

# EWICON II: de ontwikkeling van een Elektrostatische Windenergie Converter II

Openbare eindrapportage

J. Balendonck, P.J. Sonneveld, P.H.F. Morshuis & M.A. Bruins



# EWICON II: de ontwikkeling van een Elektrostatische Windenergie Converter II

Openbare eindrapportage

J. Balendonck, P.J. Sonneveld, P.H.F. Morshuis & M.A. Bruins



© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw

Projecttitel: Elektrostatische Windenergie Converter II (EWICON II)  
EET projectnummer: EET/K022005  
Looptijd: 1 juli 2003 – 30 juni 2007  
Penvoerder/Contactpersoon: WUR Glastuinbouw, J. Balendonck  
Projectleider: WUR Glastuinbouw, J. Balendonck (P.J. Sonneveld tot 1 jan. 2005)  
Internet: [www.ewicon.nl](http://www.ewicon.nl)

### **EET /K022005**

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Programma E.E.T. (Economie, Ecologie en Technologie) een gezamenlijk initiatief van de Ministeries van Economische Zaken, Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Het programma wordt uitgevoerd door het Programmabureau E.E.T., een onderdeel van SenterNovem.

This project is supported with a grant of the Dutch programme EET ((Economy, Ecology, Technology), a joint initiative of the Ministries of Economic Affairs, Culture and Sciences and Housing, Spatial Planning and the Environment. The programme is run by the EET Programme Office, a partnership of Senter and Novem.

Dit rapport bevat de openbare eindrapportage van het project EWICON II.

Dit rapport is beschikbaar via de website: [www.EWICON.nl](http://www.EWICON.nl).

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 01  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Abstract	1
Summary	2
Ontwikkeling van een Elektrostatische Windenergie Converter (EWICON II)	3
Samenwerkende partijen	7
Trefwoorden	8
Beschikbare Literatuur	9

# Abstract

## Ontwikkeling van een Elektrostatische Windenergie Converter (EWICON II)

Bij de zoektocht naar nieuwe duurzame energiebronnen, speelt windenergie een belangrijke rol. De verwachting is dat windenergie wereldwijd het komende decennium een enorme vlucht zal nemen, waardoor momenteel zeer veel geïnvesteerd wordt in onderzoek en het ontwikkelen van windenergieparken.

De implementatie van windenergie in Nederland verloopt echter langzaam, vooral omdat de maatschappelijke acceptatie van conventionele windturbines beperkt is. Wageningen-UR Glastuinbouw, TU-Delft, MEDSPRAY, STANMAX, NUON en VOLKER WESSELS hebben onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van een nieuw revolutionair concept voor windenergieopwekking, dat de potentie heeft om een oplossing te bieden voor een aantal van de huidige bezwaren tegen conventionele windturbines. Het project is uitgevoerd met subsidie van het Programma E.E.T. (Economie, Ecologie en Technologie) een gezamenlijk initiatief van de Ministeries van Economische Zaken, Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.



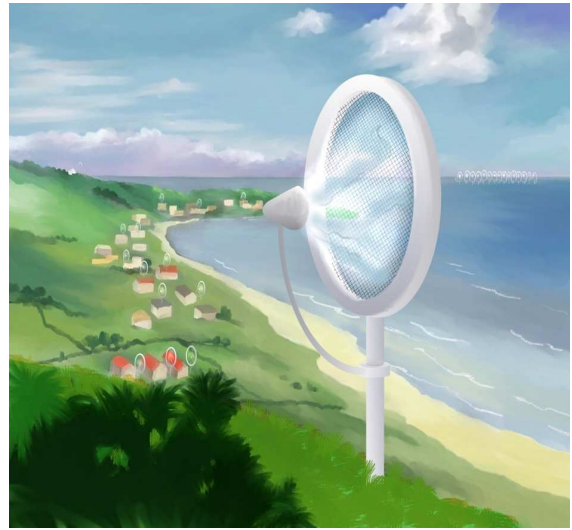
Het onderzoek heeft zich grotendeels gericht op de ontwikkeling van een vernevelaar voor water en een gelijkspanningsomvormer voor de hoge spanningen (50-100kV) die met de generator opgewekt kunnen worden. Experimenten met de ontwikkelde prototypes hebben aangetoond dat met het EWICON principe ook praktisch een positief energetisch rendement behaald kan worden. Hoewel de prototypen op dit moment vermogens kunnen opwekken in de orde van milliwatts, heeft het onderzoek aangetoond dat het principe geschikt is, en dat er voldoende perspectieven zijn voor opschaling en rendementsverbetering.

Naar verwachting zal een volgend prototype van 1 Watt in één tot twee jaar een feit kunnen zijn. Een verdere opschaling welke tot een prototype van 1 kW zal leiden zal nog 5 jaar op zich laten wachten, eerste praktijkrijpe installaties worden over 10 jaar verwacht. In eerste instantie zal de EWICON installatie als kleine installatie voor decentrale energieopwekking ingezet kunnen worden in de bebouwde omgeving waarbij regenwater, opgevangen op daken of verdampingswater uit kassen gebruikt wordt om te vernevelen. Voor toepassingen op zee zijn alleen heel grote vermogens boven de 1 MW interessant, zodat de EWICON installatie vooraleerst niet het ruime sop zal kiezen.

## Summary

### Development of an electro static wind energy converter (EWICON II)

At the search for new durable energy sources, wind energy plays an important role. The expectation is that application of wind energy will grow worldwide enormously, as a result of which at present a lot of money is being invested into wind energy research and building of new wind mill parks. The implementation of wind energy in the Netherlands goes however slow, especially because the social acceptance of conventional wind turbines is limited. A consortium, consisting of Wageningen-UR Horticulture, TU-Delft, MEDSPRAY, STANMAX, NUON and VOLKER WESSELS, has conducted a research on the application of a new revolutionary concept to generate electrical energy from wind, which

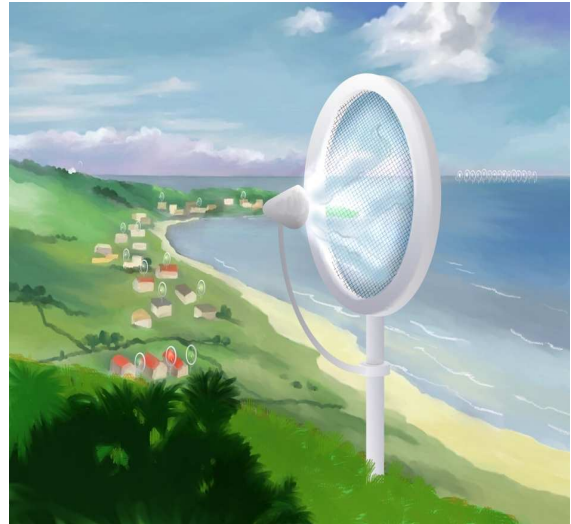


has the potential to offer a solution for a number of the current objections against conventional wind turbines. This research was supported with a grant of the Dutch programme EET (Economy, Ecology, Technology), a joint initiative of the Ministries of Economic Affairs, Culture and Sciences and Housing, Spatial Planning and the Environment. The research has itself mainly targeted on the development of a sprayer for water and a direct current (DC-DC) converter for the high voltages (50-100kV) the generator can deliver. Experimentings with the developed prototypes have shown that with the EWICON principle a positive energetic output can be gained also practically. Although the prototypes at this moment can generate an electrical power in the order of milliwatts, the research has shown that the principle works, and that there are sufficient perspectives for up-scaling and gain improvement. It is expected that a next prototype of 1 Watt can be built within two years. A further up-scaling to a prototype of 1 kW will take another 3 years. First practice-ripe installations are expected over 10 years. In the first place the EWICON installation will be used as small installation for local (decentralised) energy generation in urban and rural surroundings, where rain or vaporised water collected on roofs can be used for spraying. For off-shore applications, only high powers above 1 MW are economically interesting, so that the EWICON installation will not be seen at sea the coming decade.

# Ontwikkeling van een Elektrostatische Windenergie Converter (EWICON II)

Bij de zoektocht naar nieuwe duurzame energiebronnen, speelt windenergie een belangrijke rol. De verwachting is dat windenergie wereldwijd het komende decennium een enorme vlucht zal nemen, waardoor momenteel zeer veel geïnvesteerd wordt in onderzoek en het ontwikkelen van windenergieparken.

De implementatie van windenergie in Nederland verloopt echter langzaam, vooral omdat de maatschappelijke acceptatie van conventionele windturbines beperkt is. Wageningen-UR Glastuinbouw, TU-Delft, MEDSPRAY, STANMAX, NUON en VOLKER WESSELS hebben – door EET gefinancierd – onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van een nieuw revolutionair concept voor windenergieopwekking, dat de potentie heeft om een oplossing te bieden voor een aantal van de huidige bezwaren tegen conventionele windturbines.



Het onderzoek heeft zich grotendeels gericht op de ontwikkeling van een vernevelaar voor water en een gelijkspanningsomvormer voor de hoge spanningen (50-100kV) die met de generator opgewekt kunnen worden. Experimenten met de ontwikkelde prototypes hebben aangetoond dat met het EWICON principe ook praktisch een positief energetisch rendement behaald kan worden. Hoewel de prototypes op dit moment vermogens kunnen opwekken in de orde van milliwatts, heeft het onderzoek aangetoond dat het principe geschikt is, en dat er voldoende perspectieven zijn voor opschaling en rendementsverbetering.

Naar verwachting zal een volgend prototype van 1 Watt in één tot twee jaar een feit kunnen zijn. Een verdere opschaling welke tot een prototype van 1 kW zal leiden zal nog 5 jaar op zich laten wachten, eerste praktijkrijpe installaties worden over 10 jaar verwacht. In eerste instantie zal de EWICON installatie als kleine installatie voor decentrale energieopwekking ingezet kunnen worden in de bebouwde omgeving waarbij regenwater, opgevangen op daken of verdampingswater uit kassen gebruikt wordt om te vernevelen. Voor toepassingen op zee zijn alleen heel grote vermogens boven de 1 MW interessant, zodat de EWICON installatie vooraleerst niet het ruime sop zal kiezen.

## Achtergrond

Windenergie is een duurzame vorm van energie, die momenteel alleen nog met windturbines kan worden benut. Bij windturbines moet de windenergie eerst worden omgezet naar mechanische energie, voordat de gewenste elektrische energie kan worden gegenereerd. Met de te ontwikkelen Elektrostatische Windenergie Converter (EWICON) kan windenergie ook via een directere weg worden omgezet in elektriciteit, zonder gebruik te maken van bewegende delen.

Doel van dit project was om een converter te ontwikkelen die windenergie met behulp van elektrostatische principes direct kan omzetten in elektrische energie. Het idee hierbij is om elektrisch geladen deeltjes te laten meevoeren in de wind en vervolgens elektrostatisch af te remmen, waardoor elektrostatische energie kan worden gegenereerd. Deze techniek heeft potentieel grote voordelen. Hij is robuust, eenvoudig, geruisloos en bevat geen bewegende

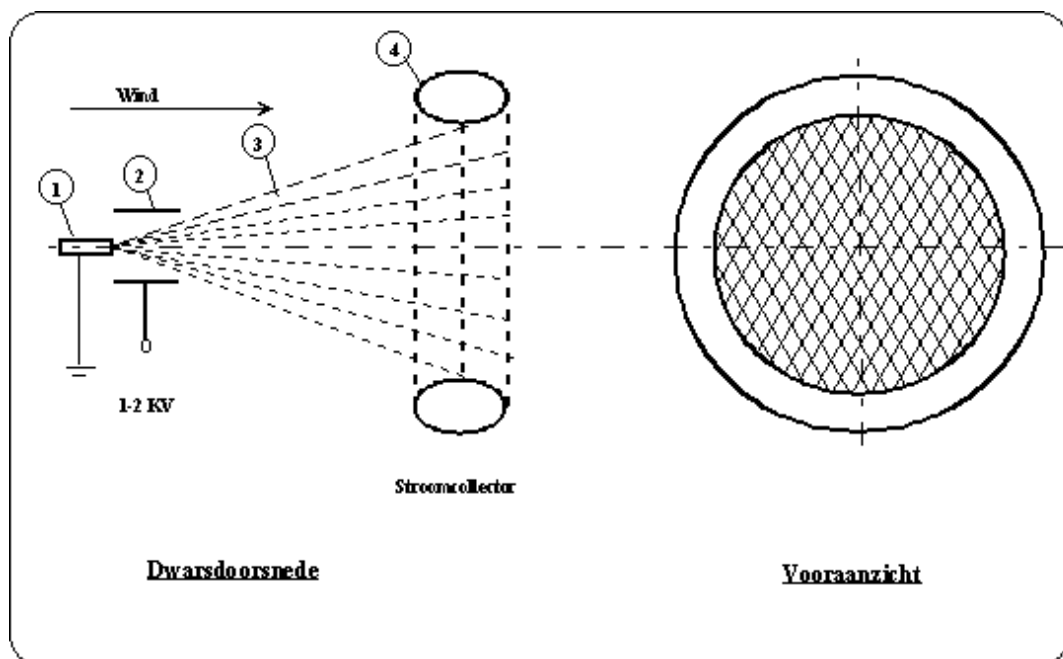


delen, zodat er geen slijtage optreedt en vogels niet in gevaar worden gebracht. De techniek is bovendien geschikt voor grotere vermogens en heeft hij een potentieel hoog rendement. Ten slotte is er weinig last van vervuiling, is er weinig onderhoud nodig en zijn er geen problemen met windvlagen. Dit alles tegen een verwachte lage investering. Het EWICON principe kan zowel worden toegepast bij kleine systemen in de gebouwde omgeving als bij grote systemen op het platteland of op zee. Vooral bij deze laatste toepassing zou de geringe onderhoudsgevoeligheid een groot voordeel zijn.

Het werkingsprincipe van de EWICON is eerder theoretisch onderbouwd en de werking is in een eenvoudige proef in een kiemproject aangetoond. Tot nu toe was er nog geen praktische uitvoering gegeven aan dit idee, en was er nog weinig of geen kennis over hoe het rendement vergroot zou kunnen worden en hoe de opschaling naar grotere vermogens zou moeten verlopen. Doel van het onderhavige project was aandacht te besteden aan deze aspecten, zodat daarna met een ontwikkelingstraject gestart zou kunnen worden.

### Technische resultaten van het onderzoek

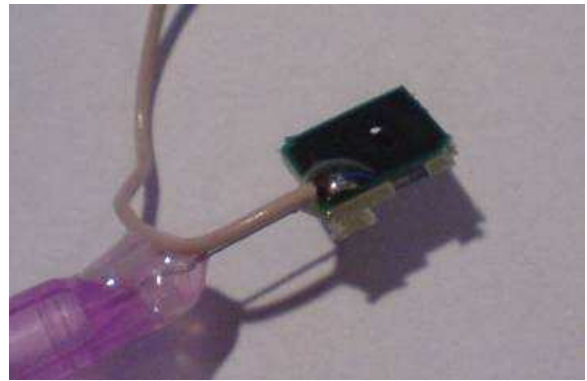
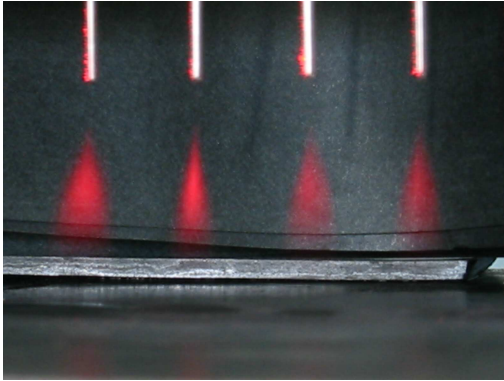
Bij conventionele windturbines wordt windenergie eerst omgezet in mechanische (rotatie) energie, voordat elektrische energie kan worden opgewekt. De elektrostatische windenergie converter zet windenergie direct om in elektrische energie. De generator wekt geladen deeltjes op welke met de wind in een waternevel meegevoerd worden. De wind moet energie leveren om de geladen deeltjes tegen het elektrische veld in te transporteren. Vervolgens wordt de waternevel met elektrostatische krachten afgeremd, waardoor de door de wind geleverde energie als elektrische energie kan worden afgenomen.



*Werkingsprincipe van de EWICON in vier stappen: 1. Water wordt verneveld; 2. Neveldruppeltjes worden opgeladen; 3. De nevel wordt door de wind vooruit geblazen; 4. De lading wordt opgevangen met een rooster.*

In het onderzoek zijn verschillende vernevelingsprincipes onderzocht welke kunnen werken met licht gezouten of zuiver water. Electro-Hydro-Dynamic Atomization (EHDA) of te wel 'Electro Spraying' en 'High Pressure Monodisperse Spraying' (verneveling onder hoge druk, door middel van een array van micro gaatjes op een chip) zijn hierbij als mogelijke kandidaat voor de vernevelaar overgebleven. In het laboratorium zijn prototypes van deze vernevelaars getest en met een enkelvoudige sproeier kon met een klein rendement (ongeveer 10%) een netto vermogen van 1-2 mW opgewekt worden. De collector kon daarbij tot 50 kV opgeladen worden, waarbij stromen afgenomen konden

worden in de orde van 0.1 tot enkele micro ampères. De prototypen gebruiken relatief gezien nog veel water (120 ml/uur). Bij druppelgroottes tussen de 10 – 20  $\mu\text{m}$  kan de EWICON opstelling het meest efficiënt werken. Theoretische studies en experimenteel onderzoek hebben verder aangetoond dat deze vernevelaars zich laten opschalen, maar dat deze opschaling niet lineair verloopt.



*Een array van enkele EMDA vernevelaars (links). Prototype nozzle van de hoge druk vernevelaar (rechts).*

De EWICON energiebron genereert weliswaar een hoge elektrische spanning, maar levert haar energie af als een bron met een hoge impedantie. Conventionele gebruikers (het elektriciteitsnet) kunnen daarom niet rechtstreeks gebruik maken van de elektrische energie. Naast de vernevelaars is er daarom een DC/DC omvormer ontwikkeld die het mogelijk maakt om de gegenereerde hoge gelijkspanning (orde 50-100kV) om te zetten in een lagere spanning (orde enkele honderden volts). De omvormer is gebaseerd op een uniek modulair concept met een omzettingsrendement van meer dan 95%.

## Ecologie

De potentiële voordelen van een EWICON installatie zijn dat deze nagenoeg geruisloos werkt, en een geringer onderhoud en lagere investering vergt dan de conventionele windturbine. Doordat de EWICON geen beweegbare delen heeft, is deze veiliger voor vogels, en hebben mens en dier in de directe omgeving geen last van intermitterende schaduwen. Het principe is toepasbaar op zee en ook op land. Omdat de EWICON installatie een zeer hoge spanning opwekt, moet er rekening gehouden worden met de veiligheid voor mens en dier.

Omdat zuiver of licht gezouten water wordt gebruikt heeft de EWICON geen negatief effect op het milieu. In droge of aride gebieden zou het waterverbruik als mogelijk concurrerend voor andere watergebruikers gezien kunnen worden. Het model EWICON dat onderzocht is lijkt qua uitvoeringsvorm nog steeds vrij veel op een conventionele windturbine, afgezien van het feit dat deze installatie geen grote roterende wieken heeft. Het onderzoek heeft echter aangetoond dat de grote stroomcollector op een ander wijze geconstrueerd kan worden waardoor deze veel minder in het oog zal springen. Hierdoor zal de acceptatiedrempel (horizonvervuiling) verlaagd kunnen worden.

## Economie

Het werkingsprincipe is in een EET-project experimenteel aangetoond. Het rendement en vermogen dat deze installatie kan opwekken zijn vooralsnog laag. Daar tegenover staat dat de EWICON niet afgeschakeld behoeft te worden bij zeer hoge windsnelheden, en dat de installatie veel minder last zal hebben van sterk wisselende windbelastingen op de constructie. Economisch gezien kan dit gecompenseerd worden door de geringe investeringen (minder zware constructies) en onderhoudskosten, waardoor kleinschalige, decentrale energieopwekking op land in eerste instantie tot de mogelijkheden lijkt te behoren.

Een belangrijk aspect is dat het relatief veel energie kost om het te vernevelen water op grote hoogte te brengen. In de praktijk zal al gauw het water tot op 30 m op zelfs wel tot op 100 m opgepompt moeten worden. Het waterverbruik van het huidige prototype is zo groot, dat het oppompen van water tot 30 m zoveel energie vraagt dat het netto rendement tot nul gereduceerd zal worden. Daarom is het belangrijk om niet energievragende alternatieven voor de watertoevoer te ontwikkelen. Mogelijkheden daarvoor worden gezocht in combinatie met gebouwen, zoals het opvangen van regenwater op daken of het hergebruik van verdampingswater. Toepassing in combinatie met glastuinbouw (elektriciteitsproducerende kassen) of grote utiliteitsgebouwen zoals sporthallen, zwembaden of flats is dan een interessante optie.

Alvorens grootschalige toepassing kan starten, moet het rendement nog verbeterd worden door optimalisatie van het vernevelingsprincipe, het verhogen van de lading per deeltje en het terugdringen van het waterverbruik. Verder moeten praktijkstudies aangeven in hoeverre de EWICON gevoelig zal zijn voor wisselende weersinvloeden, en vooral hoge luchtvochtigheid en lage temperaturen (vorst). Daarnaast moet een economisch interessante productiemethode ontwikkeld worden om de vernevelaar op te schalen naar vermogens in de orde van 1kW. Pas dan zal kleinschalige, en decentrale energieopwekking, een interessante markt kunnen vormen.

### **Vervolgactiviteiten**

Hoewel de prototypen op dit moment vermogens kunnen opwekken in de orde van milliwatts, heeft het onderzoek aangetoond dat het principe geschikt is, een positief netto rendement heeft, en dat er voldoende perspectieven zijn voor opschaling en rendementsverbetering.

Naar verwachting zal een volgend prototype van 1 Watt in één tot twee jaar een feit kunnen zijn. Een verdere opschaling welke tot een prototype van 1 kW zal leiden zal nog 5 jaar op zich laten wachten, eerste praktijkrijpe installaties worden over 10 jaar verwacht. In eerste instantie zal de EWICON installatie als kleine installatie voor decentrale energieopwekking ingezet kunnen worden in de bebouwde omgeving waarbij regenwater, opgevangen op daken of verdampingswater uit kassen gebruikt wordt om te vernevelen. Voor toepassingen op zee zijn alleen heel grote vermogens boven de 1 MW interessant, zodat de EWICON installatie vooraleerst niet het ruime sop zal kiezen.

## Samenwerkende partijen

Gedurende het project werkten de kennisinstellingen Wageningen UR en TU Delft samen met commerciële bedrijven om een elektrostatische windenergieconverter te ontwikkelen. Een promovendus van de High Voltage Technology & Management Groep heeft in zijn promotieonderzoek veel aandacht besteed aan EWICON prototypen waarin de verschillende vernevelingstechnieken zijn getest. Een promovenda van de Particle Technology Groep heeft zich met name bezig gehouden met het modelleren van EHDA. Een student uit Florida vervulde zijn stageopdracht.

	Postadres	Telefoon en Fax
	Wageningen UR Glastuinbouw Postbus 16 NL - 6700 AA Wageningen	T+31 (0) 317 47 33 15 F+31 (0) 317 42 31 10
	High-voltage Technology and Management Delft University of Technology	T: +31 15 278 5780 F: +31 15 278 8382
	Mekelweg 4 2628 CD Delft	Postbus 5031 2600 GA Delft
	Particle Technology Group Delft University of Technology Julianalaan 136 NL - 2628 BL Delft	T: +31 15 278 8843 F: +31 15 278 4945
	Section Wind Energy Faculty of Civil Engineering and Geosciences Delft University of Technology Stevinweg 1 2628 CN Delft	T: +31 15 278 1093 F: +31 15 278 5347
	MEDSPRAY XMEMS bv Pantheon 26 7521 PR Enschede	T: +31 53 711 2835 info@MEDSPRAY.nl
	Koninklijke VOLKER WESSELS Stevin n.v. Postbus 525 NL - 3440 AM Woerden	T: +31 348-435 160 F: +31 348-435 111
<b>STANMAX ELECTRONICS</b>	STANMAX Electronics Kleine Overstraat 49 NL - 7411 JJ Deventer	T: +31 570 615 807 F: +31 570 614 970
	NUON Business Postbus 41920 1009 DC Amsterdam	T: +31 20 597 20 00 F: +31 20 597 42 10

Aan EWICON werkten mee: Rahim Mohamed Abdur, Jos Balendonck, Margreet Bruins, Dhiradj Djairam, Menno van Groeningen, Prisca Hamers, Anna Hubacz, Sipke Huitema, Jan Marijnissen, Peter Morshuis, Wietze Nijdam, Gerrit Oudakker, Rogier Ravelli, Henk van Roest, Ruud van Rooij, Johan Smit, Piet Sonneveld, Alex Theodore, Herbert Vandenbosch, Wiebe van de Veen, Bas Visschedijk, Jeroen Wissink.

## Trefwoorden

Trefwoorden: EWICON, windenergie, elektro-statisch, elektro-spraying, water, vernevelaar, geladen deeltjes, geladen druppels, wind turbine

Keywords: EWICON, wind energy, electro static, electro spraying, electro hydro dynamic atomization, high pressure atomization, water, nozzle, aerosol, charged droplets.

## Beschikbare Literatuur

- R. Bodega, P.J. Sonneveld, P.H.F. Morshuis, R. van Rooij, L.G.M. van Eldijk,  
Conversion of wind into electrical energy without the need for moving parts, Proceedings of ISH 2003, august 2003
- Djairam, D.; Hubacz, A.N.; Morshuis, P.H.F.; Marijnissen, J.C.M.; Smit, J.J., 2005.  
The development of an Electrostatic Wind Energy Converter (EWICON), International Conference on Future Power Systems, Amsterdam, 16-18 Nov. 2005, Page(s): 1 – 4.
- Hubacz, A.N., D. Djairam, P.H.F. Morshuis, J.C.M. Marijnissen, J.J. Smit and P.J. Sonneveld, 2006.  
Electrostatic wind energy converter - EWICON. (ATT1501224).
- A.N. Hubacz, D. Djairam, P.H.F. Morshuis, J.C.M. Marijnissen, J.J. Smit, P.J. Sonneveld, 2006.  
Electrostatic Wind Energy Converter: EWICON; International Aerosol Conference 2006 (abstract).
- Djairam D., P.H.F. Morshuis and J.J. Smit, 2006.  
Simulation of dynamical behaviour of EHDA produced particles in an electrical and mechanical field, International Symposium on Electrohydrodynamics (ISEHD), Buenos Aires, Argentina, 2006.
- Djairam D., P.H.F. Morshuis and J.J. Smit, 2006.  
'Direct conversion of wind energy to electrical energy using EHDA, International Symposium on Electrohydrodynamics (ISEHD), Buenos Aires, Argentina, 2006.
- Djairam D., P.H.F. Morshuis and J.J. Smit, 2006.  
'Electro-spraying without spraying nozzles using self-adjusting Taylor cones, International Symposium on Electrohydrodynamics (ISEHD), Buenos Aires, Argentina, 2006.
- Djairam D., W. Nijdam, J. Balendonck, P.H.F. Morshuis and J.J. Smit, 2007.  
Converting wind energy to electrical energy using charged droplets in an electric field. (CEIDP. Paper 1 2007)
- Djairam D., P.H.F. Morshuis and J.J. Smit, 2007.  
Optimising electrode design and positioning for EHDA Produced particles in a EWICON. (CEIDP. Paper 2 2007).
- Sonneveld, P. en J. Balendonck, 2007.  
EWICON, elektrostatische windenergie converter. Poster/Folder van Wageningen-UR Glastuinbouw, beschikbaar via [www.ewicon.nl](http://www.ewicon.nl).
- J. Balendonck, 2007.  
'Geruisloze windenergie', WUR-Glastuinbouw, Volkskrant, zaterdag 27-10-2007.  
Web-site: [www.EWICON.nl](http://www.EWICON.nl); [www.EWICON.eu](http://www.EWICON.eu) en [www.EWICON.org](http://www.EWICON.org) (2007), domeinnaamhouder WUR-glastuinbouw.