

# KANSEN VOOR KLEINE WINDTURBINES BIJ WATERSCHAPPEN



2020  
40



# COLOFON

---

Amersfoort, december 2020

## **Uitgave**

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

## **PROJECTTEAM**

Wing en RenCom

## **BEGELEIDINGSCOMMISSIE**

Marco van Schaik (STOWA), Erik van Diest (Nederlandse WindEnergie Associatie), Tjitse Mollema (Waterschap Noorderzijlvest), Margit Akkerman (Waterschap Noorderzijlvest), Arjan van den Hoogen (Wetterskip Fryslân), Jeannet Bijleveld (Wetterskip Fryslân), Sybren Gerbens (Wetterskip Fryslân), Dennis van der Plaats (Waterschap Rijn en IJssel), Joep van Doornik (Waterschap Vallei en Veluwe), Alef Muntinga (Waterschap Rijn en IJssel), Piet Ackermans (gemeente Oosterhout), Johannes Vijlbrief (Waterschap Scheldestromen), Anita Bunt (Waterschap Hunze en Aa's), Jeroen Wubben (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Jelle Baumgartel (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Koen Smidt (Waterschap Brabantse Delta), Maaïke van Roij (Waterschap Aa en Maas), Ina Elema (Unie van Waterschappen)

## **VORMGEVING**

Wing

## **FOTOVERANTWOORDING**

Wing (Ties Blaauw), Hardeman, Google Streetview en leveranciers windturbines

## **RAPPORTNUMMER**

2020-40

## **ISBN**

978.90.5773.917.0

## **COPYRIGHT**

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

## **DISCLAIMER**

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# TEN GELEIDE

---

## LONKENDE PERSPECTIEVEN VOOR KLEINE WINDTURBINES

Kleine windturbines kunnen een bijdrage leveren aan de ambitie van de waterschappen om energieneutraal te worden. Vooral in delen van het land waar het veel waait. Investeren in turbines met een vermogen onder 1 megawatt is met name rendabel als het waterschap de opgewekte energie (nagenoeg) zelf benut.

Dit zijn de voornaamste uitkomsten van ons onderzoek naar kleine windturbines. Het rapport biedt volop handvatten om met windenergie aan de slag te gaan. In veel Regionale Energiestrategieën is het een van de alternatieven om de energie- en klimaatdoelen te behalen. Grote windturbines zijn niet in te passen op de meeste terreinen van waterschappen, vanwege het landschap en milieuhinder. Hoe kleiner een windturbine, hoe meer mogelijkheden voor de inpasbaarheid. Beleid voor kleine windturbines is er landelijk niet en regionaal zijn hierin grote verschillen. De geschiktheid en haalbaarheid van dit type turbine is ook veelal onontgonnen terrein. Daarom richt dit onderzoek zich hierop.

We geven eerst een overzicht van de kleine windturbines die op de Nederlandse markt zijn, de kosten van elk type en te verwachten opbrengsten. Verder gaat het rapport in op ruimtelijke en milieuaspecten. Voor negen typen kleine windturbines maakten we een businesscase zonder subsidies. In een stappenplan schetsen we hoe een project met kleine windturbines van de grond te krijgen is. Tenslotte geeft een Quickscan inzicht in de haalbaarheid ervan. De Quickscan pasten we toe op drie pilots in windrijke gebieden.

Dit project is onderdeel van WARES, het onderzoeksprogramma voor Waterbeheer en Regionale Energiestrategieën, dat mede mogelijk wordt gemaakt door financiering van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Waterbeheerders die aan de slag willen met kleine windturbines en benieuwd zijn naar de mogelijkheden, vinden in dit rapport een schat aan informatie.

Joost Buntsma  
Directeur STOWA

# STOWA IN HET KORT

---

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken.

De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en hetzelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

*Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.*



# INHOUDSOPGAVE

	<b>TEN GELEIDE</b>	<b>3</b>			
	<b>STOWA IN HET KORT</b>	<b>4</b>			
<b>H1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>7</b>	<b>H7</b>	<b>PILOTLOCATIES MET KLEINE WINDTURBINES BIJ WATERSCHAPPEN</b>	<b>38</b>
1.1	Wat is een kleine windturbine	7	7.1	Potentiële locaties	38
1.2	Leeswijzer	8	7.2	Stappenplan toepassing kleine windturbines	38
			7.3	Pilotopstellingen WRZI Wehe-den Hoorn en Ulrum	40
			7.4	Pilotlocaties Gemaal Schenkenschans en Energiecampus	48
			7.5	Theoretisch potentieel voor kleine windturbines bij Noorderzijlvest	53
<b>H2</b>	<b>INVENTARISATIE</b>	<b>9</b>	<b>H8</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>55</b>
2.1	Enquête waterschappen: 'we weten nog weinig'	9			
2.2	Overzicht van kleine windturbines	10			
2.3	Enquête leveranciers	14			
				<b>BIJLAGE 1 - STERKE EN ZWAKE PUNTEN VAN KLEINE WINDTURBINES</b>	
				<b>VANUIT TWEE PERSPECTIEVEN</b>	<b>57</b>
<b>H3</b>	<b>OMGEVING, BELEID EN MILIEU</b>	<b>18</b>		<b>BIJLAGE 2 - INNOVATIEVE ONTWIKKELINGEN</b>	<b>63</b>
3.1	Beleid	18		<b>BIJLAGE 3 - HANDREIKING MET OVERZICHT WETTELIJKE RICHTLIJNEN</b>	
3.2	Milieu, vergunningen en hinder	20		<b>IN RELATIE TOT KLEINE WINDTURBINES</b>	<b>64</b>
				<b>BIJLAGE 4 - AFVINKLIJST MINIWIND EN KLEINE WINDTURBINES</b>	<b>65</b>
<b>H4</b>	<b>WINDCONDITIES</b>	<b>25</b>		<b>BIJLAGE 5 - VUISTREGELS WINDSTROMING RONDOM GEBOUWEN</b>	<b>66</b>
				<b>BIJLAGE 6 - TECHNISCHE LOCATIE-EISEN</b>	<b>67</b>
<b>H5</b>	<b>RUIMTELIJKE INPASSING</b>	<b>28</b>			
5.1	Ruimtelijke inpassing in het landschap	28		<b>NOTEN</b>	<b>71</b>
5.2	Netinpassing	33			
<b>H6</b>	<b>FINANCIËLE HAALBAARHEID</b>	<b>34</b>			
6.1	Financiële haalbaarheid zonder subsidies	34			
6.2	Gevoeligheidsanalyse	36			
6.3	Subsidies	36			

# CONCLUSIES

## Kleine windturbines bij waterschappen

### Haalbaarheid

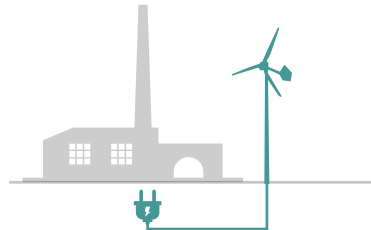
>5 m/s  
20m hoogte



Kies voor een gunstige windlocatie in Nederland



Objecten hebben lokaal invloed op de efficiëntie



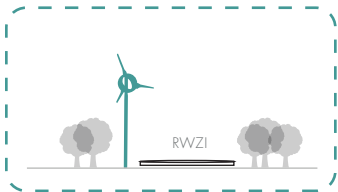
Vrijwel alle kleine windturbines vanaf 10kW zijn financieel haalbaar

bij een inkooptarief van 0,14 €/kWh en een minimaal direct verbruik van minstens 90%

### Ruimte



De verhoudingen en vormgeving van de turbine spelen een rol in beleving



Ruimtelijk is de windturbine onderdeel zijn van een ensemble

De windturbine sluit qua formaat aan op de omliggende objecten en het landschap

### Beleid



Er zijn grote verschillen in het beleid voor kleine windturbines

Er is geen landelijk beleid voor kleine windturbines (afgezien van milieuregels)

De verschillen tussen provinciaal en gemeentelijk beleid zijn groot en beleid is in ontwikkeling of ontbreekt

### Draagvlak



Betrek de omgeving tijdig

De ervaring leert dat de plaatsing van windturbines - ongeacht de grootte, tot weerstand kan leiden bij omwonenden

### Locatie?



Locatie in beeld? Gebruik de QuickScan!

Met de QuickScan uit dit onderzoek kunt u snel zien of de locatie potentie heeft voor kleine windturbines

### Financiële effectiviteit | 100% direct verbruik | zonder subsidie

	Interne rentevoet*	terugverdiëntijd (in jaren)
DW54	14,86%	7
MWF 8.5	5,17%	13
WES34/100	3,76%	14
WES50	0,15%	20
WES250	-0,13%	21
EAZ 12	1,00%	18
SWP25	0,66%	19
Tulyp	0,14%	20
BestWind10	-0,13%	21
Montana	-8,03%	>25
Antaris 10	-12,70%	>25

\*De IRR (internal rate of return, IRR) is een financiële indicator waarmee het netto rendement (na aftrek van de kosten) van de investering in procenten wordt uitgedrukt. Hoe positiever de IRR, des te aantrekkelijker de investering.

# H1 INLEIDING

In de noodzakelijke transitie naar een duurzame energievoorziening zoeken ook de waterschappen naar mogelijkheden om hun bijdrage te leveren. Middels de realisatie van enkele testopstellingen op waterschapslocaties wil STOWA, het kenniscentrum voor de waterschappen, samen met de waterschappen en het Nationaal Programma Regionale Energie Strategie inzichtelijk maken wat de kansen zijn voor kleine windturbines.

STOWA toont namens de waterschappen ambitie om met windturbines bij te dragen aan de transitie naar duurzame energie. Waterschappen, met al hun terreinen, hebben hiervoor potentie. Waterschappen hebben veel uitvoeringskracht en ervaring bij het ontwikkelen en beheren van technische installaties in het landschap. Ook hebben ze veel installaties waar energie wordt verbruikt. Met name RWZI's gebruiken veel energie. Daarnaast zijn waterschappen ook historisch verbonden met windenergie. Molengangen als Kinderdijk en de Amerikaanse windturbine getuigen hiervan. Geeft dit draagvlak voor nieuwe windturbines? Kan de windturbine weer een vanzelfsprekend onderdeel gaan vormen van het waterschapsmeubilair (denk aan gebouwen, RWZI's, gemalen, waterinfra etc.)? Vanuit al deze eigenschappen verkent dit onderzoek de potenties die waterschappen hebben voor de opwek van windenergie door kleine windturbines.

In dit rapport beantwoorden wij de vraag: "Welke typen kleine windturbines kunnen op welk soort waterschapslocaties ingepast worden en welke energieopbrengsten kunnen daar in de praktijk worden behaald?"

Met dit onderzoek wordt inzicht verkregen in een niche die relevant is voor Nederland. Immers naar grote windturbines wordt veel onderzoek gedaan, maar naar kleine windturbines niet. Om te komen tot een duurzame energietransitie moet vanuit verschillende energiebronnen een bijdrage worden geleverd. Kleine windturbines horen daarbij. Dit onderzoek leidt tot locaties waar beloftevolle kleine windturbines kunnen worden getest. We verkennen de condities ten aanzien van waterschapslocaties, maar kijken ook breder. De onderzochte combinatie van locatie en turbinetype levert een nieuw perspectief op voor andere locaties in Nederland. Door de afmeting (aanzienlijk kleiner dan grote turbines) en door het feit dat het vaak om solitaire turbines gaat, is de veronderstelling dat kleine turbines makkelijker draagvlak verkrijgen en dus een bijdrage in de energieopgave kunnen leveren.

We verkennen de kansen voor energieproductie die kleine windturbines bieden, maar ook de effecten die ze hebben op het landschap en de bezwaren die denkbaar zijn vanuit bijvoorbeeld hinder. Deze vertalen we in randvoorwaarden om tot goede locaties en goede turbinetypen te komen voor energieneutrale waterschapslocaties. Dit leidt tot praktische voorstellen voor enkele voorbeeldlocaties en ook tot een ruimtelijke visie op de opgave op een hoger schaalniveau. Dit doen we door de effecten te evalueren en een doorkijk te maken wat dit op landelijk schaal kan betekenen. Wat zeggen de resultaten over het toekomstige (waterschaps)landschap? Welke ruimtelijke keuzen liggen daarmee voor?

De businesscase rond kleine windturbines is niet altijd riant. Dit blijkt uit het feit dat veel aanbieders in de afgelopen

tien jaar inmiddels weer van de markt zijn verdwenen. Er is relatief weinig expliciete kennis van de factoren die kleine windturbines succesvol maken. Op dit moment biedt de markt een aantal nieuwe types kleine windturbines, waarover nog weinig praktijkgegevens voorhanden zijn. Vergelijkende testen met goede monitoring en financiële analyse zijn in Nederland niet eerder gedaan. Aan dit kennistekort willen we met dit onderzoek een belangrijke bijdrage leveren.

## 1.1. WAT IS EEN KLEINE WINDTURBINE?

Verschillende instanties hanteren verschillende definities voor kleine windturbines. NWEA (Nederlandse Windenergie Associatie), definieert een kleine windturbine aan de hand van de bovengrens van het rotoroppervlak van 200 m<sup>2</sup>. Dit ligt in lijn met de definitie van de Internationale Elektrotechnische Commissie (IEC).

**In dit rapport kijken we naar windturbines in de vermogensrange tussen 5 kW en 900 kW.** Deze keuze is ingegeven door het doel van het onderzoek: de elektriciteitsopwekking ten behoeve van poldergemalen, zeegemalen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) van waterschappen. De vraag naar elektriciteit op deze locaties ligt binnen de bandbreedte van de opbrengsten van deze windturbines, of kan met maximaal drie van deze turbines per locatie worden opgewekt.

Het voordeel van een kleine windturbine is dat deze een locatie - per saldo, energieneutraal kan maken: de benodigde hoeveelheid elektriciteit wordt ter plekke, op een hernieuwbare en schone manier opgewekt.

---

De ruimtelijke en visuele integratie van kleine windturbines in de omgeving is makkelijker, omdat deze een meer lokale uitstraling en (milieu)impact hebben dan grote windturbines. De kans op acceptatie door omwonenden is daardoor waarschijnlijk groter dan die van grote windturbines. Het nadeel is dat kleine windturbines zich door hun beperkte hoogte in een minder gunstig windgebied bevinden en ze door hun geringe rotoroppervlakte minder elektriciteit opwekken. Beide eigenschappen maken dat kleine windturbines minder efficiënt zijn en de daarmee opgewekte elektriciteit duurder is dan die van grote windturbines. Mede vanwege deze beperkende eigenschappen onderzoeken we in hoeverre we randvoorwaarden kunnen formuleren voor een positieve businesscase.

## 1.2. LEESWIJZER

In deze rapportage vindt u in hoofdstuk 2 een inventarisatie. Dit is enerzijds een inventarisatie naar het potentieel en de verwachting bij waterschappen en anderzijds naar de turbines die op de markt worden aangeboden. Hoofdstuk 3 gaat over beleid en vergunningen. In hoofdstuk 4 worden de windcondities die nodig zijn voor een gunstige businesscase behandeld. Hoofdstuk 5 gaat vervolgens in op de ruimtelijke inpassing van kleine windturbines en behandelt bovendien kort de netinpassing. Vervolgens wordt de financiële haalbaarheid uitgelegd en specifiek gemaakt voor verschillende soorten windturbines. De bevindingen worden vertaald in hoofdstuk 7 naar drie pilotlocaties in Noord-Nederland. Ten slotte volgen in hoofdstuk 8 de conclusies.



## H2 INVENTARISATIE

Dit hoofdstuk geeft de stand van zaken weer ten aanzien van kleine windturbines. Met enquêtes is verkend wat de kennis over, en de verwachtingen ten aanzien van kleine windturbines zijn. Enquêtes zijn afgenomen bij waterschappen, die afnemer kunnen worden van kleine windturbines en bij potentiële leveranciers van kleine windturbines.

### 2.1. ENQUÊTE WATERSCHAPPEN: 'WE WETEN NOG WEINIG'

Om een gevoel te krijgen bij de vragen en behoeftes van waterschappen als het gaat om kleine windturbines, is er een online enquête uitgezet onder de leden van de expertgroep wind en zon. Dertien waterschappen hebben deze enquête ingevuld. Uit deze enquête blijkt dat er onder de waterschappen nog niet veel kennis van de verschillende mogelijke kleine windturbines bestaat. Bovendien zijn er veel vragen. Het idee van een kleine windturbine wordt door de meesten sympathiek gevonden maar het beeld leeft dat de businesscase niet rond te krijgen is.

Een weergave van de reacties:

Wat is de huidige situatie?

- 3 van de 13 waterschappen hebben op dit moment een kleine windturbine (< 400 kW) voor energie-opwek op eigen grond. Op één na, zijn bij de 13 waterschappen alle poldergemalen aangesloten op het elektriciteitsnet.

Wat zijn verwachtingen bij waterschappen?

- Bij 5 van de 13 maken kleine windturbines onderdeel uit van het (duurzaamheids)beleid. Twee waterschappen benoemen expliciet de maten van EAZ 30.000 kWh/jr of de maatrange van 15 tot 50m. Een waterschap heeft alleen ruimte voor grote turbines van 3MW. De wensen

en eisen die waterschappen hebben voor het plaatsen van kleine windturbines zijn zeer divers:

- Zoveel mogelijk kWh en een positieve Businesscase
- Direct aansluitbaar op eigen installatie.
- Geen overlast.
- Vanwege imago doen wij er alles aan.
- 7 waterschappen zien kansen voor de ontwikkeling van waterschapsturbines: Zuiderzeeland, Friesland, Vallei en Veluwe, Schieland en de Krimpenerwaard, Vechtstromen, Noorderzijlvest, Aa en Maas. Daarbij wordt door 1 waterschap de relatie gelegd tussen de grootte van de aan te sluiten pomp om te bepalen wat de grootte van de windturbine wordt in de range: 20-100 kW.
- Met betrekking tot de locaties wordt uitgegaan van de mogelijk negatieve ruimtelijke impact en van de energie-afname (eigen rwzi's, awzi's, (grote) poldergemalen, pompen ofwel via netaansluiting). Hierbij geven slechts 2 waterschappen aan van plan te zijn om kleine windturbines te gaan plaatsen in de komende 5 jaar.
- 6 van de 13 zien geen kansen: Hollandse Delta, WDOdelta, Stichtse Rijnlanden, Rijn en IJssel, Limburg, Schelde-stromen. De belangrijkste reden daarvoor is de verwachting dat bij netaansluiting de kosten te hoog zijn in relatie tot de opbrengsten en dat terugverdientijd te lang is.
- Verwacht wordt dat vergunningverlening lastig is. Kleine windturbines passen niet in het provinciale concentratiebeleid voor windenergie. Knelpunten worden niet verwacht bij de toepassing, maar in de businesscase. De te verwachten prestaties zouden te slecht zijn en de terugverdientijd meer dan 10 jaar. Bovendien is het rendement te klein voor grote stroombehoefte van bijv.

rwzi's. "we zouden teveel kleine windturbines moeten opstellen om een significante bijdrage te kunnen leveren aan onze energieneutraliteit".

- Waterschappen geven aan niet specifiek geïnteresseerd zijn in of behoefte te hebben aan exclusieve waterschapsturbines. Dus de onderzochte turbines kunnen ook gebruikt worden door derden, net als de assets van het waterschap gebruikt mogen worden door derden. Elke windturbine draagt bij aan de energietransitie.

Wat is nodig voor kleine windturbines? Welke acties moeten volgens respondenten worden ondernomen om de knelpunten bij plaatsing van kleine windturbines op te lossen?

- Er zijn voorbeelden in het landschap nodig. Hiermee vrije ontwikkelruimte creëren.
- Er moet een aparte SDE-subsidie categorie komen voor kleine windturbines, met hogere subsidiebedragen.
- In het provinciale beleid moeten kleine windturbines een andere behandeling krijgen.
- Heldere doelen in landelijk beleid voor bijvoorbeeld de EAZ windturbine. Eenvoudige omgevingsvergunning. Toepassen zoals in Denemarken, dat iedere boerderij in eigen energie kan voorzien.
- Kennis vergroten bij bevoegde gezagen (effect van kleine windturbines, bijdrage aan de transitie, etc.).
- Er zijn significante verbeteringen nodig op het gebied van de elektriciteitsopbrengst van kleine windturbines.

Wat is de potentie? Over hoeveel locaties hebben we het?

- In Nederland hebben we 2216 gemalen waarvan het grootste gedeelte bestaat uit poldergemalen.



Dit zijn soms grote regionale gemalen die vaak en veel energie gebruiken. Er zijn echter ook veel kleine gemalen die slechts na een regenbui een periode energie gebruiken. In het laatste geval is er dus geen voortdurende afname van energie. Een klein deel van de gemalen is niet meer in gebruik.

- In Nederland hebben we 326 RWZI's (zie kaart)<sup>1</sup>. Dit zijn installaties van heel verschillende afmeting en dus ook met uiteenlopend energieverbruik. In het algemeen gebruiken RWZI's relatief veel en bijna permanent energie. Een turbine zou bij een RWZI voortdurend zijn energie kwijt kunnen mits de omvang van afname en aanbod (formaat turbine) goed zijn afgestemd.



figuur 1. Deze kaart toont alle RWZI's van Nederland. Hier vindt substantieel energieverbruik plaats. bron: <https://www.pdok.nl/geo-services/-/article/kaderrichtlijn-stedelijk-afvalwater>

## 2.2. OVERZICHT VAN KLEINE WINDTURBINES

### Toelichting

In Nederland is een groot aantal kleine windturbines beschikbaar en leverbaar. Hieronder worden deze naast elkaar gezet. In het overzicht is per turbine een aantal essentiële data samengevat in een soort visitekaartje, dat een beeld geeft van de uitstraling, grootte, prestaties en de kosten. Voor de volledigheid zijn in het overzicht ook turbines opgenomen van enkele buitenlandse leveranciers die in een aantal EU landen actief zijn en die aanzienlijke aantallen turbines wereldwijd hebben geplaatst, maar geen vertegenwoordiging hebben in Nederland. Deze leveranciers hebben niet aan de enquête meegedaan, waardoor op hun visitekaartjes enkele data ontbreken. Het is niet uitgesloten dat deze buitenlandse leveranciers in de toekomst wel een vertegenwoordiging in Nederland krijgen. Op dit moment zijn er twee bedrijven die buitenlandse turbines aanbieden (Hulst met turbines uit Duitsland en Denemarken en KeiGroen met meerdere buitenlandse turbines).

Het overzicht van windturbines is niet uitputtend. Veel buitenlandse bedrijven verkopen hun turbines via tussenpersonen of via internet. Deze zijn niet in het overzicht meegenomen, omdat wij vinden dat de levering van windturbines samen moet gaan met betrouwbare partners in Nederland, die aannemelijk kunnen maken de afspraken en garanties te kunnen nakomen en professionele dienstverlening kunnen bieden.

Om prestaties van verschillende turbines met elkaar te kunnen vergelijken, zijn leveranciers verzocht om gemeten

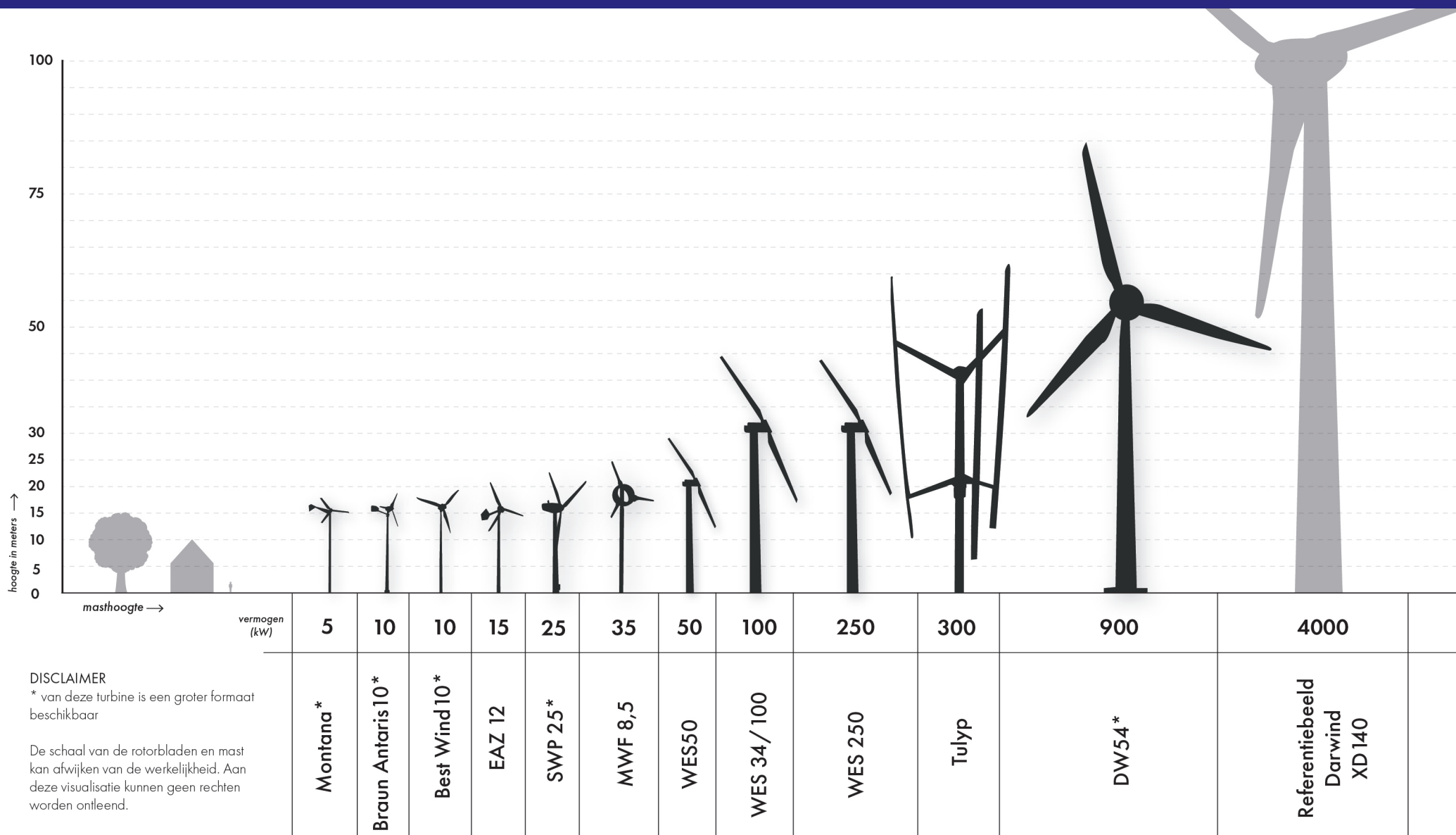
opbrengsten op te geven, bij een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s. Deze opbrengsten moesten ook bij één van hun klanten geverifieerd kunnen worden. Voor turbines die nog niet in de praktijk gemeten zijn, zijn de berekende opbrengsten genoemd. Bij buitenlandse turbines zijn de opbrengstdata van de website gehaald, of niet ingevuld.

Om de kosten van verschillende turbines met elkaar te kunnen vergelijken, hebben we aan alle leveranciers gevraagd de kosten op dezelfde manier op te geven. De in het visitekaartje genoemde kosten staan voor een complete installatie, waarbij de dienstverlening (vooronderzoek, vergunning- en subsidieaanvraag) en de locatie gerelateerde kosten, zoals transport, fundering en plaatsing/aansluiting, achterwege zijn gelaten. Dit heeft te maken met het feit dat sommige leveranciers wel een uitgebreide dienstenpakket aanbieden en andere niet.

Naast de bovengenoemde 'kleine' windturbines is ter informatie ook een overzicht gemaakt van windturbines met een vermogen onder de 5 kW, de zogenaamde 'mini' windturbines. Deze turbines kunnen eventueel voor specifieke, kleinschalige energievoorzieningen (bijvoorbeeld terreinverlichting) worden ingezet, of voor extra zichtbaarheid en/of uitstraling op het dak van RWZI worden geplaatst. Zie bijlage 4.

In figuur 2 (zie volgende pagina) staan de windturbines die in dit onderzoek zijn meegenomen op afmeting gerangschikt. Tijdens het onderzoek bleek dat van een aantal typen turbines te weinig gegevens beschikbaar waren om ze zorgvuldig te onderzoeken. Deze turbines hebben we laten afvallen in dit onderzoek. In bijlage 1 staat een volledig overzicht van turbines, die we bij de start van dit onderzoek in beeld hadden.

# Kleine windturbines vanaf 5kW (2020)



**DISCLAIMER**

\* van deze turbine is een groter formaat beschikbaar

De schaal van de rotorbladen en mast kan afwijken van de werkelijkheid. Aan deze visualisatie kunnen geen rechten worden ontleend.

figuur 2. Kleine windturbines vanaf 5kW (2020)

# VISITEKAARTJES

## Kleine windturbines

### Montana\*



vermogen	5 kW
rotor diameter	5 m
rotor oppervlak	19,6 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	12 / 24 m
opbrengsten	6.000 kWh/jr
kosten	€ 16.760

**Leverancier:** Fortis Wind  
t: 050 551 5666, info@fortiswindenergy.com, www.fortiswindenergy.com

\*Data volgens opgave leverancier. Deelcertificaten volgens ICE.

### Braun Antaris10\*



vermogen	10 kW
rotor diameter	6,5 m
rotor oppervlak	33,2 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	12 / 18 / 24 / 30 m
opbrengsten	10.000 kWh/jr
kosten	€ 37.500

**Leverancier:** Hulst Innovatie B.V.  
t: 06 3045 7321, windmolens@hulstinnovatie.nl, www.windmolensopmaat.nl

\*Data volgens opgave leverancier.

### MWF 8,5\*



vermogen	35 kW
rotor diameter	8,7 m
rotor oppervlak	59 m <sup>2</sup>
masthoogte	20 m
overige mogelijkheden	25 m
opbrengsten (P50)	49.000 kWh/jr
kosten	€ 50.000

**Leverancier:** Mega WindForce Holding BV  
t: 06 8173 3929, info@megawindforce.com, www.megawindforce.com

\*Data volgens opgave leverancier. Berekende opbrengsten. IEC gecertificeerd voor een levensduur van 30 jaar

### BestWind\*



vermogen	10 kW
rotor diameter	10,5 m
rotor oppervlak	86 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	20 / 25
opbrengsten	30.000 kWh/jr
kosten	€ 42.500

**Leverancier:** BestWatt  
t: 0342 406464, info@mybestwatt.com, https://mybestwatt.com

\*Data volgens opgave leverancier. IEC gecertificeerd. 30 jaar leveranciersgarantie.

### SWP 25 kW\*

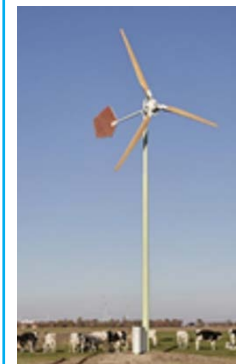


vermogen	25 kW
rotor diameter	16 m
rotor oppervlak	201 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	18 m
opbrengsten	72.600 kWh/jr
kosten	€ 86.500

**Leverancier:** Hulst Innovatie B.V.  
t: 06 3045 7321, windmolens@hulstinnovatie.nl, www.windmolensopmaat.nl

\*Data volgens opgave leverancier. IEC gecertificeerd.

### EAZ Twaalf\*



vermogen	15 kW
rotor diameter	12 m
rotor oppervlak	113 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	n.v.t.
opbrengsten	36.000 kWh/jr
kosten	€ 52.000 (all-in)

**Leverancier:** EAZ Wind  
t: 0598 372383, info@eazwind.com, https://www.eazwind.com

\*Data volgens opgave leverancier. IEC gecertificeerd.

# VISITEKAARTJES

## Kleine windturbines

### WES250\*

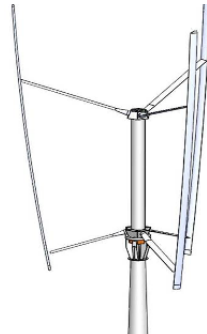


vermogen	250 kW
rotor diameter	30 m
rotor oppervlak	706,5 m <sup>2</sup>
masthoogte	30 m
overige mogelijkheden	39 / 48 m
opbrengsten	285.000 kWh/jr
kosten	€ 425.000

**Leverancier:** Wind Energy Solutions  
t: +0226 425150, info@windenergysolutions.nl, www.windenergysolutions.nl

\*Data volgens opgave leverancier. Deelcertificaten volgens IEC.

### TULYP\*



vermogen	300 kW
rotor diameter	34 m
rotor hoogte	45 m
rotor oppervlak	1.340 m <sup>2</sup>
masthoogte	20 m
opbrengsten	594.000 kWh/jr
kosten	€ 900.000 (1 <sup>e</sup> serie)

**Leverancier:** Arkom Windpower BV  
t: 088 5155155, info@arkom.nl, https://www.tulypwind.nl/

\*Data volgens opgave leverancier. IEC gecertificeerd.

### DW54\*



vermogen	900 kW
rotor diameter	54 m
rotor oppervlak	2.280 m <sup>2</sup>
masthoogte	50 m
overige mogelijkheden	40 / 75 m
opbrengsten	1.776.500 kWh/jr
kosten	€ 880.000

**Leverancier:** Emergya Wind Technologies BV  
t: 033 454 0520, info@ewtdirectwind.com, https://ewtdirectwind.com/nl/

\*Data volgens opgave leverancier. IEC gecertificeerd.

### WES 50\*



vermogen	50 kW
rotor diameter	20 m
rotor oppervlak	314 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	18 / 24 / 30 m
opbrengsten	124.000 kWh/jr
kosten	€ 174.000

**Leverancier:** Wind Energy Solutions  
t: +0226 425150, info@windenergysolutions.nl, www.windenergysolutions.nl

\*Data volgens opgave leverancier. Deelcertificaten volgens IEC.

### WES 34/100\*



vermogen	100 kW
rotor diameter	34 m
rotor oppervlak	907 m <sup>2</sup>
masthoogte	30 m
overige mogelijkheden	39 / 48 m
opbrengsten	319.000 kWh/jr
kosten	€ 349.000

**Leverancier:** Wind Energy Solutions  
t: +0226 425150, info@windenergysolutions.nl, www.windenergysolutions.nl

\*Data volgens opgave leverancier. Deelcertificaten volgens IEC.

### 2.3. ENQUÊTE LEVERANCIERS

Om een beeld te krijgen van het aanbod aan kleine windturbines, is een enquête verstuurd naar negen Nederlandse leveranciers van kleine windturbines in de range tussen 5 kW en 900 kW. Alle benaderde leveranciers hebben gereageerd. Dat zijn (in de volgorde van de grootte van hun turbines in kW): Flower Turbines, Fortis Wind Energy, Hulst Innovatie, BestWatt, EAZ Wind, Mega Windforce Holding, Wind Energy Solutions, Arcom Windpower en Emergya Wind Technologies (EWT). In het onderstaande geven we een samenvatting van hun reacties. Aan de hand van de reacties is voor elke windturbine een ‘visitekaartje’ gemaakt, met daarin de meest essentiële turbinedata. Deze zijn weergegeven in 2.2. Een volledige weergave van de beantwoording door de afzonderlijke leveranciers is te vinden in Bijlage 1. De leveranciers zijn ook gevraagd hun mening te geven over de sterke en minder sterke punten van hun turbines. Om dit beeld betrouwbaarder te maken, hebben we dezelfde vragen gesteld aan een van hun klanten.

#### De bedrijven

Het jongste bedrijf is pas een jaar oud, het oudste levert al 43 jaar kleine windturbines. Daarnaast zijn er vijf bedrijven met een leeftijd van 15 - 25 jaar en twee bedrijven tussen 2 en 5 jaar oud. Alle bedrijven hebben een BV-vorm. Zeven fabrikanten leveren turbines van eigen ontwerp, één heeft ooit het ontwerp overgenomen en verder zelf doorontwikkeld, en één levert geïmporteerde turbines. Zes van de negen leveranciers zijn aangesloten bij NWEA (Nederlandse Windenergie Associatie), enkele ook bij NVDE (Nederlandse Vereniging Duurzame Energie). Ze verwachten dat deze

organisaties zich inzetten voor betere condities in de zin van stimuleringsmaatregelen en versoepeling van vergunningverlening.

De toekomstplannen van de bedrijven zijn in lijn met de fase waarin het bedrijf en het product zich bevindt. De ambities variëren van verdere ontwikkeling van turbintype of van de algehele productiecapaciteit tot verbreding van het marktaanbod.

Het veiligstellen van de continuïteit van het bedrijf gebeurt door het aangaan van samenwerkingsverbanden, goed contact onderhouden met de markt, zorgen voor tevreden klanten, onderdelen in eigen regie en dicht bij huis maken, werken met meerdere toeleveranciers, het uitbreiden van productportfolio en/of het zorgen dat hun producten van standaard onderdelen gemaakt zijn, die makkelijk op de markt te vinden zijn. De meeste leveranciers zijn bereid te onderhandelen over de leveringsvoorwaarden.

#### De turbines

Zes van de negen leveranciers hebben een uitontwikkeld product, maar geven aan altijd te kijken naar de mogelijkheden om hun product verder te optimaliseren. Drie turbines bevinden zich op dit moment in de laatste fase van het ontwikkelingstraject en de leveranciers zijn momenteel bezig met productie van de nul-serie en voorbereidingen voor de pilottoepassing.

Alle turbines voldoen aan IEC-61400-2 norm. De meeste turbines zijn IEC gecertificeerd, gedeeltelijk gecertificeerd (voor bepaalde landen of bepaalde onderdelen) of in proces van certificering. Geen van de leveranciers heeft een Levens-

cyclusanalyse (LCA) gemaakt of een CO<sub>2</sub>-voetafdruk berekend. Vier fabrikanten zijn dat wel van plan, en één verwacht van zijn toeleveranciers om CO<sub>2</sub>-neutraal te werken en duurzame materialen te gebruiken.

NAAM TURBINE	ROTOR DIAMETER (M)	ROTOR OPPERVLAK (M <sup>2</sup> )	TIPHOOGTE (M)	VERMOGEN KW
Montana	5	20	18	5
Antaris 10	7	33	18	10
BestWind	11	86	20	10
EAZ12	12	113	21	15
SWP25	16	201	23	25
MWF8.5	9	59	24	35
WES50	20	314	25	50
WES34/100	34	907	47	100
WES250	30	707	45	250
Tulyp	34	1340	65	300
DW54	54	2289	77	900

Tabel 1: overzicht technische data.  
Bron: leveranciers



De garanties verschillen per leverancier en hebben de duur van 1 - 5 jaar. De garanties worden verstrekt i.c.m. een onderhoudscontract. De contracten worden afgesloten voor een periode tussen 5 en 20 jaar, afhankelijk van de leverancier. Alle leveranciers bieden onderhoudsservices aan, meestal door eigen monteurs, soms door partners.

De meeste (6) leveranciers geven aan dat hun turbines een levensduur hebben van minimaal 20 jaar, bij 2 turbines is dat 30 jaar en 1 minimaal 10 jaar. De laatste twee turbines zijn nog niet op de markt.

### Elektriciteitsopbrengsten

Alle leveranciers bieden mogelijkheden om prestaties van turbines op afstand te volgen. Het overgrote deel van de leveranciers maakt hiervoor gebruik van het SCADA-systeem (Supervisory Control And Data Acquisition). Dat houdt in: het verzamelen, doorsturen, verwerken en visualiseren van meet- en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële systemen. Een SCADA-systeem bestaat uit een computer met daarop de SCADA-software.

Aan de leveranciers is gevraagd om opbrengsten van hun turbines op te geven in kWh/jaar, bij een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s. Het moest gaan om gemeten opbrengsten die ook bij één van hun klanten geverifieerd kunnen worden. Voor turbines die nog niet in de praktijk gemonitord zijn, gelden de berekende opbrengsten of opbrengsten uit de windtunnel. De door leveranciers opgegeven opbrengsten zijn, samen met andere relevante data, weergegeven in het overzicht kleine windturbines (tabel 2).

De opbrengstdata van turbines waarvan de leverancier niet aan de enquête heeft meegedaan, zijn overgenomen van hun webpagina.

Over het algemeen geldt: hoe groter de rotor, des te hoger de opbrengsten in kWh per m<sup>2</sup> rotoroppervlak. Deze stelling wordt bevestigd door de praktijkgegevens zoals weergegeven in tabel 1. De turbines zijn gerangschikt op grond van het vermogen.

NAAM TURBINE	OPBRENGSTEN (KWH/JAAR)	ROTOR OPPERVLAK (M <sup>2</sup> )	OPBRENGSTEN (KWH/M <sup>2</sup> )
Montana	6.000	20	306
Antaris 10	10.000	33	301
BestWind	30.000	86	349
EAZ12	36.000	113	319
SWP25	72.600	201	361
MWF8.5	49.000	59	831
WES50	124.000	314	395
WES34/100	319.000	907	352
WES250	285.000	707	403
Tulyp	594.000	1340	443
DW54	1.776.500	2289	776

Tabel 2: jaarlijkse opbrengsten in kWh per m<sup>2</sup> rotoroppervlakte. Bron: leveranciers

Alle leveranciers kunnen de turbine(masten) in een kleur naar wens leveren.

Het aantal geplaatste turbines verschilt per leverancier: een 10-tal, meer dan 300, 600, ruim 800, meer dan 1120 en ruim 6000. De fabrikanten van Flower turbine, MWF8,5 en Tulyp zijn voornemens hun turbines in 2021 in pilotprojecten in te zetten.

Wereldwijd hebben de negen Nederlandse leveranciers die aan de enquête hebben meegedaan, tezamen ruim 9.000 windturbines geplaatst.

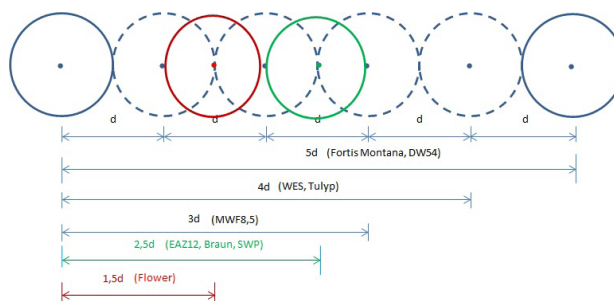
## Ruimtebeslag

De plaatsing van turbines vergt een verharde toegangsweg en (meestal) de inzet van hoogwerkers. Bij grotere turbines is een hijskraan nodig. Bij een aantal turbines is de inzet van hijskranen en hoogwerkers niet nodig, omdat ze een mast in drie delen hebben, of gebruik maken van een kantelbare mast. Bij de plaatsing van meerdere turbines op rij, wordt rekening gehouden met een minimale onderlinge afstand. Dit om de verstoring van de windtoevoer en daarmee het energieverlies te vermijden. De benodigde minimale afstanden variëren tussen 1,5 - 5 rotordiameters. Tabel 3 presenteert de genoemde afstanden in meters.

NAAM TURBINE	DIAMETER (M)	AFSTAND AANTAL DIAMETERS	AFSTAND (M)
Montana	5	5	25
Antaris 10	7	2,5	16
BestWind	11	6x masthoogte	90
EAZ12	12	2,5	30
SWP25	16	2,5	40
MWF8.5	9	2,5-3	21-26
WES50	20	3-4	60-80
WES34/100	34	3-4	102-136
WES250	30	3-4	90-120
Tulyp	34	4	136
DW54	54	5	270

Tabel 3: minimale afstanden tussen de turbines in meters.

Figuur 3 illustreert de onderlinge afstanden in rotordiameters tussen de turbinemasten, volgens opgave leverancier. Sommige leveranciers noemen een bandbreedte voor de benodigde tussenruimte, bijvoorbeeld MWF (2,5d – 3d), WES (3d – 4d) en EWT (2,5d-5d). Voor turbines van BestWind geldt een minimale afstand tussen de turbines van 6 x de masthoogte.



Figuur 3: onderlinge afstanden tussen windturbines

Tijdens de onderhoudswerkzaamheden worden bij de meeste turbines hoogwerkers ingezet. Bij kantelbare masten zijn deze niet nodig. Bij deze masten is wel extra ruimte nodig om de mast te kantelen. Het onderhoud van een grote turbine zoals EWT, wordt van binnen uitgevoerd. Hiervoor zijn een ladder met bordessen en een goederenlift aanwezig. Er wordt geen hoogwerker gebruikt.

Het is mogelijk om turbines tot 10 kW in een tijdelijke/mobiele opstelling te plaatsen.

### Sterke en minder sterke punten

De volledige beantwoording van de vraag over sterke en minder sterke punten van de afzonderlijke leveranciers is te

vinden in Bijlage 1. Voor de volledigheid zijn deze vragen ook gesteld aan een van hun klanten. Hun reacties zijn in dezelfde bijlage opgenomen. Twee leveranciers hebben, naar eigen zeggen omwille van privacybescherming, geen referentie willen opgeven.

Op de vraag om een aantal sterke en minder sterke punten van hun turbine te benoemen, leveren de leveranciers vaak vergelijkbare antwoorden:

### Sterke punten

Geluidsarm (5x); bewezen in de praktijk (6x), eenvoudig ontwerp; onderhoudsarm - dus goedkoop onderhoud (5x); visueel aantrekkelijk (4x); efficiënt/hoge opbrengst/goede prijs-prestatieverhouding (4x). Verder werden de volgende punten genoemd: hoeft niet bij storm te worden uitgezet; direct drive technologie; grote keuze aan vermogensklassen (op maat voor elke locatie); ook geschikt voor locaties met lagere windsnelheden (<5 m/s); modulair - makkelijke vervanging van onderdelen; zonder omvormer: de opgewekte stroom kan direct in het net; betrouwbaar: lange ervaring, grote organisatie en makkelijk onderhoud door kantelbare mast.

### Minder sterke punten

Leveringsprogramma beperkt tot het sub MW-segment; minder geschikt voor locaties met lage windsnelheden (< 5 m/s); niet voor toepassingen in bebouwde kom of in bosrijk gebied; niet op daken met een zwakke dakconstructie; niet voor offshore toepassing en financieel minder aantrekkelijk dan een vergelijkbare turbine met een horizontale as.

## Kosten

De investeringskosten zijn erg afhankelijk van het turbinemodel, de fabrikant en de ontwikkelingsfase van de desbetreffende turbine. De eerste series zijn in de regel duurder dan de opvolgers. Aan de leveranciers is gevraagd om investeringskosten op te geven bestaande uit turbine met de bijbehorende mechanische en elektrische onderdelen, exclusief de locatie gerelateerde kosten, zoals fundering en dienstverlening (vooronderzoek, vergunning- en subsidieaanvraag, transport, plaatsing en aansluiting). De opgegeven kosten liggen tussen 978 euro en 4.250 euro per kW. Om turbines makkelijker met elkaar te kunnen vergelijken zijn er in Tabel 4 hieronder, de specifieke kosten berekend per m<sup>2</sup> rotor-oppervlakte en per kW vermogen.

NAAM TURBINE	INVESTERING (EURO)	KOSTEN (EURO/M <sup>2</sup> )	KOSTEN (EURO/KW)
Montana	16.760	855	3.352
Antaris 10	37.500	1.130	3.750
BestWind	42.500	494	4.250
EAZ12	52.000	460	3.467
MWF8.5	50.000	847	1.429
WES50	174.000	554	3.480
WES34/100	349.000	385	3.490
WES250	425.000	602	1.700
Tulyp	900.000	672	3.000
DW54	880.000	384	978

Tabel 4: Investeringskosten en kosten per m<sup>2</sup> rotoroppervlakte, respectievelijk per kW vermogen

De opgegeven onderhoudskosten van turbines variëren tussen 1% en 3% van de investeringskosten, waarbij ook verschillende voorwaarden gelden in relatie tot garanties en de kosten van onderdelen die er wel of niet onder vallen. De leveranciers geven aan dat verzekeringskosten ongeveer 0,6% – 0,9% van de investeringskosten bedragen.

Twee leveranciers (BestWatt en EWT) kunnen huurkoop/ leaseopties en/of PPA aanbieden. De andere zijn bereid om deze opties, in samenwerking met klanten, uit te werken. De meeste leveranciers zijn bereid hun turbine ten behoeve van pilotprojecten gratis beschikbaar te stellen, onder voorwaarde dat daar afspraken voor toekomstige afnames aan vastzitten.

De meeste leveranciers maken gebruik van de SDE-regeling, twee hebben ervaring met de Postcoderoos-regeling. Vier leveranciers besteden het maken van subsidieaanvragen uit, drie helpen hun klanten bij de indiening, twee maken ze zelf (tegen betaling). Op één na hebben alle leveranciers goede ervaringen met banken.

### Knelpunten en positieve ervaringen uit de praktijk

De leveranciers zijn het erover eens dat de verschillen in beleid bij verschillende gemeenten en provincies, qua opstelling (solitaire of lijn), ashoogte en bestemmingsplannen, het grootste obstakel vormt voor de toepassing van kleine windturbines.

Daartegenover staan een aantal positieve ervaringen:

- ‘Ca 15 gemeenten en de provincie Groningen hebben een duidelijk beleid’.

- ‘Soms kan een kleine wijziging in het bestemmingsplan of bouwblok erg bevorderlijk zijn voor een goede locatie’.
- ‘Goede ervaring in Overijssel, Hof van Twente. Na het plaatsen van onze demonstratie turbine raakte men zeer enthousiast. De gemeente heeft de richtlijnen aangepast en ervoor gezorgd dat de boeren en bedrijven eenvoudig een vergunning voor de turbine tot 25 meter kunnen verkrijgen.’

De leveranciers zien verschillende opties om obstakels te overwinnen. Samengevat:

- Duidelijk vergunningsbeleid voor kleine windturbines. Bij voorkeur met een ashoogte tot 25/30 meter.
- Uniform beleid per provincie.
- Versoepeling van het beleid.
- Informatie/kennisniveau bij vergunningverleners verhogen.
- Zekerheid over subsidies voor langere tijd.
- Goede afspraken met de afnemers over aantal turbines dat in de toekomst afgenomen zal worden.
- Geen voorkeur uitspreken voor een bepaalde vorm van duurzame energie, zodat bedrijven zelf kunnen kiezen welke vorm het beste bij het bedrijf past.

# H3 OMGEVING, BELEID EN MILIEU

In dit hoofdstuk komt een aantal omgevingsfactoren aan bod dat van invloed is op de kansen voor kleine windturbines bij waterschappen. We behandelen achtereenvolgens het beleid (3.1) en zaken met betrekking tot vergunningen en hinder (3.2).

## 3.1 BELEID

Er is geen specifiek landelijk beleid voor kleine windturbines. Tot nu toe, maakten de provincies en gemeenten gebruik van de regelgeving en richtlijnen die voor grote windturbines zijn ontwikkeld. Verwacht kan worden dat, in het kader van de ontwikkeling van Regionale Energie-Strategieën (RES), gemeenten en provincies meer aandacht zullen schenken aan kleine windturbines en deze een plek zullen krijgen in hun beleid.

De verschillen tussen de provincies zijn groot. Veel provincies zijn restrictief ten opzichte van de plaatsing van windturbines. Opvallend genoeg geldt dit ook voor provincies als Friesland en Noord-Holland, waar al geruime tijd ervaring bestaat met windenergie en waar de condities voor windenergie zeer gunstig zijn. Hier is een conservatieve reactie vanuit de samenleving ontstaan op de ruime ontwikkeling van windenergie in het verleden. Sommige provincies bieden veel ruimte: de provincie Gelderland biedt ruimte voor turbines tot 3 MW. In sommige provincies (Friesland/ Groningen) is er specifiek beleid voor kleine windturbines bij boerderijen. Beleid voor waterschapslocaties is nergens aangetroffen.

Ook tussen gemeenten zijn er verschillen. Het grootste verschil is die tussen wel of geen beleid voor windturbines en specifiek voor kleine windturbines. Dit hangt samen met de vraag of de kaders hiervoor al door de provincie zijn bepaald of niet.

In alle provincies worden door provincies en gemeenten samen RES'en gemaakt. Hieruit vloeit waarschijnlijk nieuw beleid voor windenergie voort. Het is nog niet te zeggen wat dit oplevert en in hoeverre dit afwijkt van de mogelijkheden tot nu toe. Vermoedelijk leidt dit in veel gebieden tot harmonisatie binnen de regio. Op dit punt gaan we verder in bij de locaties die door waterschappen zijn aangemerkt als potentiële locaties voor pilots met kleine windturbines.

### Intermezzo beleidsdebat: voors en tegens

Argumenten tegen windenergie in beleid zijn divers.

- Invloed op landschap (horizon vervuiling, niet mooi).
- Verstoring (geluid, slagschaduw, gevaar voor vogels en vliermuizen).
- Hoge kosten.
- Geen mogelijkheid voor continue opwekking.

Argumenten voor windenergie, die vaak worden genoemd zijn:

- Schone elektriciteitsopwekking in relatie tot klimaatopwarming en milieudoelstellingen.
- Opwekking op maat (in relatie tot verbruik op locatie), waardoor een CO<sub>2</sub>-neutrale energievoorziening mogelijk is; dit argument kan op meerdere schaalniveaus gelden.
- Een veel lagere aanslag op het grondgebruik t.o.v. andere vormen van duurzame opwekking.

## Intermezzo landschap

Het Nederlandse landschap is altijd in ontwikkeling geweest en in de tijd van het afgraven van veen voor turfwinning (vanaf de middeleeuwen) is het landschap geheel veranderd. Je kunt ook zeggen dat 'Energie' één van de motoren is geweest die zichtbare veranderingen in het landschap teweeg heeft gebracht. In de huidige tijd zal het landschap ook veranderen door de plaatsing van windturbines en zonneparken.

De Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) heeft een landschapsatlas ontwikkeld en daarin staan o.a. gebieden met een bijzondere geschiedenis en elementen met cultuurhistorische waarde. In de atlas worden voor de RES'en 14 landschapstypes onderscheiden, elk met specifieke landschapskarakteristieken, bijvoorbeeld wat betreft 'vorm': je hebt landschappen met een regelmatige en landschappen met een onregelmatige vorm. Zo onderscheidt elk landschap zich door verschillende karakteristieken.

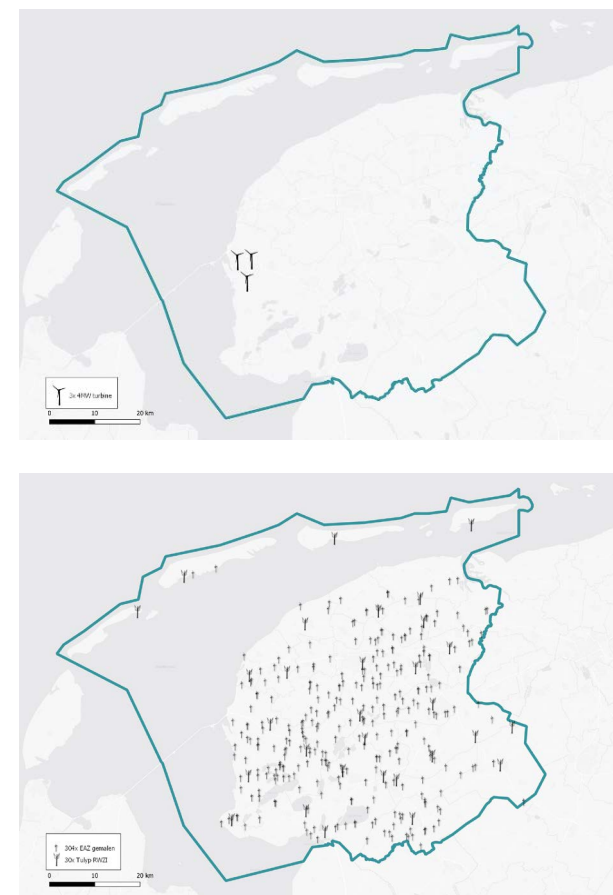
De gemaal- en RWZI-locaties liggen elk in een specifiek landschap, bijvoorbeeld in een laagveen landschap of een zand- of rivierenlandschap. De gemaal-locaties maken dus onderdeel uit van een grotere landschapseenheid met specifieke kenmerken. Als je inzoomt, is elke locatie uniek. Ons advies is landschapsarchitecten te laten uitzoeken en visualiseren waarom poldergemalen staan waar ze staan. Er is zeker een samenhang met de omgeving te vinden. Als je begrijpt waarom die plekken daar in het landschap liggen en begrijpt waarom ze niet elders liggen, kan je bijvoorbeeld een visie ontwikkelen op hoe kleine windturbines in het landschap te plaatsen. 'Los in het landschap' bij ieder gemaal één is een andere strategie dan een clustering van kleine turbines op of bij een terrein van een RWZI.

Belangrijk is dat, bij de keuze van plaatsing van kleine windturbines, een onderbouwing heeft plaatsgevonden met oog voor het cultuurlandschap. Als dat zorgvuldig is gebeurd, krijg je de mensen in een gebied makkelijker mee in veranderingen. Maak het meer dan alleen een financieel plaatje. Bouw voort op de tradities, gebruiken en ruimtelijke waarden en kwaliteit van een streek. Dan worden nieuwe windturbines het erfgoed van de toekomst.

Relevant is dat in beleid voor windenergie veel over maatvoering wordt gezegd. Er bestaan bovengrenzen voor tip- of masthoogtes. Daarnaast zijn er ondergrenzen, bijvoorbeeld doordat solitaire niet zijn toegestaan en rijtjes wel. Dit hangt samen met debat dat o.a. in RES'en gaande is over concentratie van grote turbines in speciale ontwikkelingsgebieden versus spreiding (vele windturbines op gespreide locaties). Naast het kiezen voor (aantallen) locaties gaat die ook over het formaat van windturbines. Drie gangbare windturbines met een vermogen van 4MW en hoogte van 100meter leveren ongeveer net zoveel energie als 304 kleine windturbines met een masthoogte van 15 meter (zie figuur 4).

In het beleidsdebat nemen de waterschappen ook een positie in met de uitwerking die gekozen wordt voor kleine windturbines. Sommige waterschappen hebben zich hierover in de enquête uitgelaten. De posities variëren van:

- efficiëntie regionaal (zoveel mogelijk opwek met zo min mogelijk euro's en ruimtebeslag),
- efficiëntie lokaal (waar je verbruikt ook opwek, met minimale netwerkkosten),
- haalbaarheid (gebruik van eigen voorzieningen, onafhankelijkheid),
- en imago.



Figuur 4: Ter vergelijking: 4 grote windturbines zijn qua energie-opbrengst ongeveer gelijk aan 304 x EAZ12 + 30 x Tulyp (ca 4,5MW + 9MW = 13,5MW).



### 3.2. MILIEU, VERGUNNINGEN EN HINDER

In deze paragraaf gaan we in op de mogelijke hinderlijke effecten van kleine windturbines en de wettelijke regelingen, waaraan ze door het bevoegd gezag getoetst worden.

Windturbines zijn in principe vergunningplichtig, met gemeente als het bevoegd gezag. De initiatiefnemer dient daartoe een aanvraag in voor de Omgevingsvergunning. Deze is vereist in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Tijdens het vergunningtraject wordt beoordeeld of de aanvraag past binnen het geldende Bestemmingsplan, of het binnen de kaders ligt van het provinciaal en gemeentelijk beleid en of het aan de geldige welstandscriteria voldoet. Daarnaast wordt de externe veiligheid van de windturbine uit de aanvraag getoetst aan de hand van de wettelijke richtlijnen.

In Bijlage 3 en 4 zijn twee documenten bijgesloten, namelijk de Handreiking met een overzicht van de wettelijke richtlijnen in relatie tot kleine windturbines en de Afvinklijst met daarin een stapsgewijs overzicht van handelingen in het kader van een vergunningaanvraag. De documenten zijn gemaakt door de werkgroep Kleine windturbines van NWEA (Nederlandse Windenergie Associatie).

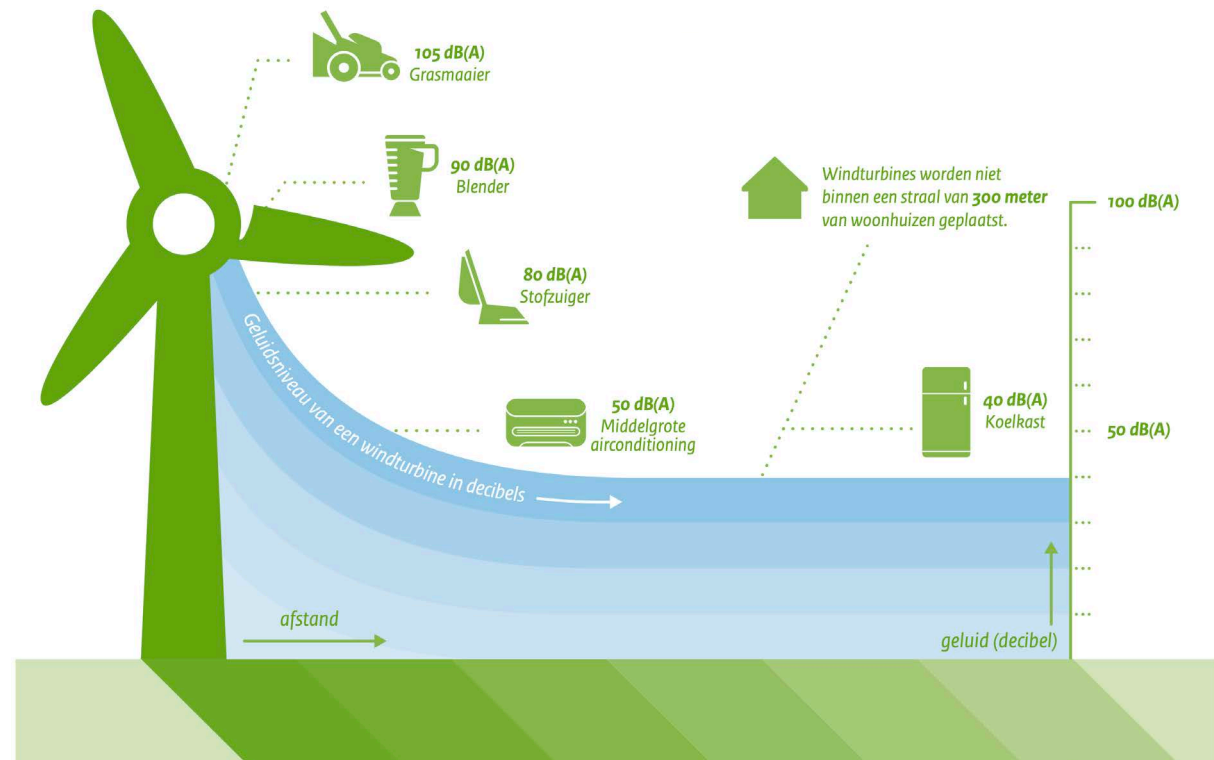
Over het algemeen kan worden gesteld dat de effecten voor de omgeving van kleine windturbines, in de zin van ruimtebeslag, geluidsproductie en slagschaduw, aanzienlijk kleiner zijn dan die van grote windturbines. Dat heeft te maken met de hoge massieve masten en wielengtes van grote windturbines.

Het cumulatieve effect van vele kleine windturbines in vergelijking met enkele grote windturbines is nog niet onderzocht.

#### Geluidsproductie

De draaiende wieken van windturbines maken geluid. De intensiteit en het type van het geluid zijn afhankelijk van het ontwerp van de windturbine, de windsnelheid, de draaisnelheid van de wieken en de afstand en positie ten opzichte van

de turbine. Horizontale-as-turbines produceren meer geluid dan verticale-as-turbines, omdat de wieken bij elke omwenteling dicht langs de mast strijken. Ook omgevingsfactoren zoals de windrichting, het type bodem waarop de turbine staat, weerkaatsing of afscherming door objecten in de buurt, achtergrondgeluid en luchtvochtigheid hebben effect op het waar te nemen geluidsniveau. Een zachte bodem, zoals gras heeft een dempend effect, terwijl een hogere luchtvochtigheid het geluid juist verder brengt.



Figuur 5: Geluidsproductie van een grote windturbine en geluidverspreiding in de omgeving

(bron: RVO, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Praktische%20toepassing%20van%20mini-windturbines.pdf>)<sup>2</sup>

Tabel 5 geeft de geluidsproductie weer van turbines uit het Overzicht. Voor innovatieve windturbines zijn de meetgegevens nog niet voor handen. Uit metingen blijkt dat veel windturbines vergelijkbare geluidsniveaus produceren. Uit metingen blijkt dat de geluidsproductie van kleine windturbines op 100 m afstand tussen 33 en 46 dB ligt.

NAAM TURBINE	GELUIDSNIVEAU DB (A)	OPMERKING
Montana	33,3	
Antaris 10	37	
BestWind	n.b.	
EAZ12	36	
SWP25	87,7	op 10 meter
MWF8.5	15	
WES50	45	
WES32/100	45	
WES250	45	
Tulyp	44	berekend
DW54	46	

Tabel 5: Geluidsproductie van kleine windturbines op een afstand van 100 m (tenzij anders aangegeven) bij een windsnelheid van 8 m/s.

### Wettelijk kader met betrekking tot geluid

De wettelijke normen betreffende het geluidsniveau van windturbines in de buurt van gevoelige objecten zoals woningen, ziekenhuizen, onderwijsgebouwen en dergelijke,

zijn vastgelegd in het Activiteitenbesluit milieubeheer, Artikel 3.14a<sup>3</sup>. Dit luidt: 'Een windturbine of een combinatie van windturbines voldoet ten behoeve van het voorkomen of beperken van geluidhinder aan de norm van ten hoogste 47 dB Lden en aan de norm van ten hoogste 41 dB Lnight op de gevel van gevoelige gebouwen, tenzij deze zijn gelegen op een gezoneerd industrieterrein, en bij gevoelige terreinen op de grens van het terrein.' (Opmerking: op de webpagina staat dat dit artikel tot 30 juni 2020 geldig is.) Lden staat voor een gewogen jaargemiddelde van het geluidsniveau op een locatie over dag-, avond- en nachtperiodes. Lnight is een gewogen jaargemiddelde van het geluidsniveau op een locatie in de nacht (23 - 7 uur). Het bevoegd gezag mag de waarden uit het Artikel 3.14a. van het Activiteitenbesluit milieubeheer aanpassen in geval van bijzondere lokale omstandigheden.

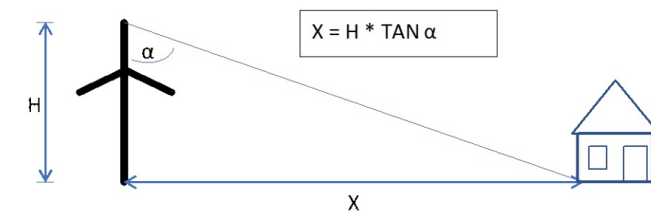
Bij de toepassing van windturbines is de leverancier verplicht de resultaten van een akoestisch onderzoek mee te leveren.

Wanneer de bovengenoemde wettelijke geluidsnormen overschreden worden, kan de overheid handhaven door bijvoorbeeld het laten stilzetten van windturbines bij bepaalde windsnelheden of gedurende bepaalde tijdsperiodes.

### Slagschaduw

Als de draaiende wieken van een windturbine door de zon worden belicht, ontstaat daarachter een slagschaduw. Wanneer deze schaduw door het raam van een verblijfsruimte valt, kan dat hinder opleveren voor de inzittenden. Hoe lager het aantal omwentelingen per minuut en hoe langer de wieken, des te groter de overlast.

De slagschaduw reikt het verst bij een laagstaande zon. In geval men behoefte heeft om de lengte van de slagschaduw bij de laagstaande zon te berekenen, dan kan dat met behulp van de formule in Figuur 6 hieronder. De hoogte H staat voor de tiphoogte van de turbine (mast plus radius). De hoek  $\alpha$  bedraagt 75 graden en ontstaat bij de laagste zonnestand van 15 graden. Objecten op een afstand groter dan X vallen te allen tijde buiten de slagschaduw.



Figuur 6: Lengte slagschaduw bij een lage zonnestand.

Voorbeeldberekening voor een EAZ12 turbine  
 Rotordiameter 12 m, masthoogte 15 m => tiphoogte  $H = 12/2 + 15 = 21$  m  
 $\tan 75^\circ = 3,72$   
 $X = 21 * 3,72 = 78$  m

In het kader van de lichteffecten, wordt soms ook een mogelijke hinder genoemd die ontstaat door de weerkaatsing van het zonlicht van de draaiende wieken, de zogenaamde flikkering. Deze wordt voorkomen doordat fabrikanten de wieken met een antireflectielaag behandelen.

Kleine windturbines tussen 5 kW en 250 kW hebben een beperkte wieklengte tot maximaal 17 meter en werken met een hoog toerental van - afhankelijk van het type, tussen 40 en 400 omwentelingen per minuut. Daardoor is de kans op een hinderlijke slagschaduw bij kleine windturbines vrijwel niet aanwezig.

## Wettelijk kader met betrekking tot slagschaduw

Artikel 3.12. van het Activiteitenbesluit milieubeheer schrijft voor dat een windturbine die slagschaduw kan veroorzaken, op voldoende afstand van gevoelige objecten moet staan of een automatische stilstandvoorziening moeten toepassen. De stilstandvoorziening is verplicht in geval de slagschaduw door het raam valt van een gevoelig object binnen een afstand van 12 maal de rotordiameter voor gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag. Het productieverlies ten gevolge van stilstand ligt in de orde grootte van <1%.

## Externe veiligheid

Bij de beoordeling van externe veiligheid van windturbines wordt gekeken naar de potentiële risico's die windturbines kunnen betekenen voor objecten en personen in hun omgeving. Daarbij wordt gedacht aan:

- Breuk van een windturbineblad.
- Omvallen van een windturbine door mastbreuk.
- Naar beneden vallen van een gondel en/of rotor.
- Werpen van kleine onderdelen (ijs, bouten of andere kleine onderdelen).

Het beïnvloedingsgebied van een windturbine wordt bepaald door de potentiële werpafstand van de losgeraakte onderdelen. Wanneer zich binnen die werpafstand objecten bevinden, is een risicoberekening nodig.

Verschillende soorten wet- en regelgeving bepalen - ieder vanuit een eigen invalshoek, de veiligheidseisen voor windturbines. Om de wettelijke kaders omtrent de externe risico's inzichtelijk, en de risico's meetbaar te maken, heeft de overheid het Handboek Risicozonering Windturbine

gemaakt dat uit twee delen bestaat:

- Handreiking Risicozonering Windturbines<sup>4</sup> biedt inzicht in de wet- en regelgeving en beleid over de risico's van windturbines voor de omgeving. Tevens maakt het document inzichtelijk met welke objecten rekening moet worden gehouden bij het plaatsen van windturbines en hoe hiermee moet worden omgegaan in de risicoanalyse.
- Handleiding Omgevingsveiligheid<sup>5</sup> beschrijft hoe de risico's en de trefkansen van verschillende risico's kunnen worden bepaald. Ook biedt de Handleiding handvatten in de vorm van rekenmethodes om de risico's te analyseren aan de hand van specifieke windturbinegegevens.

De Handreiking en Handleiding worden in combinatie met elkaar gebruikt. De beoordeling van de resultaten van een risicoanalyse is afhankelijk van de objecten, personen of infrastructuren in de directe omgeving van windturbines. Daarnaast kan een nabijgelegen risicobron, zoals opslag of transport door buisleidingen van gevaarlijke stoffen, van invloed zijn bij het uitvoeren van een risicoanalyse. De Handreiking maakt onderscheid tussen directe en indirecte risico's. Bij directe risico's wordt gekeken naar de zogenaamde plaatsgebonden risico's (PR) en naar groepsrisico's (GR). Het indirecte risico of het domino-effect ontstaat wanneer het falen van een windturbine leidt tot het falen van een nabijgelegen risicovol object, waardoor het gevaar van deze risicobron voor de kwetsbare objecten in de omgeving kan toenemen. In gevallen waar geen wettelijke toetsingscriteria bestaan, bepaalt het bevoegd gezag hoe een aanvraag tot plaatsing zal worden beoordeeld.

## Overzicht van de regelingen waaraan de veiligheid van windturbines wordt getoetst

### Activiteitenbesluit milieubeheer

Windturbines op land vallen onder de categorie B inrichtingen van het Activiteitenbesluit milieubeheer.

- Artikel 3.14 lid 1 en 5 van het Activiteitenbesluit heeft betrekking op het onderhoud van windturbines, respectievelijk het beperken van risico's voor de omgeving.
- Artikel 3.15a lid 1 t/m 5 definieert de eisen met betrekking tot plaatsgebonden risico's en afstanden. De grenswaarde voor het plaatsgebonden risico (PR) wordt gesteld op PR 10-6 voor kwetsbare objecten en op PR 10-5 voor beperkt kwetsbare objecten. Daarmee wordt bedoeld dat de kans op overlijden in de buurt van een windturbine één op een miljoen, respectievelijk één op de honderdduizend per jaar bedraagt.
- Onder kwetsbare objecten worden verstaan verschillende soorten woon- en verblijfobjecten waar grote aantallen mensen een groot deel van de dag verblijven. Beperkt kwetsbare objecten zijn objecten waar een beperkt aantal mensen een korte tijd aanwezig is, zoals winkels, restaurants, sporthallen, infrastructurele objecten e.d.

### Activiteitenregeling milieubeheer

Activiteitenregeling<sup>6</sup> is een uitvoeringsregeling van het Activiteitenbesluit. Artikel 3.14 van de Activiteitenregeling schrijft voor dat, om risico's te voorkomen, kleine windturbines in Nederland moeten voldoen aan de veiligheidseisen volgens de NEN-EN-IEC 61400-2: Ontwerpeisen voor kleine windturbines.

Dit moet zekerheid bieden dat kleine windturbines onder alle omstandigheden en onder alle weerscondities veilig zullen werken en geen gevaar zullen opleveren voor hun omgeving.

De aanvrager moet aan het bevoegd gezag een bewijs tonen dat afgegeven is door een geaccrediteerde instantie, waarop staat dat de desbetreffende turbine aan de veiligheidsnormen voldoet. (Opmerking: op de webpagina van Activiteitenregeling staat dat deze tot 30 juni 2020 geldig is.)

Bij plaatsing van windturbines in de buurt van gebouwen, wegen, buisleidingen of spoorwegen wordt de wettelijke veiligheidstoets gedaan aan de hand van specifieke criteria per soort locatie:

- Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)<sup>7</sup>. Dit besluit verplicht het bevoegd gezag om - in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en de Wet ruimtelijke ordening (Wro), zorg te dragen voor het houden van voldoende afstand tussen risicovolle inrichtingen en kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten. In dat kader wordt beoordeeld of windturbines tot risicoverhoging kunnen leiden.
- Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)<sup>8</sup> gaat in op de plaatsgebonden risico's in geval van plaatsing van windturbines in de buurt van buisleidingen.
- Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) levert geen beperkingen ten aanzien van het plaatsen van windturbines. Bij plaatsing van windturbines in de buurt van spoorwegen, voert ProRail een toets aan de hand van de Spoorwegwet.
- Wet beheer Rijkswaterstaatwerken (Wbr)<sup>9</sup> bepaalt dat waterstaatswerken zonder vergunning van de minister

niet anders gebruikt mogen worden dan waartoe deze bestemd zijn. Wel is in geval van auto-, spoor- en waterwegen reeds voldoende jurisprudentie ontstaan, waaruit blijkt dat plaatsing van windturbines langs deze wegen geen onaanvaardbaar veiligheidsrisico veroorzaakt.

### Windturbines en vliegveiligheid

Rondom de luchthavens gelden hoogtebeperkingen voor windturbines als volgt:

- Tot een afstandradius van 4 km van start- en landingsbanen geldt een hoogtebeperking tot maximaal 45 m.
- Op een afstand tussen 4 en 6 km van de banen loopt de toegestane hoogte van 45 naar 145 m hoogte.
- In gebied tussen 6 en 15 km van de banen ligt de hoogtebeperking op 150 m.

Rondom de twee laagvlieggebieden in Nederland<sup>10</sup> is de maximale hoogte beperkt tot 75 meter. Het eerste strekt zich van Lauwersmeer in Friesland, via het oosten van Drachten in de richting van Zwolle; het tweede komt bij Eibergen Nederland binnen en gaat noordelijk via Almelo richting Slagharen, om vervolgens af te buigen richting Musselkanaal.

In de buurt van grote vliegvelden, zoals Schiphol gelden de beperkte hoogtes zoals bepaald in het Luchthaven Indelingsbesluit (LIB), Artikel 2.2.4.<sup>11</sup> Volgens LIB is de hoogte van windturbines rondom het vliegveld beperkt tot 35 m, tenzij een advies van de Inspectie Leefomgeving en Transport een hogere tiphoogte toestaat.

### Wet- en regelgeving radarinstallaties

Volgens de Regeling algemene regels ruimtelijke ordening

(RARRO)<sup>12</sup>, Artikel 2.4, lid 1 en 2, gelden er hoogtebeperkingen in gebieden rondom de radarstations. Voor defensieradars strekken de beperkingen zich tot een afstand van 75 km van de zeven radarposten. Voor civiele radars gelden de beperkingen in een straal van 15 km van een radarpost. De hoogtebeperkingen zijn niet van tevoren gespecificeerd, maar volgen uit een radartoets die per project wordt gedaan.

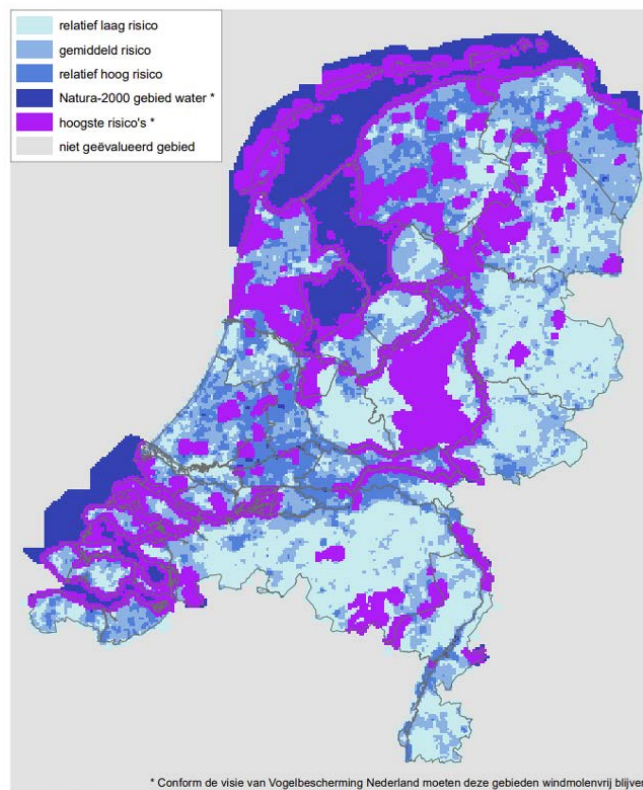
### Effecten van kleine windturbines op natuur

In opdracht van de provincie Groningen (Sweco, 2019) is een risico-inventarisatie uitgevoerd voor de reeds geplaatste 200 kleine windturbines. Dit zijn grotendeels EAZ windturbines. Er is gekeken naar vogelsoorten en vleermuizen die door hun gedrag of leefwijze risico lopen in aanvaring te komen met de wieken van kleine windturbines. Uit de risico-inventarisatie blijkt dat diverse vogelsoorten en vleermuissoorten risico lopen. Bij de vogels zijn dit vooral uilen, meeuwen, ganzen, roofvogels en enkele zangvogels. De Kerkuil is erg kwetsbaar. Weidevogels (steltlopers) zijn minder snel slachtoffer dan akkervogels. Bij de vleermuizen zijn kwetsbare soorten de rosse vleermuis, grootoorvleermuis, tweekleurige vleermuis, baardvleermuis en laatvlieger. De als kwetsbaar aangemerkte soorten komen overeen met de soorten die in de literatuur naar voren komen als soorten die een relatief hoog risico op een aanvaring met windturbines hebben en derhalve regelmatig als slachtoffer worden aangetroffen.

Er staan in Groningen enkele kleine windturbines in NNN-gebied (NatuurNetwerkNederland) en diverse windturbines daar vlak buiten. Hiermee ontstaat er dus schade voor soorten die behoren tot deze natuurgebieden. Overigens staan de windturbines nagenoeg allemaal binnen

het agrarische bouwblok en niet op percelen waarop het (agrarisch) natuurbeheer plaatsvindt. Vanwege vogelbescherming is de [Nationale windmolenrisicokaart](#) voor vogels gemaakt, waarin de ruimtelijke spreiding van risico's van windturbines op relevante vogelpopulaties in beeld is gebracht (zie figuur 7). Dit onderzoek is gedaan met het oog op de ontwikkeling van nationale plannen voor grootschalige windparken, maar geeft wel inzicht in de gevoeligheid van bepaalde gebieden ten aanzien van windturbines.

Vertaald naar waterschapsobjecten betekent e.e.a. dat er voor plaatsing nagegaan moet worden of er kwetsbare soorten verwacht worden nabij de turbinelocatie. Het is raadzaam om, voor de indiening van een vergunningaanvraag de lokale natuurorganisaties te informeren over dat voornemen.



Figuur 7: Nationale windmolenrisicokaart Vogelbescherming

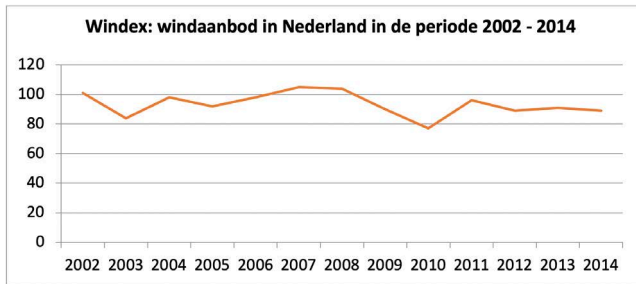


# H4 WINDCONDITIES

## Windaanbod per jaar

Nederland is een windrijk land met maximale windsnelheden tot ongeveer 25 meter per seconde (windkracht 10 op de schaal van Beaufort). Het gemiddelde jaarlijkse windaanbod varieert per jaar.

In Figuur 8 hieronder zijn de jaarlijkse variaties van de windsnelheid in Nederland weergegeven aan de hand van Windex. Een Windex van 100 betekent dat de windsnelheid in het desbetreffend jaar gelijk is aan het gemiddelde over een periode van tien voorgaande jaren. De Windex heeft betrekking op wind op land.

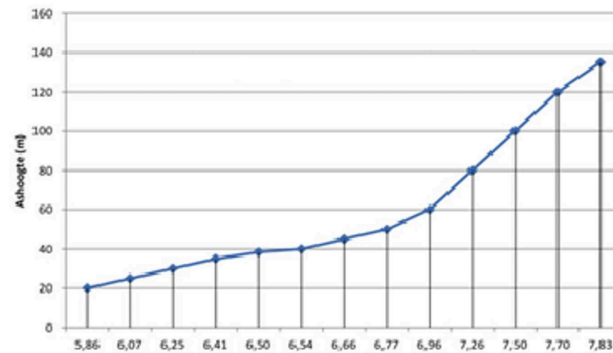


Figuur 8: Variatie van de jaarlijkse gemiddelde windsnelheid in Nederland

## Windsnelheid boven de grond

Over het algemeen geldt: hoe hoger boven de grond, des te hoger de windsnelheid. De verhouding tussen de hoogte en de windsnelheid is weergegeven in Figuur 9: waar de windsnelheid in een bepaald gebied 5,86 m/s bedraagt op een hoogte van 20 m, stijgt deze naar 7,50 m/s op 100 m hoogte. Landinwaarts wordt de wind afgeremd door obstakels, zoals gebouwen, viaducten en bomen. In gebieden met veel obstakels spreekt men van een hoge ruwheidsfactor. Hoe hoger de obstakels, des te groter is het remeffect op de wind.

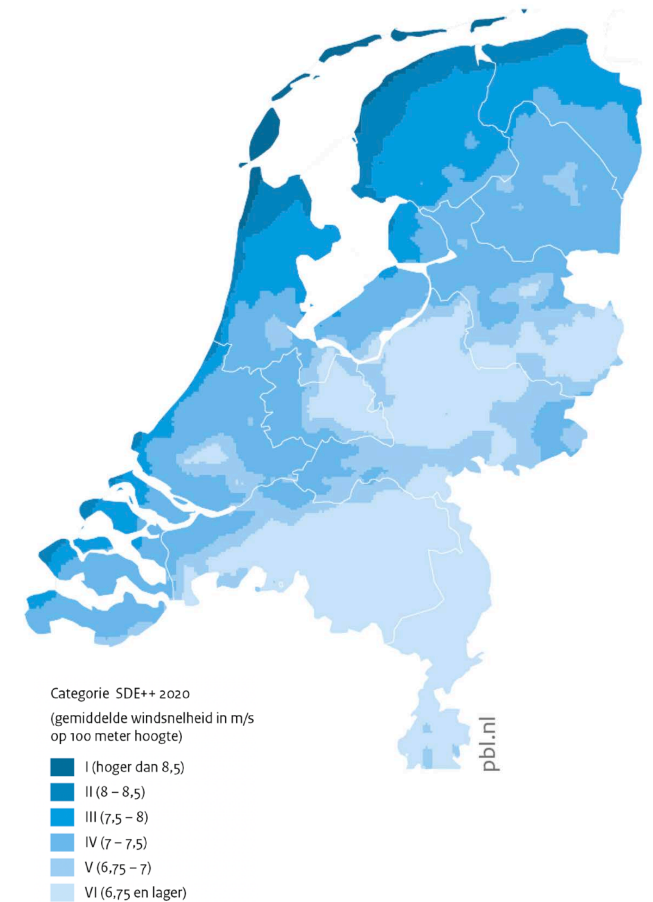
In Bijlage 5 is het effect op de luchtstromen geschetst aan de hand van de verschillende vormen en maatvoeringen van obstakels.



Figuur 9: Gemiddelde windsnelheid afhankelijk van de hoogte boven de grond (bron: ECN)<sup>13</sup>

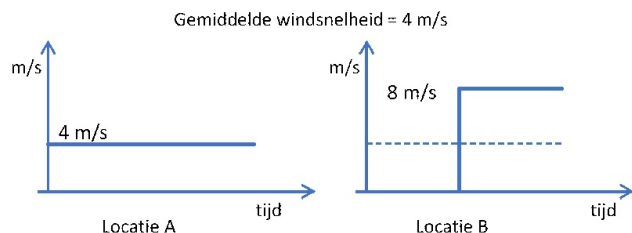
## Windsnelheid per seizoen en per locatie

Metingen bij bestaande windturbines laten zien dat het windaanbod het hoogst is in de koude maanden oktober t/m februari. De kaart in Figuur 10 biedt inzicht in de verdeling van windcategorieën als indicatie van gemiddelde windsnelheden op 100 m hoogte in verschillende gebieden in Nederland. De kaart is gemaakt op basis van de Windviewer<sup>14</sup> (<https://geocontent.rvo.nl/windviewer/>). In de Windviewer is de gemiddelde windsnelheid te vinden voor elke locatie in Nederland op elke hoogte van 20 t/m 260 meter. Deze windsnelheid is gebaseerd op de KNMI winddata over de periode 2004-2013. Met name de windsnelheid op 20m hoogte is relevant voor kleine windturbines. Hierin zijn niet de lokale objecten meegenomen, zoals omschreven bij ‘windsnelheid boven de grond’.



Figuur 10: Gemiddelde windsnelheid 2003 – 2013 (bron: KNMI, RIVM, RVO)

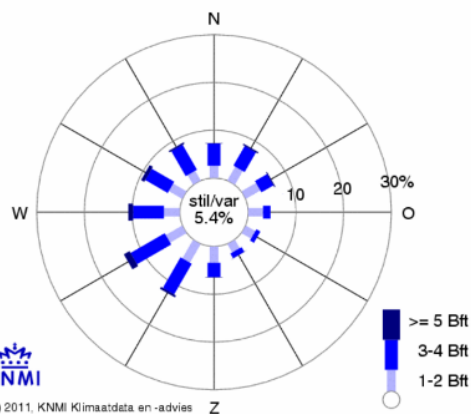
Van de twee locaties met dezelfde gemiddelde windsnelheid is de locatie waar hogere windsnelheden uitgewisseld worden met lagere windsnelheden (locatie B) aantrekkelijker dan een locatie met een constant lager gemiddeld windaanbod (locatie A) (zie Figuur 11).



Figuur 11: Twee locaties met dezelfde gemiddelde windsnelheid (bron: ECN)

### Windrichting

De windcondities op een bepaalde locatie worden ook mede bepaald door de windrichting. Over het algemeen geldt dat de prevalerende wind in Nederland uit de zuidwestelijke richting komt. De windrichting en -sterkte op een bepaalde locatie worden afgebeeld met behulp van een windroos<sup>15</sup>. Deze worden door KNMI dagelijks gemaakt voor een aantal locaties in Nederland. Uit de windroos valt af te lezen: hoe vaak de wind uit een bepaalde richting komt (de lengte van het staafje) en hoe hard het waait (de breedte van het staafje). De drie breedtes van de staafjes staan voor drie snelheidsklassen. Een windroos is opgebouwd uit de uurgemiddelde windsnelheden. In Figuur 12 hiernaast is een windroos van Eelde afgebeeld op basis van langjarig gemiddelde (1981-2010).



Figuur 12: Windroos van Eelde, klimatologie juni (Groningen)

### Windcondities en elektriciteitsproductie

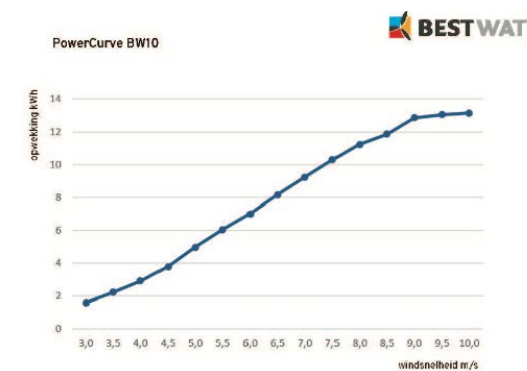
De elektriciteitsproductie van een windturbine is evenredig met het kwadraat van de rotordiameter ( $d^2$ ) en met de derde macht van de windsnelheid ( $v^3$ ).

Met andere woorden:

- Een turbine met een 2 keer grotere rotordiameter produceert vier keer meer stroom: bijvoorbeeld rotordiameter van 6 m tegenover rotordiameter van 3 m:  $(6/3)^2 = 4$  x zoveel.
- Bij een verdubbeling van de windsnelheid gaan de opbrengsten 8 keer omhoog:  $2*2*2 = 8$ . In het voorbeeld uit Figuur 9 met een windsnelheid van 5,86 op 20 m hoogte versus 6,96 op 60 m hoogte is (bij gelijkblijvende rotordiameter) het verschil in de opbrengsten:  $(6,96/5,86)^3 = 1,68$ . Dus: een 40 m hogere mast levert 168% hogere opbrengsten.

De praktische data volgen in principe deze redenering, hoewel er verschillen bestaan afhankelijk van het type en de technologie van de windturbine. Dat is ook te zien in Tabel 2, jaarlijkse opbrengsten in kWh per m<sup>2</sup> rotoroppervlakte.

De windturbines beginnen te draaien bij een windsnelheid van ongeveer 3 m/s, maar de stroomlevering begint pas boven 4 m/s. Afhankelijk van de technologie, bereiken ze hun vol vermogen bij een windsnelheid tussen 8 en 16 m/s. Bij hogere windsnelheden blijven ze vol vermogen leveren. Voor de meeste windturbines geldt dat ze bij te hoge windsnelheden (meestal 25 m/s) worden stilgezet om overbelasting en schade te voorkomen.



Figuur 13: Powercurve windturbine BW10. Bron: BESTWATT

De afhankelijkheid van het elektrisch vermogen van de windsnelheid wordt afgebeeld door middel van de zogenaamde vermogenscurve (of Pv-curve). In figuur 13 hierboven een voorbeeld van de vermogenscurve van een turbine van BestWind.

---

Het rendement van een windturbine wordt uitgedrukt als vermogensfactor ( $C_p$ ) en verschilt per turbinetype (horizontale of verticale as) en per fabrikant. De maximale hoeveelheid energie die een turbine theoretisch aan de stromende lucht kan onttrekken bedraagt 59,3% (Betz limiet). In de praktijk halen de horizontale as turbines (HAT) maximaal 0,48% tot 0,50% en verticale as turbines maximaal 0,35% tot 40%.

### Samengevat

Uit het voorgaande volgt dat windcondities op een bepaalde locatie afhankelijk zijn van een aantal parameters zoals:

- Windjaar: beter of slechter windjaar.
- Seizoen: meer wind in de wintermaanden.
- Afstand van de kust: dichtbij de kust waait het harder.
- Hoogte boven de grond: hoe hoger hoe harder de wind.
- Omgevingsruwheid: obstakels in de buurt vertragen en vervormen de wind.
- Overheersende windrichting op locatie: de meeste wind in Nederland komt uit de ZW richting.

De windturbines beginnen te draaien bij een windsnelheid van ongeveer 3 m/s, maar de stroomlevering begint pas boven 4 m/s.





# H5 RUIMTELIJKE INPASSING

## 5.1. RUIMTELIJKE INPASSING IN HET LANDSCHAP

### Ruimtelijk kader

Windturbines in het landschap roepen reacties op als ze geïntroduceerd worden. De aard van de reacties kan uiteenlopen. Dit is afhankelijk van de overtuigingen van waarnemers ten aanzien van duurzame energie en de opvattingen ten aanzien van de veranderbaarheid of conservering van landschapskarakteristiek (Dubbelhuis, 2009). Soms zijn de reacties heel positief. De succesvolle ontwikkeling van 300 EAZ12-turbines in de provincie Groningen getuigt daarvan. Er zijn ook veel voorbeelden van windturbine-initiatieven die wegens bezwaren geen doorgang vonden. Reacties op een windturbine hangen onder meer af van de omvang en uitstraling van een windturbine. Hierover zijn met name bij grote windturbines wat studies gedaan en er zijn criteria die in welstandskringen worden toegepast (Terra Incognita, 2017). Deze zijn deels vertaald voor dit onderzoek naar kleine windturbines. Hieronder geven we enkele kenmerken van windturbines, waarmee iets gezegd kan worden over de uitstraling van windturbines of over de mate waarin ze in een landschap passen. Deels zijn de criteria subjectief.

De volgende aspecten spelen een rol bij de ruimtelijke beleving van kleine windturbines (zie ook figuur 14):

### Hoogte van de mast

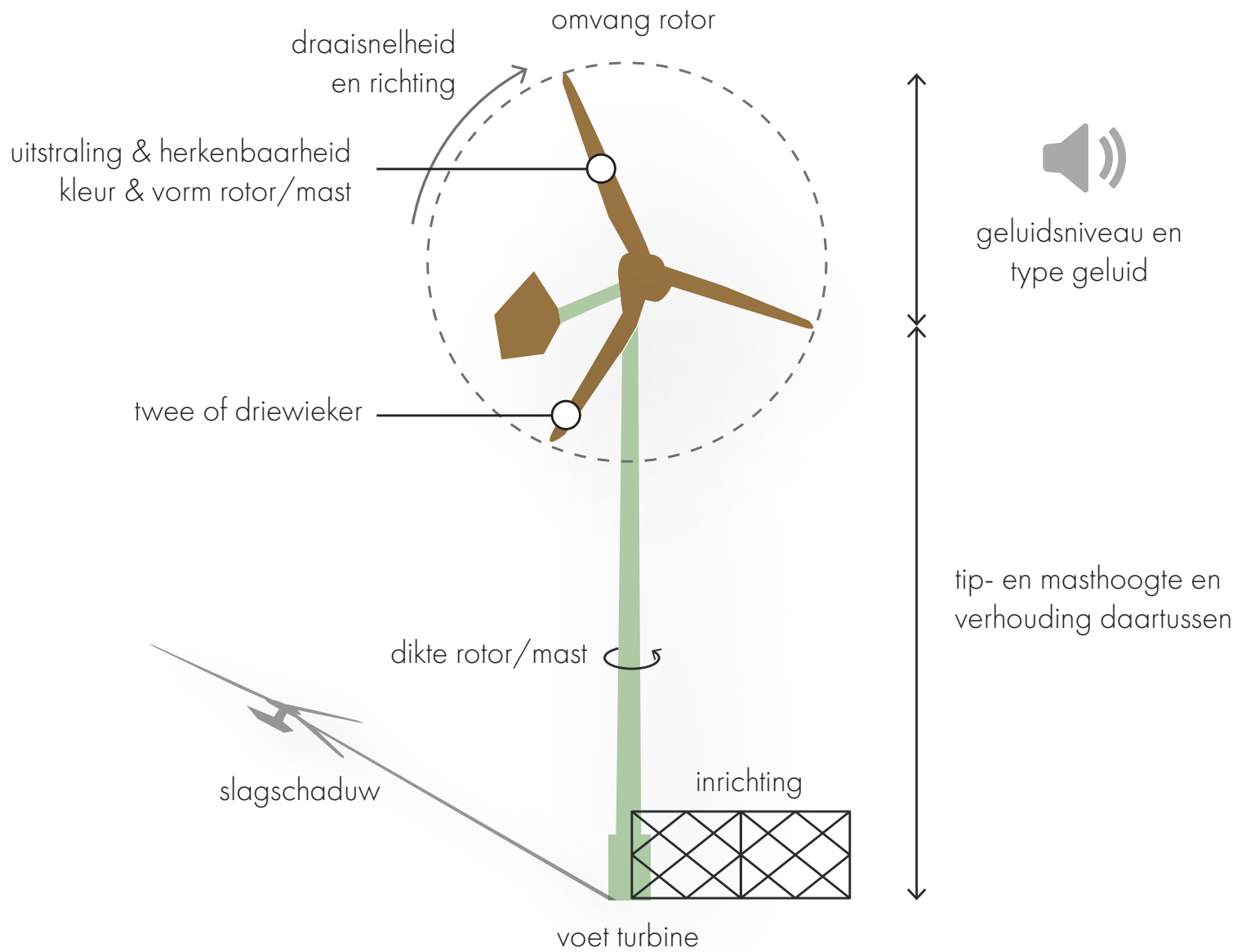
De hoogte van de mast bepaalt naast de omvang van de rotor de zichtbaarheid van een windturbine. Een masthoogte van 15 meter is landschappelijk eenvoudiger inpasbaar dan een windturbine van 150 meter. De hoogte komt namelijk grofweg overeen met de hoogte van bomen.

### Omvang van de rotor, tiphoogte en tiplaagte

Deze bepalen hoe goed de windturbine zichtbaar is. Voor velen geldt, hoe beter zichtbaar, hoe groter de impact op het landschap is. Onderzoek toont geen duidelijke correlatie tussen hoogte en reactie. Wel tussen wel of geen zicht op een windturbine. Een hogere windturbine is vaker en vanaf een grotere afstand zichtbaar. Hoogte wordt vaak aangeduid met tiphoogte (mast + rotor). Een grote rotor op een relatief lage mast leidt tot een lage tiplaagte. Dit is esthetisch gezien een minder aantrekkelijke opstelling. Ook kan de nabijheid van een grote wiek bij het maaiveld als intimiderend ervaren worden. Dit is met name een aandachtspunt bij hoge windturbines, waarbij een beperking voor de masthoogte geldt, maar waarna men een grote rotor gebruikt.



Middelgrote turbines op een agrarisch erf (ongeveer ashoogte 50m) tegen de achtergrond van windpark Noordoostpolder (ashoogte 135m).



Figuur 14:  
Aspecten die een rol spelen bij de ruimtelijke beleving van kleine windturbines.

## Verhoudingen tussen windturbine en ensemble

De verhouding tussen een windturbine en de omliggende objecten in het landschap heeft invloed op de beleving van de windturbine. RWZI's en gemalen maken veelal deel uit van een ensemble<sup>16</sup>: "een aaneengesloten ruimte die beleidsmatig als een landschappelijk geheel wordt beschouwd. Een ensemble bestaat uit verschillende fragmenten (zoals gebouwen, infrastructuur, reliëf, open ruimte en vegetatie) die door hun onderlinge relatie een zekere ruimtelijke samenhang vertonen. Dankzij deze ruimtelijke samenhang zijn ensembles herkenbaar en hebben ze als (potentieel) harmonisch geheel een zekere landschappelijke waarde". Hoe omvangrijk een ensemble is, is dus afhankelijk van zijn ligging en omliggende objecten. Bij het bepalen van de omvang van een ensemble dient een landschappelijke analyse uitgevoerd te worden. In principe wordt het ensemble gevormd door een waterschapskundig object dat ook de energie ontvangt die door een windturbine kan worden opgewekt.

Ter bevordering van de landschappelijke inpassing wordt in dit onderzoek gesteld dat een windturbine altijd onderdeel dient te zijn van het ensemble. Om dit te waarborgen zijn 3 basisprincipes opgesteld voor de verhouding tussen de windturbine en zijn omgeving.

Afbeeldingen rechts: ter vergelijking, bestaande kleine en middelgrote windturbines bij agrarische erven. Hoogteverhoudingen, dikte mast en positie op het erf bepalen het beeld. Op basis van Google streetview, [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl) en [www.windenergie-nieuws.nl](http://www.windenergie-nieuws.nl) (in 2019).



250 kW, ca 30/35 m hoogte



Masthoogte 15 m



800 kW, ca 75 m hoogte



800 kW, ca 50 m hoogte



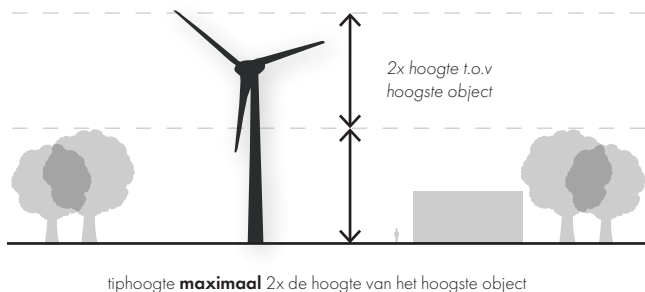
900 kW, 41 m hoogte



300 kW, ca 32 m hoogte



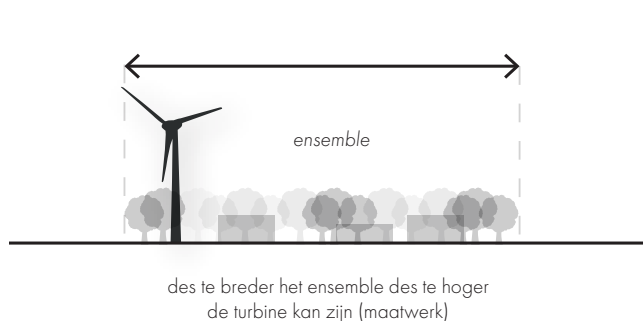
Basisprincipe 1: Tiphoogte versus omliggende objecten



Figuur 15: Basisprincipes

Bij RWZI's en gemalen zijn de hoogste objecten van een ensemble veelal de bomen of gebouwen op of rond het ensemble. Indien de tiphoogte van de windturbine niet veel afwijkt van het hoogste object is er meestal sprake van passendheid. Als het groter is dan twee keer de hoogte van het hoogste object, dan komt deze 'los' van het ensemble. De windturbine wordt dan ervaren als solitair object in plaats van de windturbine als onderdeel van het ensemble. Er is dus een zekere minimale maat van de bebouwing (of evt beplanting) nodig om de windturbine aan te kunnen relateren. Dit is zichtbaar in het afgebeelde basisprincipe 1. Op deze regel voor maatvoering is er ook een uitzondering. Op een groot ensemble, bijvoorbeeld van een RWZI, kan de hoogte van een turbine soms worden afgeleid van de maat van het ensemble. Als er bijvoorbeeld sprake is van een terrein van een hectare met bomen en gebouwen dat als massa in het landschap zichtbaar is, dan kan een grotere hoogte dan 2x het hoogste object nog steeds een passende verhouding opleveren. Hiervoor noemen we geen maat. Dit is maatwerk. Dit is zichtbaar in het afgebeelde basisprincipe 2.

Basisprincipe 2. Breedte ensemble versus hoogte mast

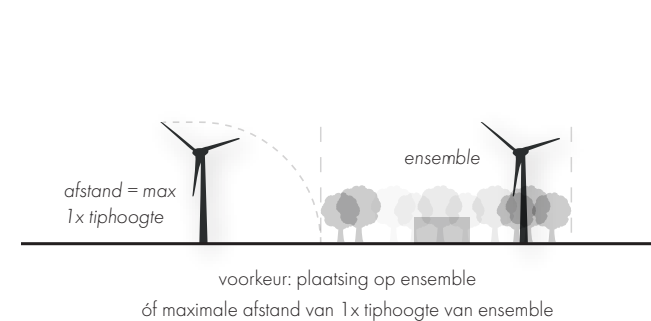


Tevens geldt dat er in principe sprake moet zijn van niet meer dan één windturbine in een ensemble. Dit leiden we af van onderzoek naar boerenerven: "Bij plaatsing van meerdere windturbines op erven wordt het maximale laadvermogen veel sneller bereikt. Dit geldt voor alle landschapstypen. Bij meerdere windturbines op één erf gaan deze windturbines een eigen structuur vormen en voegen de windturbines zich minder makkelijk naar de landschappelijke structuur." (Sweco, Laos, 2019)

Als het ensemble bestaat uit een gebouw met een (beplant) erf, dan hoort daar slechts één turbine bij te staan (zie ook Laos, 2020). Als er sprake is van een grote RWZI, die een uitgestrekt ensemble vormt, dan is het ook denkbaar om maximaal drie kleine windturbines te plaatsen.

Ook de afstand tussen de windturbine en het ensemble heeft effect op de ruimtebeleving. In de meeste gevallen, zeker bij RWZI's en gemalen, zal de windturbine op het ensemble geplaatst worden. Dit heeft met name te maken met

Basisprincipe 3. Afstand tussen windturbine en ensemble



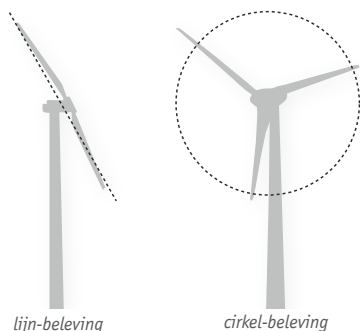
eigendomsrechten. Het plaatsen van een windturbine binnen het ensemble geniet vanuit landschappelijk oogpunt de voorkeur. Echter zal vanuit windefficiëntie de voorkeur sneller uitgaan voor plaatsing buiten het ensemble, omdat daar minder 'wind-verstorende' objecten aanwezig zijn (bomen, gebouwen etc.). Mocht er voor plaatsing buiten het ensemble gekozen worden, dan dient de windturbine zo dicht mogelijk bij het ensemble geplaatst worden en niet verder dan één keer de tiphoogte. Als de windturbine verder dan één keer de tiphoogte van het ensemble geplaatst wordt, dan komt deze 'los' van het ensemble. De windturbine wordt dan ervaren als solitair object in plaats van de windturbine als onderdeel van het ensemble. Dit is zichtbaar in basisprincipe 3.

Ten slotte moet rekening worden gehouden met het feit dat een windturbine altijd invloed heeft op de omgeving van een ensemble. Met name in een open landschap kan hierdoor onwenselijke verrommeling ontstaan. Dit is vooral hinderlijk als er sprake is van bijzondere landschapswaarden, zoals een fraaie zichtlijn of een beschermd dorpsgezicht. “Een voorbeeld: als in het Wierdenlandschap een kleine windturbine wordt geplaatst op een agrarisch bouwvlak vlak tegen een wierde aan, kan het wierdesilhouet vanuit het omliggende open landschap hierdoor aangetast worden.”

### Rust versus onrust

#### Twee- of driewieker windturbine

Een driewieker wordt veelal als ‘rustiger’ ervaren dan een tweewieker (zie figuur 16).



Figuur 16: Een driewieker-windturbine beschrijft een cirkel. Een tweewieker-windturbine beschrijft een roterende lijn.

#### Draaisnelheid en toerental rotor

Langzame draaisnelheid wordt als rustiger ervaren. Langzame draaisnelheid komt veelal voor bij relatief grote rotoren en dus hoge windturbines.

### Vorm

In de vormgeving is het moeilijk om regels te formuleren. Dit is zodanig subjectief dat het beste een esthetische beoordeling op een specifieke locatie, mits gemotiveerd, een uitspraak kan doen. Het gaat dan onder andere over:

- Herkenbaarheid en begrijpbaarheid van de vorm (in relatie tot reeds gekende windturbines).
- Rustige dan wel complexe technische uitstraling. Een technische vorm zal eerder verstoren of opvallen in een cultuurhistorische setting dan bij een technische omgeving zoals een bedrijventerrein. Een EAZ12 windturbine (zie afbeelding 1) wordt door zijn geringe omvang en materiaalgebruik vaak als landelijk ervaren, terwijl een Tulyp windturbine (zie afbeelding 2) door zijn uiterlijk en omvang veel technischer en futuristischer oogt. Hierbij speelt ook gewenning een rol.
- Transparantie/dikte van mast en rotor.
- Subtiliteit van de voet van de mast. De voet van de mast bepaalt voor een aanzienlijk deel de beleving van een windturbine, omdat hier het menselijke oog op valt en hier het contrast met de omgeving het duidelijkst zichtbaar is.

### Inrichting

Bijbehorende elementen zoals; hekwerk, veiligheidsvoorziening, infrastructuur, fundament, elektravoorzieningen en verlichting bepalen mede de uitstraling van de windturbine. Hiervoor geldt veelal: hoe meer ‘toeters en bellen’ des te lager de waardering. Simpel zicht op de eenvoudige techniek in een natuurlijke omgeving, zonder hekken et cetera, zorgt veelal voor de beste landschappelijke inpassing.



Afbeelding 1: EAZ12 windturbine



Afbeelding 2: Tulyp windturbine



Afbeelding 3: kleine windturbine. Bescheiden van formaat, rommelige inrichting.



Afbeelding 4: grote windturbine met rustige inrichting op maaiveld.

## 5.2. NETINPASSING

### Netaansluiting

Nederland is bezig met een energietransitie van fossiele brandstoffen, zoals kolen en aardgas, naar hernieuwbare energiebronnen zoals wind, zon, waterstof en groen gas. Het resultaat is dat een beperkt aantal grote elektriciteitscentrales van nu, vervangen zullen worden door een steeds groter wordend aantal decentrale opwekkers (windturbines en zonnestroominstallaties). Dit leidt tot congestie (verzadiging) in het openbare net. Daarom hebben de netbeheerders een afspraak vastgelegd betreffende het Congestie management<sup>17</sup> om de beschikbare transportcapaciteit van het elektriciteitsnet eerlijk en efficiënt te verdelen als in een bepaald deel van het net onvoldoende capaciteit is voor alle afnemers of opwekkers.

Ook zijn er andere tijdelijke oplossingen bedacht om meer ruimte te creëren voor de nieuwe zelfopwekkers zoals:

- Curtailment: het tijdelijk beperken van de opname van elektriciteit uit een wind- of zonnestroominstallatie in het net. Het ministerie van EZK werkt aan nieuwe spelregels (AMvB) hiervoor.
- Netaansluitingen delen (Meerdere Leveranciers Op Een Aansluiting (MLOEA-regeling): het combineren van twee kWh-meters (bijvoorbeeld wind- en zonnestroom installatie, of verbruik- en opwekkingsmeter van dezelfde eigenaar) op een aansluiting.
- Cable pooling: maakt mogelijk om zonneweides en windinstallaties die in nabijheid van elkaar liggen als één onroerende zaak te beschouwen en op één kabel aan te sluiten.

De stroomaansluitingen van waterschappen liggen in de verzorgingsgebieden van Liander en Enexis. Op ons verzoek geven deze twee netbeheerders aan welke voorwaarden ze stellen aan de aansluiting van kleine windturbines:

- De netinfrastructuur biedt op dit moment vrijwel nergens ruimte voor nieuwe aansluitingen.
- Wanneer het aansluitvermogen van de te plaatsen kleine windturbine kleiner is dan de bestaande aansluiting, dan kan de windturbine op de bestaande aansluiting worden aangesloten. Is de capaciteit van windturbine groter, dan moet de aansluiting worden verzwaaard.
- Wanneer de opgewekte elektriciteit direct wordt verbruikt, levert dat geen probleem.
- Teruglevering in het net in congestiegebieden kan tot problemen leiden (zie boven).
- Aansluitingen tot 3x80 A vallen onder het kleinverbruik, daarboven is het grootverbruik.
- De productie-eenheden met een vermogen boven 800W moeten voldoen aan de RfG (Requirements for Grid Connection of Generators) norm. Dat betekent dat ze gecertificeerd zijn om stroom aan het elektriciteitsnet te leveren.
- Het aansluiten van een windturbine op een bestaande aansluiting met voldoende capaciteit, leidt niet tot extra netbeheerskosten. Wel moet een extra telwerk bij de bestaande kWh-meter worden ingeschakeld of moet de kWh-meter worden vervangen ten behoeve van de meting van teruglevering (kosten meetdienst).

# H6 FINANCIËLE HAALBAARHEID

## 6.1. FINANCIËLE HAALBAARHEID ZONDER SUBSIDIES

Op het moment van de uitvoering van deze berekening (juli 2020) zijn onderhandelingen tussen de overheid en de branche omtrent de nieuwe steunmaatregelen voor windenergie in 2021 nog in volle gang. Dat maakt het onmogelijk om een volledig financieel plaatje in beeld te brengen. Daarom worden in eerste instantie berekeningen gemaakt zonder subsidies. De resultaten van deze berekening maken het mogelijk om de financiële effectiviteit van de afzonderlijke turbines onderling te vergelijken.

De inputdata voor de berekeningen zijn geleverd door leveranciers en waterschappen:

- Leveranciers: elektriciteitsopbrengsten, investerings- en exploitatiekosten van turbines
- Waterschappen: elektriciteitsvraag op locatie
- Waterschappen: inkooptarief 0,11 cent/kWh in 2021 en 0,14 cent/kWh in de daaropvolgende jaren. Het overschot aan elektriciteit wordt doorgeboekt naar andere locaties tegen een tarief van 0,05 cent/kWh.

Algemene uitgangspunten:

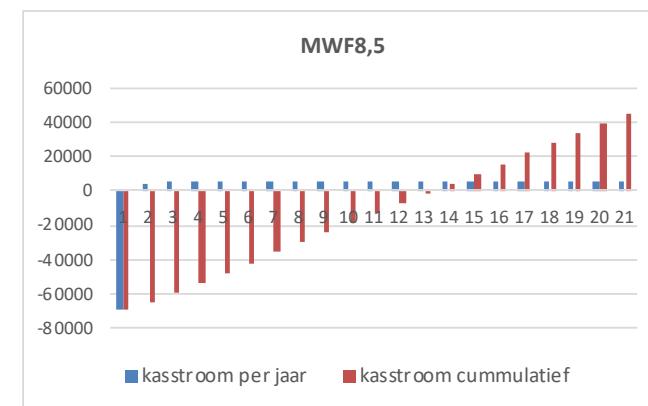
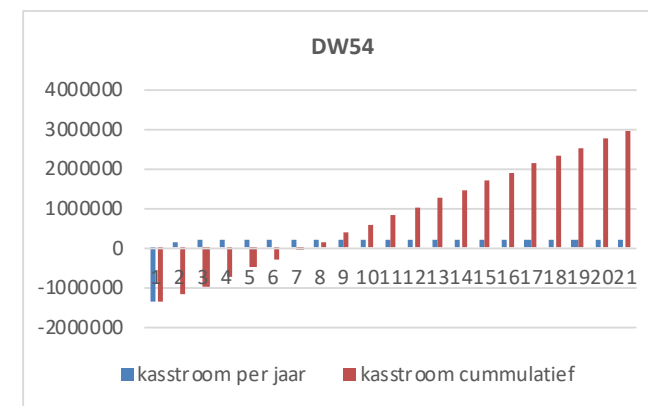
- Technische levensduur van turbines is 20 jaar.
- Opgewekte elektriciteit wordt voor 100% ter plekke verbruikt. Hiervoor is gekozen omdat het doorleveren van overschotten tegen 0,05 cent/kWh een heel negatief effect heeft op het financieel resultaat.
- Financiële effectiviteit van de investering wordt beoordeeld aan de hand van de terugverdientijd en de hoogte van de interne rentevoet (IRR). Deze worden bepaald middels een cashflow berekening.

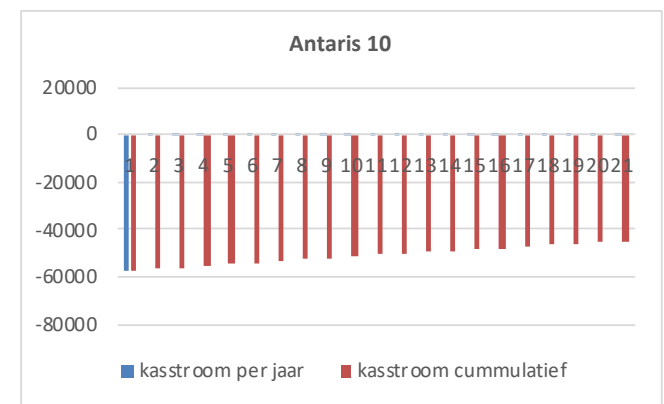
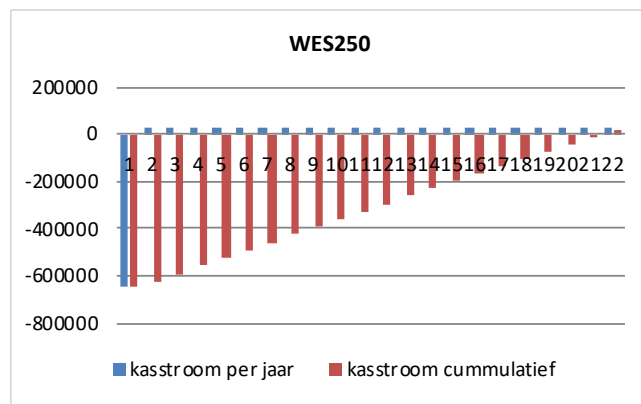
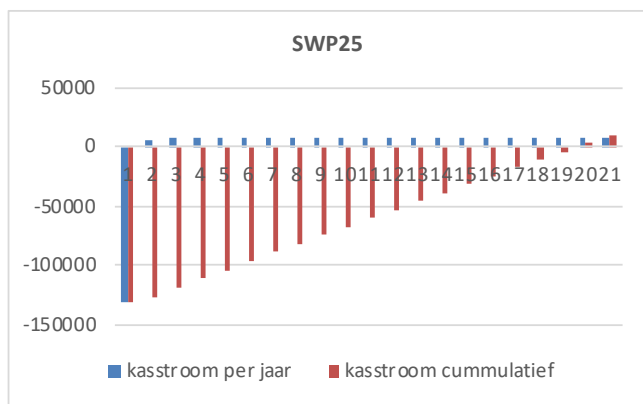
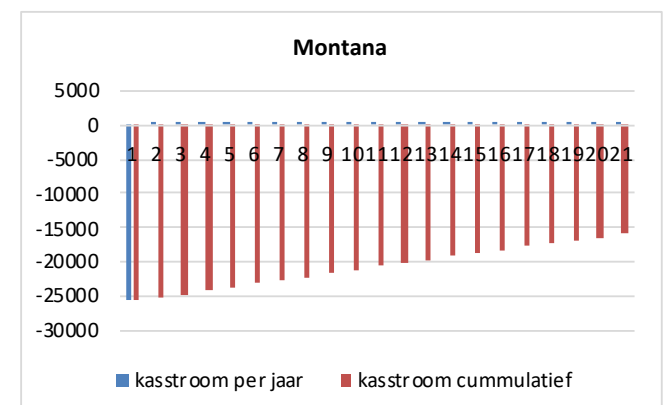
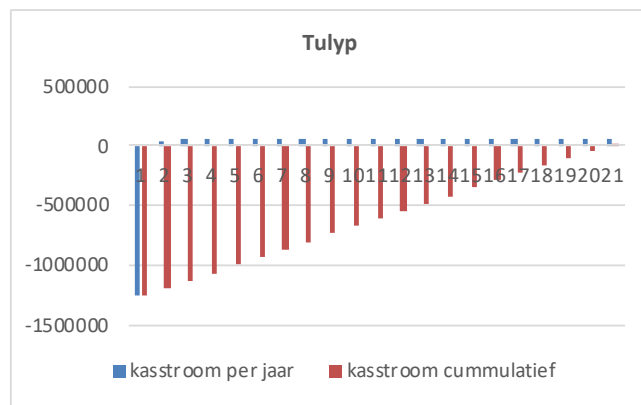
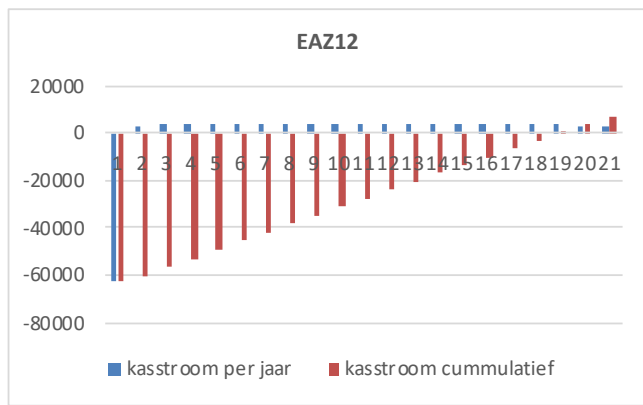
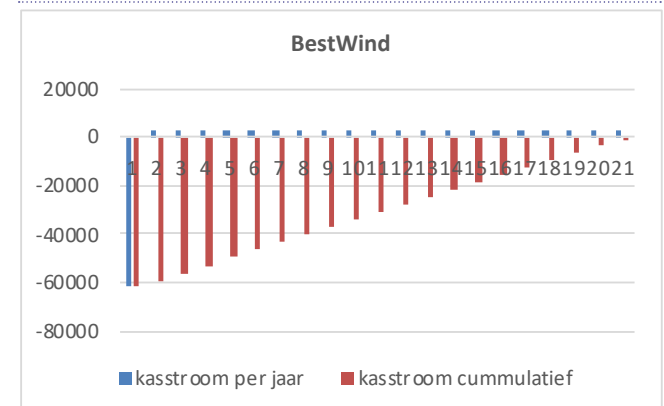
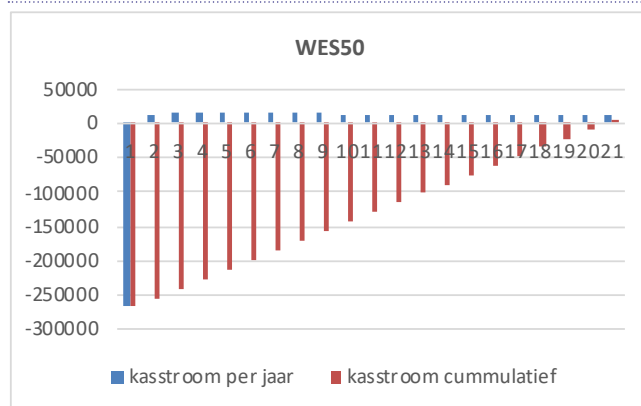
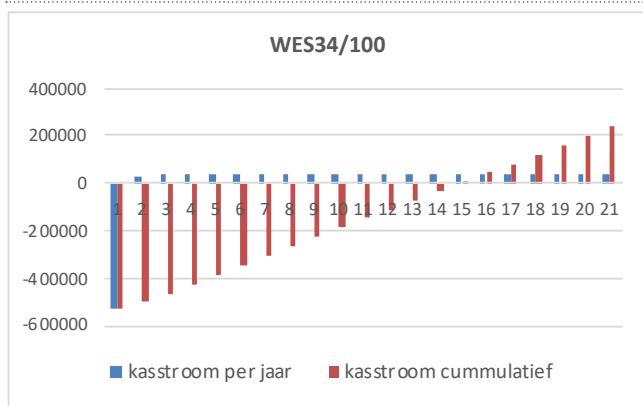
De resultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 6 en in grafieken in figuur 17 hierna. In de tabel zijn per turbine weergegeven: de interne rentevoet (IRR) en de terugverdientijd (TVT). De IRR (internal rate of return) is een financiële indicator waarmee het netto-rendement (na aftrek van de kosten) van de investering in procenten wordt uitgedrukt. Hoe positiever de IRR, des te aantrekkelijker de investering.

NAAM TURBINE	INTERNE RENTEVOET (IRR)	TERUGVERDIENTIID (TVT)
DW54	14,86%	7
MWF8.5	5,17%	13
WES34/100	3,76%	14
EAZ12	1%	18
SWP25	0,66%	19
WES50	0,15%	20
Tulyp	0,14%	20
WES250	-0,13%	21
BestWind	-0,13%	21
Montana	-8,03%	>25
Antaris 10	-12,70%	>25

Tabel 6: Financiële effectiviteit van kleine windturbines bij 100% direct verbruik, zonder subsidie

De grafieken maken inzichtelijk hoe lang het duurt om de investeringskosten terug te verdienen (terugverdientijd). Samenvattend, kan worden gezegd dat alle turbines behalve Montana en Antaris10, binnen hun technische levensduur worden terugverdiend, bij 100% direct verbruik, een stroomtarief van 0,14 cent/kWh en zonder subsidies.





Figuur 17: Terugverdientijd geselecteerde windturbines

## 6.2. GEVOELIGHEIDSANALYSE

In het kader van de haalbaarheidsberekening, is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij is gekeken in welke mate doorlevering van de opgewekte elektriciteit tegen een laag tarief van 0,05 cent/kWh, van invloed is op de financiële haalbaarheid van de investering binnen de rekenperiode van 20 jaar. In een iteratief proces is gezocht naar een break-even point waarbij de IRR (zonder subsidie) nog steeds positief is. De berekening is slechts uitgevoerd voor turbines waarvan de eerste analyse een positieve IRR heeft opgeleverd bij 100% direct verbruik bij een tarief van 0,14 cent/kWh.

Tabel 7 presenteert de resultaten van de gevoeligheidsanalyse: het procentueel aandeel van het direct verbruik, de doorlevering en de bijbehorende IRR.

De conclusie is dat kleine windturbines heel beperkte financiële ruimte bieden voor de doorlevering van elektriciteit naar andere assets. Een reële mogelijkheid voor de teruglevering bestaat wel bij grotere turbines zoals MWF8,5, WES34/100 en DW54.

NAAM TURBINE	DIRECT VERBRUIK	DOORLEVERING	IRR
DW54	6%	94%	0,09%
MWF8,5	50%	50%	0,11%
WES34/100	60%	40%	0,18%
EAZ12	90%	10%	0,06%
SWP25	95%	6%	0,11%
Tulyp	99%	1%	0,15%

Tabel 7: Het aandeel van direct verbruik en doorlevering met een positieve Interne rentevoet

## 6.3. SUBSIDIES

De berekeningen in hoofdstuk 6.1 zijn gemaakt met de aanname dat de opgewekte elektriciteit ter plekke zal worden benut. De zelfopwekking leidt tot financiële besparingen omdat de zelf opgewekte hoeveelheid elektriciteit niet ingekocht hoeft te worden. In de praktijk kan een dergelijke situatie worden gecreëerd door te kiezen voor een windturbine waarvan de stroomproductie in balans is met het basisverbruik op locatie. In gevallen waar de opwekking (soms) hoger is dan verbruik, is het financieel plaatje minder gunstig door een laag teruglevertarief. Daar zal de financiële haalbaarheid met behulp van subsidies moeten worden bereikt.

Op het moment van uitgave van dit rapport zijn de definitieve subsidiebedragen en rekenmethodieken t.b.v. kleine windturbines nog niet bekend. Wel zijn globale richtingen van de verschillende subsidiemogelijkheden aangestipt. Hieronder een overzicht op basis van voorlopige informatie.

### Salderingsregeling

De saldering is van toepassing op kleinverbruikers (3x80 A/ max. 55 kW). Deze regeling maakt het mogelijk om de teruggeleverde hoeveelheid kWh in mindering te brengen bij de ingekochte stroom. Daarmee wordt boekhoudkundig dezelfde situatie gecreëerd als bij 100% direct verbruik. De overheid heeft aangekondigd dat deze regeling tussen 2023 en 2031 zal worden uitgefaseerd. Het proces van uitfasering volgt twee sporen, namelijk de verlaging van de te salderen hoeveelheid stroom én de verlaging van de vergoeding over de gesalderde stroom. De afbouw gaat in stappen zoals weergegeven in tabellen 8a en 8b.

Omdat de salderingsvoorwaarden per stroomleverancier kunnen verschillen, is het raadzaam om hierover afspraken te maken met de stroomleverancier.

JAAR	TE SALDEREN KWH	TERUGLEVEREN KWH
2021	100%	0%
2022	100%	0%
2023	91%	9%
2024	82%	18%
2025	73%	27%
2026	64%	36%
2027	55%	45%
2028	46%	54%
2029	37%	63%
2030	28%	72%
2031	0%	100%
2032	0%	100%
2033	0%	100%
2034	0%	100%
2035	0%	100%
2036	0%	100%
2037	0%	100%
2038	0%	100%
2039	0%	100%
2040	0%	100%

Tabel 8a: Afbouw salderingsregeling

AFBOUW TERUGLEVERVERGOEDING	
Teruglevering t/m 2022	100% van het totale leveringstarief incl. belastingen
Teruglevering vanaf 2023	80% van het actuele leveringstarief excl. belastingen

Tabel 8b: Afbouw terugleververgoeding bij saldering



Deze regeling kan helpen om (een deel van) projecten met kleine windturbines financieel aantrekkelijker te maken.

Meer info: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/TNO-2019-P11928-Afbouw-regeling-salderen-eindversie-25mrt2020.pdf>

### **ISDE-regeling**

De Investeringssubsidie Duurzame Energie wordt uitgebreid en vanaf begin 2021 beschikbaar gesteld voor particulieren en zakelijke gebruikers ten behoeve van kleinschalige installaties voor de productie van hernieuwbare energie. Details zijn nog niet gepubliceerd, maar bekend is dat windturbines die op een kleinverbruikersaansluiting passen én een rotoroppervlak hebben tot max. 500 m<sup>2</sup>, daar gebruik van zullen kunnen maken. Het subsidiebedrag zal worden verrekend per m<sup>2</sup> rotoroppervlak. Deze subsidieregeling is, hoewel beperkt tot kleinverbruikers, het meest veelbelovend voor de kleine windturbines. De ISDE-subsidie mag worden gecombineerd met salderingsregeling. Bron: RVO

Meer info: <https://www.isde.nl/>

### **SDE++ regeling najaar 2020**

Subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie en klimaattransitie verleent subsidies voor een groot aantal technologieën op het gebied van energieopwekking, energiebesparing en besparing van CO<sub>2</sub>-emissies. De eerste openstellingsronde voor 2020 gaat van start op 24 november. Kleine windturbines van boven de 55 kW (grootverbruikersaansluiting), kunnen in principe gebruik maken van deze regeling. De rangschikking van de aanvragen vindt plaats op basis van de kosten per bespaarde ton CO<sub>2</sub>.

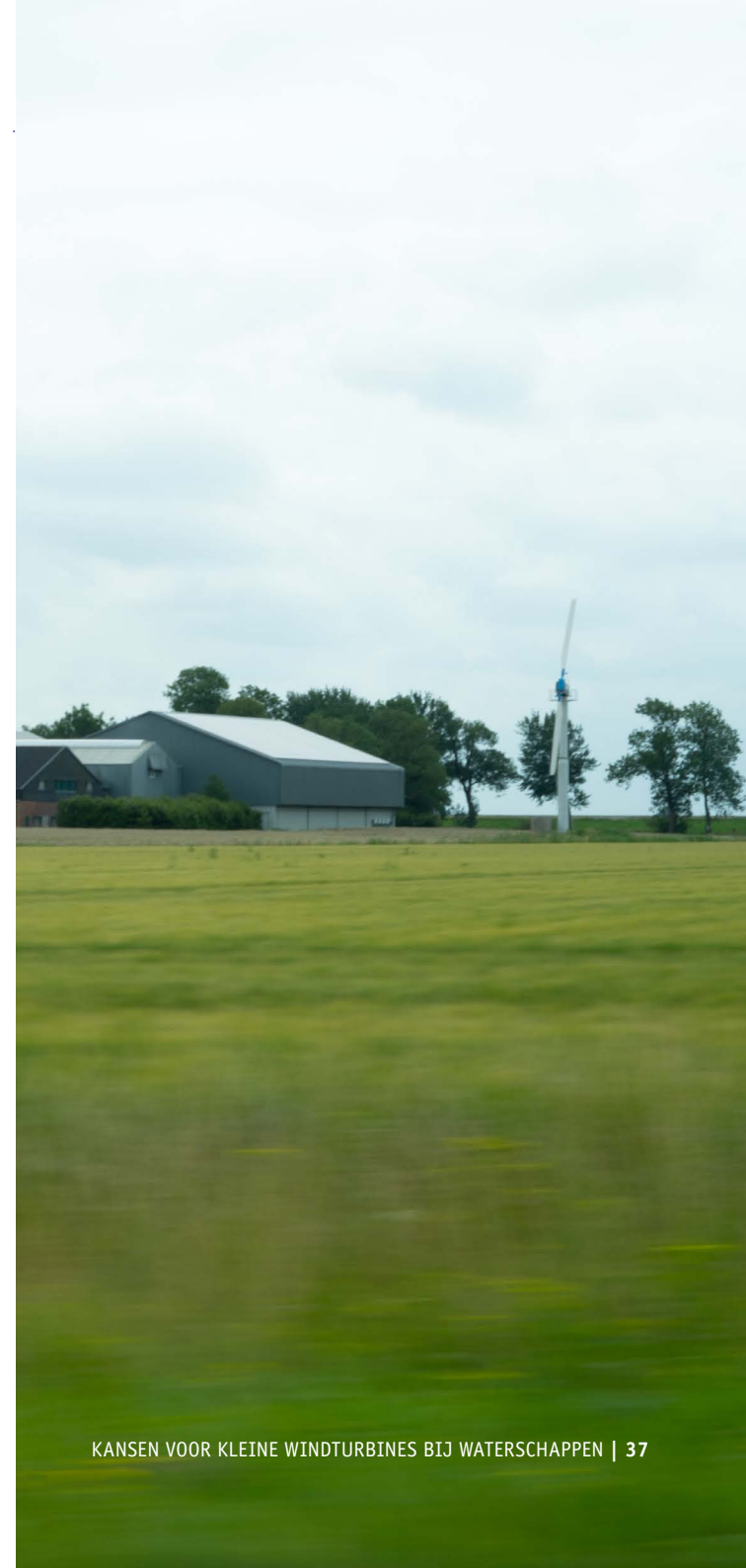
Meer info op: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sde>

### **Postcoderoosregeling**

De Postcoderoosregeling of de Regeling Verlaagd Tarief is van toepassing voor energiecoöperaties en verenigingen van eigenaren (VVE's). Vanaf 2021 komt de regeling in aangepaste vorm terug. Details zijn nog niet bekend, maar kleine windturbines zullen waarschijnlijk een plek krijgen binnen deze regeling.

Meer info op:

<https://www.hieropgewekt.nl/nieuws/kamerbrief-vernieuwde-postcoderoosregeling-2021>



# H7 PILOTLOCATIES MET KLEINE WINDTURBINES BIJ WATERSCHAPPEN

## 7.1. POTENTIËLE LOCATIES

Door de waterschappen in de begeleidingsgroep zijn potentiële locaties genoemd voor kleine windturbines. Deze locaties hebben we afgezet tegen de haalbaarheid binnen het bestaande beleid, dat in interviews met verschillende provincies en gemeenten is besproken. Daarnaast hebben we in een interview met de Rijksdienst voor Cultureel erfgoed het idee van nieuwe kleine waterschapsturbines en hun ideeën over landschap gepeild. Uiteindelijk is in overleg met de begeleidingsgroep een aantal uitgangspunten benoemd om te komen tot bruikbare locaties:

- Gemalen en RWZI's
- Windrijke en windarme locaties
- Spreiding door Nederland
- Kansen binnen provinciaal en gemeentelijk beleid

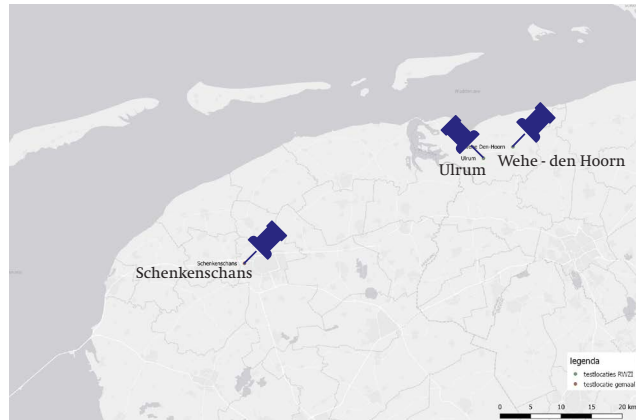
De volgende locaties voldeden aan deze uitgangspunten:

	GEMAAL	RWZI
Windrijk	Schenkeschans Marssum	Wehe den Hoorn Ulrum
Windarm	Locatie Waterschap Aa en Maas	Bennekom

Na nader onderzoek op deze locaties bleek dat de locaties in windarm gebied te weinig kansen bieden voor interessante en bruikbare opbrengsten. Om deze reden zijn beide zoeklocaties in windarm gebied afgevalen.

De waterschappen Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân hebben de wens uitgesproken voor een pilotopstelling met kleine windturbines. Aan de hand van het voorgestelde

stappenplan en ruimtelijke analyse zijn 3 locaties verder onderzocht. Locatie 1; de RWZI van Wehe-Den Hoorn (Groningen), locatie 2; de RWZI van Ulrum (Groningen) en locatie 3; het toekomstige gemaal Schenkenschans op de Energiecampus (Friesland).



Figuur 18: Kaart potentiële pilotlocaties kleine windturbines

De locaties worden beschreven aan de hand van een checklist, die op de volgende pagina wordt gepresenteerd.

## 7.2. STAPPENPLAN TOEPASSING KLEINE WINDTURBINES

### Stap 1: Algemene verkenning

- Windcondities  
Beoordeel of locatie geschikt is voor het plaatsen van een kleine windturbine met behulp van de Quickscan in Figuur 19.
- Netaansluiting  
Check de website of locatie in een rood gekleurd gebied

valt: <https://www.enexis.nl/zakelijk/duurzaam/beperkte-capaciteit/gebieden-met-schaarste>. Overleg, indien nodig, met de netbeheerder.

- Ruimtebeslag  
Kijk of er voldoende ruimte aanwezig is voor het plaatsen van turbines volgens opgave leverancier. Maak daarbij gebruik van de afstanden uit Tabel 3.
- Eisen vergunningverlener  
Breng in beeld de eisen die de vergunningverlener stelt ten aanzien van het plaatsen van kleine windturbines.

### Aanbevelingen ten aanzien van technische optimalisatie

- Kies voor locaties met een gemiddelde windsnelheid van minstens 5 m/s op 20m hoogte (zie figuur 19).
- Kies voor een open locatie waar de wind vrije toegang heeft tot de windturbines. Het is in ieder geval essentieel dat de ZW kant van de turbine vrij is.
- Ga voor maximaal mogelijke/toegestane masthoogte die aansluit bij het lokale beleid.
- Plaats turbine op voldoende afstand van, en op voldoende hoogte boven de eventuele obstakels in de buurt (zie bijlage 5: Vuistregels windstroming rondom gebouwen).
- Houd rekening met voldoende onderlinge afstand tussen de turbines volgens opgave leverancier.
- Kies een turbine met een jaarlijkse productie in de orde grootte van de energievraag op de desbetreffende locatie en gebruik de opgewekte energie zoveel mogelijk direct op de locatie.
- Zorg dat het aansluitvermogen van de turbine kleiner of gelijk is aan de capaciteit van de aansluiting.

---

## Stap 2: Ruimtelijke afwegingen plaatsing van kleine windturbines bij waterschapobjecten

- De windturbine dient onderdeel te zijn van zijn lokale omgeving/ensemble met daarin de objecten die stroom afnemen. De turbine heeft een relatie met omringende elementen (bijvoorbeeld gebouwen en bomen).
- Afstand tussen turbine en bijbehorend object dient beperkt te blijven (basisprincipe 3).
- We verwachten geen ruimtelijk bezwaar ten aanzien van de hoogte wanneer:
  - De tiphoogte van de turbine maximaal 2x de hoogte is van het ruimtelijke ensemble of het hoogste nabije object (basisprincipe 1), mits dit object deel uitmaakt van het ruimtelijk ensemble (een zendmast bijv. telt niet mee);
  - De masthoogte in redelijke verhouding staat tot het stroomafnemend object (basisprincipe 2).
- Mogelijk is grotere hoogte ook mogelijk, bijvoorbeeld omdat het gaat om een grote RWZI die opvallend in het landschap zichtbaar is echter, weinig hoogte kent. In zo'n geval wordt een expertoordeel verwacht op basis van de lokale situatie.
- Betrek ruimtelijk ontwerpers bij de plaatsing van (kleine) windturbines. Zij kunnen de omgevingsfactoren en mogelijke toekomstsituaties in beeld brengen. Zij kunnen de ruimtelijke verhoudingen en toegestane hoogte inschatten.

## Stap 3: Beoordeling financiële haalbaarheid

- Maak een voorselectie van turbines volgens de bovengenoemde aanbevelingen.
- Vraag offertes aan bij minstens drie leveranciers.

- Vraag een prijsindicatie van de netbeheerder aan via de website:
  - Enexis: <https://www.enexis.nl/zakelijk/aansluitingen/direct-regelen> of
  - Liander: <https://www.liander.nl/grootzakelijk/duurzaammeopwek>
- Onderzoek de financieringsmogelijkheden voor kleine windturbines via <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen> (mogelijk zijn dat de ISDE-regeling en de SDE++-regeling, dit wordt bekend in november 2020).
- Maak een berekening van het verwacht financieel plaatje en beoordeel het resultaat.

### *Aanbevelingen ten aanzien van contractuele afspraken met leveranciers*

- Eis duidelijkheid van de leverancier ten aanzien van compleetheid van de levering, leveringsvoorwaarden, garanties, monitoring, onderhoud, de bijbehorende kosten en aansprakelijkheden.
- Eis van de leverancier dat hij van tevoren een overnameprotocol opstelt dat op wederzijdse instemming kan rekenen.
- Vraag naar de garantiemogelijkheden en maak je keuze:
  - All-in garantie voor een bepaalde termijn (bijv 2 jaar): alle mankementen binnen dat termijn worden gratis hersteld.
  - Beschikbaarheidsgarantie in procenten (bijv. 96%) over een bepaalde periode (5, 10 jaar of levenslang) in jaren.
  - Opbrengstgarantie in kWh/jaar bij een bepaalde gemiddelde windsnelheid in m/s (die moet dan wel gemeten worden).

- Servicegarantie: herstart van turbine op afstand binnen een bepaald aantal uren, herstelservice in geval van storingen die niet op afstand geregeld kunnen worden binnen een bepaald aantal uren/dagen en een boeteclausule als dat niet gehaald wordt.
- Monitoring: Afspraken over de zaken die gemonitord zullen worden tijdens het proefbedrijf, de duur van het proefbedrijf en controle na afloop van het proefbedrijf.

## Stap 4: Overleg met omwonenden en natuurorganisaties

- Informeer de omwonenden over het voornemen om windturbines te plaatsen voordat de vergunningaanvraag is ingediend. Dat voorkomt misverstanden en onnodige weerstand.
- Informeer de lokale natuurorganisaties over het voornemen om windturbines te plaatsen voordat de vergunningaanvraag is ingediend. Informeer naar aanwezigheid van vogels en vleermuizen en verken in hoeverre dit de mogelijkheden bepaalt.

## Stap 5: Aanvraag omgevingsvergunning

- Vraag een vergunning aan voor het plaatsen van kleine windturbines.

## Stap 6: Subsidieaanvraag

- Na ontvangst vergunning

## Stap 7: Opdrachtverlening

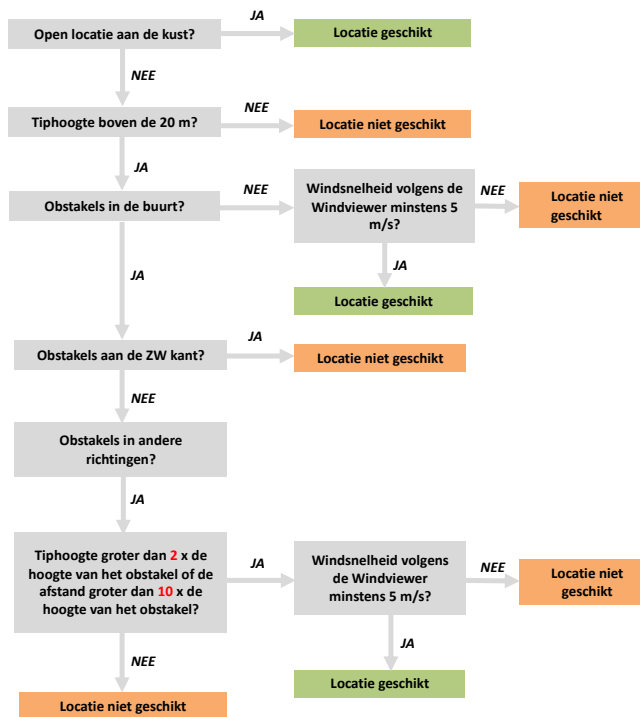
- Na ontvangst subsidietoezegging, sluit het contract af met de leverancier met inachtneming van de bovengenoemde aanbevelingen.

## Stap 8 Oplevering, aanmelding, monitoring

- Laat de installatie volgens het opleveringsprotocol opleveren.
- Meld de installatie aan op <http://www.energieleveren.nl>.
- Stel de afspraken omtrent de monitoring, beheer en onderhoud in werking.

## Quickscan

Deze Quickscan is een hulpmiddel om snel een oordeel te vormen over de geschiktheid van een locatie voor het plaatsen van kleine windturbines. De cijfers in het vakje 'tiphoogte groter dan 2x de hoogte van het obstakel en de afstand groter dan 10 x de hoogte van het obstakel in de windrichting' moeten, per geval, gerelateerd worden aan de cijfers in bijlage 5: Vuistregels windstroming rondom gebouwen.



Figuur 19: Quickscan.

## 7.3. PILOTOPSTELLINGEN RWZI WEHE-DEN HOORN EN ULRUM

### Windsnelheid

De RWZI ligt in een gebied met een met gunstige windcondities. De windsnelheden op deze locatie variëren van 5,54 m/s op 20 m hoogte tot 8,12 m/s op 100 m. (zie bijlage).

De RWZI ligt in een zeeleilandschap in het noorden van de provincie Groningen ten noordwesten van het dorp Wehe-Den Hoorn (zie bovenstaande figuren). De RWZI ligt in een half open landschap, waarbij de zuid- en westzijde van het terrein zijn bebost. Aan de noordoost- en zuidoostzijde van het terrein hebben in het verleden 2 kleine Lagerwey tweewiekturbines gestaan. Het terrein is zichtbaar voor weggebruikers vanaf de Havenstraat (oostzijde) en Raylandseweg (zuidzijde). De bossage aan de zuidwestzijde van het terrein maakt de locatie minder geschikt voor het plaatsen van kleine windturbines.

### Mogelijke masthoogte

In het huidige beleid is de maximaal toegestane hoogte voor kleine windturbines 15 meter. Een turbine van 15m hoog is op deze locatie zinloos, vanwege de bossage aan de zuidwestzijde. In het kader van een verkenning (zie hoofdstuk beleid) om het beleid mogelijk aan te passen is het wellicht mogelijk om een testlocatie aan te wijzen waar turbines van grotere hoogte getest kunnen worden.

De grootste obstakels rondom het terrein zijn de bomen (veelal ca 15m maar plaatselijk tot 20m hoogte) aan de west- en zuidzijde. De windturbine dient daarom hoger te zijn dan 20m. Een tiphoogte van 40 meter is hier denkbaar.

---

### Type turbine

Er is door de genoemde waterschappen een voorkeur uitgesproken over opstellingen met de volgende type turbines: Tulyp (300 kW), MWF8,5 (17 kW), Flower (5 kW) en EAZ12 (15 kW).

De eerste drie van de genoemde turbines zijn innovatief, en nog niet in de praktijk toegepast. De laatste is tot nu toe vooral bij particulieren en bij coöperaties in de provincie Groningen toegepast.

### Beleidsmogelijkheden RWZI Wehe Den Hoorn/Ulrum

#### *Provincie Groningen*

In het huidige beleid is vanuit de provincie Groningen een pilotregeling kleine wind. Dit gaat uit van maximaal 15 meter hoogte in het buitengebied op zowel agrarisch als niet-agrarische bouwvlakken (verordening artikel 2.41.1). Het waterschap kan alleen een 15m turbine plaatsen bij een gemaal als dit gemaal in het stedelijk gebied zou liggen, of wanneer het om het buitengebied gaat, de windturbine op het bouwvlak zelf geplaatst wordt. Wanneer het om het buitengebied gaat kunnen windturbines alleen 1) los in dit gebied geplaatst worden als dat ten behoeve van een lokaal initiatief is (dus zelfstroom opwekken en delen) of 2) wanneer er gekozen wordt voor een zone van 25 meter rondom een agrarisch bouwperceel; ten behoeve van zelfvoorziening en verduurzaming bedrijfsvoering. Er bestaat een kans dat de hoogtebeperking opschuift naar 20 meter of meer, maar dit is onzeker. Op bedrijventerreinen zijn er kansen voor middelgrote windturbines. Echter, ook deze zijn nu nog niet toegestaan (zie discussie hierboven).

---

Binnen bovenstaande verkenning zou het waterschap wellicht een testturbine met een mast hoger dan 15 meter kunnen plaatsen bij een RWZI (bijvoorbeeld Wehe den Hoorn of Ulrum) als pilotproject. Dan is nodig:

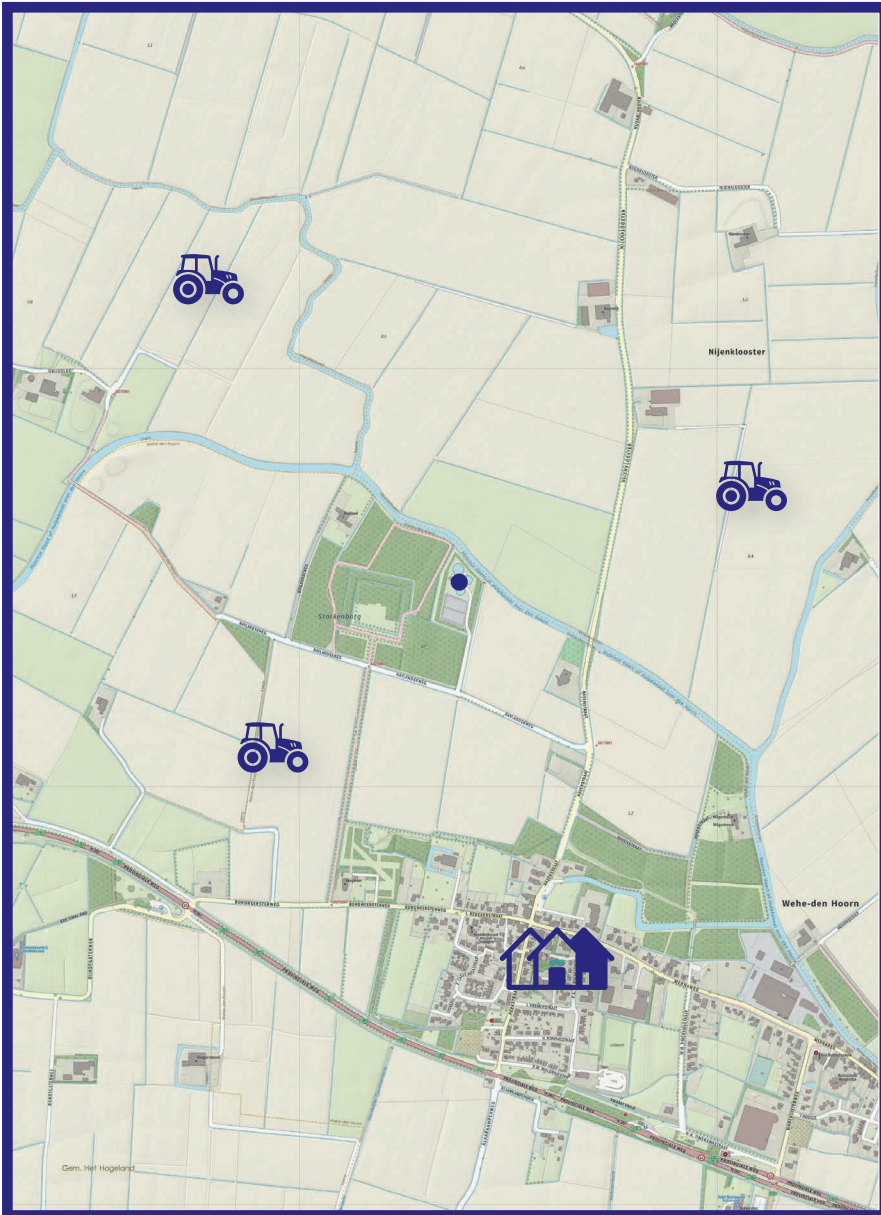
- Commitment voor de verkenning.
- Agenderen binnen het RES-proces.
- Op zoek naar geschikte pilotprojecten. Dit in afstemming binnen het RES-proces en dus met de gemeenten.

#### *Gemeente Het Hogeland*

Het gemeentelijk beleid voor de windturbines kan worden onderverdeeld in beleid voor hoge windturbines, en het beleid voor de kleine windturbines, dit zijn de windturbines met een ashoogte van maximaal 15 meter. De gemeente wil onderzoeken in hoeverre windturbines met een ashoogte van meer dan 15 meter kunnen worden gerealiseerd in de omgeving van de dorpen, voor zover dit initiatief ten goede komt aan het dorp en aansluit bij de energiebehoefte van het dorp. “In het kader van de harmonisatie van dit beleid, zou de mogelijkheid geboden kunnen worden om bij alle agrarische bestemmingen en niet-agrarische bestemmingen in het buitengebied binnen het bouwperceel windturbines toe te staan. De gemeente wil graag in overleg met de provincie om de mogelijkheid hiertoe te onderzoeken.”



# WINDPASPOORT RWZI WEHE-DEN HOORN



## verbruik



jaarverbruik: 140.000 kWh  
aansluitcapaciteit: 630 kVA  
gecontracteerd vermogen: 30 kW

## beleid



max. 15m agrarisch/  
bebouwd gebied

## openheid



besloten  
(onzichtbaar vanaf  
de weg)

## landschap



Oude zeekelepolder  
(in bossage)

## windsnelheid



5.54 m/s  
(20m hoogte)

## aanbeveling



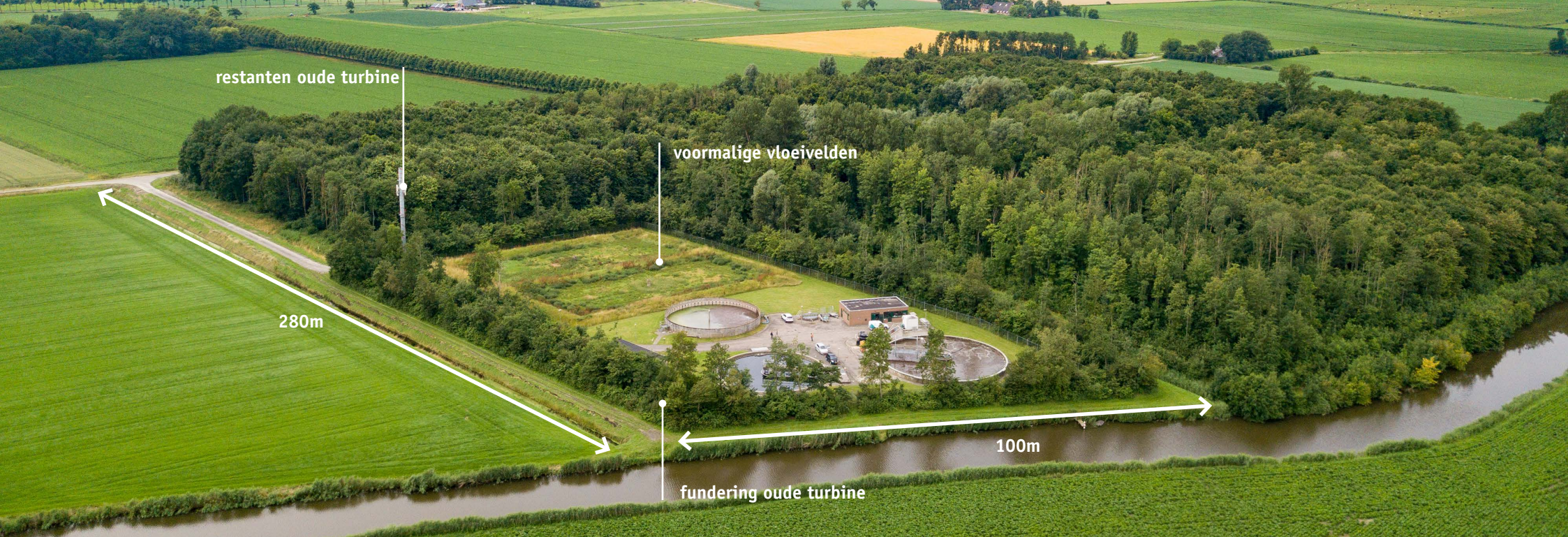
2x  
MWF8,5

of



1x  
SWP25





## RWZI Wehe-den Hoorn

### Landschap

De RWZI van Wehe-den Hoorn bevindt zich in een oude zeekleipolder in de provincie Groningen. De RWZI ligt verscholen in het groen en is vanaf de openbare weg (havenstraat) niet als zodanig te herkennen. Naast de openbare weg is de locatie alleen nog zichtbaar vanaf enkele voetpaden die door het gebied lopen.

In het verleden hebben op twee locaties (zie bovenstaande foto) tweewiek-windturbines gestaan. Van beide windturbines is de fundering nog aanwezig. Van de meest zuidelijke locatie is ook een deel van de mast nog aanwezig. Mogelijk kunnen de funderingen hergebruikt worden. De leverancier kan dit beoordelen. Indien de oude fundering niet gebruikt kan worden,

dan het liefst langs het bestaande kabeltracé plaatsen. Aan de noord- en oostzijde van de RWZI bevinden zich landbouwpercelen. Aan de west- en zuidzijde bevindt zich bos. De bomen zijn hier tot circa 20-25 meter hoog, wat de opbrengst van kleine windturbines sterk kan beïnvloeden.

### RWZI

De RWZI heeft een oppervlakte van ca. 1,5ha, maar het ensemble (inclusief bos) heeft een breedte van 280m. Aan de noordzijde van de RWZI bevinden zich een onderhoudsgebouw en een aantal bezinktanks. Aan de zuidzijde liggen twee voormalige vloeivelden. Er zijn plannen om op deze vloeivelden zonnepanelen te plaatsen.

### Potentiële locatie nieuwe turbine?

De locatie ligt in een gunstig windgebied (>5m/s op 20m hoogte), echter door de omliggende objecten (bomen) aan de zuidwestzijde is deze locatie minder goed geschikt. Voor een rendabele opwek dient de mast van de turbine minstens 1/3 boven de boomgrens uit te komen (>30m). Dit is tegenstrijdig met het huidige beleid. Met het huidige verbruik zouden 1x SWP25 of 2x MWF8,5 turbines voldoen.

Voor het bepalen van een gunstige locatie op het terrein is meer onderzoek nodig. Welk effect hebben de bomen op de efficiëntie, wat zijn de aansluitmogelijkheden op het net, enzovoort. De Quicksan in figuur 19 kan helpen bij het bepalen van de potentie van deze locatie.



bovenaanzicht



bovenaanzicht richting noordwesten



bovenaanzicht richting dorp



bestaande fundering



voormalig vloeiveld, toekomst zonnepanelen



bovenaanzicht entree zuidoostzijde



ooghoogte vanaf dorp



ooghoogte vanaf openbare weg

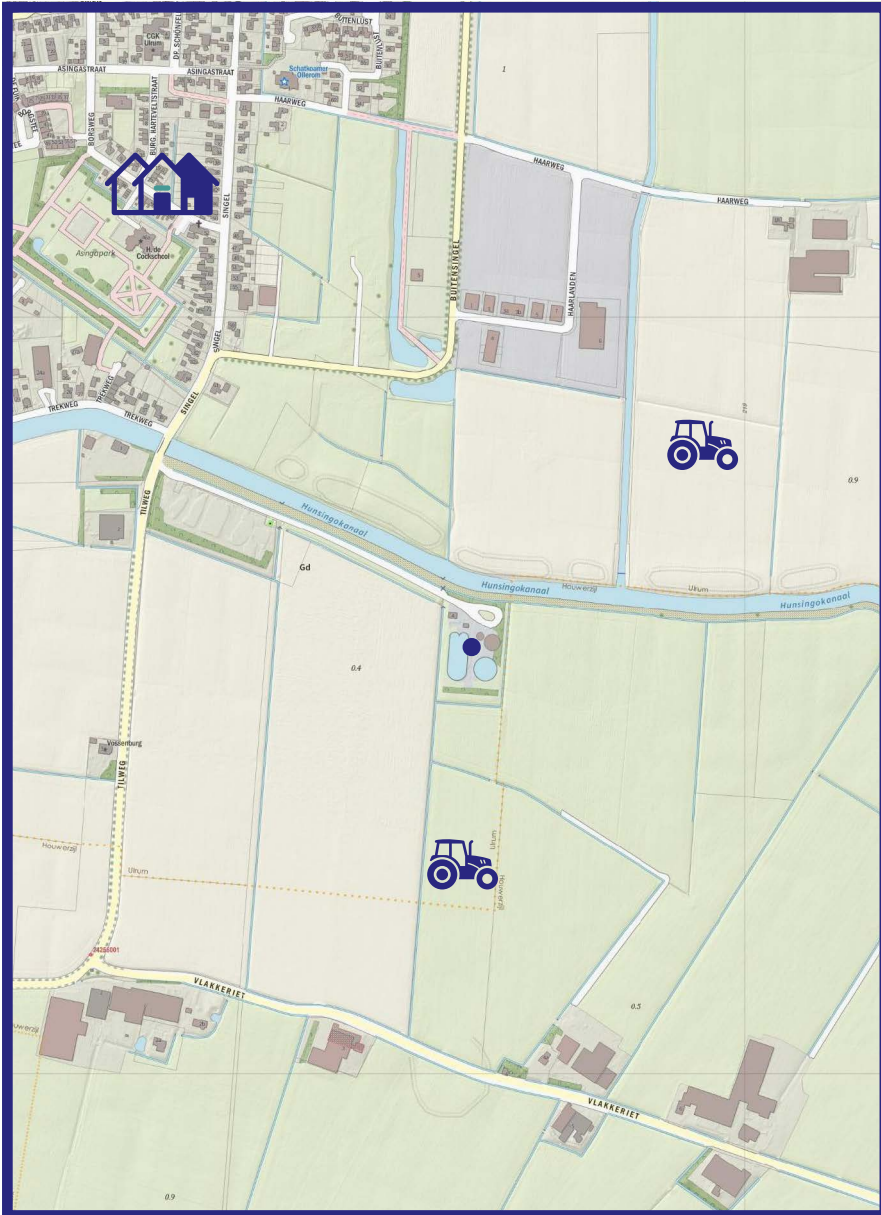


agrarische EAZ12 nabij RWZI





# WINDPASPOORT RWZI ULRUM



## verbruik



jaarverbruik: 295.000 kWh  
aansluitcapaciteit: 630 kVA  
gecontracteerd vermogen: 125 kW

## beleid



max. 15m agrarisch/  
bebouwd gebied

## openheid



half-open  
(zichtbaar vanaf de  
weg)

## landschap



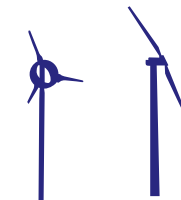
Oude zeekleipolder  
(half-open)

## windsnelheid

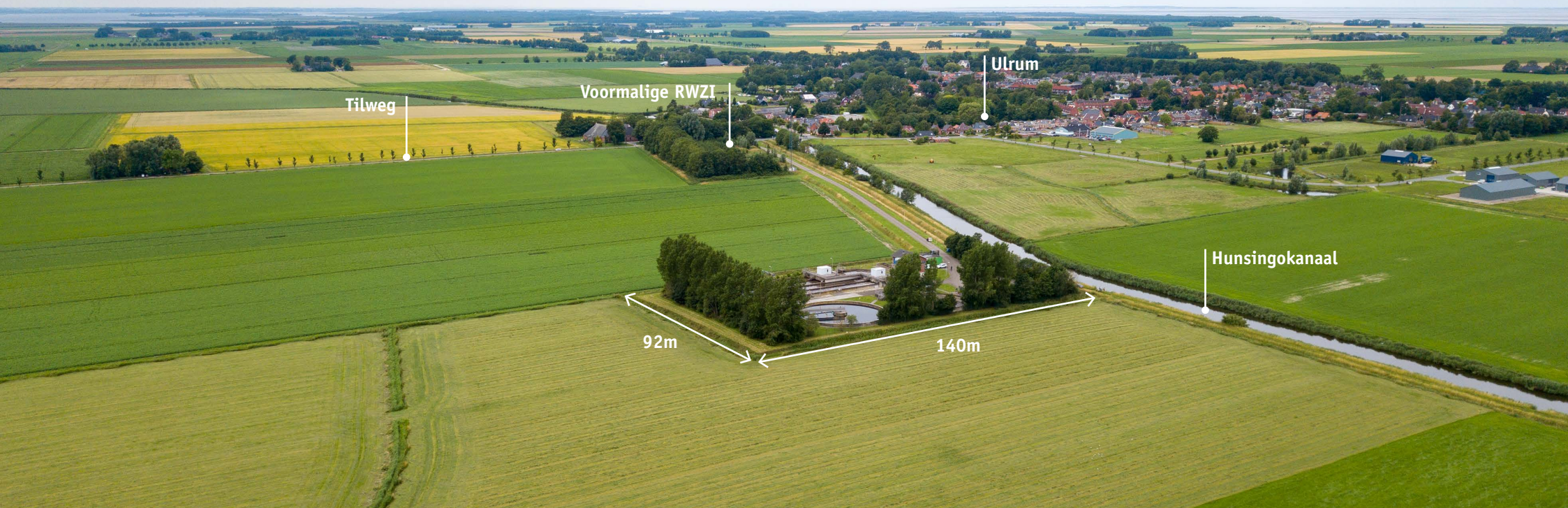


5.5 m/s  
(20m hoogte)

## aanbeveling



4x of 1x  
MWF8,5 WES32/100



## RWZI Ulrum

### Landschap

De RWZI van Ulrum bevindt zich in een oude zeekeleipolder in de provincie Groningen. De RWZI ligt half open in het landschap en is vanaf de openbare wegen Tilweg (westen), Buitensingel (noorden) en Vlakkeriet (zuiden) zichtbaar. Verder loopt er vanuit het westen een toegangsweg naar de RWZI vanaf het dorp Ulrum. Naast de weg ligt een voetpad dat doorloopt langs het Hunsingokanaal ten noorden van de RWZI.

Het landgebruik rondom de RWZI bestaat volledig uit agrarisch gebruik. De RWZI is aan de noord-, oost-, en

zuidzijde beplant met een enkele rij bomen. Aan de zuid- en oostzijde zijn deze circa 15 à 16m hoog en aan de noordzijde 8m.

### RWZI

De RWZI heeft een oppervlakte van ca 1,3ha (140x92m). Het ensemble, inclusief bomen, komt overeen met het oppervlakte van de RWZI.

Aan de noordwestzijde van de RWZI bevindt zich een onderhoudsgebouw. Aan de noordoostzijde een draaicirkel voor voertuigen. Op het midden van het ensemble bevinden zich een aantal bezinktanks.

### Potentiële locatie nieuwe turbine?

De locatie ligt in een gunstig windgebied (>5m/s op 20m hoogte). Plaatsing van een turbine aan de westzijde lijkt gunstig, omdat hier geen bomen staan. Aan de zuidwestzijde is de meeste ruimte, maar wordt de efficiëntie mogelijk negatief beïnvloed door de bomen aan de zuidzijde. Met het huidige verbruik zouden 4x MWF 8,5 of 1x WES32/100 turbines voldoen. Voor het bepalen van een gunstige locatie op het terrein is meer onderzoek nodig: welk effect hebben de bomen op de efficiëntie, wat zijn de aansluitmogelijkheden op het net, enzovoort. De Quickscan in figuur 19 kan helpen bij het bepalen van de potentie van deze locatie.



bovenaanzicht



bovenaanzicht richting noordwesten



bovenaanzicht richting dorp



ooghoogte naar zuiden



open zicht naar westen



bomenrij zuidzijde



zicht vanaf Tilweg



zicht vanaf Buitensingel



agrarische EAZ12 nabij RWZI



---

## 7.4. PILOTLOCATIES GEMAAL SCHENKENSCHANS EN ENERGIECAMPUS

### Beleidsmogelijkheden gemaal Schenkenschans

#### *Provincie Friesland*

Het Bestuursakkoord (CDA, VVD, FNP en PvdA) biedt beperkt ruimte voor nieuwe windturbines. Formeel kan er weinig. Het college is gevoelig voor dorpsinitiatieven (van onderop).

De ruimte die er is:

- Bij agrarische bedrijven tot 15 meter ashoogte.
- Bestaande dorpsmolens (die meestal buiten het dorp staan) mogen opschalen tot 100 m. Op dit moment zijn er 14 dorpsmolens.
- Men mag nieuwe molens toevoegen wanneer men gaat saneren. Bij de sanering kan een investeerder de bestaande turbines afkopen en saneren, dwz vervangen door een turbine met een totale max. hoogte van 100 m (ter vervanging van bijv. 2x50m). Saneren mag vanaf 45 m molens.

#### *Gemeente Leeuwarden*

Het college staat welwillend tegenover kleine windturbines en is progressief, dat wil zeggen gaat discussie niet uit de weg. Gemaal Schenkenschans wordt gebouwd op de Energie-

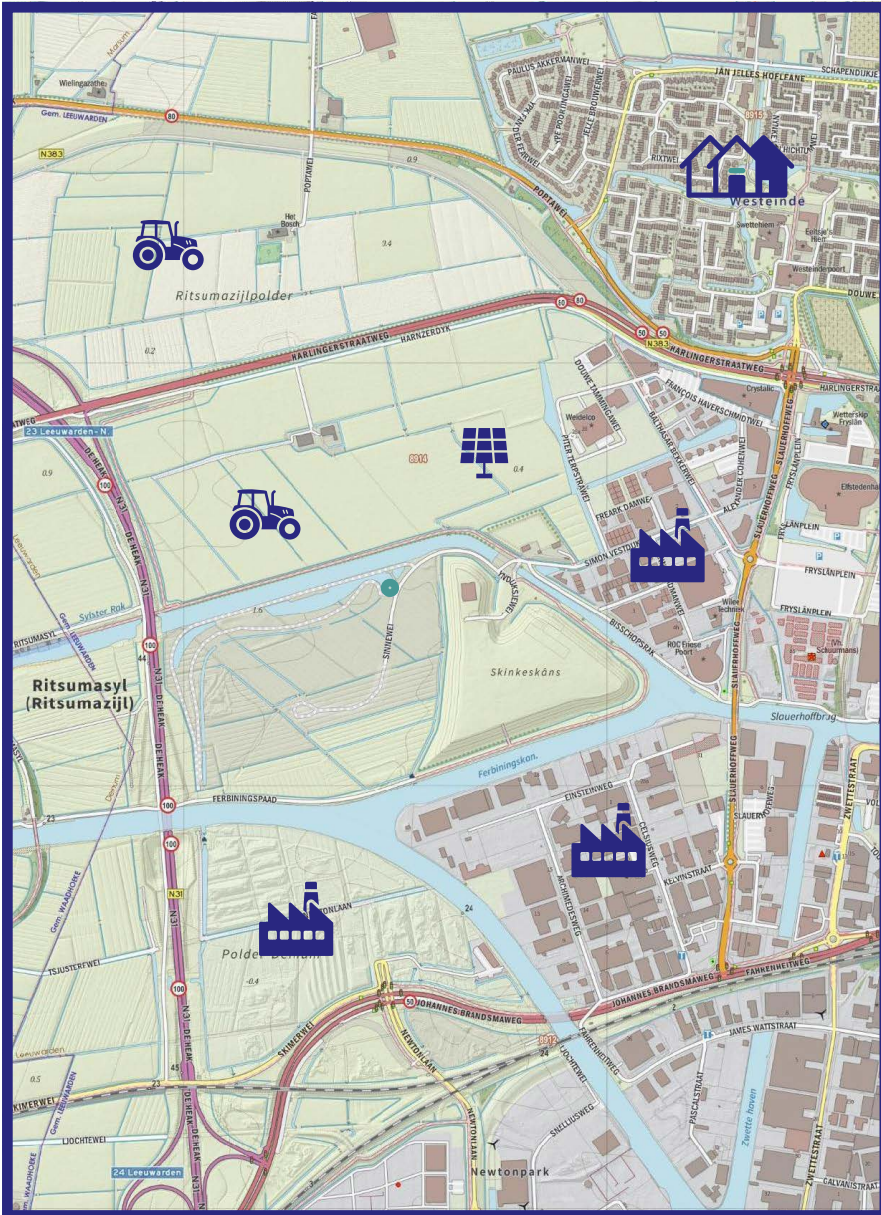
campus en dit biedt kansen. De energiecampus wordt een centrum voor nieuwe energie. Daar past dus ook een experiment met innovatieve windenergie. In het bestemmingsplan van de energiecampus is reeds ruimte gemaakt voor het plaatsen van kleine windturbines met een tiphoogte van 22 meter. Op de locatie voor het nieuwe gemaal is de bestemming groen, met o.a. uitzondering voor nutsvoorzieningen en voor windturbines. Er wordt nu gekeken naar mogelijkheden van een windturbine, die zowel direct het gemaal aan kan drijven als stroom kan leveren.

Problematisch is de netcapaciteit in Friesland. Volgens de gemeente heeft Liander 5-7 jaar nodig voordat er een nieuw onderstation komt. Liander geeft aan: wanneer het aansluitvermogen van de te plaatsen turbine kleiner is dan de bestaande aansluiting, dan kan de turbine worden aangesloten.

Gezien deze leveringsbeperkingen is het Wetterskip Fryslân in gesprek met Ekwadraat, Oosterhof Holman en de Provincie om te kijken of eventueel opslag in de vorm van waterstof mogelijk is. Op het experimententerrein tegenover het gemaal zou dit een optie zijn. Dit is alleen interessant als er meerdere partijen gebruik van gaan maken en de waterstofopslag via een leaseconstructie beheerd wordt. Dit wordt momenteel door de partijen onderzocht.



# WINDPASPOORT GEMAAL SCHENKENSCHANS



## verbruik



bestaand jaarverbruik:  
4500 kWh/jaar  
aansluitcapaciteit: onbekend  
gecontracteerd vermogen:  
onbekend

## beleid



max. 15m agrarisch  
bedrijf  
of dorpsmolen <100m

## openheid



half-open  
(zichtbaar vanaf de  
weg)

## landschap



Oude zeepolder  
(half-open)

## windsnelheid



5.6 m/s  
(20m hoogte)

## aanbeveling





## Gemaal Schenkenschans

### Landschap

Het toekomstige gemaal van Schenkenschans bevindt zich in een oude zeepolder in de provincie Friesland. Momenteel is het gebied volop in ontwikkeling als onderdeel van de energiecampus. Het gemaal is gepland aan de noordzijde van het terrein, naast een dijklichaam van 6 meter hoog aan de westzijde. Aan de zuidwest- en zuidoostzijde worden de kavels uitgegeven voor bedrijfsgebouwen met een maximale hoogte van 12 meter met uitzondering van een vergister tot 20 meter hoogte. Aan de oostzijde bevindt zich de voormalige afvalstort Schenkenschans met een hoogte van 12 meter. Op deze heuvel

zijn twee zonneparken gepland. Het landgebruik rond het gemaal zal in de toekomst dus voornamelijk bestaan uit bedrijventerrein. Op en langs het dijklichaam komt een groene recreatieve verbinding. De noordzijde van het gebied bestaat uit agrarische percelen.

### Gemaal

Het verbruik en de aansluitcapaciteit van het toekomstige gemaal zijn nog niet bekend.

### Potentiële locatie nieuwe turbine?

De locatie ligt in een gunstig windgebied (>5m/s op 20m hoogte). Plaatsing van een windturbine naast het gemaal lijkt niet gunstig vanwege de geplande bebouwing aan de zuidwestzijde en het dijklichaam aan de westzijde. Qua energieopwekking is de plaatsing op het dijklichaam of op de voormalige afvalstort efficiënter. Echter wordt de opwek dan 'losgekoppeld' van het energievragend object (het gemaal). Aangezien de energievraag van de hele campus een stuk hoger is dan het gemaal zelf, is het verstandig om de opwek in een groter verband te onderzoeken. De energiecampus biedt genoeg ruimte om te experimenteren met kleine windturbines.



entree energiecampus



entree energiecampus vanaf heuvel



zicht vanaf heuvel naar noorden



zicht op zonnepark noordzijde



voormalig gemaal zuidzijde



locatie nieuw gemaal noordzijde



zicht op nieuwe locatie



zicht naar westzijde



zicht vanaf de Harlingerstraatweg





# ENERGIECAMPUS LEEUWARDEN

## VISIESCHETS



### LEGENDA

#### OPENBAAR GEBIED (ca. 11 ha)

-  De Haak
-  Dijk met onderhoudspad en graswandelpad
-  Recreatief fiets- / wandelpad
-  Respectzone (60m)
-  Hoofdweg met kabels- en leidingen zone
-  Boomweide (1<sup>o</sup> orde grootte)
-  Zwaluw muur




-  Gemaal
-  Duiker
-  Water, slenk, plasdras en ribben
-  +0.5 Hoogte t.o.v. NAP
-  Calamiteitenroute en wandelpad
-  Riet-waterfilter-sloot

#### UITGEEFBAAR TERREIN (ca. 20 ha)

-  Duurzame bedrijvigheid / PV-park in variabele verkaveling
-  OH Oosterhof Holman
-  Experimententerrein
-  Entreegebouw in kavelgebonden parkzone (15 m)
-  Energiekavel / vergister
-  Max. bebouwingshoogte A= 6m  
B= 10m  
C= 12m  
(vergister max. 20m)  
(experiment max. 20m)
-  Haven + laad/loswal

#### VOORMALIGE VUILSTORTPLAATS (ca. 17 ha)

-  Recreatieve voorziening
-  Plug & play park Experimentenlocatie
-  Wateraccu experiment locatie energie/water
-  PV-Cellen
-  Secundaire weg
-  Wandelroute
-  Bouwlocatie lichtgewicht architectuur kenniscentrum & Ekwadraat

-  E Bouwlocatie lichtgewicht architectuur t.b.v. experimentenlocaties
-  Stoommachine Overmeer
-  Uitzichtpunt, recreatie



Energiecampus Leeuwarden  
Schetsontwerp 14-07-2016

Gageldijk 4F | Postbus 9177 | 3506 GD Utrecht  
Tel. 030-2644333 | info@copijn.nl

## 7.5. THEORETISCH POTENTIEEL VOOR KLEINE WINDTURBINES BIJ NOORDERZIJLVEST

Waterschap Noorderzijlvest (NZV) heeft aangegeven een pilot te willen uitvoeren met kleine windturbines. Daarvoor zijn twee pilotlocaties aangedragen die in dit rapport verder in beeld worden gebracht. Om de kansen voor kleine windturbines in een breder kader te plaatsen en beter te kunnen beoordelen welke rol deze turbines kunnen spelen in de verduurzaming van elektriciteitsverbruik van waterschappen, wordt in dit hoofdstuk een inschatting gemaakt van het theoretisch potentieel in het verzorgingsgebied van NZV.

Hieronder volgt een beschrijving van de stappen die zijn doorgelopen om te komen tot het theoretisch potentieel. Gedurende dat proces zijn enkele correcties en aannames gedaan om te komen tot een zo betrouwbaar mogelijk resultaat. Deze zijn beschreven onder het kopje Opmerkingen en Aanpak.

### Stappen om te komen tot het theoretisch potentieel

1. NZV heeft 3 bestanden aangemaakt, te weten:
  - Verbruiksbestand met 350 adressen van de assets van NZV. In dit bestand zijn, behalve de postadressen van RWZI's en gemalen, ook de maandelijks dag- en nacht verbruiken van gas en elektra opgenomen over de periode 2016 t/m 2020.
  - Adressenbestand met 165 gemalen en RWZI's met daarin per asset: het postadres en hetzelfde adres in RD-format (rijksdriehoeks-coördinaten).
  - Adressenbestand met 120 rioolgemalen die in het eerste adressenbestand vergeten waren, met daarin de postadressen en dezelfde adressen in RD-format.

2. Uit het verbruiksbestand is een selectie gemaakt van het jaarlijkse stroomverbruik per adres in het jaar 2019.
3. De 2 bestanden met RD-coördinaten zijn samengevoegd tot een totaal adressenbestand en ingelezen in de Windviewer om bij elk adres de bijbehorende windsnelheid (m/s) in te vullen op 20 m hoogte. Dat is de laagste hoogte in de Windviewer.
4. Het adressenbestand met windsnelheden is aangevuld met velden kWh totaal, kWh-hoog en kWh-laag.
5. De stroomverbruiksdata uit het verbruiksbestand uit stap 2 zijn, per adres, ingelezen in het adressenbestand uit stap 4. Het resultaat is een bestand waarin we per adres kunnen zien hoe hoog het jaarlijkse stroomverbruik is en welke gemiddelde windsnelheid er heerst op 20 m hoogte.
6. Het bestand uit stap 5 is opgeschoond (zie de toelichting onder het kopje Aanpak hieronder).
7. De stroomverbruiken van alle adressen waarop de gemiddelde windsnelheid minimaal 5 m/s bedraagt zijn bij elkaar opgeteld en vermenigvuldigd met 80%. Het resultaat kan worden bestempeld als theoretisch potentieel. Dat is de hoeveelheid elektriciteit (kWh) die in theorie op de genoemde adressen kan worden opgewekt met behulp van kleine windturbines. Er wordt gerekend met 80% vanwege de variaties in het jaarlijks verbruik en de variaties in het jaarlijkse windaanbod. Het reële marktpotentieel is lager.

Deze is afhankelijk van de situatie per locatie in de zin van aansluitcapaciteit, gecontracteerd vermogen, open/gesloten landschap, obstakels in de buurt, aanwezigheid van beleidsrestricties, draagvlak door omwonenden e.d.

De hierboven beschreven stappen leveren een theoretisch potentieel in kWh dat, per jaar, met behulp van kleine turbines, op 200 locaties van NZV kan worden opgewekt.

Dit potentieel komt overeen met 1/3 van de jaarlijkse elektriciteitsinkoop door NZV.

### Opmerkingen ten aanzien van de aangeleverde bestanden

- De verbruiks- en adressenbestand missen een unieke codering waarmee dezelfde locaties makkelijk aan elkaar gekoppeld kunnen worden.
- Bij enkele adressen zijn de RD-coördinaten incorrect gebleken.
- Bij een paar locaties in het verbruiksbestand is de 'Dataimportcode' technisch incorrect.
- Er is een tiental doublures gevonden in het adressenbestand.
- Op enkele adressen in het verbruiksbestand staan gasverbruiken in het tabblad 'Draaitabel elektriciteit'.
- Enkele tientallen adressen in het tabblad 'Draaitabel elektriciteit' hebben een verbruik van 0 kWh.
- Op enkele tientallen adressen in het verbruiksbestand staan bruggen en kunstwerken genoemd die mogelijk geen eigendom zijn van NZV.



## Aanpak

- Bij gebrek aan een unieke code is de ‘matching’ van locaties uit het verbruiksbestand met die uit het adresbestand gedaan met behulp van plaats/postcode, adres en codering.
- De RD-coördinaten zijn bij een aantal adressen handmatig gecorrigeerd.
- Doublures zijn verwijderd.
- De kWh-en van de ‘opwekking’ en ‘teruglevering’ WKK en PV zijn niet meegerekend.
- Bij meerdere aansluitingen per locatie zijn de stroomverbruiken bij elkaar opgeteld. Daarbij is gebruik gemaakt van de “Dataimportcode” als unieke sleutel.
- Verbruiken van bruggen en kunstwerken zijn niet meegerekend.
- Jaarverbruiken boven 1 miljoen kWh zijn niet meegerekend omdat deze hoeveelheid stroom niet met kleine windturbines kan worden opgewekt.





# H8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit onderzoek hebben we de potentie voor de opwek van windenergie door kleine windturbines bij waterschappen verkend. In dit laatste hoofdstuk beantwoorden we de vraag: “Welke typen kleine windturbines kunnen op welk soort waterschapslocaties ingepast worden en welke energieopbrengsten kunnen daar in de praktijk worden behaald?”

Kleine windturbines zijn kansrijk om op efficiënte wijze energie te leveren aan waterschapsobjecten als er op de betreffende locaties de volgende condities gelden:

## 1. Windcondities zijn cruciaal

Met een gemiddelde windsnelheid van 5 m/s zijn kleine windturbines haalbaar. Dit zijn globaal de kustlocaties van Nederland. Daarnaast zijn er meer landinwaarts ook geschikte locaties. Daarom is er altijd ook op lokaal niveau onderzoek naar de windsnelheid nodig. Er zijn in windluwe gebieden plaatselijk grote open ruimtes die geschikt zijn en omgekeerd zijn er in de open kustgebieden locaties die te zeer zijn afgeschermd van de wind.

## 2. Kleine windturbines zijn vanwege financiële redenen weinig aantrekkelijk om energie te leveren aan het net.

Wel zijn ze aantrekkelijk om te zorgen voor zelfvoorziening van stroomafnemende waterschapsobjecten zoals poldergemalen of RWZI's. Hoe meer energie lokaal gebruikt wordt des te aantrekkelijker de businesscase. Op basis van prijzen en leveringscondities (tabel 6) stellen we dat indien van kleine windturbines minimaal 90% stroom lokaal wordt verbruikt, de businesscase rendabel wordt. Dit percentage varieert voor de meeste turbines tussen de 60% (WES 32/100) en de 92%

(EAZ12) of 95% (SWP25). Dit pakt vooral goed uit bij waterschapsobjecten die voortdurend stroom nodig hebben. Gemaaltjes die alleen in pieksituaties afvoeren vallen dan af, aangezien ze zelden stroom nodig hebben.

## 3. Kleine windturbines hebben een ruimtelijk voordeel omdat ze qua schaal kunnen aansluiten bij vertrouwde objecten in het landschap (gemaal, gebouw, boom).

Het ruimtelijk contrast en de dominantie van kleine turbines in het landschap zijn kleiner dan die van grote windturbines. Wat de precies gepaste en toegestane hoogte is, is maatwerk. Als algemene handreiking stellen we dat windturbines die qua tiphoogte lager zijn dan 2 maal de hoogte van het ruimtelijk ensemble waar ze onderdeel van zijn, ruimtelijk acceptabel zijn. De afmetingen van het ensemble worden bepaald door de waterschapsobjecten (gemaal) maar ook door bijbehorende beplanting. In hoofdstuk 5 zijn hier enkele nuances aan toegevoegd.

De twee voorgaande condities zeggen samen eigenlijk ook: plaats kleine windturbines uitsluitend in directe nabijheid van een stroomafnemend waterschapsobject. Dit dient ruimtelijk zichtbaar te worden doordat de plaatsing en afstand zodanig is dat mensen die er op letten een relatie zullen leggen tussen de turbine en het waterschapsobject. Vanuit landschappelijk oogpunt is het plaatsen van kleine windturbines, los van een ensemble, niet verstandig. Wanneer windturbines als zelfstandig element in het landschap worden geplaatst, kunnen zij beschouwd worden als solitaire elementen. Solitaire elementen moeten voldoen aan de uitgangspunten vanuit een goede ruimtelijke

ordering om passend te zijn in het landschap. Het plaatsen van grote turbines en het concentreren hiervan draagt in zulke gevallen beter bij aan de regionale energieopgave die waterschappen hebben. Het regionaal ruimtelijk beleid is daarin leidend.

## 4. Ruimtelijk beleid dient mogelijkheden te bieden voor kleine windturbines.

Gemeentelijke verordeningen vormen een hard criterium ter verkrijging van een vergunning. Op de achtergrond speelt hierin het provinciaal beleid een rol. Op veel plaatsen zijn de beleidsmogelijkheden voor kleine windturbines momenteel beperkt.

Ruimtelijk beleid voor windenergie is in grote delen van Nederland onderwerp van discussie en onderzoek, aangezien er Regionale Energie Strategieën (RES) ontwikkeld worden. Vanuit regionaal beleid is het van belang om in ogenschouw te nemen dat het in potentie gaat om veel waterschapsobjecten. Er zijn alleen al 326 RWZI's (CBS, 2017)<sup>18</sup> waarvan meer dan 60% in regio's met gunstige windcondities ligt. Daarnaast zijn er nog talrijke geschikte poldergemalen. Met deze aantallen kan hier een flinke bijdrage aan duurzaamheid worden geleverd. Hiervoor is geconcludeerd dat binnen bepaalde ruimtelijke verhoudingen er landschappelijk geen bezwaar hoeft te zijn. Dit neemt niet weg dat het plaatsen van kleine windturbines ruimtelijk ook aanzienlijke effecten gaat hebben op het landschap.

Als alleen het waterschap tot dergelijke zelfvoorziening met behulp van kleine windturbines over gaat is dit effect te overzien.

---

In dat geval is het zelfs ruimtelijk interessant om als waterschappen te kiezen voor een exclusieve waterschapsturbine die dan de Nederlandse waterberheersing representeert. Als echter alle industriële en technische locaties in Nederland (industrie, vervoerscentra, kassen) voor eigen opwek gaan zorgen in de lijn van de voorgestelde waterschapsaanpak, dan dient de verspreide opwek nadrukkelijker afgewogen worden tegen geconcentreerde opwek met grote windturbines. We adviseren in dat geval vervolgonderzoek om te achterhalen in hoeverre de ruimtelijk passende verhoudingen zoals die in dit onderzoek zijn benoemd ook dan tot aanvaardbare situaties leiden.

#### **5. Daarnaast dient er bij voorkeur draagvlak te bestaan bij direct omwonenden voor de plaatsing van windturbines.**

Samen met de vergunningverlenende gemeente moeten in een zorgvuldig traject omwonenden meegenomen worden in de afwegingen om kleine windturbines bij waterschapslocaties te plaatsen. Ervaringen in Nederland wijzen uit dat met name bij initiatiefnemers en grondeigenaren sprake is van koudwatervrees en vervolgens van grote activiteit wanneer het eerste schaaap over de dam is. In Groningen zijn 300 turbines geplaatst na het zien van de eerste succesvolle plaatsingen. Daarbij worden geschikte(re) turbines, anders dan EAZ, feitelijk genegeerd terwijl die ook beschikbaar zijn.

#### **6. Er is verschil tussen rentabiliteit van verschillende typen windturbines.**

Er is een aantal windturbines dat kostenefficiënt is en zonder subsidies kan functioneren. De businesscase wordt alleen maar beter als er gebruik gemaakt kan worden van subsidies.

---

De tabellen in hoofdstuk 6 tonen de kostenefficiëntie van de onderzochte turbines. Deze turbines zijn overigens niet op alle fronten vergelijkbaar.

#### **7. In dit onderzoek is een Quickscan gepresenteerd die kan worden doorgelopen om de kansrijkheid van een locatie voor kleine windturbines in beeld te brengen (zie figuur 19 in hoofdstuk 7.2).**

Voor een grafische samenvatting van de conclusies zie het conclusieblad op [pagina 4](#).

#### **8. Aanzienlijk theoretisch potentieel voor kleine windturbines.**

Het theoretisch potentieel voor waterschap Noorderzijlvest (NZV) komt overeen met 1/3 van de jaarlijkse elektriciteitsinkoop door NZV.

# BIJLAGE 1

## STERKE EN ZWAKKE PUNTEN VAN KLEINE WINDTURBINES VANUIT TWEE PERSPECTIEVEN

De tabel hieronder geeft weer de huidige status per windturbine en hun sterke en zwakke punten. In de middelste kolom zijn de antwoorden van de leverancier en in de rechter kolom die van een klant.

De volgorde van turbines is, net als in het overzicht, afhankelijk van de capaciteit van turbines in kW. Bij turbines die nog in ontwikkeling zijn, staat de opmerking n.v.t.

TYPE TURBINE		FEEDBACK KLANT
<b>FLOWER WINDTURBINES</b>		
Status turbine	Productie eerste serie en pilotopstelling in 2020	Nvt.
Sterke punten	Stil, vogelvriendelijk, efficiënt, visueel aantrekkelijk en ruimtelijk makkelijk inpasbaar	Nvt.
Minder sterk	Minder geschikt voor daken met wat zwakkere dakconstructie	Nvt.
<b>FORTIS WIND ENERGY (MONTANA)</b>		<b>LEVERANCIER HEEFT GEEN REFERENTIE VERSTREKT</b>
Status turbine	Uitontwikkeld. Meer dan 6000 turbines geplaatst wereldwijd.	
Sterke punten	Op het testveld in Schoondijke was Montana één van de twee turbines die een redelijke opbrengst hebben geleverd. De overige turbines hebben heel slecht gepresteerd. In de praktijk is bewezen dat Fortis windturbines bestand zijn tegen zeer hoge wind snelheden en zelfs bij storm niet uit bedrijf worden gezet. Getest op meerdere test stations. Onderhoudsvrij: na 5 - 10 jaar worden we wel eens gevraagd een inspectie uit te voeren. Goede prijs prestatie verhouding.	
Minder sterk	Veel klanten denken dat ze vlug en snel de wind turbines zelf kunnen installeren, maar dit valt tegen. Hulp van Fortis is wel vaak nodig of training volgen.	
<b>HULST INNOVATIE (BRAUN ANTARIS10)</b>		<b>MELKVEEHOUDERIJ VAN BREE</b>
Status turbine	Uitontwikkeld, honderden turbines geplaatst wereldwijd	heeft niet gereageerd
Sterke punten	Kleine windturbine met een 'slanke' mast Ook leverbaar met kleinere generatoren; 2,5kW, 3,5kW, 5,5kW, 7,5kW. Er kan dus locatie specifiek gekozen worden wat voor turbine past bij wat voor gebruik (klein gemaal - kleine turbine) Leverbaar met verschillende mast hoogtes. Deze turbine past beter bij een windgebied met lagere windsnelheden (<5m/s).	
Minder sterk		

MEGA WINDFORCE (MWF8,5)		
Status turbine	Eerste serie in productie. Pilot plaatsing in 2021.	Nvt.
Sterke punten	De ring zorgt voor hoge jaaropbrengst door hoge vermogenscoëfficiënt (Cp-waarde) bij hoge en lage windsnelheden. Dat maakt de turbine geschikt voor elke provincie, en zorgt voor weinig wervels waardoor turbines dicht bij elkaar kunnen staan zonder verlies aan opbrengst = groter aantal turbines per oppervlakte. Lage constante draaisnelheid, dus geen geluidsoverlast. Onderhoudsvrij. Schaalbare generator met 30% overcapaciteit -gecertificeerd voor 30 jaar. Vervanging van modulaire units is goedkoop en eenvoudig.	Nvt.
Minder sterk		Nvt,
BESTWATT (BESTWIND)		WOUTER EVERS, AGRARIËR
Status turbine	Onlangs aangepast, meer dan 200 turbines wereldwijd geplaatst.	Een jaar in gebruik, was eerste in de gemeente, ashoogte 20 m, sindsdien hebben nog 6 boeren in de buurt dezelfde turbine geplaatst.
Sterke punten	Meer dan 20 jaar ervaring met windturbines. Uitgewerkt financieringsmodel. Techniek die voortkomt uit lange historie van megawatt turbine service en onderhoud. Service en onderhoud in eigen beheer. Garant Contract mogelijk over gehele periode. Flexibel: masthoogte 10-30 m Leveranciersgarantie op een levensduur van 30 jaar.	Wat opgewekt wordt, kun je direct verbruiken. Lange levensduur. Wordt op afstand in de gaten gehouden Super service
Minder sterk		
EAZ WIND (EAZ12)		JOS VERGEER, AGRARIËR
Status turbine	Uitontwikkeld. Ruim 300 turbines geplaatst.	Heeft 3 EAZ12 turbines die tussen 2015 en 2018 zijn aangeschaft
Sterke punten	Eenvoud in het ontwerp wat storingen voorkomt. Hoge efficiëntie (winsnelheid naar elektriciteit) van onze generator. Uitstraling, ziet er anders uit dan een "standaard" windturbine en daarmee beter inpasbaar in het buitengebied.	De eerste heeft veel storingen gehad, maar die zijn telkens snel en kosteloos geholpen. De jongste heeft geen storingen gehad. De opbrengsten zijn volgens de verwachting (31.000 kWh bij de jongste, 29.000 kWh bij de oudste). De turbines zijn mooi en passen goed bij de boerderij en in het landschap.
Minder sterk	Minder geschikt voor locaties: Binnen bebouwde kom In bosrijk gebied Op industrieterreinen	De jongste is duurder geweest dan de eerste twee.
		MTS MOES, OOSTWOLD
Status turbine	Uitontwikkeld. Ruim 800 turbines geplaatst wereldwijd, w.v. 8 in NL.	Bijna 1 jaar in bedrijf
Sterke punten	Hoge opbrengsten door een groot rotoroppervlak en uniek wiek ontwerp. Bewezen technologie en gebruik van een Duitse generator, zonder omvormer: opgewekte elektriciteit gaat direct op het net. Effectieve monitoring via een online SCADA volgsysteem. Op afstand resetten en bijsturen van mogelijke foutmeldingen. Gemakkelijke installatie en onderhoud doormiddel van een kantelbare mast. 800 turbines geïnstalleerd wereldwijd, met een bewezen beschikbaarheid van 99.6%. Laag geluidsniveau. De windturbine is onderhoudsarm vanwege de 'simpele' opwekking van energie. Verder zijn alle componenten van staal gegalvaniseerd, dus onderhoudsvrij.	60.000 kWh opgewekt tot nu toe, helemaal volgens de verwachting. Een degelijke turbine met een mooie uitstraling. Vorig jaar was een windhoos geweest, turbine moest op afstand worden gereset en er is een klein onderdeel vervangen. Dat ging snel en netjes.

Minder sterk	Deze turbine is minder geschikt voor locaties met lage windsnelheden van <5 m/s.	Er was van tevoren geen overleg met omwonenden geweest, maar de burens zijn nu ook positief.
<b>WES TURBINES</b>		<b>KENNEMERWIND, ZIJPE</b>
Status turbine	Uitontwikkeld. 1125 turbines geplaatst wereldwijd, w.v. 125 in NL.	Turbine in eigendom van coöperatie. In bedrijf sinds november 2019. Locatie werd in het verleden als testlocatie door Nuon gebruikt.
Sterke punten	Bewezen technologie. De technologie van onze turbines wordt al meer dan 30 jaar toegepast door heel de wereld, ook in NL. 2-blads turbines zorgen voor eenvoudig onderhoud (slechts 1 kraan noodzakelijk) en goedkoper en minder correctief onderhoud. Doordat het slechts 2 bladen zijn, komt er minder druk op de overige componenten in de gondel. Technologie bevat veel standaard componenten, wat inhoudt dat de technologie bewezen is maar ook eenvoudig in onderhoud. De 34/100 en de WES 50 zijn geschikter voor gebieden met een relatief lage windsnelheid.	De opwekking volgens verwachting Twee kleine verstoringen op afstand hersteld. Heel positief over de turbine, de prestatie en de uitstraling.
Minder sterk	Niet geschikt voor offshore toepassing.	
<b>ARKOM (TULYP)</b>		
Status turbine	Eerste serie in productie. Pilot plaatsing in 2020.	Nvt.
Sterke punten	Voor landschapsarchitecten (recentelijk weer bevestigd) is de TULYP mooi en goed inpasbaar in de Nederlandse vergezichten. Door 'direct drive technology', geen pitch (draaien van de bladen) en jaw (draaien van de gondel in de windrichting) zijn de operationele uitgaven relatief laag. Door afwezigheid van bladen die langs de mast gaan, is de TULYP een lagere geluidsbron in de omgeving, dus daarmee minder verstorend. Bovendien vogelvriendelijk, door andere draairichting (Vogels worden verrast door wieken die 'van onderen' komen).	Nvt.
Minder sterk	Ja, als je een grotere (horizontale as wind) turbine kunt plaatsen, is de business case zeer waarschijnlijk aantrekkelijker.	Nvt.
<b>EWT</b>		<b>SIMON ALBERDA, VEEHOUDER</b>
Status turbine	Turbine uitontwikkeld.	We hebben een EWT 900/54 sinds 2016.
Sterke punten	Direct drive technologie, bewezen technologie, volledig IEC gecertificeerd, installed base >600 turbines, ondersteund door een organisatie met ruim 150 medewerkers.	Tevreden over de prestaties, al hangt de opbrengst natuurlijk af van het wind aanbod...en dat heb je niet in de hand. laagste jaaropbrengst 1.6 mio kWh, hoogste opbrengst 2.0 mio kWh. Er zijn weinig storingen geweest, al moet ik zeggen dat het all-in servicecontract ervoor zorgt dat ik er ook weinig zicht op heb... storinkjes worden op afstand digitaal opgelost. sterk punt: weinig storing, betrouwbare turbine.
Minder sterk	Leveringsprogramma beperkt tot het sub MW segment.	Dure turbine, weinig contact met de service organisatie.

## OVERIGE KLEINE WINDTURBINES

In deze bijlage een overzicht van overige kleine windturbines die qua capaciteit bruikbaar zijn bij waterschappen. Deze turbines zijn niet meegenomen in de berekeningen, omdat de benodigde data ontbreken of niet geverifieerd kunnen worden.

### Flower6\*



vermogen	5 kW
rotor diameter	2,4 m
rotor hoogte	6 m
rotor oppervlak	14,4 m <sup>2</sup>
masthoogte	n.v.t.
overige mogelijkheden	1 / 3 kW
opbrengsten	nog niet vastgesteld
kosten	€ 12.500

Leverancier: Flowerturbines  
t: 010 307 6654, [info@flowerturbines.com](mailto:info@flowerturbines.com), [www.flowerturbines.com](http://www.flowerturbines.com)

\*Data volgens opgave leverancier.

### SD6\*



vermogen	6 kW
rotor diameter	5,6 m
rotor oppervlak	24,6 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	9 / 20 m
opbrengsten	13.000 kWh/jr
kosten	€

Leverancier: SD Wind Energy  
t: +44 1560 486 570, [info@sd-windenergy.com](mailto:info@sd-windenergy.com), [sd-windenergy.com](http://sd-windenergy.com)

\*Data volgens productbrochure op de webpagina. Turbine uitontwikkeld, 5.000 wereldwijd geplaatst.

### Venturicon 16.ZERO\*



vermogen	5,9 kW
rotor diameter	3 m
rotor oppervlak	7 m <sup>2</sup>
masthoogte	12 m
overige mogelijkheden	6 m
opbrengsten	nog niet vastgesteld
kosten	€ 34.900

Leverancier: Venturicon Sarl (CH)  
t: 423 791 6690, [bernhard.frick@venturicon.com](mailto:bernhard.frick@venturicon.com), [www.venturicon.com](http://www.venturicon.com)

\*Data volgens opgave leverancier. Turbine in ontwikkeling.

### Enair E200\*



vermogen	20 kW
rotor diameter	9,8 m
rotor oppervlak	75,4 m <sup>2</sup>
masthoogte	16 m
overige mogelijkheden	18 / 20 / 22 m
opbrengsten (P50)	32.000 kWh/jr
kosten	€ 58.750

Leverancier: ENAIR (ESP)  
t: +34 96556 0018, <https://www.enair.es/en/small-wind-turbines/e200>

\*Data volgens de website. Turbine uitontwikkeld, geplaatst op honderden locaties wereldwijd.

### Easywind E6\*



vermogen	6 kW
rotor diameter	6,8 m
rotor oppervlak	36,3 m <sup>2</sup>
masthoogte	13 m
overige mogelijkheden	7 / 19 m
opbrengsten	12.000 kWh/jr
kosten	€

Leverancier: EasyWind GmbH (D)  
t: +49 4662 884310, [mailto@easywind.org](mailto:mailto@easywind.org), [www.easywind.org](http://www.easywind.org)

\*Data volgens de webpagina. Turbine uitontwikkeld, geplaatst op 300 locaties wereldwijd.



## MINITURBINES

### EcoWind 2000H\*



vermogen	2 kW
rotor diameter	2 m
rotor oppervlak	2,5 m <sup>2</sup>
masthoogte	4,5 m
overige mogelijkheden	3,5 / 5 / 7,5
opbrengsten	
kosten	

Leverancier: Dibu-Energie (D)

t: +49 4371 888 7700, info@dibu-energie.de, www.dibu-energie.de

\*Data volgens website.

### Flower\*



vermogen	3 kW
rotor diameter	2,4 m
rotor hoogte	6 m
rotor oppervlak	14,4 m <sup>2</sup>
masthoogte	n.v.t.
overige mogelijkheden	1 / 5
opbrengsten	nog niet vastgesteld
kosten	€ 10.500

Leverancier: Flowerturbines

t: 010 307 6654, info@flowerturbines.com, www.flowerturbines.com

\*Data volgens opgave leverancier.

### QuietRevolution Q6\*



vermogen	3 kW
rotor diameter	3,1 m
rotor hoogte	5,5 m
rotor oppervlak	16 m <sup>2</sup>
masthoogte	15
overige mogelijkheden	6 / 18
opbrengsten	4.000 kWh/jr
kosten	€ 42.000

Leverancier: VWT Power (VK)

t: +44 1480 277360 info@vwtpower.com, www.quietrevolution.com

\*Data volgens website.

### ECOROTE 2800\*



vermogen	2,8 kW
rotor diameter	2,2 m
rotor hoogte	3 m
rotor oppervlak	6,6 m <sup>2</sup>
masthoogte	2 - 25 m
overige mogelijkheden	1,5 / 9,8 kW
opbrengsten	2.195 kWh/jr
kosten	

Leverancier: Hifar z.o.o. (PL)

t: +48 661 413800, g.bachorz@hipar.pl, http://hipar.pl/kontakt-1/l

\*Data volgens de website

### DutchVentus\*



vermogen	3,8 kW
rotor diameter	2,85 m
rotor oppervlak	6,38 m <sup>2</sup>
masthoogte	15
overige mogelijkheden	zwaardere mast
opbrengsten	2.450 kWh/jr
kosten	€ 23.000

Leverancier: DutchVentus

t: 085 0220214, info@dutch-ventus.nl, https://dutchventus.com

\*Data volgens opgave leverancier.

### E70PRO\*



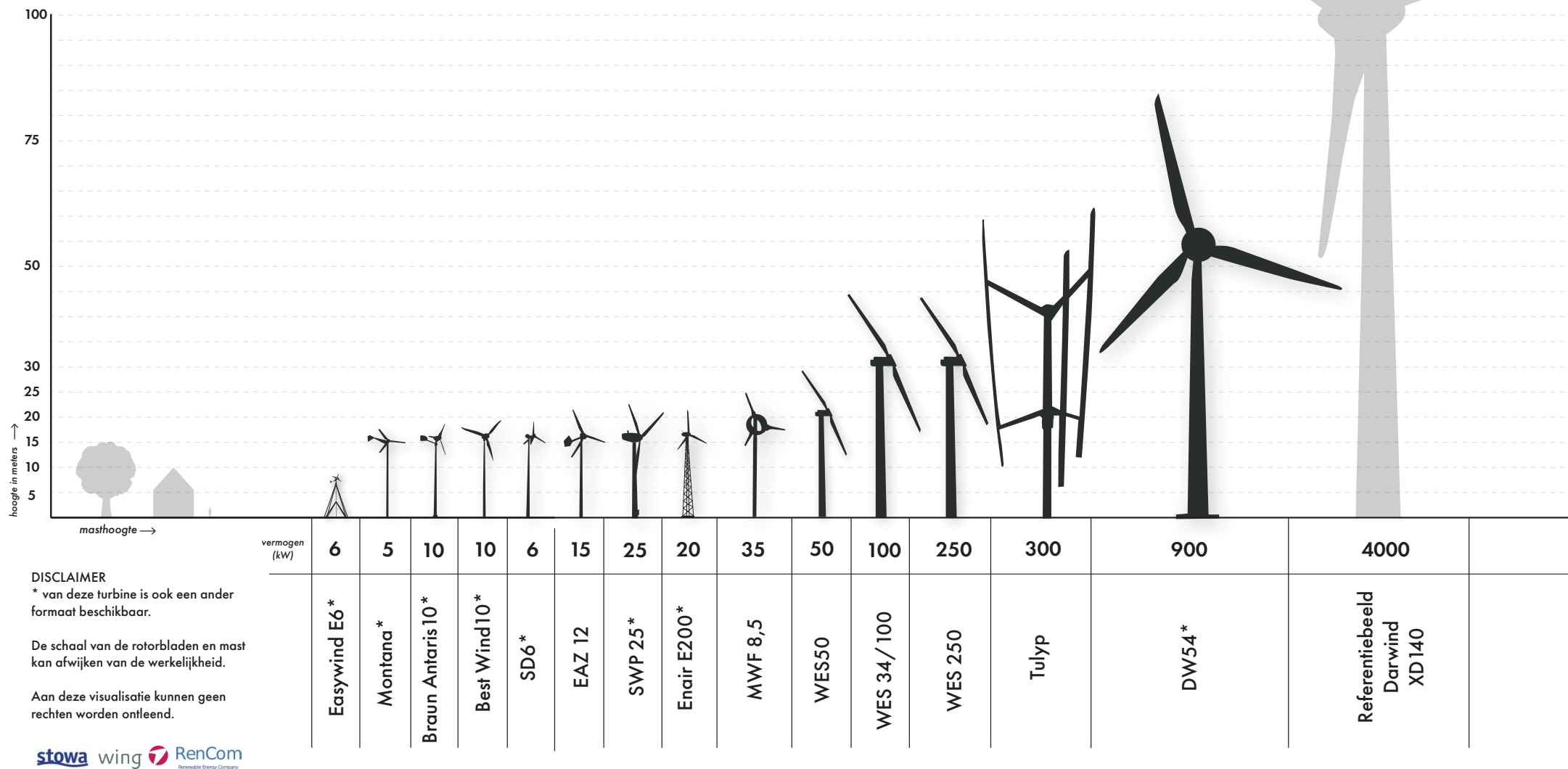
vermogen	4 kW
rotor diameter	4,3 m
rotor oppervlak	14,5 m <sup>2</sup>
masthoogte	15 m
overige mogelijkheden	10 / 20 / 60 m
opbrengsten	6.900 kWh/jr
kosten	€ 13.625

Leverancier: ENAIR (SP)

t: +34 96556 0018, https://www.enair.es/en/small-wind-turbines/e70pro

\*Data volgens website.

# POTENTIËLE OPTIES WINDTURBINE(S)



Figuur 20: Potentiële opties windturbine(s)

# BIJLAGE 2

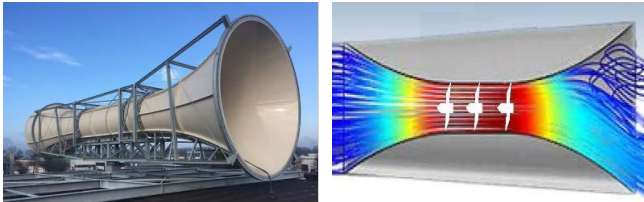
## INNOVATIEVE ONTWIKKELINGEN

In het onderstaande zijn enkele innovatieve ontwikkelingsrichtingen op het gebied van windturbines in beeld gebracht.

### Windversneller

Invelox of Windversneller is een technologie die beoogt de opbrengsten van bestaande windturbines te verhogen door deze in een toeter te plaatsen waarin de windsnelheid verhoogd wordt. Deze snelheid verhoging ontstaat door de verschillende doorsneden bij de ingang van de toeter, in het midden waar de turbines geplaatst zijn en bij de uitgang van de toeter.

De technologie is afkomstig uit VS en werd sinds 2017 in Spijkenisse getest. NedPower SWH heeft de rechten gekocht om de technologie in NL verder te optimaliseren. Op dit moment worden er proeven gedaan bij TU Eindhoven. Meer info is te vinden op <https://nedpowerswh.com/contact/>.



Afbeelding 5: Windversneller

### Wiebelende wieken voor betere opbrengsten

Wetenschappers van de Universiteit Groningen (Energy and Sustainability Research Institute Groningen, ESRIG) hebben bedacht dat de opbrengsten van grote windturbines bij lage windsnelheden verhoogd kunnen worden door de toepassing van 'wiebelende' wieken. Deze wieken kunnen dan, per

segment, in een optimale positie ten opzichte van de wind worden gepositioneerd. Het idee is 'afgekeken' van grote vogels als albatrossen die met hun grote vleugels optimaal manoeuvreren door de veren op verschillende delen van hun vleugels onder een andere hoek te draaien. Na kleinschalige proeven in het lab zal het idee op een grote turbine met een diameter van 52 m worden getest. Meer info op: <https://www.rug.nl/news/2020/03/european-patent-further-accelerates-wind-energy-research-at-the-ug>.

### Vortex windturbine zonder wieken

Op de webpagina: [https://www.whatsorb.com/energy/vortex-bladeless-providing-wind-energy-without-blades?gclid=EAIaIQobChMIooPvwpmX6QIVCap3Ch1VIQx0EAAYAiAAEgLLefD\\_BwE](https://www.whatsorb.com/energy/vortex-bladeless-providing-wind-energy-without-blades?gclid=EAIaIQobChMIooPvwpmX6QIVCap3Ch1VIQx0EAAYAiAAEgLLefD_BwE) wordt melding gemaakt van een ontwikkeltraject dat dit jaar met een EU subsidie van start is gegaan.

Het idee is om binnen een buigzame koker een lineaire generator te plaatsen. Door de wind, vibreert de koker en gaat de generator stroom opwekken. De technologie is vergelijkbaar met apparaten die op golfenergie stroom produceren.



Afbeelding 6: Artist impressions van de twee varianten van Vortex-generatoren

### Touchwind

Onder de naam Touchwind ontwikkelt het gelijknamige bedrijf uit Amsterdam een innovatieve drijvende windturbine met een horizontaal draaiende rotor. De rotor is gemaakt uit één stuk en staat schuin ten opzichte van de wind. Hoe hoger de windsnelheid, hoe horizontaler de rotor. Op deze manier wordt het toerental op een simpele manier gereguleerd en komt de turbine bij de windsnelheden boven de 25 m/s vanzelf uit de wind. Op deze manier proberen de ontwerpers de kosten te besparen zonder de opbrengsten in gevaar te brengen. De turbine wordt ontwikkeld in samenwerking met kennisinstellingen en industriële partijen, met een subsidie van het TKI programma Wind op Zee.

(bron: <https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/rotor-uit-een-stuk-en-schuin-op-de-wind>)



Afbeelding 7: Proefmodel Touchwind

### Miniwindturbines met uitgesproken uitstraling

Sommige miniwindturbines kunnen vanwege hun esthetische uitstraling op sympathie rekenen, maar leveren bij relatief lage windsnelheden van rond de 5 m/s te geringe opbrengsten en worden daarom niet veel toegepast.

# BIJLAGE 3

## HANDREIKING MET EEN OVERZICHT VAN DE WETTELIJKE RICHTLIJNEN IN RELATIE TOT KLEINE WINDTURBINES (BRON: NWEA)

### Doel van deze Handreiking

Deze Handreiking heeft betrekking op miniwind, kleine windturbines en kleine windenergiesystemen die géén IEC 61400-2 certificering hebben. Deze Handreiking somt de eisen en normen op 'of vergelijkbaar' -zoals bij alle normen geldt- die worden gesteld aan miniwind en kleine windturbines. Wanneer de fabrikant of leverancier meldt dat hij aan de opgenomen punten in deze Handreiking voldoet, is de desbetreffende windturbine in principe veilig. Het is een eigen keuze of ze daar een certificerende instantie voor inschakelen.

In deze Handreiking stelt NWEA zodanige eisen dat er voldoende garantie is dat miniwind en kleine windturbines voldoen aan de wettelijke eisen betreffende de veiligheid van het ontwerp. Deze Handreiking regelt niet dat miniwind en kleine windturbines voldoen aan de wettelijke eisen ten aanzien van plaatsingseisen: geluidbelasting, slagschaduw-hinder en locatiegebonden risico's. De plaatsingseisen staan in de aparte Afvinklijst voor toestemming van plaatsing van miniwind en kleine windturbines opgesteld ten behoeve van het bevoegde gezag.

### Definities

Onder kleine windturbines en windenergiesystemen wordt verstaan:

- Windturbines met een rotordiameter tussen de 2 en 14 meter, met een rotoroppervlak tussen 3,14 en 200 m<sup>2</sup>.
- Windenergiesystemen met rotors met een diameter

tussen de 2 en 10 meter, oftewel een rotoroppervlak tussen 3,14 en 80 m<sup>2</sup> met per windenergiesysteem een gezamenlijke oppervlakte van maximaal 200 m<sup>2</sup>.

Onder miniwind(turbines) wordt verstaan: windturbines met een rotordiameter kleiner dan 2 meter, oftewel kleiner dan 3,14 m<sup>2</sup>.

Deze handreiking stelt eisen aan de volgende aspecten van miniwind en kleine windturbines:

1. Sterkte-eisen bewegende onderdelen
2. Sterkte-eisen draagconstructie
3. Sterkte-eisen fundering
4. Systeembeveiliging
5. Geluidsproductie
6. Oplevering, controle en onderhoud
7. Hoe te handelen bij schade en storm

### Algemene eisen

- Het ontwerp van kleine windturbines moet voldoen aan de NEN-EN- IEC norm 61400-Deel 2, Ontwerp eisen van kleine windturbines, of vergelijkbaar.
- Het ontwerp van windenergiesystemen moet voldoen aan de NEN-EN- IEC norm 61400-Deel 2, Ontwerp eisen van kleine windturbines, of vergelijkbaar.
- De installatie<sup>1</sup> van miniwind en kleine windturbines voldoet aan de machinerichtlijn. Onder installatie wordt verstaan: het geheel van minivindturbines met toebehoren.

### Specifieke eisen

1. Sterkte-eisen bewegende onderdelen: de belastbaarheid van de rotor volgt uit de IEC 61400-2 (ontwerplijn). De

windklasse moet worden vermeld volgens IEC 61400-2.

2. Sterkte-eisen draagconstructie: de draagconstructie wordt ontworpen volgens de NEN-normen en Eurocode, aan de hand van de door de leverancier aantoonbaar opgegeven rotorbelasting. De geldende normen zijn: NEN-EN 1991-1-4+A1+C2:2011 nl en Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-4: Algemene belastingen - Windbelasting.
3. Sterkte-eisen fundering: een fundering voldoet aan het bouwbesluit en wordt verder ontworpen om aantoonbaar voldoende sterkte te geven aan de draagconstructie.
4. Systeembeveiliging bij hoge windsnelheden De systeembeveiliging wordt ingericht volgens de IEC 61400-2 of vergelijkbaar. Deze norm bevat ook een failsafe vereiste. De leverancier moet duidelijk aangeven hoe zijn failsafe systeem werkt.
5. Geluidsproductie: de sterkte van het brongeluid moet zijn vastgesteld volgens de methode vergelijkbaar met de methode voor grote windturbines uit de IEC 61400-11.
6. Oplevering, controle en onderhoud: de oplevering vindt plaats volgens het opleveringsprotocol van de leverancier, conform machinerichtlijn. De leverancier levert bij oplevering de checklist en maakt afspraken over controle en onderhoud.
7. Hoe te handelen bij schade: in geval van schade moet de turbine op de rem gezet worden en dient de eigenaar deze te melden aan de leverancier. Ingeval van schade die de veiligheid van mens, dier of omgeving in gevaar brengt, dient dit onverwijld te geschieden.

# BIJLAGE 4

## AFVINKLIJST MINIWIND EN KLEINE WINDTURBINES

(BRON: NWEA)



<sup>1</sup> Vormvrij betekent dat er geen wettelijke procedure voor is. Dit is een informeel traject zonder vaste doorlooptijden en ook zonder bezwaarmogelijkheden

ASPECT/ONDERDEEL	TOELICHTING
<b>AANVRAAG DOOR INITIATIEFNEMER</b>	
Vooroverleg/concept-aanvraag	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedure vormvrij<sup>1</sup> (in de regel 4 - 6 weken)</li> <li>• Via email aan de gemeente of het omgevingsloket</li> </ul>
In te dienen stukken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanvraagformulier Vooroverleg</li> <li>• Situatietekening incl. direct belendende gebouwen</li> <li>• Tekening windturbine en/of windenergiesysteem</li> </ul>
Omgevingsvergunning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Te voeren procedure afhankelijk van locatie en bestemmingsplan</li> <li>• Nodig voor activiteiten 'bouwen' en eventueel 'afwijken bestemmingsplan' en/of 'beperkte milieutoets' bij 3 of meer windturbines'.</li> <li>• Reguliere procedure (8 weken)</li> <li>• Uitgebreide procedure (26 weken)</li> <li>• Indienen via het omgevingsloket</li> </ul>
Melding activiteitenbesluit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melding via 'AIM module'</li> <li>• Windturbine met een rotordiameter &gt; 2 meter.</li> </ul>
Stukken aan te leveren bij aanvraag	Omgevingsvergunning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanvraagformulier</li> <li>• Situatietekening incl. direct belendende gebouwen</li> <li>• Tekening windturbine en/of windenergiesysteem, incl. kleurstelling</li> <li>• Constructieberekeningen windturbine</li> <li>• Constructieberekeningen fundering</li> <li>• Grondonderzoek Milieumelding:</li> <li>• Geluidsproductie informatie</li> </ul>
<b>AANDACHTSPUNTEN VOOR AANVRAGER/TOETSING BEVOEGD GEZAG</b>	
<i>Ruimtelijke aspecten</i>	
Bestemmingsplan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toetsen aan bestemmingsplan</li> <li>• Toets aan regels: Bouwhoogte (= ashoogte rotor ten opzichte van het maaiveld)</li> <li>• Eventuele afwijkingmogelijkheden</li> <li>• Wijziging/herziening bestemmingsplan (min. 26 weken)</li> </ul>
Gemeentelijk beleid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Specifiek beleid voor kleine windturbines?</li> </ul>
Provinciaal beleid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regels omgevingsverordening?</li> </ul>
Welstandscriteria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welstandsbeleid en criteria</li> </ul>
Externe veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voldoende afstand tot objecten en infrastructuur (hoogspanningsleidingen en hogedrukgasleidingen)</li> </ul>
<i>Technische aspecten</i>	
Kleinwind-keurmerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Richtlijnen technisch ontwerp</li> </ul>
Bouwbesluit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landelijke regels voor bouwwerken</li> </ul>
Activiteitenbesluit, waaronder de geluidsnormen en slagschaduw	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regels zie paragraaf 3.2.3 activiteitenbesluit</li> </ul>
Flora en Fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieuwe wet Natuurbescherming (per 1-1-2017)</li> </ul>



# BIJLAGE 5

## VUISTREGELS WINDSTROMING RONDOM GEBOUWEN

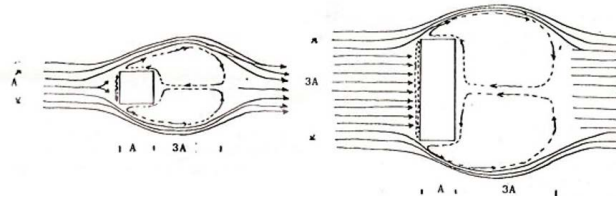
### Hoogte

De neergaande stroming aan de loefzijde brengt hoge snelheden van grote hoogte naar beganegrond-niveau. Dit betekent dat de daar optredende snelheden verband houden met de hoogte van het gebouw. Een gebouw in een natuurlijke grenslaagstroming functioneert dus als een geleider voor hoge windsnelheden. Verder is de hoogte sterk bepalend voor de grootte van het terugstroomgebied.



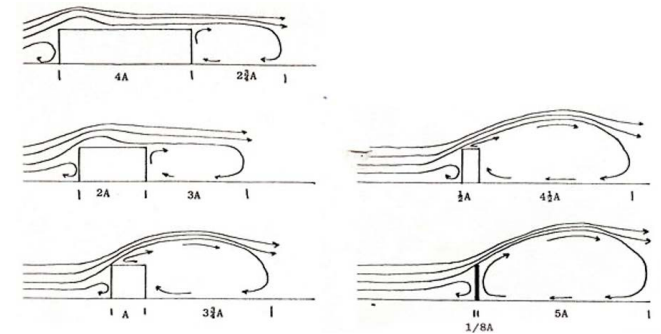
### Breedte

Vergroten van de breedte van een gebouw bij gelijkblijvende hoogte en diepte blijkt zeer veel invloed te hebben op het terugstroomgebied. Er blijkt geen grenswaarde te bestaan voor dit verschijnsel, dus het terugstroomgebied is groter, naarmate het gebouw breder is.



### Diepte

Een grotere diepte van een gebouw veroorzaakt een kleiner terugstroomgebied. In dat geval gaat de omhoog gerichte stroming het dakvlak weer volgen, waardoor het terugstroomgebied minder groot wordt. Bij dit verschijnsel bestaat er een grenswaarde, die ongeveer ligt op een diepte van drie à vier gebouwhoogten. Een verdere vergroting van de diepte heeft geen gevolgen voor het terugstroomgebied.



Figuur 21: Vuistregels windstroming rondom gebouwen<sup>19</sup>

# BIJLAGE 6

## 6.1 TECHNISCHE LOCATIE-EISEN MWF 8,5 T.A.V. DE PILOTLOCATIE

FYSIEKE OMGEVING			
Draagkracht toegangsweg	Gewicht complete turbine is 650 kg		
Minimale radius bochten	Complete turbine komt in een container		
Manoeuvreer ruimte bij uitladen/montage			
Benodigde ruimte bij onderhoud	Hoogwerker		
Ruimte om de fundering aan te leggen/storten			
Grootte/diepte/draagkracht van de fundering	Dit is afhankelijk van de ondergrond op locatie		
Moet er een hekje omheen of niet, zo ja, wat voor een?	Nee		
Minimale afstand tot gebouwen/obstakelsmin Nb: H = hoogte Gebouw – 10xH om geen hinder te hebben. Indien de rotor hoger is als de gebouwen dan kan de turbine zo dichtbij staan als bouwtechnisch kan. Turbine heeft 15 dB(A) op 100.	10H		
Minimale hoogteverschil rotor t.o.v. nabije objecten	7,5 m		
ELEKTRISCHE AANSLUITING			
Capaciteit aansluiting (kW/kVA)	35 kW / 230V	WORDT MEEGELEVERD	EXTRA OP LOCATIE
Hulpspanning nodig? Zoja, kenmerken	ja, 350W		
Beveiliging aansluiting (schakelaar?)		Siemens air circuit breaker	
(Bliksem)beveiliging locatie			Ja
MONITORING TIJDENS DE PILOT: WAT MOET ER GEMONITORD WORDEN, WAT ZIT ER STANDAARD BIJ, WAT IS WENSELIJK EN WAT VIND JE DAT ER EXTRA BIJ ZOU WEL/NIET MOETEN			
Uitput stroom/spanning		Ja	
Windsnelheid		Ja	
Geluid		Ja	
Trillingen		Ja	
Cameraopnames van de vogels in de rotor			Ja
Hoe vaak wil je zelf naar de turbine toe (toegang tot het terrein van waterschappen)?	1x per maand		
VERWACHTE OUTPUT			
Energieproductie	49 MWh/jr		
Netto energieproductie na verliezen (P50)*	59 MWh/jr		

\* Weibull: mean wind speed 100 m Hoogte :7,5 m/s; k=2,2; a= 7,2 /s Hub  
Hoogte 25 m, tip hoogte 29,25 M

## 6.2.A TECHNISCHE LOCATIE-EISEN TULYP 300 T.A.V. DE PILOTLOCATIE

FYSIEKE OMGEVING			
Draagkracht toegangsweg	(Verharde) toegangsweg		
Minimale radius bochten	Normale toegangsweg		
Manoeuvreer ruimte bij uitladen/montage	Kraan opstelplek		
Benodigde ruimte bij onderhoud	Hoogwerker		
Ruimte om de fundering aan te leggen/storten	(Hei)palen of damwanden		
Grootte/diepte/draagkracht van de fundering	doorsnede = 10 m		
Moet er een hekje omheen of niet, zo ja, wat voor een?	Voor de zekerheid, zal onder de draaicirkel van de rotor (diameter 34m) een tijdelijk hek worden geplaatst. Na de testperiode wordt dit weer verwijderd.		
Minimale afstand tot gebouwen/obstakelsmin Nb: H = hoogte Gebouw – 10xH om geen hinder te hebben. Indien de rotor hoger is als de gebouwen dan kan de turbine zo dichtbij staan als bouwtechnisch kan. Turbine heeft 15 dB(A) op 100.	100 meter (PR 10-6)		
Minimale hoogteverschil rotor t.o.v. nabije objecten	N.v.t.		
ELEKTRISCHE AANSLUITING			
Capaciteit aansluiting (kW/kVA)	350 kW	x	
Hulpspanning nodig? Zoja, kenmerken		N.v.t.	
Beveiliging aansluiting (schakelaar?)		In overleg	
(Bliksem)beveiliging locatie			x
MONITORING TIJDENS DE PILOT: WAT MOET ER GEMONITORD WORDEN, WAT ZIT ER STANDAARD BIJ, WAT IS WENSELIJK EN WAT VIND JE DAT ER EXTRA BIJ ZOU WEL/NIET MOETEN			
Uitput stroom/spanning		Ja	
Windsnelheid		Ja	
Geluid		Ja	
Trillingen		Ja, in de mast	
Cameraopnames van de vogels in de rotor		Nader te bepalen	
Hoe vaak wil je zelf naar de turbine toe (toegang tot het terrein van waterschappen)?	Eerste maanden idealiter vrije toegang (op afspraak ook mogelijk), daarna 1 keer per maand		
VERWACHTE OUTPUT			
Energieproductie	658 MWh/jr		
Netto energieproductie na verliezen*	594 MWh/jr		

\* bij Weibull: mean: 5,77 m/s; k=2,23; a=6,52 m/s



## 6.2.B TECHNISCHE LOCATIE-EISEN TULYP 75 KW T.B.V. PILOTLOCATIE

Afbeelding 8: technische locatie eisen TULYP



TECHNISCHE DATA			
Verticale as turbine	VAWT		
Nominaal vermogen	75 kW		
Masthoogte	25 m (meerdere hoogtes mogelijk)		
Rototohoogte	18 m		
Rotoroppervlak	200 m <sup>2</sup>		
Geluidproductie	42 dB(A) op 100 m afstand		
Jaaropbrengst	130 kWh bij 5,5 m/s op 30 m hoogte		
FYSIEKE OMGEVING			
Draagkracht toegangsweg	(Verharde) toegangsweg		
Minimale radius bochten	Normale toegangsweg		
Manoeuvreer ruimte bij uitladen/montage	Kraan opstelplek		
Benodigde ruimte bij onderhoud	Hoogwerker		
Ruimte om de fundering aan te leggen/storten	(Hei)palen of damwanden		
Grootte/diepte/draagkracht van de fundering	doorsnede = 10 m		
Moet er een hekje omheen of niet, zo ja, wat voor een?	Voor de zekerheid, zal onder de draaicirkel van de rotor (diameter 34m) een tijdelijk hek worden geplaatst. Na de testperiode wordt dit weer verwijderd.		
Minimale afstand tot gebouwen/obstakels	40 meter (PR 10-6)		
Minimale hoogteverschil rotor t.o.v. nabije objecten	N.v.t.		
ELEKTRISCHE AANSLUITING		MEEGELEVERD	LOCATIE
Capaciteit aansluiting (kW/kVA)	75 kW		Ja
Hulpspanning nodig? Zoja, kenmerken			Ja
Beveiliging aansluiting (schakelaar?)		Ja	
(Bliksem)beveiliging locatie		Ja	
MONITORING TIJDENS DE PILOT: WAT MOET ER GEMONITORD WORDEN, WAT ZIT ER STANDAARD BIJ, WAT IS WENSELIJK EN WAT VIND JE DAT ER EXTRA BIJ ZOU WEL/NIET MOETEN			
Uitput stroom/spanning		Ja	
Windsnelheid		Ja	
Geluid		Ja	
Trillingen		Ja	
Cameraopnames van de vogels in de rotor			tbc
Hoe vaak wil je zelf naar de turbine toe (toegang tot het terrein van waterschappen)?	Eerste drie maanden, frequent; daarna monitoring op afstand en bezoek op afspraak.		
VERWACHTE OUTPUT			
Energieproductie	140 MWh/jr		
Netto energieproductie na verliezen*	130 MWh/jr		

\* bij Weibull: mean: 5,4 m/s; k= 2,23 ; a= 6,1 m/s (k=2,227 / a = 6,52)

# NOTEN

<sup>1</sup> Kaartdata gebaseerd op gisdata uit 2015 van <https://www.pdok.nl/downloads/-/article/kaderrichtlijn-stedelijk-afvalwater>. Meest recent getelde aantal RWZI's 326 (CBS, 2017).

<sup>2</sup> Windturbines en geluid: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/Factsheet%20Geluid.PDF>

<sup>3</sup> Activiteitenbesluit milieubeheer, Artikel 3.14a: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/2019-10-01#Hoofdstuk3>

<sup>4</sup> Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020), 20 mei 2020: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/veiligheid/windturbines/>

<sup>5</sup> Handleiding Omgevingsveiligheid, (Versie oktober 2019, Module IV): <https://omgevingsveiligheid.rivm.nl/sites/default/files/2019-10/2019%20oktober%20handleiding%20omgevingsveiligheid%20-%20module%204.pdf>

<sup>6</sup> Activiteitenregeling milieubeheer van 10.04.2020, § 3.2.3. In werking hebben van een windturbine, NEN-EN-IEC 61400-2:NEN-EN-IEC 61400-2:2014: Windturbines – Deel 2: Kleine windturbines: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022830/2020-04-10#Hoofdstuk3>

<sup>7</sup> Besluit externe veiligheid inrichtingen: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0016767/2016-01-01>

<sup>8</sup> Besluit externe veiligheid buisleidingen: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0029356/2020-04-01>

<sup>9</sup> Wet beheer Rijkswaterstaatwerken: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wetten-regels-en-vergunningen/wetten-aanleg-en-beheer/wet-beheer-rijkswaterstaatswerken.aspx>

<sup>10</sup> Laagvliegroute 10 – windpark “ De Drentse Monden”: <http://www.platformstorm.nl/downloads/Laagvliegroute10.pdf>

<sup>11</sup> LIB Schiphol: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0014329/2018-01-01>

<sup>12</sup> Regeling Algemene Regels Ruimtelijke Ordening: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0031018/2014-01-22/0/>

<sup>13</sup> Bron: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70802ned/table?ts=1593267375765>

<sup>14</sup> Windviewer: <https://windviewer.rvo.nl/Html5Viewer/Index.html?viewer=WindViewer>

<sup>15</sup> Windroos: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/windrozen>

<sup>16</sup> Bron: <https://www.encyclo.nl/begrip/Ensemble>

<sup>17</sup> Congestie management: <https://www.google.com/search?q=congestie&oq=congestie&aqs=chrome.4.69i57j0l7.10146j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

<sup>18</sup> Bron: <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/7477?dl=28509>

<sup>19</sup> Bron: <https://berkela.home.xs4all.nl/bouwfysica/wind.html>

## Extra bronnen

Terra Incognita, 2017. Beeldkwaliteitsplan Windenergie Lelystad en Dronten

Sweco: Evaluatie beleid kleine windturbines provincie groningen, 2019. IN opdracht van Provincie Groningen

LAOS: Rapport Landschap, evaluatie beleid kleine windturbines Groningen. 2019

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Praktische%20toepassing%20van%20mini-windturbines.pdf>

**stowa**

STICHTING  
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

[stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl) [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

