieopbrengst model

Winddata

In eerdere energieopbrengstberekening is uitgegaan van winddata vanuit het KNMI. Hierbij gold als uitgangspunt een windsnelheid van 8.1 m/s. Hierbij is aangegeven dat de gebruikte winddata naar verwachting een overschatting van de werkelijke energieopbrengst oplevert. Dit is een verwachting op basis van expert judgement. Om deze reden is eerder geadviseerd om de gegeven waarden niet te gebruiken als feitelijk gegeven in verdere analyses en onderbouwingen. Aanbevolen is om bij concrete initiatieven lokale windmetingen uit te voeren en de energieopbrengsten met de gemeten waarden opnieuw te berekenen.

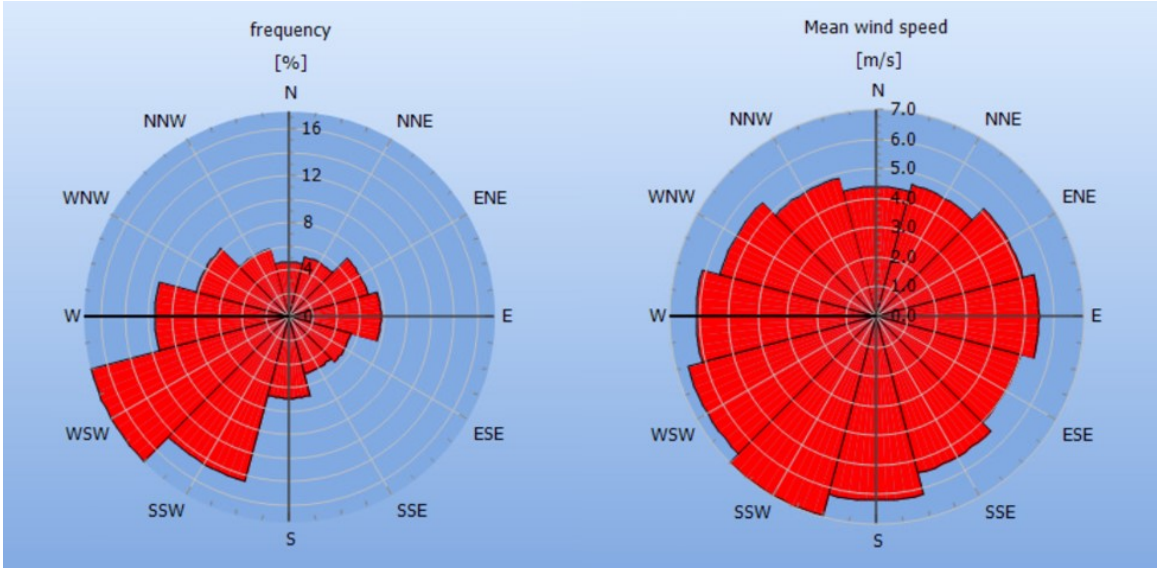
Initiatiefnemer Windcollectief Oss-Den Bosch (WCOD) heeft dergelijke windmetingen laten uitvoeren naar de windsnelheden in de Duurzame Polder. Deze winddata is door WCOD ter beschikking gesteld ten behoeve van voorliggende energieopbrengstberekening.

De winddata omvat windstatistieken over het jaar 2019. Deze winddata zijn gemeten op een hoogte van 150 m doormiddel van Lidar. De winddata zijn in afbeelding 3.1 weergegeven. Op de afbeelding is weergegeven hoe vaak een bepaalde windsnelheid voorkomt gedurende een jaar en uit welke richting de

wind komt. Dit is weergegeven met een windroos. 2019 was een relatief 'normaal' windjaar. Dit betekent dat de winddata een representatief beeld geven van de gemiddelde windsnelheid in de Duurzame Polder. Er is geen sprake van een onder- of overschatting die niet binnen reguliere variaties valt. Dit blijkt ook uit rapportage van het KNMI[1]

De gemodelleerde windsnelheid voor de Vestas V172 is 7,8 m/s. Dit bevestigt de eerdere verwachting dat het uitgangspunt (8,1 m/s) een overschatting is van de daadwerkelijke windsnelheid in de Duurzame Polder.

Afbeelding 3.1 Windsnelheid en richting gedurende een jaar op een hoogte van 150 m

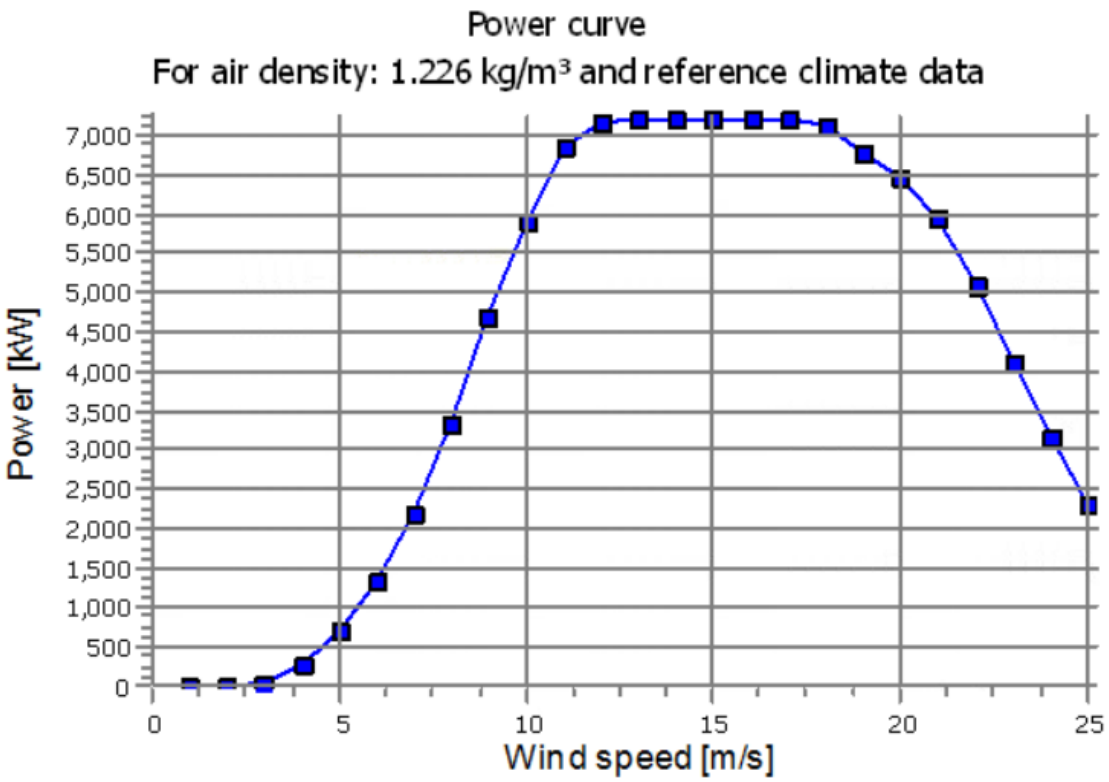


Powercurve

Ieder type windturbine heeft een zogenoemde power curve. De power curve geeft weer hoeveel energie een windturbine op kan wekken bij een bepaalde windsnelheid. Door de winddata van de gemeten windsnelheid gedurende een jaar en de power curve te combineren kan de verwachte energieopbrengst op deze locatie met een bepaalde referentieturbine bepaald worden. In deze power curve is de Wet van Betz (welke aangeeft dat niet alle windenergie effectief kan worden omgezet) al meegenomen. Afbeelding 3.2 toont de power curve van de referentieturbine, de Vestas V172.

[1] Https://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/klimatologie/gegevens/mow/jow_2019.pdf.

Afbeelding 3.2 Power curve van de Vestas V172



Ieder type windturbine heeft een andere omzettingsefficiëntie (ook wel capacity factor genoemd). Doorgaans geven hogere windsnelheden een grotere omzettingsefficiëntie. Dit betekent dat hogere windturbines, welke meer wind kunnen vangen, een hogere omzettingsefficiëntie hebben.

Ruigheid ondergrond

Niet alle wind is even bruikbaar voor een windturbine. Aan de grond vindt turbulentie plaats wat ervoor zorgt dat de wind minder bruikbaar wordt voor het opwekken van energie. Daarom zijn de 'Corine land cover 2018' voor de ruwheid van de ondergrond en een combinatie van de AHN3 + NASADEM datasets voor de hoogte van de ondergrond meegenomen in het model.

Wake model

Windafvang is het verstoren van de luchtstromen door windturbines. Hierdoor ontstaan turbulente luchtstromen die minder 'bruikbaar' zijn voor de omliggende windturbines die in deze turbulente luchtstromen staan. Dit resulteert erin dat deze windturbines minder efficiënt energie op kunnen wekken. In WindPro is het N.O. Jensen Park 2 model gebruikt om deze windafvang te bepalen en mee te nemen in de energieopbrengst berekening. De toegepaste Wake Decay Constant is 0,090. Dit is de standaard voor windturbines op land.

3.3 Aannames

In de energieopbrengst berekening is onderscheid gemaakt tussen de P50 energieopbrengst en de P90 energieopbrengst. De P50-waarde houdt in dat er een kans van 50 % is dat de werkelijke energieopbrengst in een jaar hoger is dan de berekende energieopbrengst en dat er een kans van 50 % is dat de werkelijke energieopbrengst in een jaar lager is dan de berekende energieopbrengst. Dit heeft dus invloed op de zekerheid dat de doelstelling van de gemeente Oss voor de Duurzame Polder (0,514 PJ) wordt behaald.

De P90-waarde is de energieopbrengst waarbij er een kans van 90 % is dat de werkelijke energieopbrengst hoger is dan deze berekende energieopbrengst. De P90-waarde geeft dus meer zekerheid over het behalen van de doelstelling van de gemeente Oss van 0,514 PJ dan de P50-waarde. Dit komt omdat wordt uitgegaan van lagere energieopbrengsten die in 90 % van de gevallen statistisch gezien worden behaald.

WindPro bepaalt de P50-waarde op basis van de uitgangspunten uit paragraaf 3.2. Daarbij kunnen energieverliezen worden toegepast die de energieopbrengst verminderen. Om de P90-waarde te bepalen zijn de onzekerheden die bestaan in onder anderen de winddata, het rekenmodel, de power curve en de energieverliezen meegenomen in de energieopbrengstberekening. Eén van de onzekerheden is de jaarlijkse variabiliteit in de windomstandigheden (snelheid, richting, etc.). In voorliggende berekening is uitgegaan van een P90-waarde voor een periode van 1 jaar. Dit is een worst-case benadering. Over een langere periode zijn de windomstandigheden mogelijk stabieler wat de variabiliteit kan beperken.

Energieverliezen

In eerdere energieopbrengstberekeningen voor de Duurzame Polder is uitgegaan van 8 % aan energieverliezen[1]. De energieverliezen zijn na aanvullende informatie verder gespecificeerd en aangepast naar 13,1 %, naast de windafvang (die door het gebruikte rekenmodel in WindPro wordt toegepast). Op basis van twee studies van de National Renewable Energy Laboratory, 'Wind Plant Preconstruction Energy Estimates: Current Practice and Opportunities' en 'An overview of wind-energy-production prediction bias, losses, and uncertainties', en de handleiding van WindPro kan worden gesteld dat de toegepaste energieverliezen realistisch zijn (zie opsomming). De energieverliezen zijn geconcretiseerd voor de locatie-specifieke omstandigheden in de Duurzame Polder. Hierbij is tevens onderzocht welke aannames voor andere windparkontwikkelingen worden aangehouden.

De meegenomen energieverliezen in de voorliggende berekening, naast de windafvang van het windpark, zijn:
- 4,0 % doordat windturbines niet beschikbaar zijn (door bijvoorbeeld onderhoud);
- 0,1 % doordat het elektriciteitsnet buiten werking is (bijvoorbeeld door onderhoud);
- 0,1 % doordat het elektriciteitsstation niet gebruikt kan worden (bijvoorbeeld door onderhoud);
- 2,0 % doordat de windturbines niet functioneren volgens de power curve;
- 2,0 % door energieverliezen in elektrische verbindingen;
- 1,0 % door energieverliezen bij de omzetting van wind naar elektriciteit;
- 0,1 % door het gebruik van energie (elektriciteit) door de windturbines zelf;
- 0,3 % door het stilzetten van de windturbines door ijsvorming, bliksem, etc.;
- 1,3 % door het minder functioneren van de windturbines door wiekdegradatie;
- 3,0 % door wind sector management: het stilzetten van de windturbines om de fysieke krachten op de windturbine te verminderen (tijdens bijvoorbeeld veel wind).

Let op: deze overige energieverliezen kunnen niet 1-op-1 bij elkaar worden opgeteld, maar worden op een bepaalde manier samengevoegd om tot de totale energieverlies van 13.1 % te komen.

Een aantal factoren welke de energieopbrengstberekeningen verminderen zijn niet meegenomen. Deze factoren zijn afhankelijk van keuzes naar aanleiding van nader onderzoek. Het bepalen van deze factoren dient plaats te vinden in de projectMER-fase. Dit betreft onder anderen:
- stilstand door slagschaduwmitigatie (wanneer de windturbine wordt stilgezet om slagschaduw op gebouwen te voorkomen);
- stilstand door zwermen vogels nabij de windturbine (met detectieapparatuur kan een windturbine uitgezet worden wanneer zwermen vogels zijn gedetecteerd);
- curtailment (wanneer de windturbine geen stroom aan het elektriciteitsnet kan leveren, omdat hiervoor tijdelijk geen ruimte is, zoals bij netcongestie).

[1] 'Voor turbulentie vanuit de bebouwing in 's-Hertogenbosch is gerekend met energieverlies van 3 %. Voor stilstand door slagschaduwmitigatie, het voorkomen van aanvaring met zwermen vogels en curtailment is gerekend met een standaard energieverlies van 5 %.

Onzekerheden

De totale onzekerheid die is meegenomen in de P90 energieopbrengst berekening is ongeveer 16 %. Dit varieert per optie door de onzekerheid voor de windafvang die wordt meegenomen. De aanvullend meegenomen onzekerheden voor het berekenen van de P90 energieopbrengst zijn, op basis van de drie eerder genoemde bronnen, de volgende:

- 5,0 % voor de onzekerheid in de metingen voor de toegepaste winddata;
- 3,0 % voor een correctie van de toegepaste winddata op een langere termijn;
- 6,0 % voor de variatie in windsnelheid in een jaar;
- 3,0 % voor een veranderd windklimaat in de toekomst;
- 2,5 % voor de verticale extrapolatie van de winddata naar de ashoogte van de windturbines;
- 2,0 % voor de horizontale extrapolatie van de winddata naar de locatie van de windturbines;
- 3,0 % voor de onzekerheid in de toegepaste power curve van de windturbines;
- een variabele onzekerheid voor de onzekerheid in de berekende windafvang. Doorgaans is de onzekerheid het dubbele van de berekende windafvang;
- 2,0 % voor de onzekerheid voor het functioneren van de windturbines volgens de power curve;
- 1,0 % voor de onzekerheid over de verwachte elektrische verliezen van het windpark;
- 1,3 % voor de onzekerheid over het minder functioneren van de windturbines door wiekdegradatie;
- 0,3 % voor de onzekerheid over het stilzetten van de windturbines door ijsvorming, bliksem, etc.;
- 5,0 % voor de onzekerheid in de benodigde wind sector management van de windturbines.

Let op: deze onzekerheden kunnen niet 1-op-1 bij elkaar worden opgeteld, maar worden op een bepaalde manier samengevoegd om tot de totale onzekerheid van ongeveer 16 % te komen.

Een aantal factoren waar eveneens onzekerheden voor gelden zijn niet meegenomen, omdat hierover geen informatie of data bekend is in deze fase van het project. Dit betreft:

- onzekerheid over de toegepaste referentieturbine in WindPro;
- onzekerheid in de toegepaste terrein data;
- onzekerheid in de locatie-specifieke impact op de power curve;
- onzekerheid in de technische werking van de windturbine;
- onzekerheid in de beschikbaarheid van de windturbines, het net en andere onderdelen van het energiesysteem;
- onzekerheid in het energieverbruik van het windpark zelf.

4 RESULTATEN

Tabel 4.1 en tabel 4.2 geven een overzicht van de resultaten. De windsnelheid die is toegepast op de ashoogte van 175 m is 7,8 m/s. De resultaten richten zich alleen op de energieopbrengsten die in gemeente Oss worden behaald. Het uitgangspunt is veertien windturbines in de gemeente ’s-Hertogenbosch. Bijlage I bevat de resultaten van de energieopbrengst berekeningen in WindPro.

De berekende energieopbrengsten zijn de P50- en P90-waardes.

Voor de berekeningen zijn de energieverliezen (van 13,1 % in totaal) meegenomen en zijn de overige uitgangspunten gehanteerd (voor onder anderen de ondergrond en de windstatistieken, verklaarbaar in verband met locatie-specifieke gegevens). De totale onzekerheid voor de P90 energieopbrengst berekening is ongeveer 16 %, afhankelijk van de opstelling.

Tabel 4.1 Uitkomsten van de energieopbrengstberekeningen voor de opties in gemeente Oss

	Optie 1a	Optie 1b	Optie 1c	Optie 1d	Optie 2a	Optie 2b
aantal windturbines in gemeente Oss	8	6	11	8	5	7
windafvang (%)	13,3	12,0	13,9	12,3	12,5	12,2
P50						
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): Totaal	482.170	444.337	543.814	486.863	419.860	465.548
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): gemeente Oss	175.981	135.769	239.261	179.487	109.733	155.784
energieopbrengst per windturbine (MWh per jaar) in gemeente Oss	21.998	22.628	21.751	22.436	21.947	22.250
P90 (1 jaar periode)						
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): Totaal	382.800	353.293	431.117	386.955	333.622	371.368
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): gemeente Oss	139.819	108.147	189.748	142.873	87.237	124.440
energieopbrengst per windturbine (MWh per jaar) in gemeente Oss	17.477	18.025	17.250	17.859	17.447	17.777

Tabel 4.2 Uitkomsten van de energieopbrengstberekeningen voor de opties in gemeente Oss (vervolg)

	Optie 3a	Optie 3b	Optie 4a	Optie 4b	Optie 5a	Optie 5b
aantal windturbines in gemeente Oss	9	7	11	8	10	8
windafvang (%)	12,7	12,4	13,3	12,8	13,0	12,7
P50						
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): Totaal	507.532	464.871	548.566	485.222	528.449	485.608
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): gemeente Oss	199.071	155.693	240.802	176.473	220.800	177.153
energieopbrengst per windturbine (MWh per jaar) in gemeente Oss	22.119	22.242	21.891	22.059	22.080	22.144
P90 (1 jaar periode)						
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): Totaal	403.365	369.558	435.679	385.586	419.888	385.924
energieopbrengst - alle energieverliezen (MWh per jaar): gemeente Oss	158.375	123.916	191.363	140.357	175.613	140.936

	Optie 3a	Optie 3b	Optie 4a	Optie 4b	Optie 5a	Optie 5b
energieopbrengst per windturbine (MWh per jaar) in gemeente Oss	17.597	17.702	17.396	17.545	17.561	17.617

De volgende conclusies kunnen hieruit worden getrokken:

- de P50-waardes laten zien dat **minimaal 7 windturbines** nodig zijn om boven de 143 GWh/jaar (0,514 PJ) aan energieopbrengst te behalen. Opties 1b en 2a behalen de doelstelling niet;
- de P90-waardes tonen dat **minimaal 9 windturbines** benodigd zijn. Acht windturbines leveren circa 3 GWh/jaar te weinig op om de energiedoelstelling in Oss met 90 % zekerheid te behalen te behalen. In de worst-case behalen opties 1a, 1d, 2b, 3b, 4b en 5b, naast de eerder genoemde opties, de energiedoelstelling ook niet. Een aandachtspunt hierbij is dat voor P90 energieopbrengst berekening is uitgegaan van de worst-case;
- opties 1c, 3a, 4a en 5a behalen de energiedoelstelling met zekerheid wel.

I

BIJLAGE: RESULTATEN ENERGIEOPBRENGSTBEREKENINGEN

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 2:43 PM/4.0.540

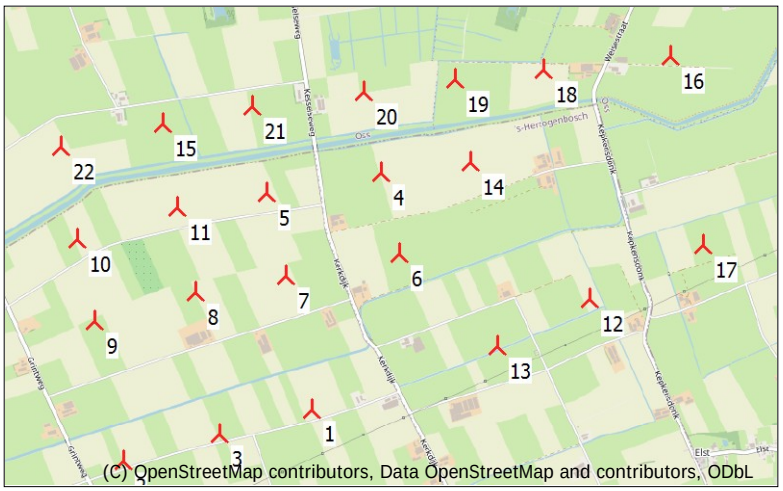
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 1a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1a

Count	22	
Rated power	158.4	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



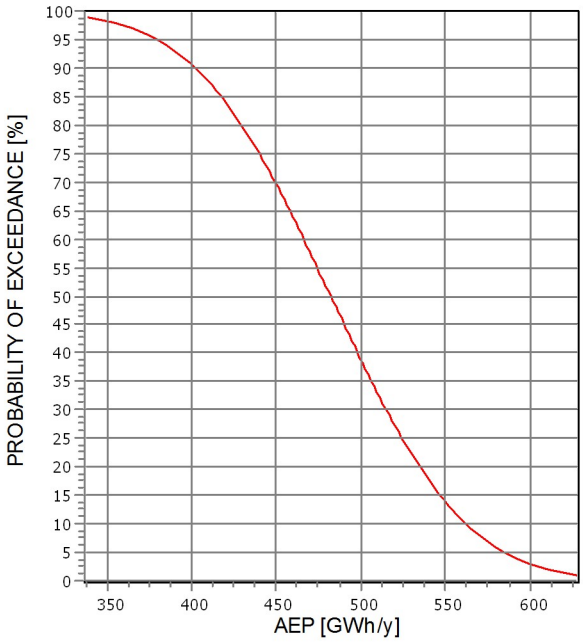
Scale: 50,000

RESULTS

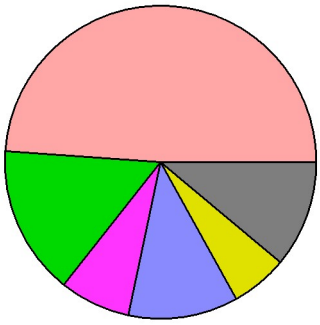
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	482.2	405.1	382.8
Capacity factor	[%]	34.7	29.2	27.6
Full load hours	[h/y]	3,044	2,557	2,417

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	640.2 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-158.0 GWh/y	-24.7 %	3.5 %
Wake loss		-13.3 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	482.2 GWh/y		16.1 %

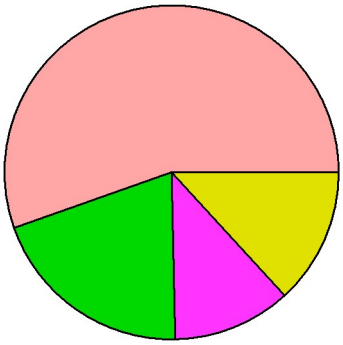


Loss: 24.7 %



1. Wake effects	13.3 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.1 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.5 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 2:43 PM/4.0.540

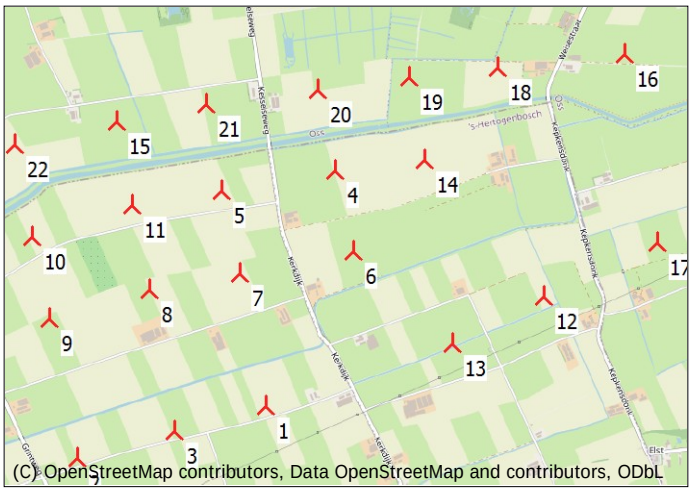
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 1a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1a

Count	22	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	158.4	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 50,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	640,194.0	0.0	24.7	16.1	482,170.0	405,061.0	382,800.1
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (125)	28,752.8	0.0	22.2	16.1	22,362.0	18,788.2	17,756.5
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (126)	28,639.2	0.0	18.0	16.0	23,472.8	19,744.5	18,668.1
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (127)	28,721.0	0.0	21.6	16.1	22,519.6	18,922.6	17,884.2
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (128)	29,223.1	0.0	29.7	16.4	20,536.5	17,181.4	16,212.7
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (129)	29,252.2	0.0	29.8	16.4	20,532.4	17,175.6	16,206.5
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (130)	29,024.1	0.0	26.2	16.2	21,424.4	17,971.1	16,974.2
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (131)	29,037.0	0.0	27.5	16.3	21,062.6	17,645.8	16,659.4
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (132)	29,021.1	0.0	26.0	16.2	21,487.4	18,021.9	17,021.4
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (133)	29,017.4	0.0	20.5	15.9	23,054.7	19,405.7	18,352.2
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (134)	29,215.3	0.0	21.6	15.9	22,908.2	19,287.3	18,242.0
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (135)	29,232.9	0.0	27.5	16.2	21,204.5	17,778.2	16,789.0
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (136)	28,862.7	0.0	23.0	16.0	22,234.2	18,686.8	17,662.7
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (137)	28,719.0	0.0	21.4	16.0	22,561.1	18,964.8	17,926.6
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (138)	29,166.7	0.0	28.6	16.3	20,828.7	17,445.0	16,468.2
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (139)	29,363.4	0.0	25.2	16.0	21,958.9	18,458.8	17,448.3
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (143)	29,262.1	0.0	21.7	15.8	22,914.6	19,310.5	18,270.0
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (144)	28,868.8	0.0	20.8	15.9	22,853.5	19,235.0	18,190.3
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (145)	29,356.0	0.0	26.7	16.1	21,509.3	18,065.5	17,071.3
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (146)	29,328.0	0.0	29.0	16.3	20,832.9	17,455.3	16,480.2
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (147)	29,375.8	0.0	28.1	16.2	21,134.0	17,724.6	16,740.3
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (148)	29,345.7	0.0	27.7	16.2	21,221.9	17,799.8	16,811.9
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (149)	29,409.6	0.0	19.9	15.7	23,555.9	19,870.7	18,806.8

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:04 PM/4.0.540

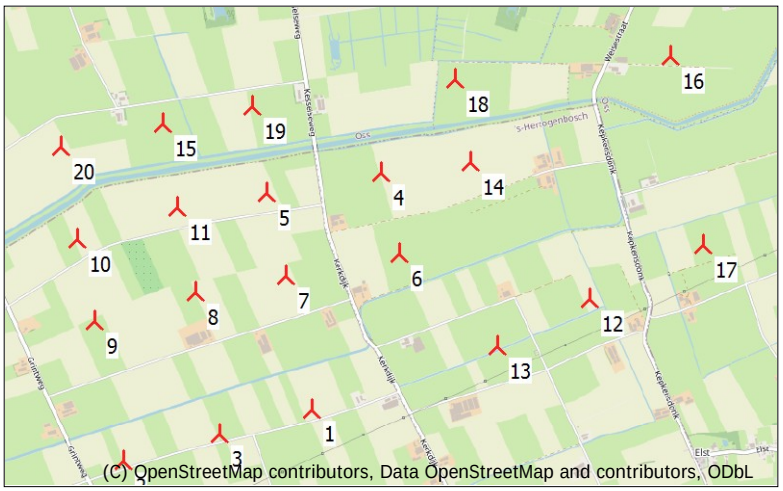
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 1b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1b

Count	20
Rated power	144.0 MW
Mean wind speed	7.8 m/s at hub height
Sensitivity	1.6 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1 Years



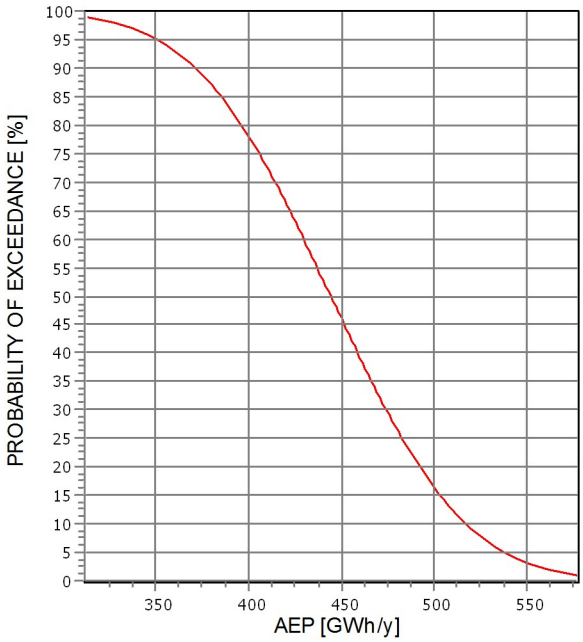
Scale: 50,000

RESULTS

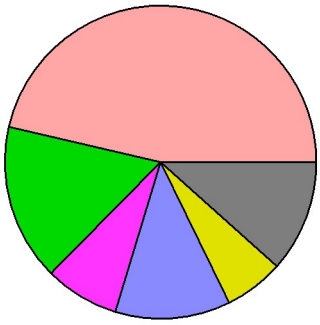
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	444.3	373.7	353.3
Capacity factor	[%]	35.2	29.6	28.0
Full load hours	[h/y]	3,086	2,595	2,453

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	581.5 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-137.1 GWh/y	-23.6 %	2.9 %
Wake loss		-12.0 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	444.3 GWh/y		16.0 %

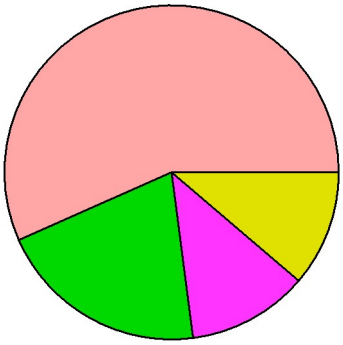


Loss: 23.6 %



1. Wake effects	12.0 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	2.9 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:04 PM/4.0.540

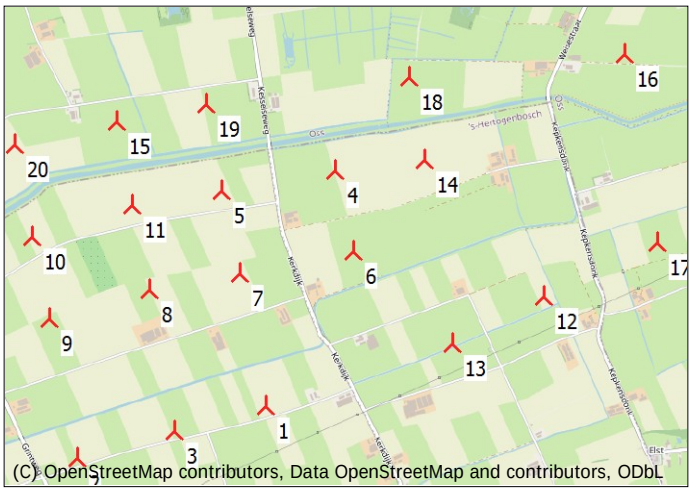
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 1b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1b

Count	20	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	144.0	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 50,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	581,462.2	0.0	23.6	16.0	444,336.9	373,688.9	353,293.3
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (125)	28,752.8	0.0	22.0	16.0	22,424.1	18,848.3	17,816.0
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (126)	28,639.2	0.0	17.9	16.0	23,514.2	19,780.5	18,702.6
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (127)	28,721.0	0.0	21.4	16.0	22,566.7	18,968.4	17,929.7
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (128)	29,223.1	0.0	28.1	16.2	21,020.9	17,633.8	16,656.0
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (129)	29,252.2	0.0	28.9	16.3	20,799.5	17,435.0	16,463.7
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (130)	29,024.1	0.0	25.7	16.1	21,567.0	18,110.3	17,112.4
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (131)	29,037.0	0.0	26.9	16.2	21,213.1	17,795.0	16,808.3
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (132)	29,021.1	0.0	25.6	16.1	21,577.2	18,113.9	17,114.1
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (133)	29,017.4	0.0	20.3	15.9	23,122.4	19,468.0	18,413.0
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (134)	29,215.3	0.0	21.3	15.9	22,982.8	19,357.5	18,310.9
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (135)	29,232.9	0.0	26.9	16.1	21,368.7	17,939.9	16,950.0
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (136)	28,862.7	0.0	22.5	16.0	22,378.6	18,820.4	17,793.2
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (137)	28,719.0	0.0	21.1	16.0	22,670.2	19,064.4	18,023.4
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (138)	29,166.7	0.0	26.8	16.1	21,362.2	17,937.4	16,948.7
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (139)	29,363.4	0.0	24.8	16.0	22,092.9	18,588.5	17,576.8
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (143)	29,262.1	0.0	19.9	15.7	23,428.7	19,764.2	18,706.2
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (144)	28,868.8	0.0	20.3	15.9	23,007.6	19,372.9	18,323.5
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (146)	29,328.0	0.0	24.9	15.9	22,023.4	18,531.6	17,523.5
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (148)	29,345.7	0.0	26.4	16.1	21,592.5	18,145.5	17,150.3
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (149)	29,409.6	0.0	19.7	15.7	23,624.4	19,932.8	18,867.1

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:23 PM/4.0.540

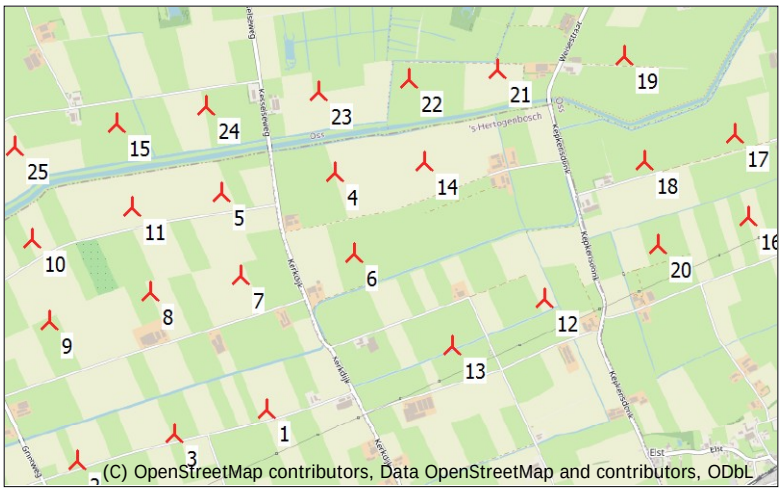
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 1c

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1c

Count	25	
Rated power	180.0	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



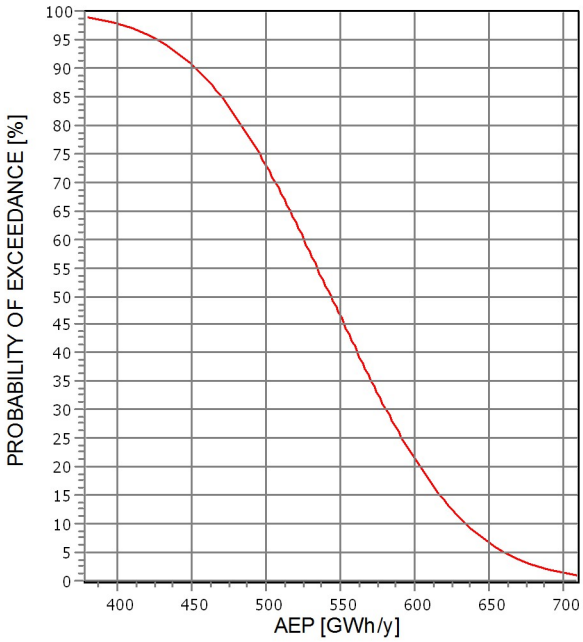
Scale: 50,000

RESULTS

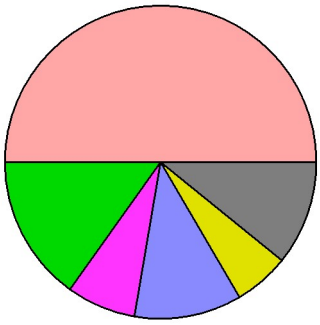
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	543.8	456.4	431.1
Capacity factor	[%]	34.5	28.9	27.3
Full load hours	[h/y]	3,021	2,535	2,395

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	727.2 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-183.4 GWh/y	-25.2 %	3.9 %
Wake loss		-13.9 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	543.8 GWh/y		16.2 %

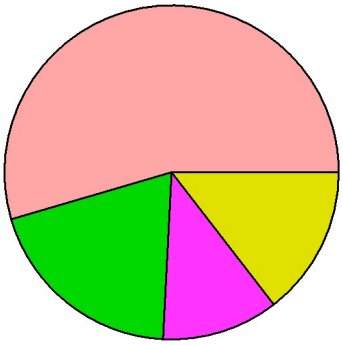


Loss: 25.2 %



1. Wake effects	13.9 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.2 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.9 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:23 PM/4.0.540

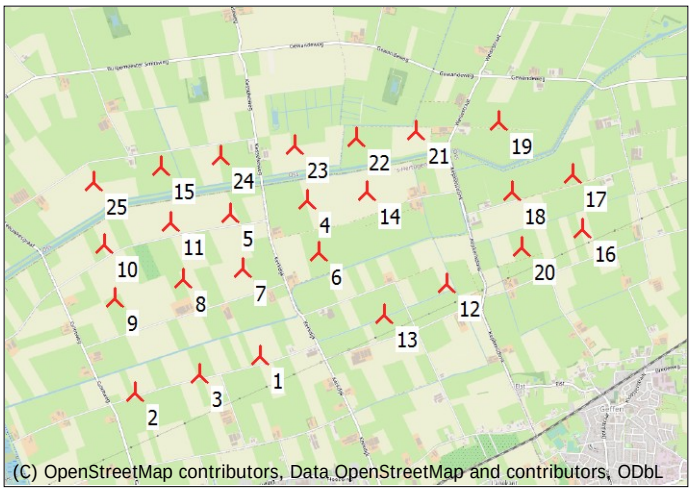
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 1c

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1c

Count	25	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	180.0	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	727,196.0	0.0	25.2	16.2	543,813.6	456,362.9	431,116.5
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (125)	28,752.8	0.0	22.5	16.1	22,275.2	18,704.4	17,673.6
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (126)	28,639.2	0.0	18.2	16.0	23,431.4	19,706.7	18,631.4
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (127)	28,721.0	0.0	21.8	16.1	22,461.7	18,865.4	17,827.2
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (128)	29,223.1	0.0	30.2	16.6	20,392.6	17,029.1	16,058.1
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (129)	29,252.2	0.0	30.1	16.6	20,445.7	17,075.2	16,102.1
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (130)	29,024.1	0.0	26.8	16.3	21,253.5	17,803.4	16,807.4
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (131)	29,037.0	0.0	27.8	16.4	20,972.8	17,548.3	16,559.7
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (132)	29,021.1	0.0	26.1	16.3	21,432.5	17,959.0	16,956.3
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (133)	29,017.4	0.0	20.7	15.9	23,017.3	19,368.1	18,314.6
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (134)	29,215.3	0.0	21.7	15.9	22,863.1	19,241.3	18,195.7
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (135)	29,232.9	0.0	27.7	16.3	21,149.5	17,711.8	16,719.4
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (136)	28,862.7	0.0	24.1	16.2	21,914.1	18,393.8	17,377.5
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (137)	28,719.0	0.0	22.0	16.1	22,393.7	18,811.1	17,776.9
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (138)	29,166.7	0.0	29.5	16.5	20,549.1	17,172.7	16,197.9
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (139)	29,363.4	0.0	25.4	16.1	21,896.7	18,390.5	17,378.3
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (140)	28,864.1	0.0	23.3	16.1	22,128.2	18,593.2	17,572.6
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (141)	29,020.4	0.0	25.6	16.2	21,599.8	18,126.2	17,123.3
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (142)	29,117.5	0.0	25.1	16.1	21,823.3	18,326.7	17,317.2
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (143)	29,262.1	0.0	23.7	16.0	22,329.6	18,784.0	17,760.4
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (144)	28,868.8	0.0	23.9	16.1	21,961.5	18,439.5	17,422.8
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (145)	29,356.0	0.0	27.6	16.3	21,240.4	17,807.3	16,816.2
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (146)	29,328.0	0.0	29.6	16.5	20,645.0	17,264.8	16,288.9
23	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (147)	29,375.8	0.0	28.5	16.4	20,994.9	17,580.6	16,594.9
24	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (148)	29,345.7	0.0	28.0	16.3	21,131.8	17,701.0	16,710.6
25	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (149)	29,409.6	0.0	20.1	15.8	23,510.2	19,826.5	18,763.0

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:27 PM/4.0.540

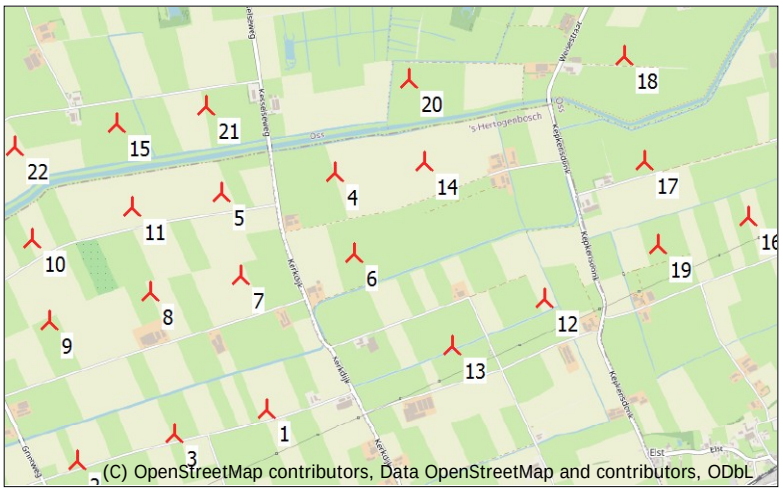
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 1d

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1d

Count	22	
Rated power	158.4	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



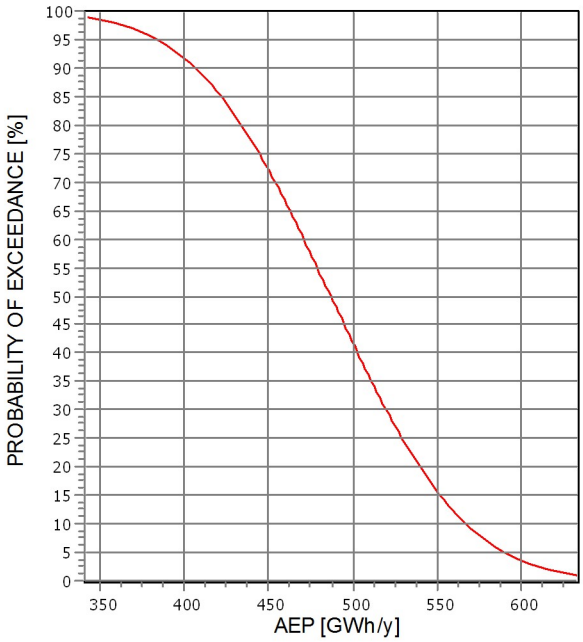
Scale: 50,000

RESULTS

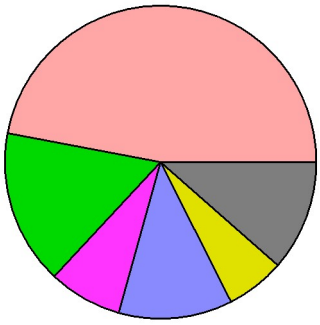
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	486.9	409.3	387.0
Capacity factor	[%]	35.1	29.5	27.9
Full load hours	[h/y]	3,074	2,584	2,443

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	639.4 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-152.6 GWh/y	-23.9 %	3.0 %
Wake loss		-12.3 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	486.9 GWh/y		16.0 %

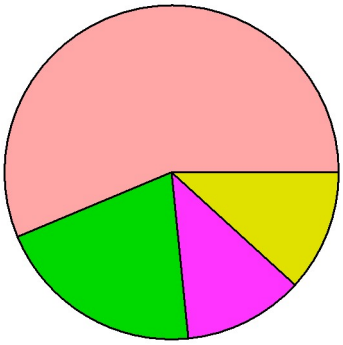


Loss: 23.9 %



1. Wake effects	12.3 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.0 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:

Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:
6/25/2024 3:27 PM/4.0.540

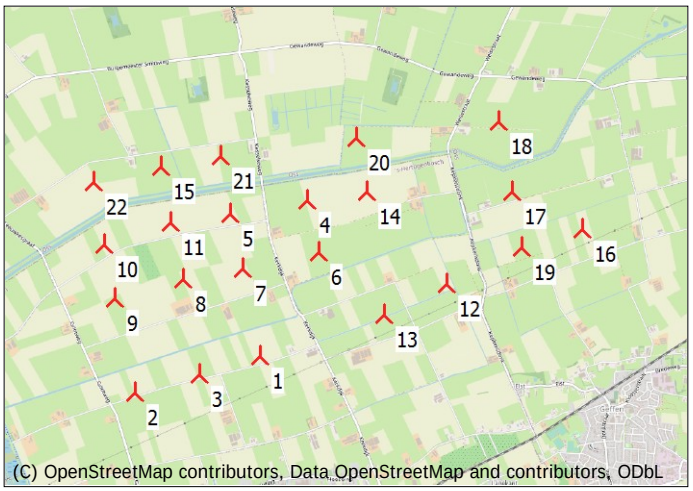
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 1d

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 1d

Count	22	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	158.4	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	639,443.7	0.0	23.9	16.0	486,863.5	409,336.4	386,954.9
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (125)	28,752.8	0.0	22.2	16.1	22,363.7	18,793.7	17,763.0
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (126)	28,639.2	0.0	18.0	16.0	23,485.6	19,755.6	18,678.8
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (127)	28,721.0	0.0	21.6	16.0	22,526.3	18,931.6	17,893.9
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (128)	29,223.1	0.0	28.4	16.3	20,914.8	17,534.0	16,557.9
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (129)	29,252.2	0.0	29.1	16.3	20,735.8	17,372.3	16,401.3
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (130)	29,024.1	0.0	26.1	16.2	21,438.7	17,992.9	16,998.1
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (131)	29,037.0	0.0	27.2	16.2	21,147.7	17,732.5	16,746.5
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (132)	29,021.1	0.0	25.8	16.2	21,538.0	18,075.5	17,075.9
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (133)	29,017.4	0.0	20.4	15.9	23,095.5	19,443.5	18,389.1
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (134)	29,215.3	0.0	21.4	15.9	22,949.8	19,327.1	18,281.2
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (135)	29,232.9	0.0	27.0	16.2	21,328.8	17,899.9	16,910.0
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (136)	28,862.7	0.0	23.3	16.0	22,146.6	18,614.7	17,595.0
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (137)	28,719.0	0.0	21.5	16.0	22,548.6	18,957.0	17,920.1
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (138)	29,166.7	0.0	27.5	16.2	21,156.4	17,750.0	16,766.6
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (139)	29,363.4	0.0	24.9	16.0	22,047.6	18,545.2	17,534.0
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (140)	28,864.1	0.0	21.8	15.9	22,559.9	18,986.2	17,954.5
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (142)	29,117.5	0.0	22.6	15.9	22,545.0	18,982.7	17,954.3
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (143)	29,262.1	0.0	21.3	15.8	23,019.6	19,405.9	18,362.6
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (144)	28,868.8	0.0	22.8	16.0	22,297.9	18,751.2	17,727.3
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (146)	29,328.0	0.0	25.3	16.0	21,899.9	18,418.8	17,413.9
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (148)	29,345.7	0.0	26.6	16.1	21,525.9	18,081.9	17,087.7
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (149)	29,409.6	0.0	19.8	15.7	23,591.7	19,903.5	18,838.7

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:07 PM/4.0.540

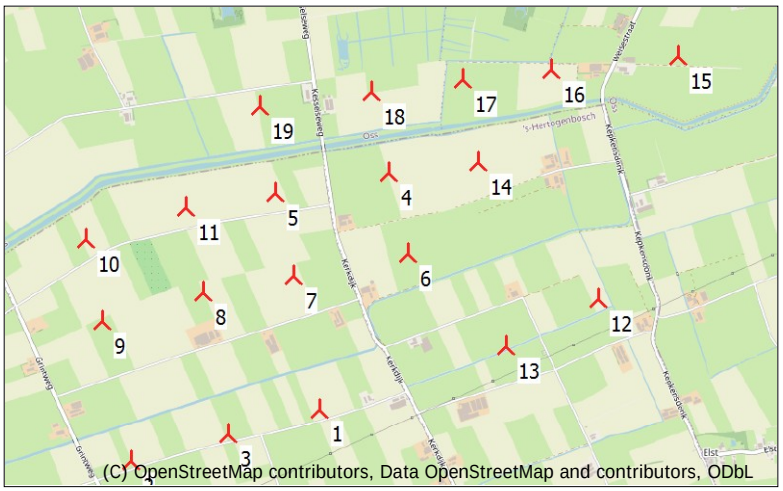
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 2a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 2a

Count	19	
Rated power	136.8	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



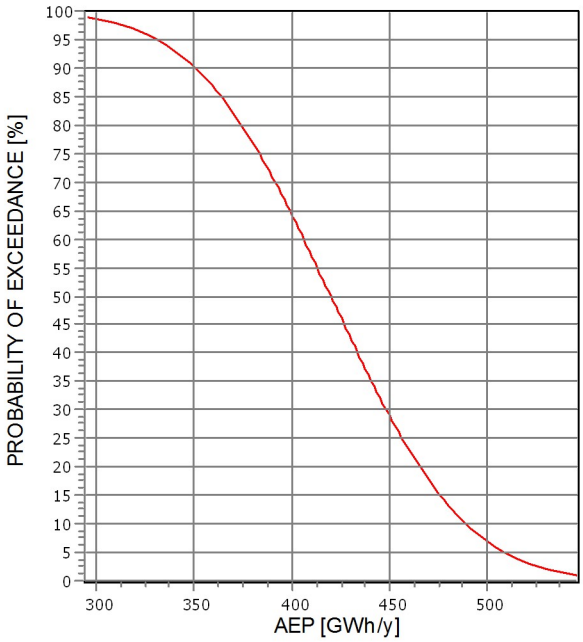
Scale: 50,000

RESULTS

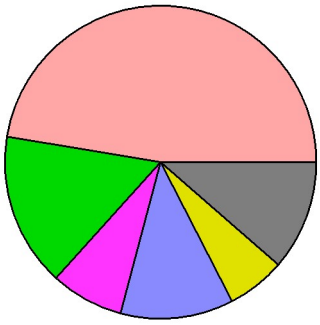
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	419.9	352.9	333.6
Capacity factor	[%]	35.0	29.5	27.8
Full load hours	[h/y]	3,069	2,580	2,439

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	552.6 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-132.7 GWh/y	-24.0 %	3.1 %
Wake loss		-12.5 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	419.9 GWh/y		16.0 %

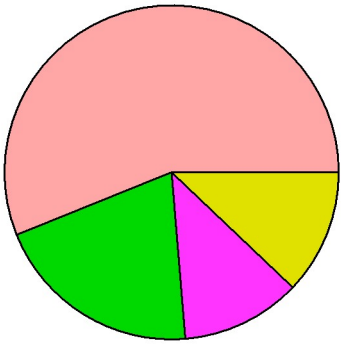


Loss: 24.0 %



1. Wake effects	12.5 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.1 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:07 PM/4.0.540

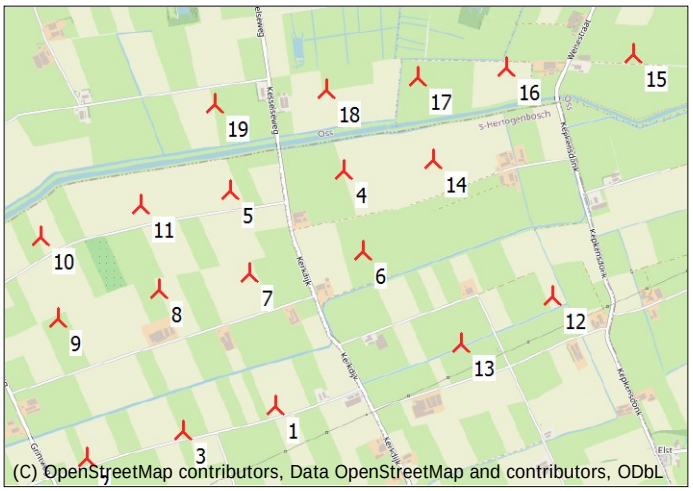
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 2a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 2a

Count	19	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	136.8	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 50,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	552,552.1	0.0	24.0	16.0	419,859.7	352,940.8	333,621.7
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (150)	28,752.8	0.0	21.8	16.0	22,489.6	18,902.8	17,867.2
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (151)	28,639.2	0.0	17.8	16.0	23,549.2	19,810.3	18,730.8
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (152)	28,721.0	0.0	21.3	16.0	22,617.0	19,009.9	17,968.6
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (153)	29,223.1	0.0	28.6	16.3	20,868.6	17,489.0	16,513.4
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (154)	29,252.2	0.0	28.0	16.2	21,065.2	17,662.8	16,680.5
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (155)	29,024.1	0.0	25.4	16.1	21,656.7	18,183.7	17,181.1
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (156)	29,037.0	0.0	26.6	16.2	21,317.8	17,880.8	16,888.5
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (157)	29,021.1	0.0	25.1	16.1	21,725.5	18,239.2	17,232.7
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (158)	29,017.4	0.0	19.9	15.9	23,235.2	19,564.4	18,504.6
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (159)	29,215.3	0.0	20.0	15.8	23,371.3	19,694.3	18,632.7
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (160)	29,232.9	0.0	25.3	16.1	21,838.0	18,349.4	17,342.3
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (161)	28,862.7	0.0	21.7	16.0	22,597.4	19,008.9	17,973.0
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (162)	28,719.0	0.0	20.9	16.0	22,724.5	19,109.6	18,066.0
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (163)	29,166.7	0.0	27.8	16.2	21,070.6	17,670.2	16,688.6
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (166)	29,262.1	0.0	21.0	15.8	23,124.8	19,497.1	18,449.8
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (167)	29,356.0	0.0	26.1	16.0	21,696.6	18,239.5	17,241.4
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (168)	29,328.0	0.0	28.2	16.2	21,065.1	17,672.7	16,693.3
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (169)	29,375.8	0.0	26.8	16.1	21,499.0	18,059.0	17,065.9
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (170)	29,345.7	0.0	23.8	15.9	22,347.6	18,808.1	17,786.3

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:20 PM/4.0.540

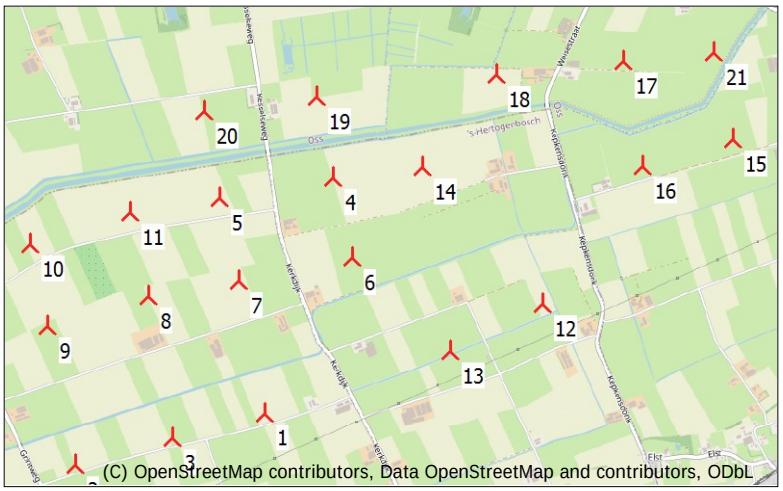
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 2b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 2b

Count	21
Rated power	151.2 MW
Mean wind speed	7.8 m/s at hub height
Sensitivity	1.6 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1 Years



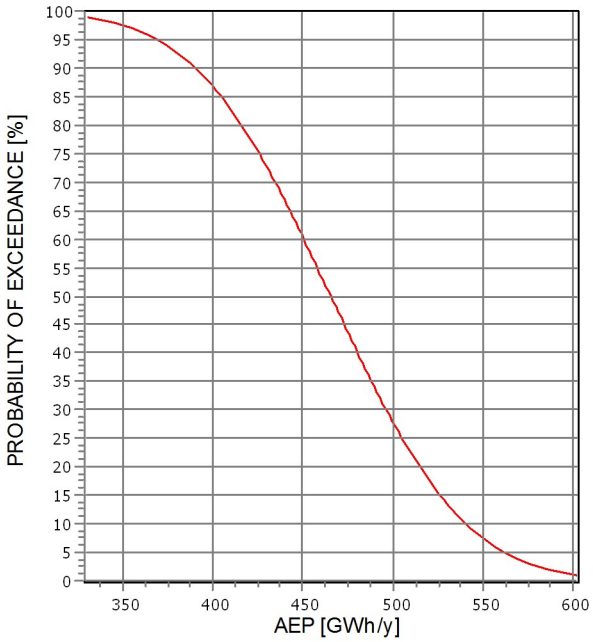
Scale: 50,000

RESULTS

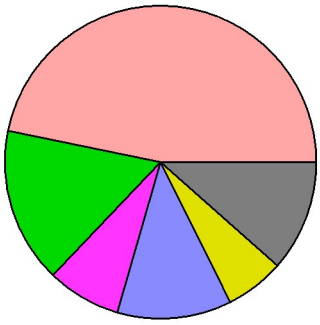
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	465.5	392.5	371.4
Capacity factor	[%]	35.1	29.6	28.0
Full load hours	[h/y]	3,079	2,596	2,456

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	610.6 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-145.0 GWh/y	-23.8 %	1.5 %
Wake loss		-12.2 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	465.5 GWh/y		15.8 %

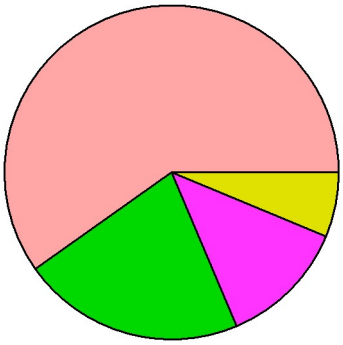


Loss: 23.8 %



1. Wake effects	12.2 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 15.8 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	1.5 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:20 PM/4.0.540

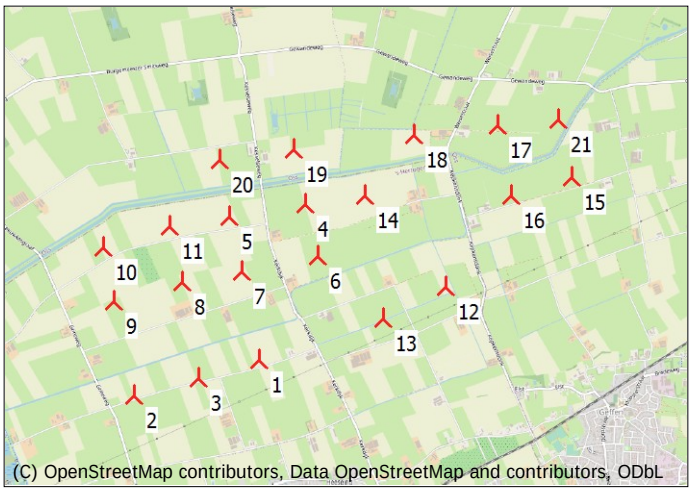
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 2b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 2b

Count	21	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	151.2	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	610,569.7	0.0	23.8	15.8	465,548.5	392,466.4	371,368.0
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (150)	28,752.8	0.0	22.0	15.9	22,431.4	18,886.4	17,863.0
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (151)	28,639.2	0.0	17.9	15.9	23,519.6	19,795.6	18,720.5
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (152)	28,721.0	0.0	21.4	15.9	22,577.2	19,005.5	17,974.4
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (153)	29,223.1	0.0	28.3	15.8	20,953.1	17,658.2	16,707.0
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (154)	29,252.2	0.0	27.8	15.8	21,108.2	17,790.0	16,832.0
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (155)	29,024.1	0.0	25.6	15.8	21,597.2	18,196.4	17,214.6
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (156)	29,037.0	0.0	26.7	15.9	21,281.7	17,924.9	16,955.8
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (157)	29,021.1	0.0	25.1	15.9	21,722.8	18,298.0	17,309.3
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (158)	29,017.4	0.0	19.9	15.8	23,233.2	19,584.2	18,530.8
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (159)	29,215.3	0.0	20.0	15.7	23,362.1	19,708.6	18,653.9
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (160)	29,232.9	0.0	25.3	15.8	21,850.9	18,423.9	17,434.5
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (161)	28,862.7	0.0	22.4	15.8	22,405.3	18,878.3	17,860.0
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (162)	28,719.0	0.0	21.3	15.9	22,612.1	19,041.0	18,010.1
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (163)	29,166.7	0.0	27.6	15.8	21,109.1	17,790.9	16,833.0
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (164)	29,020.4	0.0	22.6	15.7	22,452.1	18,938.2	17,923.7
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (165)	29,117.5	0.0	22.7	15.7	22,506.4	18,988.3	17,972.6
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (166)	29,262.1	0.0	23.8	15.7	22,306.2	18,827.0	17,822.5
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (167)	29,356.0	0.0	24.7	15.7	22,095.0	18,652.2	17,658.3
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (169)	29,375.8	0.0	25.9	15.7	21,754.8	18,357.0	17,376.1
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (170)	29,345.7	0.0	23.8	15.7	22,354.3	18,864.6	17,857.2
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (171)	29,207.6	0.0	23.6	15.7	22,315.7	18,834.3	17,829.3

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:30 PM/4.0.540

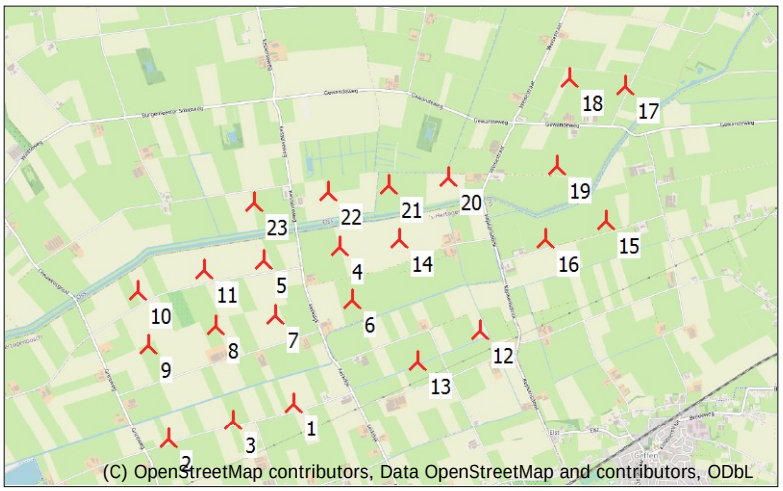
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 3a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 3a

Count	23
Rated power	165.6 MW
Mean wind speed	7.8 m/s at hub height
Sensitivity	1.6 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1 Years



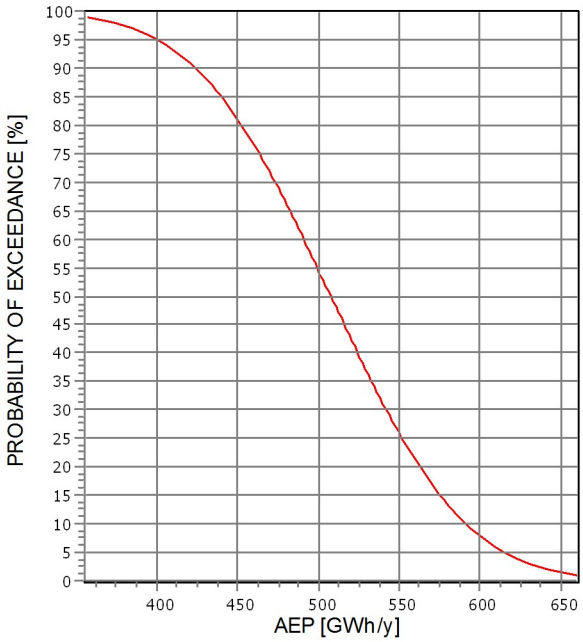
Scale: 75,000

RESULTS

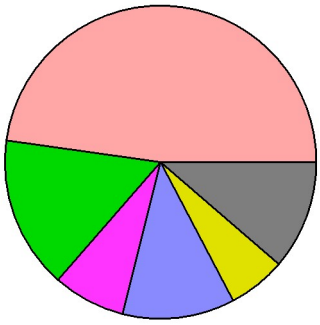
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	507.5	426.7	403.4
Capacity factor	[%]	35.0	29.4	27.8
Full load hours	[h/y]	3,065	2,577	2,436

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	669.5 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-161.9 GWh/y	-24.2 %	3.2 %
Wake loss		-12.7 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	507.5 GWh/y		16.0 %

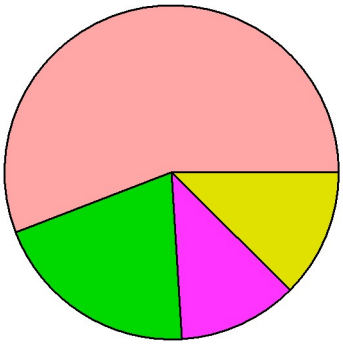


Loss: 24.2 %



1. Wake effects	12.7 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.2 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 3:30 PM/4.0.540

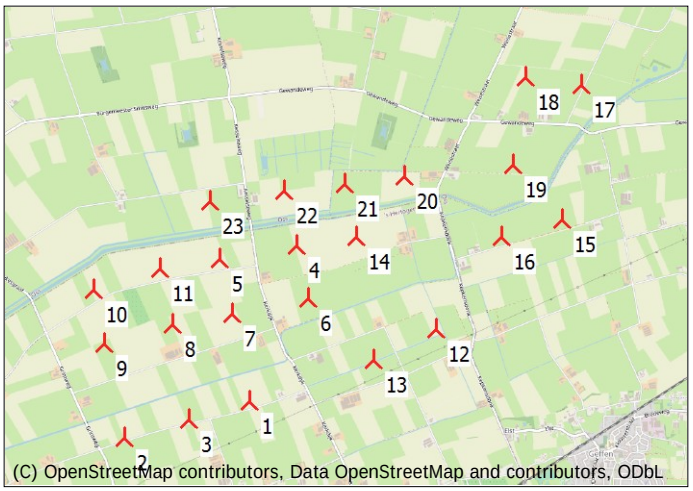
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 3a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 3a

Count	23	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	165.6	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	669,455.8	0.0	24.2	16.0	507,531.6	426,700.1	403,364.5
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (53)	28,752.8	0.0	22.1	16.0	22,396.8	18,822.8	17,791.0
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (54)	28,639.2	0.0	17.9	16.0	23,498.7	19,769.4	18,692.7
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (55)	28,721.0	0.0	21.5	16.0	22,550.2	18,953.2	17,914.7
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (56)	29,223.1	0.0	29.1	16.3	20,709.1	17,344.7	16,373.4
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (57)	29,252.2	0.0	28.3	16.3	20,966.0	17,572.9	16,593.3
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (58)	29,024.1	0.0	25.9	16.2	21,492.9	18,038.3	17,040.9
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (59)	29,037.0	0.0	26.9	16.2	21,220.8	17,793.8	16,804.5
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (60)	29,021.1	0.0	25.4	16.2	21,658.9	18,180.3	17,176.0
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (61)	29,017.4	0.0	20.1	15.9	23,190.1	19,527.2	18,469.8
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (62)	29,215.3	0.0	20.2	15.8	23,321.8	19,653.3	18,594.2
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (63)	29,232.9	0.0	25.5	16.1	21,770.3	18,289.4	17,284.4
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (64)	28,862.7	0.0	22.6	16.0	22,326.6	18,772.7	17,746.6
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (65)	28,719.0	0.0	21.4	16.0	22,563.4	18,970.5	17,933.2
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (66)	29,166.7	0.0	28.7	16.3	20,794.4	17,422.1	16,448.6
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (67)	29,020.4	0.0	22.6	15.9	22,458.0	18,904.4	17,878.6
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (68)	29,117.5	0.0	22.8	15.9	22,484.5	18,929.3	17,902.9
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (69)	29,391.5	0.0	22.3	15.8	22,837.9	19,258.5	18,225.2
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (70)	29,424.5	0.0	21.6	15.7	23,059.5	19,455.1	18,414.5
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (71)	29,211.9	0.0	23.0	15.9	22,487.0	18,937.8	17,913.1
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (72)	29,356.0	0.0	27.2	16.1	21,377.5	17,954.4	16,966.2
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (73)	29,328.0	0.0	29.0	16.3	20,811.3	17,444.1	16,471.9
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (74)	29,375.8	0.0	27.4	16.1	21,322.2	17,900.5	16,912.7
23	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (75)	29,345.7	0.0	24.2	15.9	22,233.4	18,707.8	17,689.9

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:02 PM/4.0.540

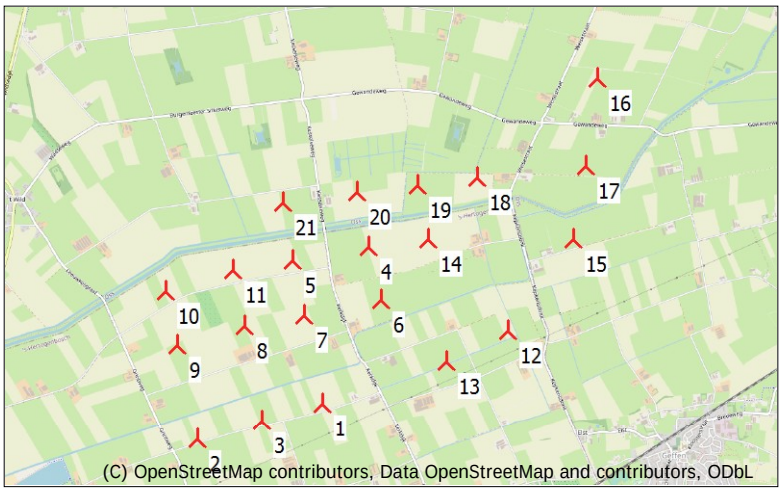
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 3b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 3b

Count	21
Rated power	151.2 MW
Mean wind speed	7.8 m/s at hub height
Sensitivity	1.6 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1 Years



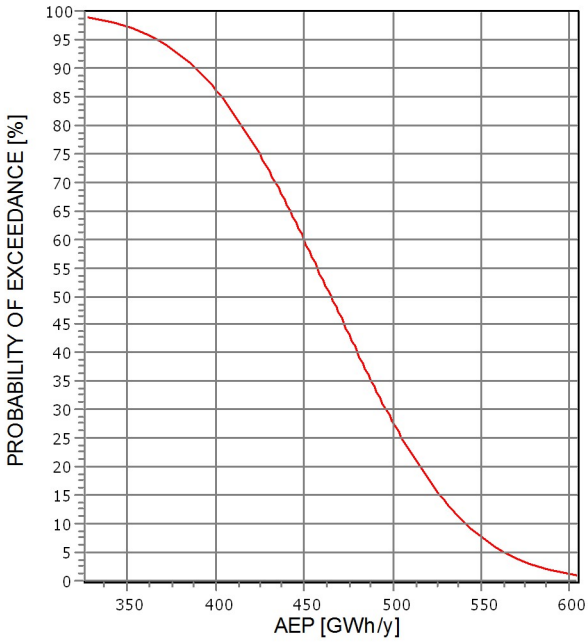
Scale: 75,000

RESULTS

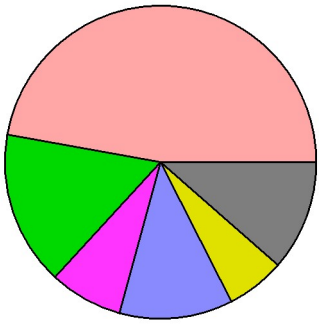
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	464.9	390.9	369.6
Capacity factor	[%]	35.1	29.5	27.9
Full load hours	[h/y]	3,075	2,585	2,444

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	611.0 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-146.2 GWh/y	-23.9 %	3.1 %
Wake loss		-12.4 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	464.9 GWh/y		16.0 %

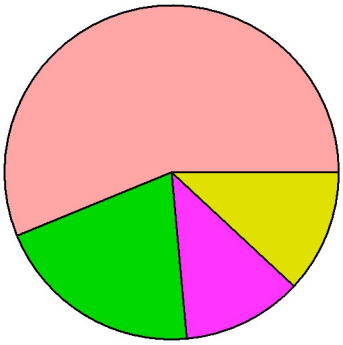


Loss: 23.9 %



1. Wake effects	12.4 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.1 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:02 PM/4.0.540

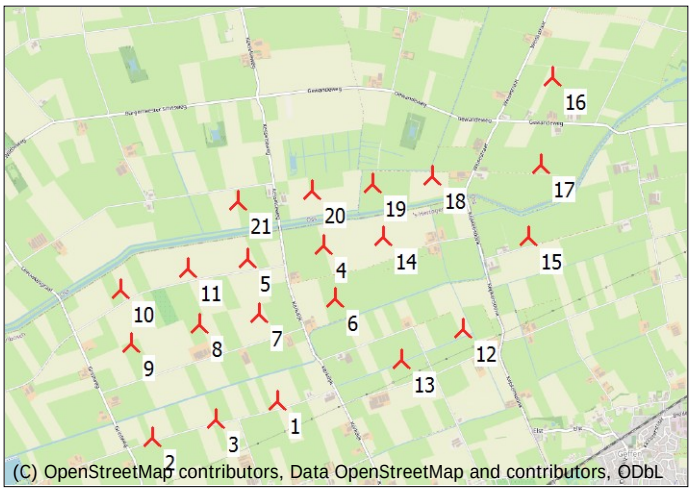
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 3b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 3b

Count	21	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	151.2	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	1 years averaging Unc. [%]	P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	611,043.9	0.0	23.9	16.0	464,871.2	390,909.8	369,557.5
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (53)	28,752.8	0.0	22.0	16.0	22,437.9	18,859.9	17,826.9
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (54)	28,639.2	0.0	17.9	16.0	23,522.0	19,788.8	18,711.1
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (55)	28,721.0	0.0	21.4	16.0	22,580.3	18,980.1	17,940.8
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (56)	29,223.1	0.0	28.9	16.3	20,776.6	17,410.4	16,438.6
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (57)	29,252.2	0.0	28.2	16.2	21,008.5	17,615.6	16,636.1
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (58)	29,024.1	0.0	25.7	16.1	21,563.2	18,103.8	17,105.0
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (59)	29,037.0	0.0	26.8	16.2	21,263.1	17,835.3	16,845.7
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (60)	29,021.1	0.0	25.3	16.1	21,688.3	18,209.2	17,204.7
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (61)	29,017.4	0.0	20.0	15.9	23,210.5	19,545.1	18,486.9
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (62)	29,215.3	0.0	20.1	15.8	23,342.7	19,671.6	18,611.8
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (63)	29,232.9	0.0	25.4	16.1	21,799.3	18,318.1	17,313.0
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (64)	28,862.7	0.0	22.2	16.0	22,441.9	18,875.1	17,845.4
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (65)	28,719.0	0.0	21.2	16.0	22,630.6	19,029.9	17,990.4
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (66)	29,166.7	0.0	28.3	16.3	20,913.7	17,533.6	16,557.8
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (68)	29,117.5	0.0	21.0	15.8	22,991.9	19,375.7	18,331.8
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (70)	29,424.5	0.0	19.6	15.6	23,661.6	19,982.5	18,920.4
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (71)	29,211.9	0.0	21.7	15.8	22,884.2	19,288.5	18,250.4
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (72)	29,356.0	0.0	26.6	16.0	21,555.1	18,116.7	17,124.0
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (73)	29,328.0	0.0	28.6	16.2	20,925.8	17,551.7	16,577.6
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (74)	29,375.8	0.0	27.2	16.1	21,394.0	17,968.7	16,979.8
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (75)	29,345.7	0.0	24.1	15.9	22,280.0	18,751.1	17,732.3

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:07 PM/4.0.540

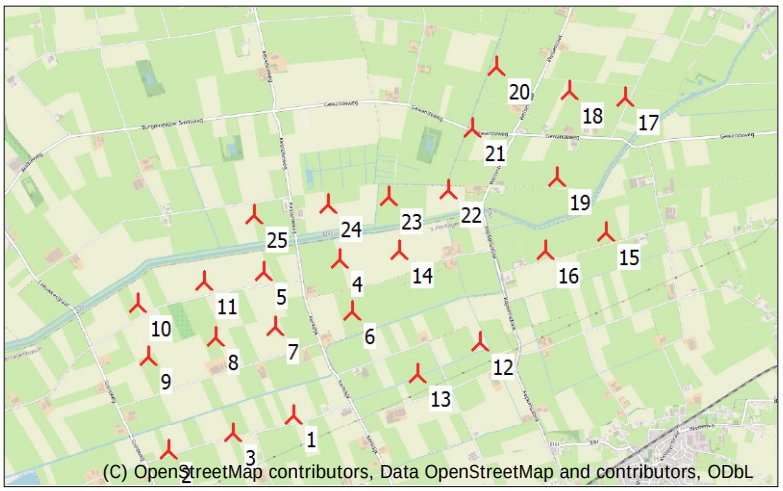
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 4a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 4a

Count	25
Rated power	180.0 MW
Mean wind speed	7.8 m/s at hub height
Sensitivity	1.6 %AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1 Years



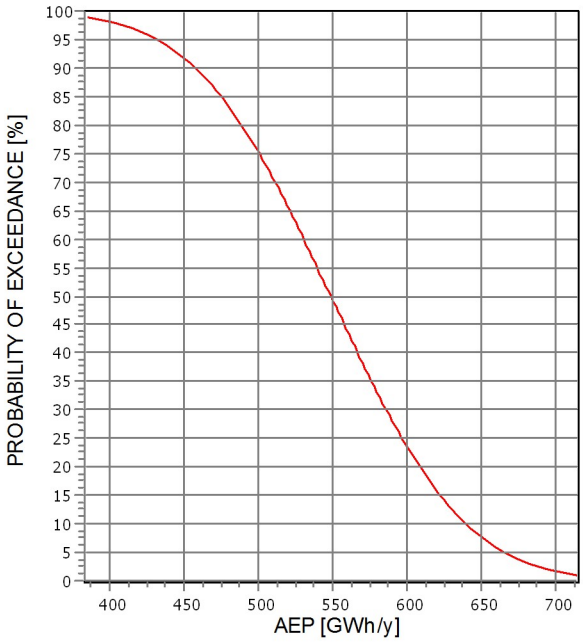
Scale: 75,000

RESULTS

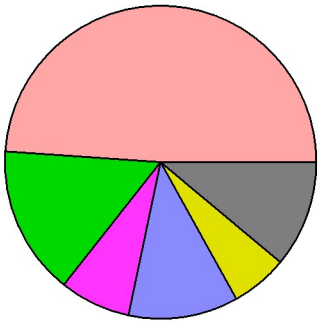
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	548.6	461.0	435.7
Capacity factor	[%]	34.8	29.2	27.6
Full load hours	[h/y]	3,048	2,561	2,420

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	728.4 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-179.9 GWh/y	-24.7 %	3.5 %
Wake loss		-13.3 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	548.6 GWh/y		16.1 %

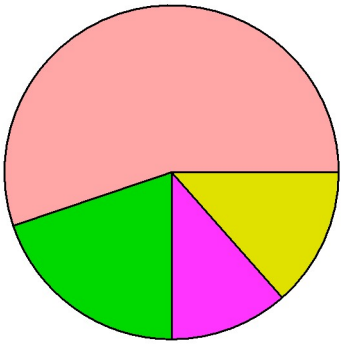


Loss: 24.7 %



1. Wake effects	13.3 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.1 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.5 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:

Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com

Calculated:
6/25/2024 4:07 PM/4.0.540

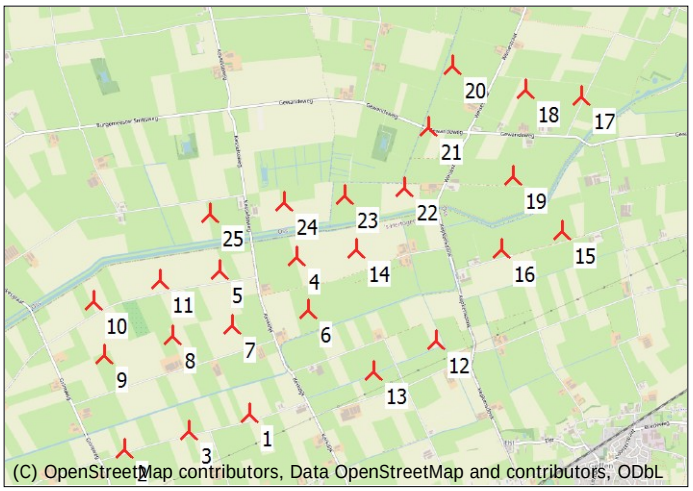
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 4a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 4a

Count	25	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	180.0	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	728,444.0	0.0	24.7	16.1	548,566.3	460,968.3	435,679.4
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (76)	28,752.8	0.0	22.2	16.1	22,373.0	18,799.3	17,767.6
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (77)	28,639.2	0.0	18.0	16.0	23,480.8	19,754.6	18,678.9
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (78)	28,721.0	0.0	21.6	16.1	22,526.6	18,930.4	17,892.3
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (79)	29,223.1	0.0	29.4	16.4	20,624.3	17,256.8	16,284.6
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (80)	29,252.2	0.0	28.6	16.3	20,895.6	17,499.2	16,518.6
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (81)	29,024.1	0.0	26.1	16.2	21,442.2	17,985.9	16,988.1
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (82)	29,037.0	0.0	27.0	16.3	21,183.4	17,752.1	16,761.5
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (83)	29,021.1	0.0	25.5	16.2	21,619.8	18,139.1	17,134.2
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (84)	29,017.4	0.0	20.2	15.9	23,158.9	19,499.2	18,442.6
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (85)	29,215.3	0.0	20.3	15.8	23,285.8	19,620.8	18,562.8
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (86)	29,232.9	0.0	25.7	16.1	21,714.0	18,232.5	17,227.5
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (87)	28,862.7	0.0	22.9	16.0	22,262.8	18,713.1	17,688.3
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (88)	28,719.0	0.0	21.6	16.0	22,516.9	18,927.7	17,891.6
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (89)	29,166.7	0.0	29.1	16.4	20,679.7	17,308.0	16,334.6
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (90)	29,020.4	0.0	23.1	16.0	22,309.1	18,769.5	17,747.6
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (91)	29,117.5	0.0	23.3	15.9	22,326.7	18,786.0	17,763.9
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (92)	29,391.5	0.0	23.6	15.8	22,455.5	18,916.3	17,894.6
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (93)	29,424.5	0.0	24.7	15.9	22,171.1	18,664.0	17,651.5
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (94)	29,211.9	0.0	24.3	16.0	22,120.3	18,608.3	17,594.4
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (95)	29,548.9	0.0	23.0	15.8	22,749.3	19,180.8	18,150.6
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (96)	29,439.3	0.0	26.1	16.0	21,769.7	18,300.2	17,298.6
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (97)	29,356.0	0.0	28.3	16.2	21,053.5	17,654.1	16,672.7
23	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (98)	29,328.0	0.0	29.9	16.4	20,556.3	17,202.4	16,234.1
24	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (99)	29,375.8	0.0	28.0	16.2	21,154.9	17,740.9	16,755.3
25	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (100)	29,345.7	0.0	24.6	16.0	22,136.0	18,616.0	17,599.8

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:10 PM/4.0.540

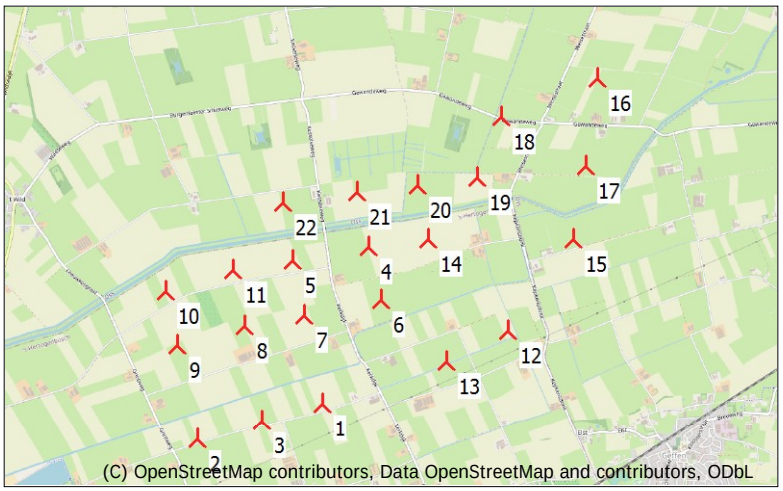
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 4b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 4b

Count	22	
Rated power	158.4	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



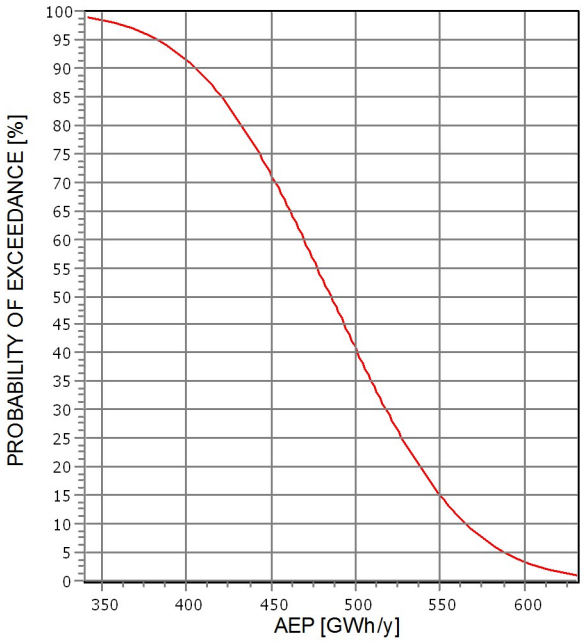
Scale: 75,000

RESULTS

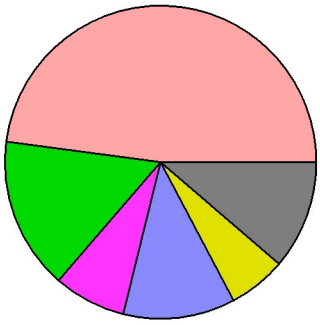
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	485.2	407.9	385.6
Capacity factor	[%]	35.0	29.4	27.8
Full load hours	[h/y]	3,063	2,575	2,434

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	640.5 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-155.3 GWh/y	-24.2 %	3.3 %
Wake loss		-12.8 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	485.2 GWh/y		16.0 %

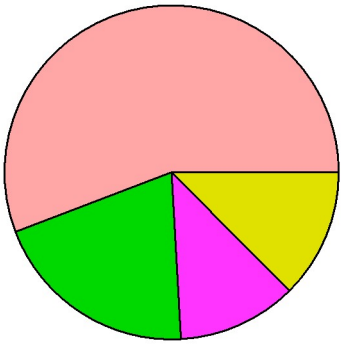


Loss: 24.2 %



1. Wake effects	12.8 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.3 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:

Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:10 PM/4.0.540

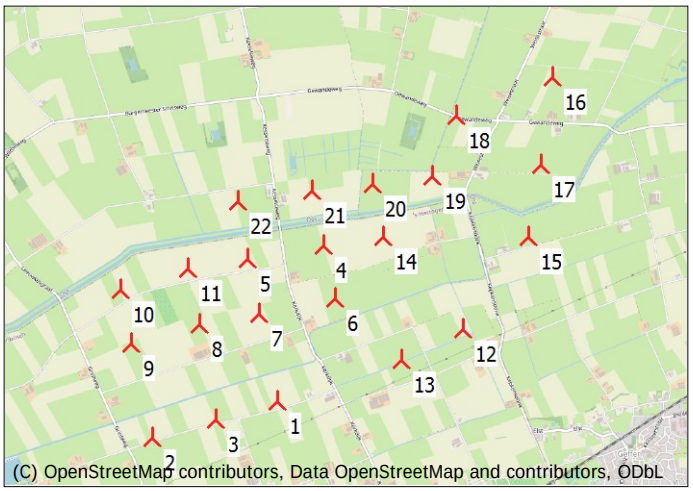
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 4b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 4b

Count	22	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	158.4	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	640,483.2	0.0	24.2	16.0	485,222.2	407,906.4	385,585.8
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (76)	28,752.8	0.0	22.0	16.0	22,424.0	18,846.2	17,813.3
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (77)	28,639.2	0.0	17.9	16.0	23,511.4	19,780.0	18,702.8
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (78)	28,721.0	0.0	21.4	16.0	22,566.5	18,967.0	17,927.8
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (79)	29,223.1	0.0	29.1	16.3	20,718.5	17,351.9	16,379.9
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (80)	29,252.2	0.0	28.3	16.3	20,964.8	17,570.6	16,590.8
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (81)	29,024.1	0.0	25.8	16.2	21,532.4	18,072.4	17,073.6
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (82)	29,037.0	0.0	26.9	16.2	21,239.5	17,809.5	16,819.3
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (83)	29,021.1	0.0	25.3	16.2	21,664.5	18,184.4	17,179.8
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (84)	29,017.4	0.0	20.1	15.9	23,192.5	19,528.9	18,471.2
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (85)	29,215.3	0.0	20.2	15.8	23,324.0	19,654.7	18,595.4
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (86)	29,232.9	0.0	25.5	16.1	21,768.3	18,286.7	17,281.6
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (87)	28,862.7	0.0	22.4	16.0	22,403.3	18,839.5	17,810.6
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (88)	28,719.0	0.0	21.3	16.0	22,602.4	19,004.1	17,965.3
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (89)	29,166.7	0.0	28.6	16.3	20,836.9	17,459.0	16,483.8
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (91)	29,117.5	0.0	21.4	15.8	22,891.9	19,287.0	18,246.3
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (93)	29,424.5	0.0	21.2	15.7	23,185.2	19,565.0	18,519.9
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (94)	29,211.9	0.0	22.5	15.8	22,638.2	19,070.6	18,040.6
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (96)	29,439.3	0.0	24.6	15.9	22,206.6	18,695.6	17,682.0
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (97)	29,356.0	0.0	27.5	16.1	21,297.1	17,881.5	16,895.4
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (98)	29,328.0	0.0	29.3	16.3	20,740.3	17,379.0	16,408.6
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (99)	29,375.8	0.0	27.5	16.2	21,288.8	17,869.6	16,882.4
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (100)	29,345.7	0.0	24.3	16.0	22,225.0	18,699.6	17,681.8

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:13 PM/4.0.540

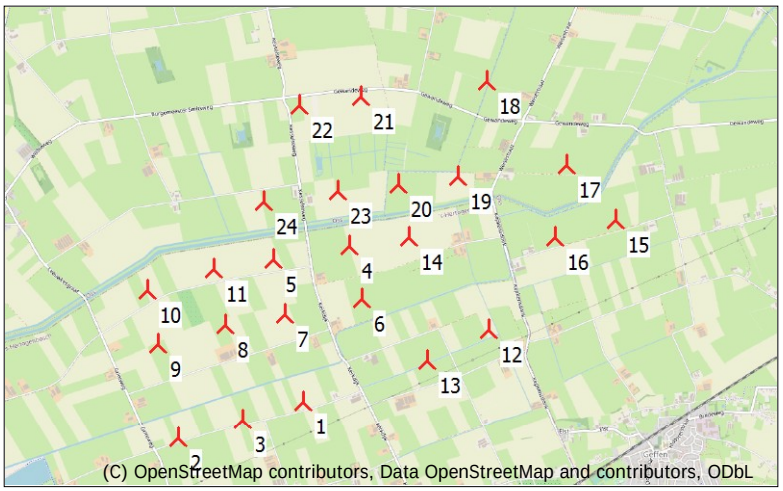
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 5a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 5a

Count	24	
Rated power	172.8	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



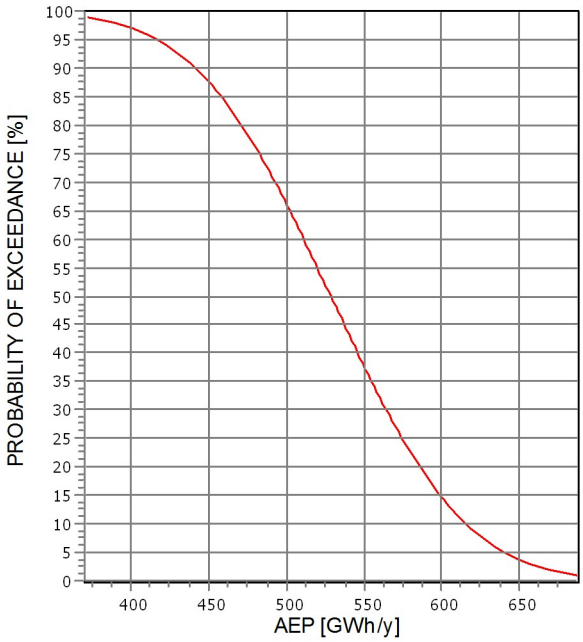
Scale: 75,000

RESULTS

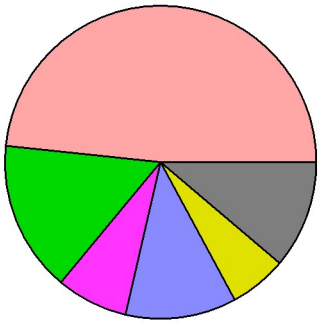
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	528.4	444.2	419.9
Capacity factor	[%]	34.9	29.3	27.7
Full load hours	[h/y]	3,058	2,571	2,430

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	699.3 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-170.9 GWh/y	-24.4 %	3.4 %
Wake loss		-13.0 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	528.4 GWh/y		16.0 %

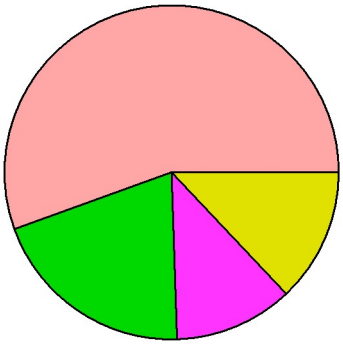


Loss: 24.4 %



1. Wake effects	13.0 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.4 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:13 PM/4.0.540

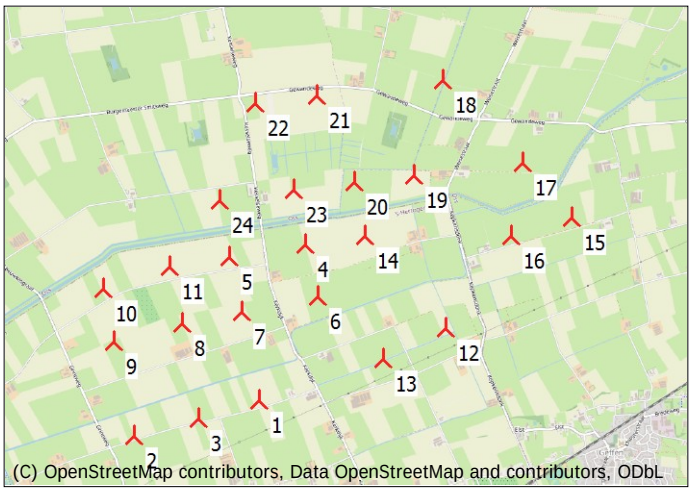
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 5a

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 5a

Count	24	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	172.8	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	699,305.4	0.0	24.4	16.0	528,449.4	444,208.3	419,888.4
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (101)	28,752.8	0.0	22.2	16.1	22,375.0	18,802.8	17,771.6
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (102)	28,639.2	0.0	18.0	16.0	23,484.2	19,757.6	18,681.8
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (103)	28,721.0	0.0	21.6	16.0	22,530.5	18,935.3	17,897.4
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (104)	29,223.1	0.0	29.5	16.4	20,604.9	17,245.7	16,275.9
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (105)	29,252.2	0.0	28.7	16.3	20,850.0	17,464.0	16,486.5
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (106)	29,024.1	0.0	26.1	16.2	21,447.6	17,994.8	16,998.0
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (107)	29,037.0	0.0	27.1	16.3	21,166.8	17,741.9	16,753.2
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (108)	29,021.1	0.0	25.5	16.2	21,612.2	18,136.0	17,132.5
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (109)	29,017.4	0.0	20.2	15.9	23,154.8	19,496.5	18,440.3
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (110)	29,215.3	0.0	20.4	15.8	23,248.5	19,589.1	18,532.7
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (111)	29,232.9	0.0	25.8	16.1	21,683.7	18,209.4	17,206.4
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (112)	28,862.7	0.0	22.8	16.0	22,290.0	18,739.2	17,714.1
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (113)	28,719.0	0.0	21.5	16.0	22,530.0	18,940.7	17,904.5
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (114)	29,166.7	0.0	29.1	16.4	20,671.2	17,306.5	16,335.1
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (115)	29,020.4	0.0	22.5	15.9	22,483.4	18,925.7	17,898.6
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (116)	29,117.5	0.0	23.0	15.9	22,423.9	18,874.4	17,849.7
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (117)	29,211.9	0.0	23.0	15.9	22,488.5	18,937.8	17,912.7
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (118)	29,560.4	0.0	22.2	15.7	23,000.7	19,405.9	18,368.2
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (119)	29,356.0	0.0	27.9	16.2	21,155.7	17,751.5	16,768.8
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (120)	29,328.0	0.0	30.2	16.4	20,479.9	17,140.3	16,176.2
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (121)	29,586.0	0.0	23.7	15.8	22,581.1	19,032.6	18,008.2
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (122)	29,519.2	0.0	21.4	15.7	23,213.9	19,585.9	18,538.6
23	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (123)	29,375.8	0.0	28.6	16.3	20,986.6	17,595.2	16,616.1
24	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (124)	29,345.7	0.0	25.1	16.0	21,986.4	18,486.0	17,475.5

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:16 PM/4.0.540

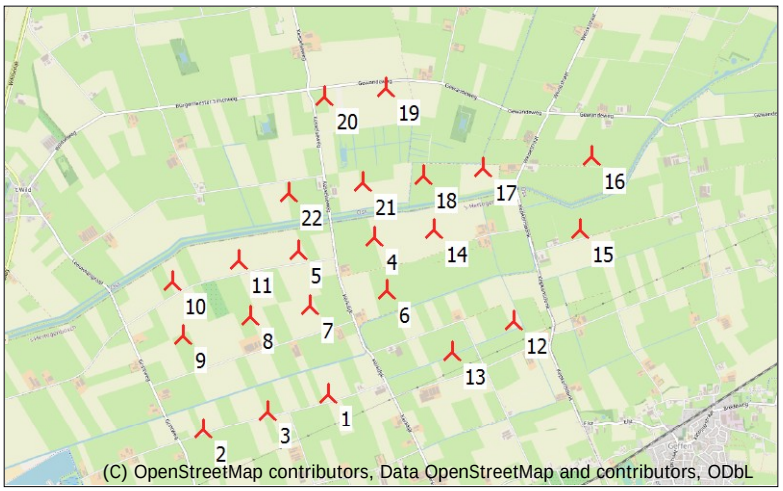
Loss & Uncertainty - Main result

Calculation: Optie 5b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 5b

Count	22	
Rated power	158.4	MW
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed
Expected lifetime	1	Years



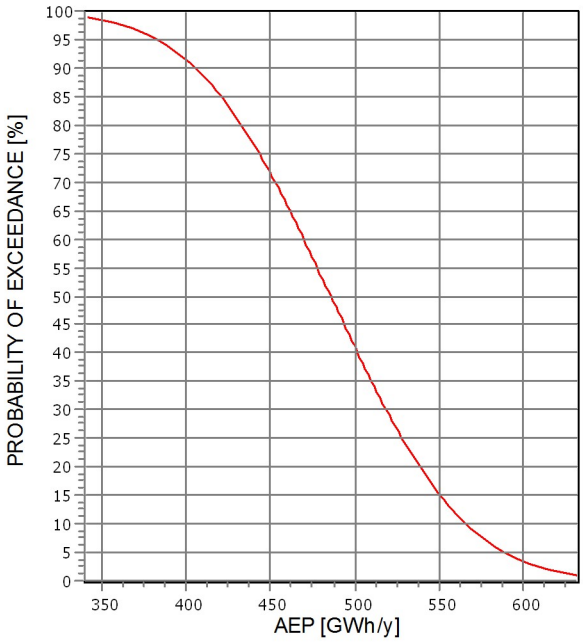
Scale: 75,000

RESULTS

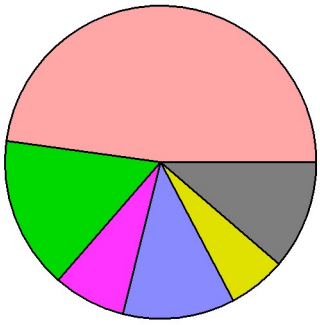
		P50	P84	P90
NET AEP	[GWh/y]	485.6	408.3	385.9
Capacity factor	[%]	35.0	29.4	27.8
Full load hours	[h/y]	3,066	2,577	2,436

Result details

	P50		Uncertainty
GROSS AEP *)	640.7 GWh/y		15.7 %
Bias correction	0.0 GWh/y	0.0 %	0.0 %
Loss correction	-155.1 GWh/y	-24.2 %	3.3 %
Wake loss		-12.7 %	
Other losses		-13.2 %	
NET AEP	485.6 GWh/y		16.0 %

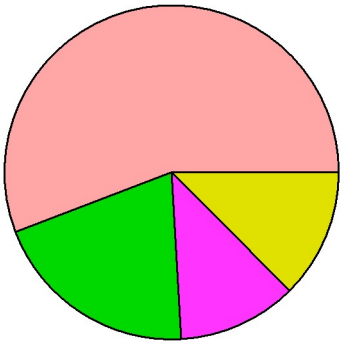


Loss: 24.2 %



1. Wake effects	12.7 %	2. Availability	4.2 %
3. Turbine performance	2.0 %	4. Electrical	3.1 %
5. Environmental	1.6 %	6. Curtailment	3.0 %
7. Other	0.0 %		

Uncertainty: 16.0 %



A. Wind data	14.5 %	B. Wind model	5.2 %
C. Power conversion	3.0 %	D. BIAS	0.0 %
E. LOSS	3.3 %		

*) Calculated Annual Energy Production before any bias or loss corrections
Assumptions: Uncertainty and percentiles (PXX values) are calculated for the expected lifetime

Project:
Duurzame_Polder_nieuwe_opties

Licensed user:
Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
NL-7411 SC DEVENTER
+31 570 69 76 76
WitteveenBos / licenses@witteveenbos.com
Calculated:
6/25/2024 4:16 PM/4.0.540

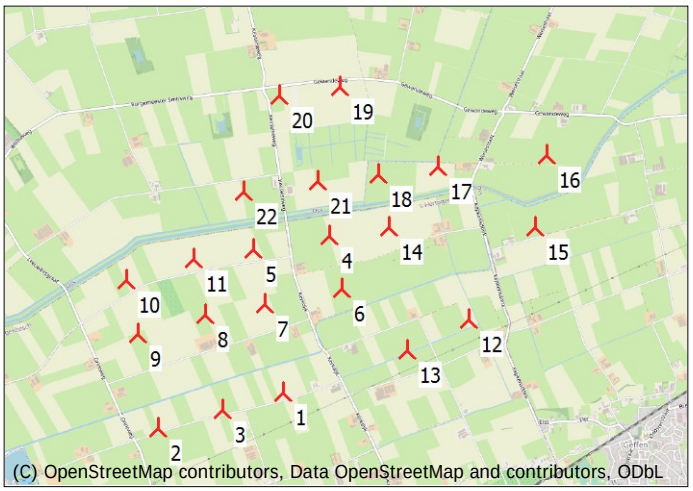
Loss & Uncertainty - WTG results

Calculation: Optie 5b

Main data for PARK

PARK calculation 4.0.540: Optie 5b

Count	22	
Expected lifetime	1	Years
Mean wind speed	7.8	m/s at hub height
Rated power	158.4	MW
Sensitivity	1.6	%AEP / %Mean Wind Speed



Scale: 75,000

Expected AEP per WTG including bias, loss and uncertainty evaluation

	Description	Calculated GROSS*) [MWh/y]	Bias [%]	Loss [%]	Unc. [%]	1 years averaging P50 **) [MWh/y]	P84 [MWh/y]	P90 [MWh/y]
	PARK	640,724.6	0.0	24.2	16.0	485,608.1	408,255.2	385,923.9
1	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (101)	28,752.8	0.0	22.0	16.0	22,414.2	18,837.8	17,805.4
2	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (102)	28,639.2	0.0	17.9	16.0	23,505.7	19,775.4	18,698.5
3	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (103)	28,721.0	0.0	21.5	16.0	22,560.3	18,961.8	17,922.9
4	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (104)	29,223.1	0.0	29.2	16.3	20,680.2	17,317.8	16,347.1
5	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (105)	29,252.2	0.0	28.5	16.3	20,909.0	17,520.9	16,542.8
6	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (106)	29,024.1	0.0	25.9	16.2	21,517.6	18,059.5	17,061.2
7	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (107)	29,037.0	0.0	27.0	16.2	21,209.4	17,783.0	16,793.8
8	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (108)	29,021.1	0.0	25.4	16.2	21,647.8	18,169.9	17,165.8
9	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (109)	29,017.4	0.0	20.1	15.9	23,182.2	19,520.2	18,463.0
10	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (110)	29,215.3	0.0	20.3	15.8	23,280.7	19,617.2	18,559.6
11	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (111)	29,232.9	0.0	25.7	16.1	21,729.7	18,252.7	17,248.9
12	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (112)	28,862.7	0.0	22.4	16.0	22,411.3	18,846.8	17,817.7
13	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (113)	28,719.0	0.0	21.3	16.0	22,601.1	19,003.3	17,964.6
14	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (114)	29,166.7	0.0	28.7	16.3	20,806.0	17,431.6	16,457.4
15	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (116)	29,117.5	0.0	21.2	15.8	22,939.6	19,329.1	18,286.8
16	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (117)	29,211.9	0.0	21.6	15.8	22,895.8	19,297.6	18,258.9
17	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (119)	29,356.0	0.0	27.1	16.1	21,395.0	17,969.3	16,980.3
18	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (120)	29,328.0	0.0	29.6	16.3	20,651.2	17,299.3	16,331.6
19	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (121)	29,586.0	0.0	23.0	15.8	22,779.4	19,209.5	18,179.0
20	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (122)	29,519.2	0.0	21.0	15.7	23,310.9	19,671.5	18,620.8
21	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (123)	29,375.8	0.0	28.1	16.2	21,115.4	17,714.6	16,732.8
22	VESTAS V172-7.2 7200 172.0 !O! hub: 175.0 m (TOT: 261.0 m) (124)	29,345.7	0.0	24.8	16.0	22,065.7	18,558.5	17,545.9

*) NOTE: GROSS value is calculated as "free" turbine without wake losses or other losses.
**) P50 calculated for the park as a whole and as the sum of P50 for each WTG are only identical if the total losses for each individual turbine are identical (and hence identical to that of the park).