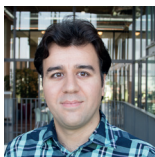


VERKENNENDE ANALYSE VAN HET WIND-ENERGIEPOTENTIEEL IN DE GEBOUWDE OMGEVING IN NEDERLAND

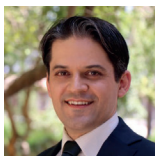
Wanneer 18,154 performante verticale-as windturbines geplaatst zouden worden op de daken van hoge gebouwen in 85 Nederlandse steden, zou dit naar schatting jaarlijks 170 GWh opleveren aan een *Levelized Cost of Energy* van 0.091 €/kWh. Dit is een redelijke kost maar het aantal windturbines is erg hoog, wat een excessieve installatie- en onderhoudscampagne vereist. Deze en andere nadelen werken ontra- dend om dit totale potentieel effectief te gaan realiseren. Deze 18,154 kleine windturbines geven onge- veer dezelfde energieopbrengst als 28 grote 2.5 – 3 MW onshore horizontale-as windturbines. Desalniet- temin kan voor individuele projecten wel de integratie van dergelijke windturbines of zelfs van innovatieve windenergiesystemen beschouwd worden, gezien de lage LCoE, echter rekening houdend met de specifieke uitdagingen van windenergie in de gebouwde omgeving.



prof. dr. ir. B.J.E. (Bert) Blocken, Faculteit Bouwkunde, TU Eindhoven en Departement Burgerlijke Bouwkunde, KU Leuven



A. (Abdolrahim) Rezaeiha MSc, Faculteit Bouwkunde TU Eindhoven, unit Building Physics and Systems



dr. H. (Hamid) Montazeri, Departement Burgerlijke Bouwkunde, KU Leuven en Faculteit Bouwkunde, TU Eindhoven

In opdracht van RVO op verzoek van de Topsector Energie, TKI Urban Energy, werd door de auteurs een verkennende studie uitgevoerd naar het potentieel van groot- schalig toegepaste kleine windturbines in de gebouwde omgeving in Nederland rekening houdend met het gebou- wenbestand en de mogelijkheden van performante verti- cale-as windturbines. De reden hiervoor was de opvallen- de afwezigheid van dergelijke informatie zowel in de wetenschappelijke literatuur als in de praktijk, en dit zowel voor Nederland als voor andere landen ter wereld. Onvermijdelijk liggen aan een dergelijke verkennende stu- die een groot aantal aannames en vereenvoudigingen ten grondslag. Desalniettemin leidt de studie tot een aantal duidelijke cijfers en conclusies. Deze aannames en ve- reenvoudigingen, de werkwijze, de resultaten en de con- clusies worden samengevat in dit artikel.

PRO EN CONTRA

Meer nog dan windenergiesystemen op zee of op land is windenergie in de gebouwde omgeving een onderwerp dat verwoede voor- en tegenstanders kent. Voorstanders halen aan dat de integratie van windenergiesystemen in de gebouwde omgeving belangrijk is omdat het gaat om een vooralsnog niet benut potentieel, omdat windenergie dan geproduceerd wordt op de plek waar deze wordt gebruikt, en omdat windenergie complementair is aan zonne-energie en beiden dus lokaal gecombineerd kun- nen worden. Tegenstanders wijzen op het feit dat kleine windturbines weinig efficiënt zijn, minder economisch rendabel, en dat de gemiddelde windsnelheid in de gebouwde omgeving lager is en de turbulentie hoger dan buiten de gebouwde omgeving, zowel offshore als onsho- re. Het effectieve potentieel van windenergie in de gebouwde omgeving staat derhalve ter discussie. Het inschatten van dit potentieel in de gebouwde omgeving in Nederland was het hoofddoel van deze studie.

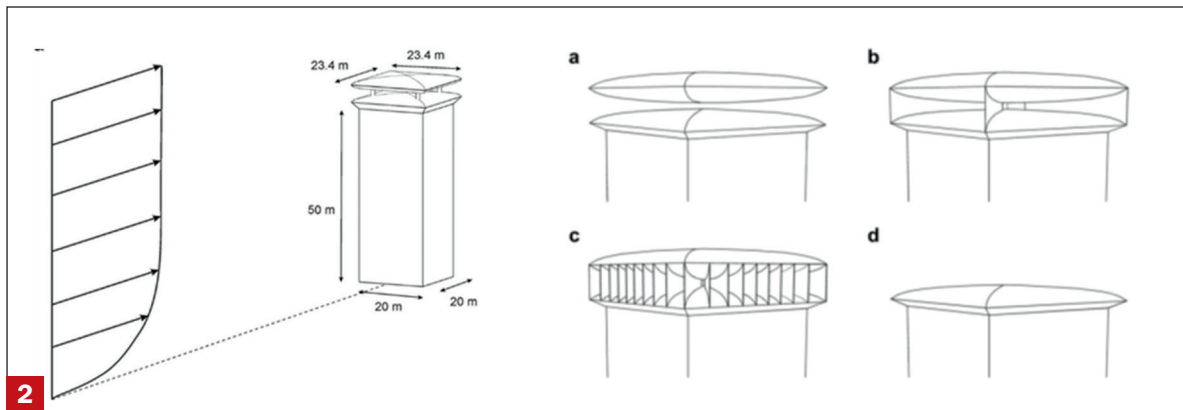
HORizontALE VERSUS VERTICALE AS

Diverse factoren zijn er voor verantwoordelijk dat kleine windturbines op dit moment over het algemeen minder

efficiënt en minder rendabel zijn dan grotere. Ten eerste is er ontegensprekelijk het schaaffect. Ten tweede het ver- schil in type windturbine. De grote windturbines op zee of op land zijn horizontale-as wind turbines (HAWTs), terwijl de meest geschikte windturbines voor de gebou- de omgeving windturbines met een verticale as zijn (VAWTs van het type Darrieus). VAWTs zijn beter geschikt voor toepassing in de gebouwde omgeving waar de wind- stroming grotere verticale snelheidscomponenten kan bevatten, de fluctuaties in windrichting groter zijn en de turbulentie-intensiteiten hoger. In dit verband zijn de voordelen van VAWTs onder meer dat ze omni-directio- neel zijn en dus niet gedraaid moeten worden naar de variërende windrichting, dat ze minder geluid produceren door de lagere tipsnelheid en de kleinere diameters, dat de bladen meestal makkelijker te produceren zijn, dat de generator onderaan de mast kan staan en dat de turbines makkelijker schaalbaar zijn, visueel aantrekkelijker en makkelijker toe te voegen aan bijvoorbeeld antennemas- ten. Echter, in tegenstelling tot de grote HAWTs kunnen de VAWTs niet bogen op een decennialange ontwikkeling met veel overheidssubsidies. De HAWTs hebben derhalve



1 Windturbine met verticale as op dak bij de Royal Botanic Garden Edinburgh (Richardson, CC BY-SA 2.0)



2 Ventec-dak door Bronsema. Links: perspectiefzicht van Ventec-dak op gebouw met bovendak op vier slanke kolommen. Rechts: Vier configuraties geanalyseerd in [4,5]



3 Powerdak 3.0 door Bronsema

een logische en grote voorsprong op de VAWTs. Internationale experts in de ontwikkeling van windturbines wijzen er weliswaar op dat HAWT en VAWT theoretisch een gelijkaardig potentieel hebben [1].

WINDTURBINES ROND, OP EN IN GEBOUWEN

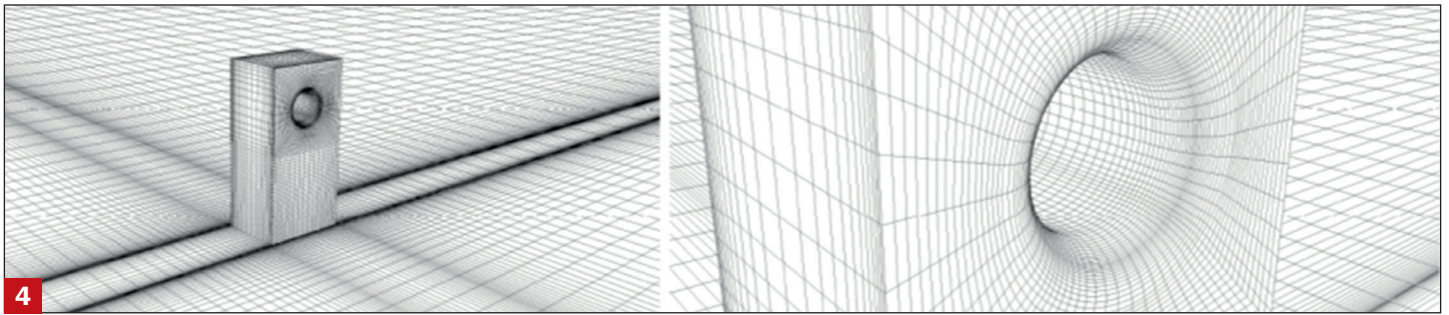
Campbell en Stankovic [2] onderscheiden drie categorieën bij integratie van windenergie in de gebouwde omgeving: (1) alleenstaande windturbines in gebieden rond gebouwen; (2) windturbines toegevoegd aan bestaande gebouwen; en (3) volledige integratie in het ontwerp van het gebouw. Het rendement van categorie 1 is logischerwijze zeer site specifiek en windrichtingsafhankelijk. De rechte plaatsing van VAWTs op masten op daken van gebouwen hoort bij categorie 2. Verder zijn er in categorie 2 en 3 nog een aantal innovatieve windenergiesystemen ontwikkeld. In deze verkennende studie is er voor gekozen om enkel VAWTs op masten op daken van gebouwen te beschouwen. Hierbij zijn de masten hoog genoeg zodat de rotoren zich boven de zones van stromingsseparatie en -recirculatie op het dak bevinden, omdat in de snelheid in deze zones erg laag is. Desalniettemin worden een aantal innovatieve systemen hieronder kort toegelicht.

Bronsema [3] ontwikkelde het *Ventec*-dak dat later door hem werd omgedoopt tot *Powerdak 1.0*. Het concept bestaat uit het creëren van een venturihals door het voorzien van een bolkapvormige constructie op het platte dakvlak ("onderdak") en een diskvormige constructie op grotere hoogte ("bovendak") (figuur 2). De optimalisatie van dit concept werd uitgevoerd door de Technische Universi-

teit Eindhoven in samenwerking met Peutz bv en Bronsema [4-6]. Hieruit bleek dat het oorspronkelijke idee van het plaatsen van verticale schotten in de dakconstructie voor een zodanig grote stromingsweerstand zorgt dat de windsnelheid in het nauwste deel van de venturihals gelijk is aan de windsnelheid in het vrije veld op dezelfde hoogte. Met andere woorden, en wordt dan geen versterking van de windsnelheid bekomen. Zonder verticale schotten echter, wanneer het bovendak op slanke verticale kolommen wordt geplaatst, wordt wel een windsnelheidstoename van 40 tot 45% bekomen. Gezien de beschikbare hoogte in de venturihals beperkt is, kunnen enkel kleine (lage) VAWTs hierin worden ondergebracht, en dus de opbrengst dus ook beperkt. Om die reden heeft Bronsema het concept van het *Powerdak 1.0* verlaten en is via versie 2.0 overgegaan naar het *Powerdak 3.0*, waarbij het bovendak achterwege wordt gelaten (figuur 3). Het overblijvende onderdak zorgt voor afgeronde dakranden, waardoor stromingsseparatie aan die randen vermeden wordt en daarmee ook de recirculatiezones met typisch lage tot zeer lage windsnelheden direct boven het dakvlak. Daardoor kunnen de VAWTs direct boven het dak worden geplaatst, zonder noodzaak van hoge masten. Het *Powerdak 3.0* levert toenames in de gemiddelde windsnelheid van 15 tot 25% en laat ook toe om hogere en meerdere VAWTs op het dak te plaatsen, waardoor het meer windenergie kan opleveren dan het *Powerdak 1.0*.

Alanis Ruiz et al. [7] onderzochten de mogelijkheid om windturbines te integreren in de open verdiepingen in gebouwen of in doorgangen of kanalen in gebouwen. Het





4 Doorgang in een gebouw voor plaatsing van HAWT [7]

idee komt voort uit het onderzoek naar windhinder rond gebouwen. Hieruit is het bekend [8,9] dat de grootste versterking (factor 2 tot 3) van de windsnelheid op maaiveldniveau bekomen kan worden in doorgangen door gebouwen. De doorgang functioneert als een kortsluiting tussen



5 Invelox-systeem met HAWT in kanaal op dak gebouw (Gereproduceerd met toestemming van Rein Kroezemann)

de hogedrukzone aan de windzijde en de lagedrukzone aan de lijzijde van het gebouw. Hetzelfde mechanisme van drukkortsluiting vindt plaats bij doorgangen op grotere hoogte. Alanis Ruiz et al. [7] bestudeerde de invloed van diverse parameters waaruit bleek dat de afrondingen van de ingang en uitgang van de doorgang zeer belangrijk zijn om – net als bij het Powerdak 3.0 – stromingsseparatie – en dus sterk verhoogde luchtweerstand – te vermijden (figuur 4). In dat geval is een snelheidstoename met een factor 2 mogelijk. Gezien de gerichte stroming in de doorgang komen HAWT hiervoor in aanmerking. Dit is daarom zeker een interessant concept van windenergie geïntegreerd in gebouwen, maar de implementatie in nieuwbouw en zeker in bestaande bouw is minder evident en gaat gepaard met aanzienlijke kosten.

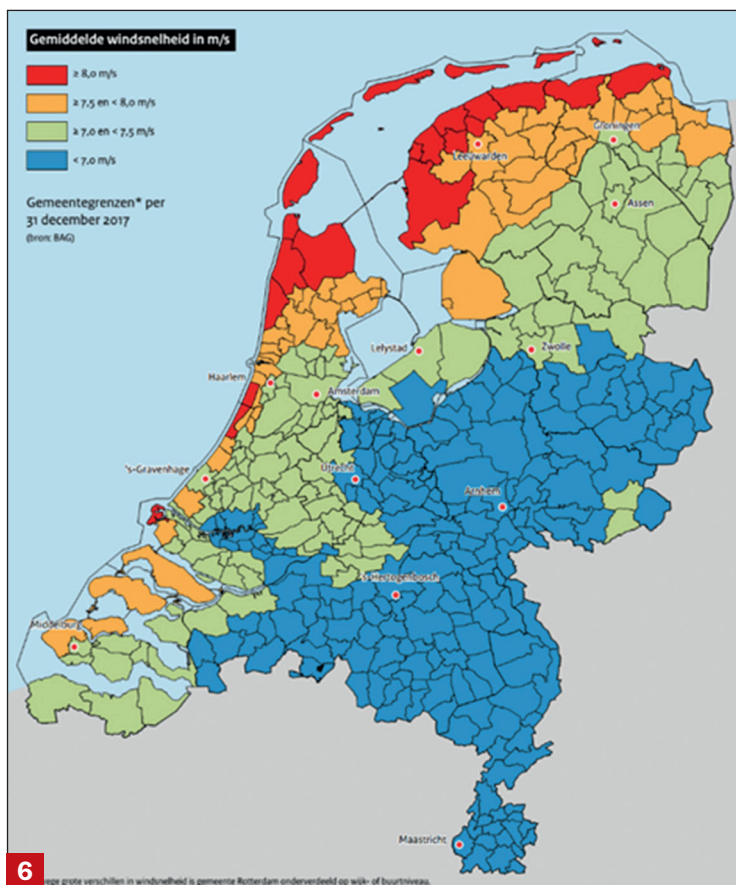
Een derde innovatief systeem met de werknaam Invelox bestaat uit een buisvormige venturi constructie met convergerende inlaatsectie en divergerende uitlaatsectie en een HAWT in het nauwste deel van de buis (figuur 5). Deze constructie kan vrijstaand of op het dak van gebouwen worden geplaatst en preliminaire CFD-simulaties geven aan dat de versterking van de windsnelheid een factor 1.8 kan bereiken, waarbij een meer doorgedreven aerodynamisch ontwerp mogelijk tot grotere factoren kan leiden.

In weerwil van het bestaan van deze innovatieve systemen, worden zij niet beschouwd in de huidige verkennende studie van het windenergiepotentieel, om een combinatie van redenen. Windturbines op masten op platte daken is de meest eenvoudige en meeste directe implementatie van systemen die succesvol kunnen zijn. Dit is theoretisch bovendien mogelijk op nagenoeg alle platte daken – visuele en akoestische effecten niet te na genomen. Verder zijn in de innovatieve windenergiesystemen de snelheidstoenames veel sterker afhankelijk van de geometrie van gebouw en windenergiesystemen, brengen deze systemen bijkomende constructiekosten met zich mee en vereisen ze nog veel meer wetenschappelijk onderzoek. Het is zeker zo dat deze systemen beloftevol zijn en verder onderzoek in de toekomst verdienen.

METHODE

Gebouwhoogte en windsnelheid

Enkel gebouwen van 35 m hoogte of hoger in de 85 Nederlandse steden met de meeste hoogbouw worden beschouwd in de analyse. De hoogtedata werd onttrokken aan [10]. Dit geeft een totaal van 1512 gebouwen. Figuur 6 toont de verdeling van de 10-jaargemiddelde windsnelheid op 100 m hoogte, $U_{a,100m}$, in Nederland waarbij vier zones onderscheiden worden:



6 Verdeling van de 10-jaargemiddelde (2004-2013) windsnelheid op 100 m hoogte in Nederland (bronnen: KNMI, CBS and RVO.nl)

- _ zone 1 met zeer hoge windsnelheid ($U_{a,100m} > 8$ m/s),
- _ zone 2 met hoge windsnelheid (7.5 m/s $< U_{a,100m} \leq 8$ m/s),
- _ zone 3 met matige windsnelheid (7 m/s $< U_{a,100m} \leq 7.5$ m/s),
- _ zone 4 met lage windsnelheid ($U_{a,100m} \leq 7$ m/s).

Figuur 7 toont de aangenomen variatie van deze gemiddelde windsnelheid als functie van de hoogte voor diverse steden.

De windstatistiek boven het dak van de gebouwen wordt beschreven door een Weibullfunctie (formule (1)) met een vormparameter $k = 1.75$ [11] en gebaseerd op de historische KNMI-metdata. In formule (1) is U de gemiddelde windsnelheid en A de schaalparameter.

$$h(U) = \frac{k}{A} \left(\frac{U}{A}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{U}{A}\right)^k} \quad (1)$$

Gemakkelijkheidshalve wordt de gemiddelde windsnelheid op dakhoogte beschouwd en niet op rotorhoogte (negatieve aanname). Er wordt geen windversterking door het dak in rekening gebracht (negatieve aanname) maar ook geen vermindering van de windsnelheid door omringende gebouwen van gelijke of grotere hoogte (positieve aanname).

Windturbine en plaatsing

Tabel 1 toont de geometrische en operationele kenmerken van de VAWT geselecteerd voor deze analyse. Het is een kleine H-type Darrieus VAWT met twee bladen met symmetrische NACA0018 bladprofielen (figuur 8). De VAWT opereert met variabele snelheid, wat toelaat om een tip-snelheidsverhouding (tipsnelheid gedeeld door aankomende gemiddelde windsnelheid) van 2.5 aan te houden in de range van cut-in tot cut-outwindsnelheid (2 – 24 m/s) voor optimale aerodynamische prestatie. De vermogenscurve van deze VAWT werd bepaald door CFD-simulaties uitgevoerd in het Europese Horizon2020-onderzoeksproject AEOLUS4FUTURE die uitgebreid zijn gevalideerd met experimenten [12-15] (figuur 9). De turbine wordt gecombineerd met een direct-drive brushless permanente magneetgenerator met hoge efficiëntie (> 97%) [16,17].

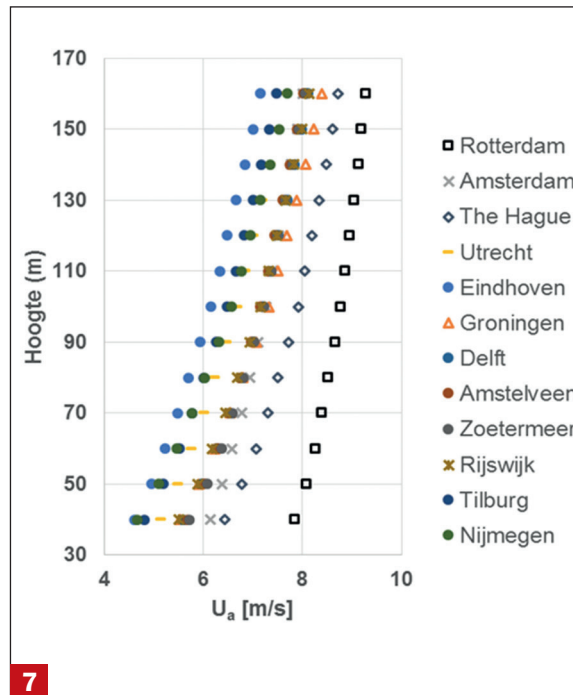
De windturbines worden per drie op de vier gebouwhoeken geplaatst in tegenroterende configuratie omwille van het versterkende effect dat dan optreedt (figuur 10). In totaal gaat het dan om het hoge aantal van 18,154 VAWTs.

Jaarlijkse windenergieproductie

Voor deze berekening worden de verdeling van de gebouwhoogtes, de vermogenscurve van de windturbine en de windstatistiek gecombineerd en wordt de methode van de bins gebruikt [18], waarbij de volgende bins worden gebruikt: 2-4 m/s, 4-6 m/s, enz.

RESULTATEN

De resulterende jaarlijkse windenergieproductie (AEP = Annual Energy Production) is 170.5 GWh. Tabel 2 en 3 omvatten de resultaten van de berekening van de Levelized Cost of Energy (LCOE) rekening houdend met de kosten van de windturbine, de elektrische infrastructuur,



Gemiddelde windsnelheid als functie van de hoogte voor grote steden in Nederland (data van 'rvo.nl')

Tabel 1: Geometrische en operationele kenmerken van de geselecteerde windturbine

Parameter	Value
Type	Vertical axis wind turbine (VAWT) H-type Darrieus (lift-based)
Scale	Small-scale urban
Operation	Variable-speed
Number of blades, n	2
Diameter, d [m]	1
Height, h [m]	5
Swept area, A [m ²]	5
Turbine aspect ratio, h/d	5
Airfoil	NACA0018
Airfoil chord, c [m]	0.15
Solidity, σ	0.30
Blade aspect ratio, h/c	33.33
Shaft diameter [m]	0.04
Tip speed ratio, λ	2.5 (fixed)
Rotational speed, Ω [rad/s]	12.5 - 125
Cut-in wind speed [m/s]	2
Cut-out wind speed [m/s]	24
Noise level [dBA]	20 - 40
Lifetime	25 years
Generator type	Direct-drive brushless permanent magnet generator (PMG)
Estimated generator efficiency	> 97%

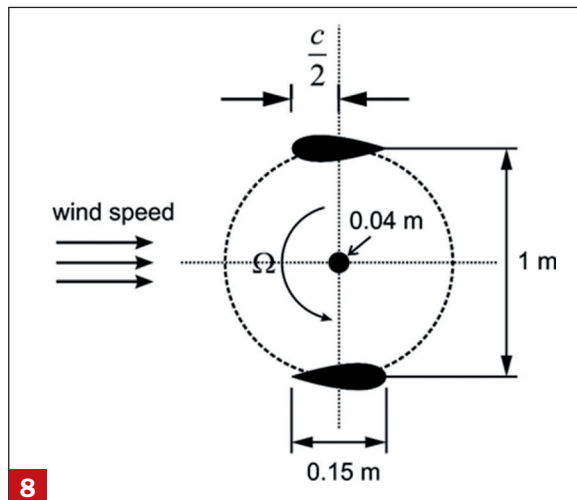
Tabel 2: Economisch gunstige schatting. Details van de LCOE

Levensduur van de windturbine	25 jaren
Energieproductie over levensduur	4263.075 GWh (25 × 170.523 GWh)
Veiligheidsfactor	1.25
Kost over levensduur	1.25 × 155.12 miljoen € = 193.9 miljoen €
Levelized cost of energy (LCOE)	45.48 €/MWh (~ 0.045 €/kWh)

Tabel 3: Economisch veiliger schatting. Details van de LCOE

Levensduur van de windturbine	25 jaren
Energieproductie over levensduur	4263.075 GWh (25 × 170.523 GWh)
Veiligheidsfactor	1.25
Kost over levensduur	1.25 × 310.24 million € = 387.8 million €
Levelized cost of energy (LCOE)	90.96 €/MWh (~ 0.091 €/kWh)

assemblage en installatie, bevestiging aan het dak, management en engineering en 6% risico's, alsook de operationele en onderhoudskosten voor de levensduur van 25 jaar. Twee scenario's worden beschouwd: een scenario waarbij de windturbines in zeer grote hoeveelheden kunnen worden geproduceerd aan de relatief lage kost van 5,000 € per turbine (gebaseerd op huidige commercieel beschikbare kleine VAWTs [19]) en een scenario waarbij kleinere aantallen worden geproduceerd en een hogere kost van 10,000 € wordt gehanteerd. Tenslotte wordt een globale veiligheidsfactor van 1.25 toegepast op de totale kost voor de 18,154 VAWTs.

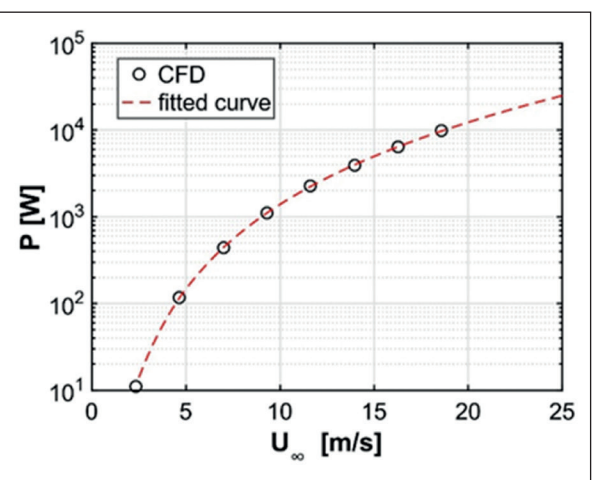
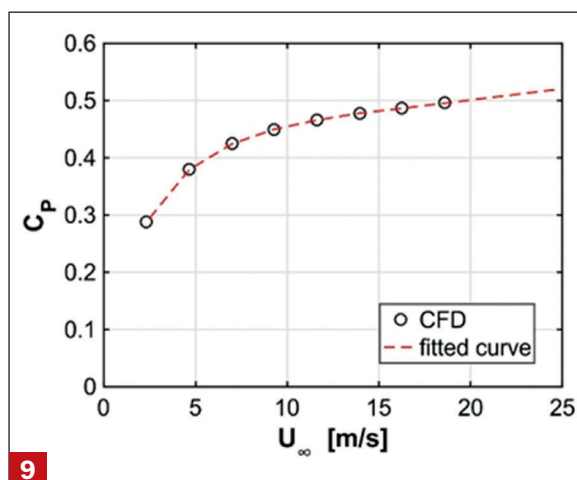


8 Schematisch bovenaanzicht van de geselecteerde windturbine (niet op schaal)

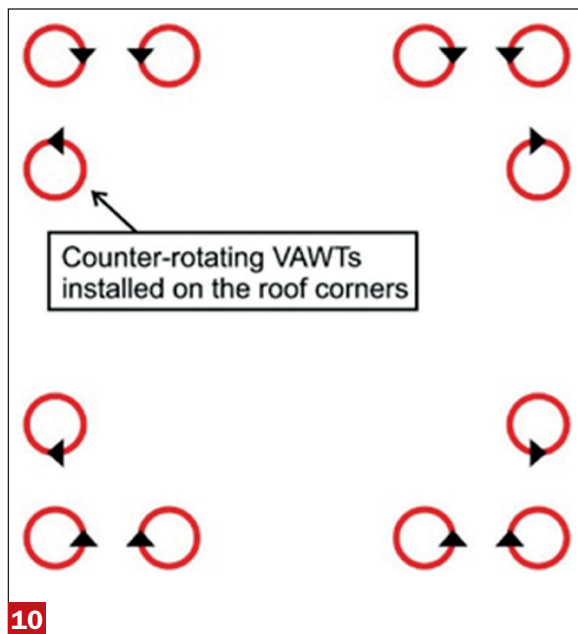
DISCUSSIE EN CONCLUSIES

In deze verkennende studie zijn logischerwijze een hele reeks aannames en vereenvoudigingen gehanteerd, waaronder het feit dat het mogelijk is om op alle middelhoge en hoge gebouwen de 12 masten met VAWTs te monteren, dat de windprofielen in figuur 6 representatief zijn voor de windcondities in de stad, dat de performantie van de turbines constant blijft tijdens hun levensduur (door gepast onderhoud) en dat onderhoud wordt uitgevoerd op momenten dat de windsnelheid beneden de cut-inwindsnelheid ligt. Een aantal aannames zal een negatief effect hebben op de resultaten en anderen een positief effect, zodat deze effecten elkaar in zekere mate zullen compenseren.

De ruime of veilige inschatting van de kosten geeft een *Levelized Cost of Energy* (LCoE) van 91 €/MWh (~ 0.091 €/kWh). Dit is een redelijke kost maar het aantal windturbines is erg hoog, wat een excessieve installatie- en onderhoudscampagne vereist. Ter vergelijking, deze 18,154 kleine VAWTs geven ongeveer dezelfde AEP als 28 grote 2.5 – 3 MW onshore horizontale-as windturbines (HAWTs), genoeg voor het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van ongeveer 42,500 reguliere huishoudens. De technologische ontwikkelingen nodig om dit potentieel te exploiteren zijn eerst en vooral de praktische realisatie van zeer efficiënte en betrouwbare Darrieus-VAWTs, in grote hoeveelheden en aan lage kosten. Voor de slanke en lichtgewicht turbines in deze studies, zijn de horizontale belastingen op het gebouw zeer klein vergeleken met de totale windbelasting op het gebouw. Geluid en structurele tril-



9 Vermogenscoëfficiënt (links) en vermogenscurve (rechts) van de VAWT



Plaatsing VAWTs op dak

lingen zijn geen onoverkomelijke uitdagingen mits gebruik van standaardtrillingsdempers. De realisatie van dit totale potentieel en LCOE zou 15 jaar kunnen vragen, maar vereist wel het aanpakken van aanzienlijke uitdagingen waaronder ook de gedetailleerde aerodynamische analyse van elk individueel gebouw – wat buiten het bereik van deze verkennende studie valt maar in de praktijk wel moet gebeuren voor installatie. Deze en andere nadelen zoals het zeer grote aantal kleine turbines en de relatief lage AEP zelfs bij al die 18,154 turbines toegepast in het hele land, werken ontradend om dit totale potentieel effectief te gaan realiseren. Desalniettemin kan voor individuele projecten wel de integratie van dergelijke windturbines of zelfs van innovatieve windenergiesystemen beschouwd worden, gezien de lage LCOE, echter rekening houdend met de specifieke uitdagingen en problemen verbonden aan het integreren windenergie in de gebouwde omgeving. ■

BRONNEN

- ▶ [1] Paraschivoiu I. Wind turbine design: with emphasis on Darrieus concept. Presses Internation. Polytechnique, Montreal, 2002
- ▶ [2] Campbell NS, Stankovic S. Wind energy for the Built environment–Project WEB, A report for Joule III Contract No JOR3-CT98-01270. 2001
- ▶ [3] Bronsema B. Earth, Wind & Fire – Towards new concepts for climate control in buildings. CIB W096 Meeting Lyngby, November 2-4, 2005
- ▶ [4] van Hooff T, Blocken B, Aanen L, Bronsema B. A venturi-shaped roof for wind-induced natural ventilation of buildings: wind tunnel and CFD evaluation of different design configurations. *Building and Environment* 46(9): 1797-1807. 2011
- ▶ [5] Blocken B, van Hooff T, Aanen L, Bronsema B. Computational analysis of the performance of a venturi-shaped roof for natural ventilation: venturi-effect versus wind-blocking effect. *Computers & Fluids* 48(1): 202-213. 2011

- ▶ [6] van Hooff T, Blocken B, Aanen L, Bronsema B. Numerical analysis of the performance of a venturi-shaped roof for natural ventilation: influence of building width. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 104-106: 419-427. 2012
- ▶ [7] Alanis Ruiz C, Kalkman I, Blocken B. Building integrated wind power – wind energy potential in ducted openings through high-rise buildings. Report. Department of the Built Environment, Eindhoven University of Technology. 2016
- ▶ [8] Wiren B. A wind tunnel study study of wind velocities in passages between and through buildings. Heathrow, Cambridge University Press, pp. 465 - 475. 1975
- ▶ [9] Blocken B, Roels S, Carmeliet J. Modification of pedestrian wind comfort in the Silvertop Tower passages by an automatic control system. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 92(10): 849-873. 2004
- ▶ [10] www.skyscraperpage.com
- ▶ [11] Sunderland K, Woolmington T, Blackledge J, and Conlon M. Small wind turbines in turbulent (urban) environments: A consideration of normal and Weibull distributions for power prediction. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 121: 70-81, 2013
- ▶ [12] Rezaeiha A, Kalkman I, Blocken B. Effect of pitch angle on power performance and aerodynamics of a vertical axis wind turbine. *Applied Energy*, vol. 197, pp. 132-150. 2017
- ▶ [13] Rezaeiha A, Kalkman I, Blocken B. CFD simulation of a vertical axis wind turbine operating at a moderate tip speed ratio: guidelines for minimum domain size and azimuthal increment. *Renewable Energy*, vol. 107, pp. 373-385. 2017
- ▶ [14] Rezaeiha A, Kalkman I, Montazeri H, Blocken B. Effect of the shaft on the aerodynamic performance of urban vertical axis wind turbines. *Energy Conversion and Management*, vol. 149 (C), pp. 616-630. 2017
- ▶ [15] Rezaeiha A, Montazeri H, Blocken B. Towards accurate CFD simulations of vertical axis wind turbines at different tip speed ratios and solidities: guidelines for azimuthal increment, domain size and convergence. *Energy Conversion and Management* 156: 301-316. 2018
- ▶ [16] Dabiri JO. Potential order-of-magnitude enhancement of wind farm power density via counter-rotating vertical-axis wind turbine arrays. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 3 (4), p. 043104, 2011. doi:10.1063/1.3608170, 2011
- ▶ [17] Dabiri JO. Emergent aerodynamics in wind farms,” *Physics Today*, vol. 67 (10), pp. 66-67. doi:10.1063/pt.3.2559, 2014
- ▶ [18] Manwell JF, McGowan JG, Rogers AL. *Wind energy explained: theory, design and application*, 2nd Edition. Wiley. 2010
- ▶ [19] http://www.shoproyall.com/750w-Wind-Turbine-System_p_331.html