

Tuulivoiman tuotantotilastot

Vuosiraportti 2005

Hannele Holttinen

ISBN 951-38-6607-6 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1459-7683 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2006

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Biologinkuja 5, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7048

VTT, Biologgränden 5, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7048

VTT Technical Research Centre of Finland, Biologinkuja 5, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7048

Tekijä(t) Holtinen, Hannele		
Nimeke Tuulivoiman tuotantotilastot Vuosiraportti 2005		
Tiivistelmä Tuotantotilastointiin osallistuvien tuulivoimaloiden tuotanto oli 170 GWh vuonna 2005, mikä vastaa noin 0,2 % Suomen vuoden 2005 sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 82 MW vuoden 2005 lopussa. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2005 lopussa noin 40 500 MW, josta vuoden 2005 aikana asennettua uutta kapasiteettia on 6000 MW. Suomessa tuulivoiman edistäminen tapahtuu osana kansallista ilmastostrategiaa, jota toteutetaan Uusiutuvi- en energialähteiden edistämisohjelman avulla. Tuulivoimaa tuetaan sähköveron palautuksen verran, 0,69 €/nt/kWh, ja lisäksi uuden teknologian tuulivoimainvestoinnit voivat saada investointitukea enimmillään 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti. Vuosi 2005 oli keskimääräistä tuulisempi Pohjanlahdella ja Suomenlahdella ja jonkin verran tynempi Ahvenanmaalla. Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimatuotanto oli Peräme- rellä 115 %, Selkämerellä 102 %, Suomenlahdella 103 % ja Ahvenanmaalla 91 % pitkän aikavälin keski- määräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytetään vuosien 1987–2001 keskimääräistä tuotantoa. Koko vuoden toiminnassa olleiden laitosten keskimääräinen huipunkäyttöaika ylitti ensimmäistä kertaa 2100 h/a. Uudet korkeat MW-laitokset tuottavat selvästi paremmin kuin 90-luvun alkupuolella rakennetut tuulivoimalaitokset. Paras laitos ylsi yli 3500 h/a huipunkäyttöaikaan. Tuulivoimalaitosten tekninen käytet- tävyys vuonna 2005 oli kohtuullisen hyvä, 95 %. Suomen tuulivoimalaitosten keski-ikä oli vuoden 2005 lopussa 7,1 vuotta. Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi yhteenvedon vika- ja häiriötilastoista vuodelta 2005.		
Avainsanat wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures		
ISBN 951-38-6607-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 271-C4SU00648
Julkaisuaika Kesäkuu 2006	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivuja 38 s. + liitt. 7 s.
Projektin nimi Tuulivoiman kansainvälinen yhteistyö IEA	Toimeksiantaja(t) Tekes & tuulivoimatuottajat	
Yhteystiedot VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 111 Faksi 020 722 7048	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	

Published by



Series title, number and
report code of publication

VTT Working Papers 55
VTT-WORK-55

Author(s) Holttinen, Hannele		
Title Wind energy statistics of Finland Yearly report 2005		
Abstract <p>The wind power production in Finland was 170 GWh, which corresponded to 0.2% of Finland's electricity consumption in 2005. Installed wind capacity was 82 MW at the end of the year. Number of the operating turbines was 94. Four new turbines, 4 MW were installed in 2005 but 2 x 2 MW were dismantled so no net increase in installed capacity.</p> <p>Promotion of wind power is part of the Renewable Energy Program that practices the national climate strategy. Wind energy receives investment subsidies and a production subsidy of 0.69 €/kWh. The amount of the investment subsidy for new technology projects is up to 40% of the total investment. The exact amount is granted separately for each project.</p> <p>The rated power of wind power plants has continued to rise steadily. The average size of all turbines in Finland was 875 kW at the end of 2005 (900 kW at the end of 2004).</p> <p>Year 2005 had a good wind resource for Gulf of Bothnia and Gulf of Finland, but less windy compared to long term average for Åland. The weighted production index for the four sea areas was 108%. Average capacity factor of standard wind turbines, which operated the whole year, was 24% and the best turbine yielded 40% capacity factor.</p> <p>Technical availability of the standard wind power plants was 95 % in 2005. The average age of wind turbines was 7 years at the end of 2005.</p> <p>This report contains production and availability figures of the grid connected wind turbines in Finland as well as component summary of failure statistics.</p>		
Keywords wind energy, wind power, power production, statistics, production statistics, failures		
ISBN 951-38-6607-6 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Working Papers 1459-7683 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 271-C4SU00648
Date June 2006	Language Finnish, english abstr.	Pages 38 p. + app. 7 p.
Name of project Tuulivoiman kansainvälinen yhteistyö IEA	Commissioned by Tekes & wind power producers	
Contact VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 111 Fax +358 20 722 7048	Publisher VTT P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 20 722 4374	

Alkusanat

Tuulivoiman tuotantotilastoa on ylläpidetty vuodesta 1992 lähtien Suomen Tuulivoimayhdistyksessä vapaaehtois pohjalla ja vuodesta 1994 lähtien osana VTT:n IEA-yhteistyötä. Vuodesta 1996 eteenpäin tuotantotilastot on kerätty VTT:n tietokantaan siten, että Ilmatieteen laitos on toimittanut tuotantoindeksit ja tuulivoiman tuottajat ovat toimittaneet tuotanto- ja häiriötiedot.

Tuotantotilastot perustuvat tietokantaan, joka luotiin kauppaja teollisuusministeriön rahoittamassa projektissa ”Tuulivoiman tuotantotilastoinnin kehittäminen” vuonna 1996 ja jota kehitettiin edelleen vastaavassa projektissa 2000–2002. Tilastoituna on tuotannon lisäksi laitosten häiriöajat ja vikaerittelyt sekä Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit. Tuotantoindeksi on mitta tuulienergian määrästä kunakin kuukautena verrattuna ko. kuukauden keskimääräiseen tuulisuuteen. Lisäksi tietokannassa on laitosten teknisiä tietoja sekä sijoituspaikkakunta, lääni ja verkkoyhtiö.

Tuulivoimatilastoja käytetään valtakunnallisessa ja kansainvälisessä energiatilastoinnissa. Tilastot helpottavat julkisen investointituen kohdentumisen ja tuloksellisuuden seuranta. Kun tuulivoimalaitoksista raportoidaan tuotannon lisäksi häiriöajat ja tuulisuuden vaihtelu otetaan huomioon tuotantoindeksissä, voidaan tietoja käyttää arvioitua ja toteutuneen tuotannon mittaamiseen. Lisäksi tilastoaineistoa voidaan käyttää laitosten teknisen toimivuuden seurantaan, mistä on yhdessä tuotannon arvioinnin parantumisen kanssa apua uusien tuulivoimalaitoshankkeita suunniteltaessa.

Tämä vuosiraportti on tehty seuraten soveltuvin osin Ruotsin tuulivoimatilastojen vuosiraporttia /1/.

Tuotantotilastot julkaistaan kuukausittain VTT:n Internet-sivulla <http://www.vtt.fi/services/cluster7/index.jsp> ja neljännesvuosittain Tuulensilmä-, Vindö- ja Windstats-lehdissä. Vuosittain julkaistaan tämä tuulivoimatilastoinnin vuosiraportti, joka on ladattavissa pdf-formaatissa VTT:n Internet-sivuilta. Tilastokeskukselle on toimitettu vuosittain brutto- ja nettotuotannot laitoksittain osaksi Suomen ja Euroopan energiatilastoja ja SENERille kuukausittain arvio tuulivoimatuotannosta sähkön pikatilastoja varten.

Kiitos tästä tuotanto- ja vikatilastoihin perustuvasta raportista kuuluu tuulivoiman tuottajille, joiden toimittamien tietojen perusteella raportti on laadittu.

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	5
1. Kuukausiraportointi	7
2. Tilastointiin osallistuvat laitokset	8
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin.....	11
3. Määritelmät ja tunnusluvut	14
4. Tuulen energiasisältö	16
4.1 Tuotantoindeksit.....	16
5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys	18
5.1 Teho ja sähköntuotanto.....	18
5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti	20
5.3 Laitoskoon kehitys	22
5.4 Tunnuslukuja	22
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2005.....	25
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2005	25
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2005	27
6.3 Suomen tuulivoimatuotannon vertailu muihin maihin.....	28
7. Käyttökatkot.....	30
7.1 Tekninen käytettävyys.....	30
7.2 Käyttökatkojen erittelyt.....	30
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika.....	33
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus.....	35
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	35
8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana	36
Lähdeluettelo	38
Liitteet	
Liite 1: Tilastotietojen keräämisessä käytetyt lomakkeet	
Liite 2: Tuotantotilasto 2005	

1. Kuukausiraportointi

Tilastointiin ovat osallistuneet Suomen verkkoonkytketyt yli 50 kW tuulivoimalaitokset.

Tavoitteena on tilastoida Suomen jokaisen tuulivoimalaitoksen kuukausittaiset tuotantotiedot (brutto ja netto) sekä mahdolliset seisokkiajat erittelyineen.

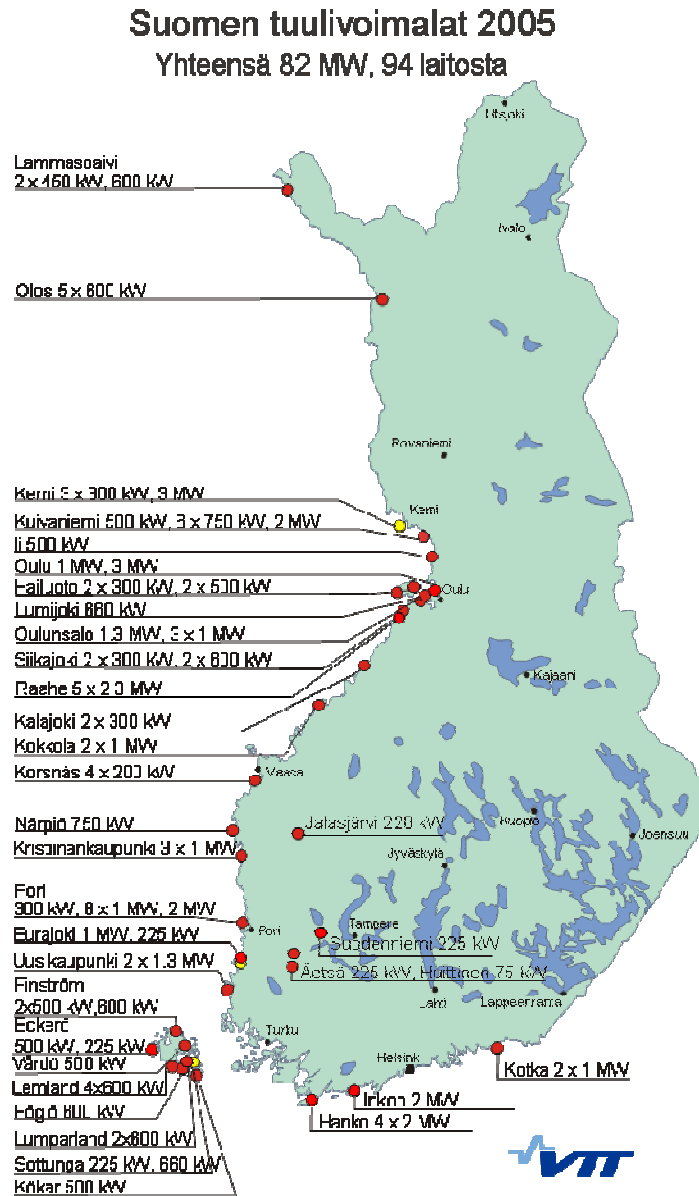
Vanhempien laitosten seisokkiaikoja ei voida kerätä automaattisesti, ja tämän vuoksi osa ajoista on jouduttu arvioimaan jälkeinpäin. Tietokantaan lisättävien uusien laitosten seisokkiaikojen tilastointi aloitetaan niiden koekäyttövaiheen jälkeen. Koekäyttö kestää yleensä kuukaudesta muutamaa kuukauteen laitoksen verkkoonkytkennästä. Muutamilta tuottajilta seisokkiaikoja ei ole saatu, ja lisäksi muutamilla laitoksilla on ollut tietoliikennekatkoja, minkä vuoksi osa seisokkiajoista on arvioitu tuntitehoaikasarjojen perusteella, vertaamalla laitoksen tuotantoa muiden samalla sijoituspaikalla tai lähellä olevien laitosten tuotantoon.

Vuodesta 1999 lähtien tuotanto- ja vikaraportoinnissa on käytetty Excel-tiedostoja, joiden sisältämät tiedot luetaan tilastotietokantaan automaattisesti tietokoneohjelman avulla. Vuoden 2002 aikana tilastotietokantaan lisättiin valmiudet tuulivoimaloiden käyttökustannusten tilastoimiseksi. Käyttökustannukset kysytään laitosten omistajilta vuosittain, mutta toistaiseksi niitä on saatu kerättyä vain muutamalta omistajalta. Tilastotietojen keräämisessä käytettävät lomakkeet on esitetty liitteessä 1.

Tilastojen perusteella SENERille on ilmoitettu kuukausittain arvio kokonaistuulisähkön tuotannosta. Arvio Suomen sähkötilastojen pikatilastoja varten tehdään kuukauden 10. päivään mennessä raportoineiden voimaloiden ilmoittamien tuotantolukujen perusteella. Kuukausittaiset laitoskohtaiset yhteenvedot ovat ladattavissa linkin <http://www.vtt.fi/services/cluster7/index.jsp> kautta avautuvalta Tuulivoimatilastot-sivulta kuukauden 10. päivän jälkeen.

2. Tilastointiin osallistuvat laitokset

Tilastointiin osallistui vuonna 2005 yhteensä 95 laitosta, yhteensä 83 MW. Marraskuussa purettiin 2 x 2 MW laitokset Inkoossa, eikä joulukuussa pystytetty Kemin 3 MW laitos vielä vuonna 2005 tuottanut sähköä verkkoon. Uusi 3 MW laitos huomioiden Suomen tuulivoimakapasiteetti vuoden 2005 lopussa oli 82 MW, 94 laitosta. Laitosten sijainnit on esitetty kuvassa 1 ja perustiedot taulukossa 1.



Kuva 1. Tilastointiin osallistuvien tuulivoimaloiden sijainnit vuoden 2005 lopussa. Vuoden 2005 aikana pystytettiin Sottunga 2, Äetsä 1, Eurajoki 2 ja Kemi 4. Vuonna 2005 purettiin Inkoossa 1–2.

Taulukko 1. Tilastoidut tuulivoimalaitokset. Omistusmuoto-lyhenne on selitetty taulukossa 2. Ensimmäinen laitos, 300 kW Kopparnäs, on purettu vuonna 1995, ja Pyhätunturin ja Paljasselän laitokset siirrettiin Jalasjärvelle ja Huittisiin vuonna 2003.

Laitos ID	Nimi	Aloituspvm	Omistaja	OMISTUS-MUOTO	Yhteyshenkilö	Valmistaja	Teho kW
3-6	Korsnäs 1-4	11.91	Korsnäsin Tuulivoimapuisto Oy	C	Herbert Byholm	Nordtank	4x200
7	Sottunga 1	01.92	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Vestas	225
8-9	Siikajoki 1-2	04.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Veikko Palmu	Nordtank	2x300
10-11	Kalajoki 1-2	04.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Veikko Palmu	Nordtank	2x300
12-14	Kemi 1-3	08.93	Kemin Tuulivoimapuisto Oy	C	Tarmo Malvalehto	Nordtank	3x300
15	Pori	09.93	Pori energia	U	Timo Mäki	Nordtank	300
16-17	Hailuoto 1-2	10.93	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Veikko Palmu	Nordtank	2x300
19-20	Hailuoto 3-4	04.95	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Veikko Palmu	Nordtank	2x500
21	Eckerö 1	08.95	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Vestas	500
22	Kuivaniemi	08.95	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	Nordtank	500
23-24	Lammasoivi 1-2	10.96	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2x450
26	Ii	01.97	Iin Energia Oy	U	Kauko Torvela	Nordtank	500
27-28	Siikajoki 3-4	04.97	Vattenfall sähköntuotanto Oy	U	Veikko Palmu	Nordtank	2x600
29	Kökar	10.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	500
30-31	Lemland 1-2	11.97	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Vestas	600
32	Lemland 4	11.97	Ålands Vindkraft Ab	O	Henrik Lindqvist	Vestas	600
33	Lemland 3	11.97	Ålands Skogsägarförbund	C	Henrik Lindqvist	Vestas	2x600
35	Värdö	09.98	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	500
36-37	Finström 1-2	10.98	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Enercon	2x500
41-43	Kuivaniemi 2-4	10.98	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	NEGMicon	3x750
39-40	Olos 1-2	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	2x600
38	Lammasoivi 3	11.98	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	600
44	Lumijoki 1	03.99	Lumituuli Oy	C	Aarne Koutaniemi	VESTAS	660
45-52	Meri-Pori 1-8	06.99	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	8x1000
53	Oulunsalo 1	08.99	Oulun Seudun Sähkö KOK	U	Kari Kuusela	Nordex	1300
56	Närpiö 1	09.99	Ab Öskata Vind Närpes Oy	C	Märta Backlund	NEGMicon	750
54-55	Kotka 1-2	09.99	Kotkan energia Oy	U	Jarmo Ritola	Bonus	2x1000
57-59	Olos 3-5	09.99	Tunturituuli Oy	U	Seppo Partonen	Bonus	3x600
60	Finström 3	10.99	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Enercon	600
61	Föglö	09.99	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	600
62-63	Uusikaupunki 1-2	10.99	Propel Voima Oy	U	Osmo Laine	Nordex	2x1300
64-66	Kuivaniemi 5-7	11.99	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	NEGMicon	3x750
69	Oulu 1	09.01	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1000
70	Meri-Pori 9	07.02	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	2000

71	Kuivaniemi 8	12.02	VAPOn tuulivoima Oy	I	Mauno Oksanen	VESTAS	2000
72-73	Lumparland 1-2	8.03	Ålands Vindenergiandelslag	C	Henrik Lindqvist	Enercon	600
74-75	Kokkola 1-2	6.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1000
76-78	Kristiinankaup 1-3	12.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1000
79-81	Oulunsalo 2-4	8.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1000
82	Eckerö 2	7.04*	JG Vind	C	Henrik Lindqvist	Vestas	225
83-87	Raahe 1-5	06.04	Suomen Hyötytuuli Oy	U	Timo Mäki	Bonus	1000
88-91	Hanko 1-4	09.04	SABA Wind Oy Ab	C	Tage Romberg	Enercon	2000
92-94	Inkoo 1-3	09.04	SABA Wind Oy Ab	C	Tage Romberg	Enercon	2000
95	Eurajoki 1	10.04	Teollisuuden Voima Oy	U	Jaakko Tuomisto	WinWinD	1000
96	Jalasjärvi 1	07.03*	Hannu-Pekka Kivistö	C	H. Kivistö	WindWorld	220
97	Oulu 2	12.04	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	3000
98	Suodenniemi 1	12.04*	Maatalousyrittäjä Pertti Tuori	C	Pertti Tuori	Vestas	225
105	Huittinen 1	03.03*	Nordeco Oy	C	Kariniemi	Nordtank	75
79-81	Oulunsalo 2-4	8.03	PVO Innopower Oy	U	Lauri Luopajarvi	WinWinD	1000
82	Sottunga 2	1.05*	Ålands Vindkraft Ab	C	Henrik Lindqvist	Vestas	660**
83	Äetsä 1	9.05*	Juha Oittinen	C	Juha Oittinen	Vestas	225
84	Eurajoki 2	12.05*	Ari-Matti Väkiparta	C	Ari-Matti Väkiparta	NegMicon	250
85	Kemi 4	12.05	Haminan energia	U		WinWinD	3000

* Ostettu käytettynä, aloitusaika ei kerro laitoksen ikää.

** Laitos toimi tehorojoitteella 495 kW marraskuuhun 2005 asti.

Tuulivoimalaitokset on nimetty sijaintipaikkansa kunnan mukaan (Lapissa sijoituspaikatunturin mukaan). Nimen perässä olevien numeroiden perusteella voi päätellä, kuinka monen laitoksen ryhmästä on kyse. Tästä muodostavat poikkeuksen Hailuoto, jossa laitokset 1–3 sijaitsevat ryhmänä Marjaniemessä ja laitos 4 on Huikussa saaren itäkärjessä; Siikajoki, jossa laitokset 1–2 ovat Varessäikän ja laitokset 3–4 Tauvon kalasatamassa; Kuivaniemi, jossa laitokset 2–4 sijaitsevat Kuivamatalalla noin 0,5 km rannikosta. Porissa muita laitoksia aikaisemmin rakennettu 300 kW Pori 1 sijaitsee Reposaaressa ja Meri-Pori-nimisistä laitoksista 1–4 Reposaaressa Pengertiellä, 5 Reposaaressa ja laitokset 6–9 Tahkoluodossa.

Vuonna 2005 pystytettiin 4 laitosta, yht. 4 MW. Ahvenanmaan Sottungassa otettiin käyttöön heinäkuussa 2005 Hollannista käytettynä ostettu tanskalaisvalmisteinen Vestaksen 660 kW laitos. Laitos ajoi lähes koko vuoden tehorojoituksella 495 kW. Kaksi muuta käytettynä ostettua laitosta otettiin syksyllä käyttöön Äetsällä (Vestas 225 kW) ja Eurajoella (NegMicon 250 kW). Marraskuussa SaBa Vind joutui purkamaan kaksi kolmesta Enerconin 2 MW laitoksista (Inkoo 1–2). Suomalaisia WinWinDin-laitoksia pystytettiin Suomeen 1 kpl vuonna 2005: Haminan Energia pystytti Kemiin 3 MW laitoksen joulukuussa.

Vuoden 2005 lopun kapasiteetista pisimpään käytössä olleita laitoksia ovat Korsnäsin 4 laitosta, jotka ovat olleet käytössä marraskuusta 1991 lähtien.

Maailmalla tuulivoimakapasiteetin kasvaessa vanhoja pieniä laitoksia on alettu korvata uudemmilla ja suuremmilla laitoksilla. Syynä tähän on hyvätuulisten paikkojen maksimaalinen hyödyntäminen. Käytettyjen laitosten pystyttäminen Suomessa jatkui v. 2005, kun Sottungaan, Äetsään ja Eurajoelle pystytettiin Hollannista ostetut laitokset.

Suomessa oli ennen vuotta 2005 purettu vain muutamia tutkimuskäytössä olleita laitoksia. Vuonna 2005 purettu Inkoon Barösundin 4 MW (2 x 2 MW) laitokset vietiin takaisin Saksaan. Inkoon Kopparnäsin tutkimuslaitokset (purettu vuoden 2001 alussa) eivät osallistuneet tilastointiin. Vuoden 2001 syyskuussa purettiin Pelkosenniemen Pyhätunturilla sijainnut 220 kW tutkimuslaitos. Laitoksella oli merkittävä asema arktisen tuulivoiman tutkimus- ja kehitystyössä. Vuoden 2002 aikana purettiin Enontekiön Paljasselällä sijainnut 65 kW tuulivoimala. Lapin laitokset on sittemmin pystytetty uudelleen sisämaahan Etelä-Suomeen ja otettu uudestaan mukaan tilastointiin vuonna 2005.

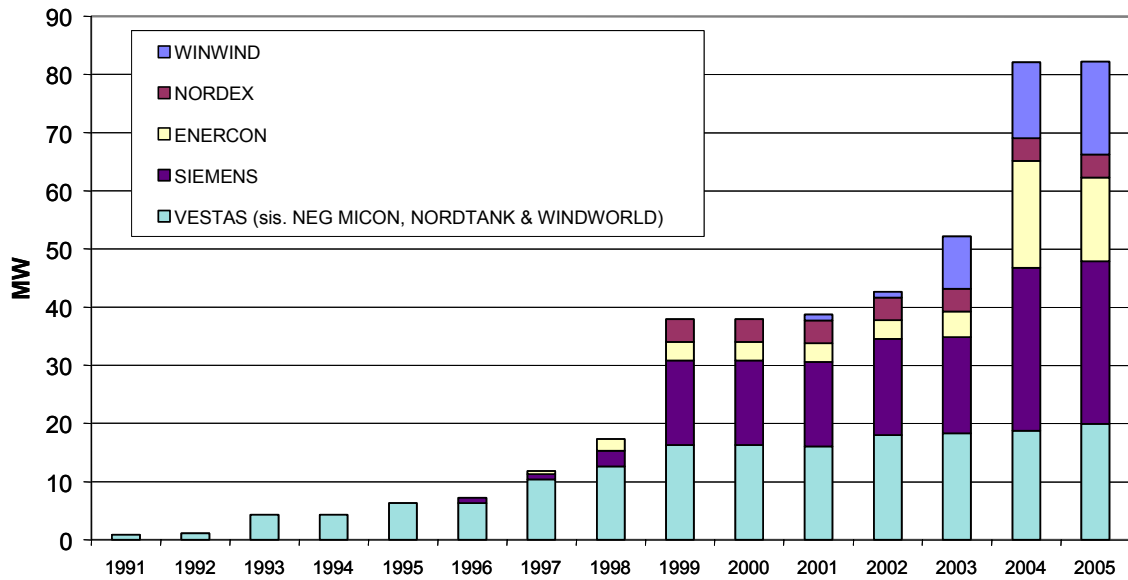
Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen ja tilastointiin osallistuvien tuulivoimalaitosten omistusmuodot vuoden 2005 lopussa.

Omistusmuoto		Laitoksia		Kapasiteetti	
		lkm	%	MW	%
U	Sähköyhtiö (Utility company)	51	54 %	52,7	64 %
C	Kuluttajaomisteinen (Consumer owned company)	34	36 %	21,9	27 %
I	Teollisuus (Industry owned company)	8	9 %	7	9 %
O	Muu yritys (Other)	1	1 %	0,6	1 %
YHTEENSÄ		94	100 %	82,2	100 %

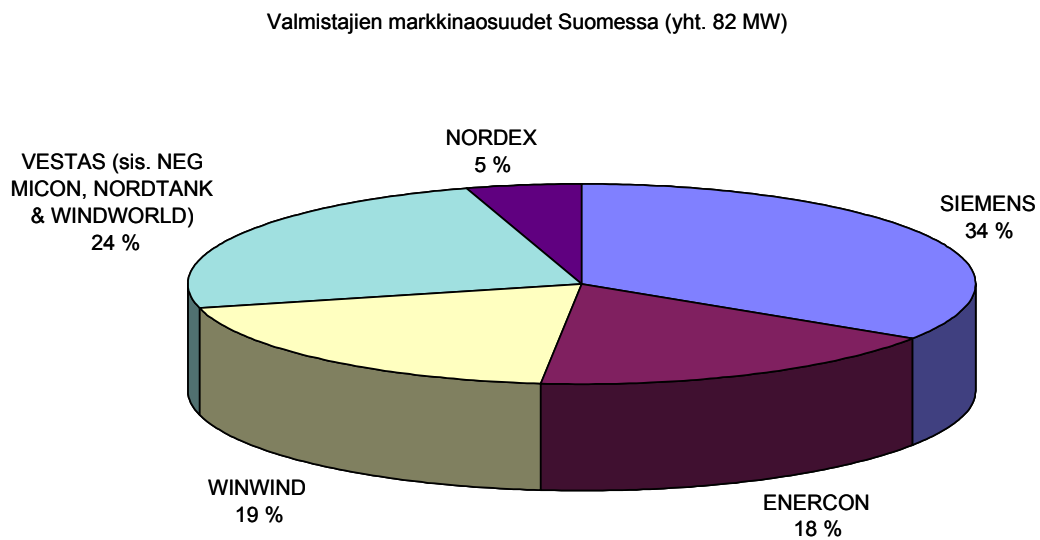
2.1 Tuulivoimalaitokset tyypeittäin

Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuuksien kehittyminen Suomessa vuodesta 1991 on esitetty kuvassa 2.

Valmistajien markkinaosuudet Suomen koko tuulivoimakapasiteetista vuoden 2005 lopussa on esitetty kuvassa 3. Vuonna 2005 rakennetusta uudesta kapasiteetista Winwindin osuus oli 75 % ja käytettyjen Hollannista ostettujen tanskalaisvalmisteisten laitosten 25 %. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden tyypit on koottu taulukkoon 3.



Kuva 2. Markkinaosuuksien kehitys Suomessa kapasiteetin mukaan vuosina 1991–2005.



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista vuoden 2005 lopussa.

Taulukko 3. Suomessa käytössä olevat tuulivoimalaitostyyppit vuoden 2005 lopussa.

Valmistaja	Nimellisteho (kW)	LKM	Yhteensä kW
WINWIND	3000	2	6000
BONUS*	2300	5	11500
ENERCON	2000	5	10000
BONUS*	2000	1	2000
VESTAS	2000	1	2000
NORDEX	1300	3	3900
BONUS*	1000	10	10000
WINWIND	1000	10	10000
NEGMICON*	750	7	5250
VESTAS	660	2	1320
BONUS*	600	6	3600
ENERCON	600	4	2400
VESTAS	600	4	2400
NORDTANK*	600	2	1200
ENERCON	500	4	2000
NORDTANK*	500	4	2000
VESTAS	500	1	500
BONUS*	450	2	900
NORDTANK*	300	10	3000
NEGMICON*	250	1	250
VESTAS	225	4	900
WINDWORLD	220	1	220
NORDTANK*	200	4	800
NORDTANK*	75	1	75
		94	82215

*Bonus on siirtynyt Siemensin omistukseen vuoden 2005 lopussa, Nordtank on ollut osa NEG Miconia ja vuodesta 2003 siirtynyt Vestaksen omistukseen.

3. Määritelmät ja tunnusluvut

Koska tuulivoimalaitokset ovat erikokoisia, niiden tuotantoja ei voi suoraan verrata toisiinsa. Tuulivoimalaitosten tuotantolukuja verrataan yleensä kahden tunnusluvun avulla: suhteuttamalla tuotanto nimellistehoon (huipunkäyttöaika kWh/kW eli h) tai roottorin pyörähdyspinta-alaan (kWh/m²). Mikäli tuulivoimalaitoksen vuosituotanto ylittää 1000 kWh/m² tai huipunkäyttöaika on yli 2400 h, on laitos tuottanut erittäin hyvin. Heikot tunnusluvut johtuvat huonoista tuulisuusolosuhteista, suuresta häiriötuntimäärästä, tai teknisistä vioista. Heikot tuuliolosuhteet voivat johtua huonosta sijoituspaikasta tai keskimääräistä heikkotuulisemmasta vuodesta. On myös huomioitava, että laitos, jossa on suuri roottori suhteessa generaattorin kokoon (niin sanottu heikkojen tuulien laitos), antaa suuren huipunkäyttöajan mutta pienen tuotannon pyörähdyspinta-alaa kohden, kun taas erittäin tuulisille paikoille suunniteltu laitos (suuri generaattori suhteessa roottoriin) antaa päinvastaiset tunnusluvut.

Tuotanto roottorin pyyhkäisy-pinta-alaa kohti e (kWh/m²):
$$e = \frac{Tuot.(kWh)}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

Kapasiteettikerroin CF :
$$CF = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW) \cdot tunnit(h)}$$

Huipunkäyttöaika t_h (h):
$$t_h = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW)}$$

Seisokkiaika (h): Aika, jolloin tuulivoimalaitoksella on käyttökatko huollon, vian, ohimenevän häiriön tai muun pysäytyksen vuoksi. Seisokkiaikaan ei lasketa laitoksen normaalitoimintaan kuuluvia aikoja, jolloin tuulen nopeus on alle laitoksen käynnistymisnopeuden (3–5 m/s) tai yli myrskyrajan (20–25 m/s), tai kun lämpötila on alle laitoksen toimintalämpötilarajan (–15...–30 °C riippuen laitoksesta). Seisokkiaikaan lasketaan mukaan sähköverkosta aiheutuneet seisokit, jotka eivät kuitenkaan vähennä laitoksen teknistä käytettävyyttä.

Tekninen käytettävyys (%):
$$\frac{tunnit - (seisokkiaika - sähköverkkohäiriöt)}{tunnit}$$

Esim. tekninen käytettävyys vuodelta 2005: tunnit saavat arvon 8760 + 24 h (karkausvuosi). Keskimääräinen käytettävyys kaikille laitoksille: seisokkiaika yhteensä pois lukien sähköverkkohäiriöt; tunnit yhteensä kaikille laitoksille ottaen huomioon kesken vuotta aloittaneiden laitosten pienemmän tuntimäärän.

Tuotantoindeksi (%): Sääasemalta mitattujen tuulenopeushavaintojen perusteella laskettu tuotanto suhteessa pitkän aikavälin havainnoista laskettuun keskimääräiseen

tuotantoon. Tuulennopeushavainnot muutetaan keskitehoksi käyttäen 1500 kW tuuli-voimalaitoksen tehokäyrää. Lämpötilan muutoksista johtuvan ilman tiheyden vaihtelun vaikutus tuotantoon otetaan huomioon.

Napakorkeus Z (m): korkeus maan pinnasta roottorin (ja navan) keskipisteeseen.

4. Tuulen energiasisältö

Tuulivoimalle on ominaista tuotannonvaihtelut tunti-, kuukausi- ja vuositasolla. Tuuli-voimatuotantoa arvioitaessa on siis huomioitava myös tarkasteltavan jakson tuulisuus (energiasisältö) verrattuna keskimääräiseen jaksoon.

Tuulienergialle on etsitty indeksi kuvaamaan jakson tuulisuutta verrattuna keskimääräiseen tuulisuuteen, hieman samaan tapaan kuin energiatilastojen astepäiväluku, joka kuvaa lämmitysenergian riippuvuutta ulkolämpötilasta. Indeksiksi on valittu tuotantoindeksi, joka saadaan laskennallisesti muuttamalla Ilmatieteen laitoksen sääasemilla mitatut tuulen nopeustiedot tuulivoimalaitoksen tehokäyrän avulla tehoarvoiksi.

Indeksit lasketaan neljältä sääasemalta, jotka on valittu kuvaamaan Suomen neljää merialuetta (mittausmaston korkeus ilmoitettu suluissa). Vuonna 2005 siirryttiin käyttämään Selkämeren indekseissä Kristiinankaupunkia Valassaarten sijaan:

1. Suomenlahti: Helsinki Isosaari (17 m)
2. Ahvenanmaa ja Saaristomeri: Lemland Nyhamn (16 m)
3. Selkämeri: Kristiinankaupunki Karhusaari (36 m)
4. Perämeri: Hailuoto Marjaniemi (46 m).

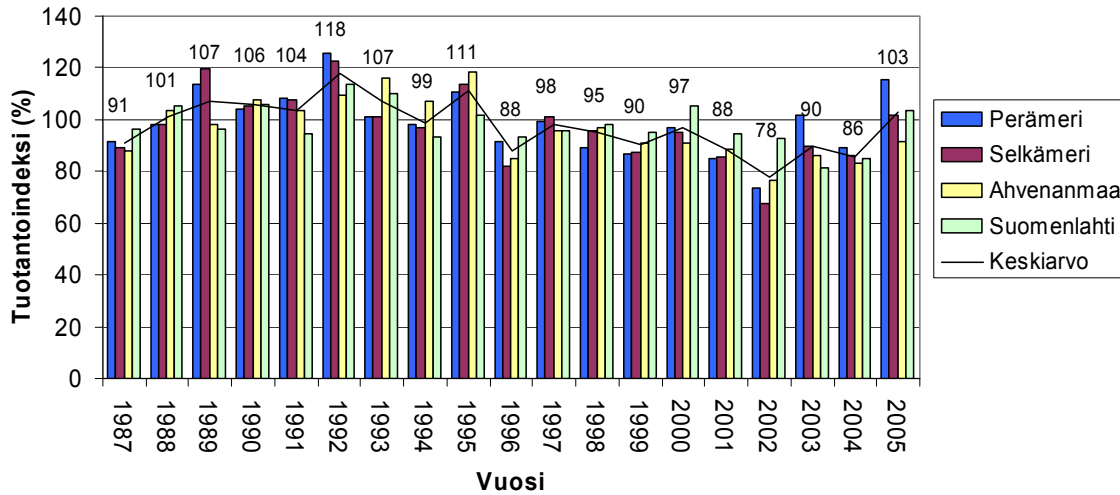
Lapin tunturialueilta ei ole saatavilla pitkän ajan keskiarvon määrittämiseen vaadittavaa havaintoaineistoa, joten Lapin alueelle tuotantoindeksiä ei voida toistaiseksi määrittää.

Ennen vuotta 2002 lasketuissa tuotantoindekseissä vertailujaksona käytettiin vuosia 1985–1995 ja indeksien laskennassa nimellisteholtaan 500 kW voimalan tehokäyrää. Vuoden 2002 aikana suoritettuna tilastoinnin kehittämishankkeen yhteydessä päivitettiin tuotantoindeksien laskenta ja laskennassa käytetty vertailujakso. Vertailujaksoa pidennettiin aiemmin käytetystä 11 vuodesta 15 vuoteen ja vertailujaksoksi valittiin 1987–2001. Indeksien laskennassa käytetään vuodesta 2002 alkaen nimellisteholtaan 1500 kW laitosta /2/.

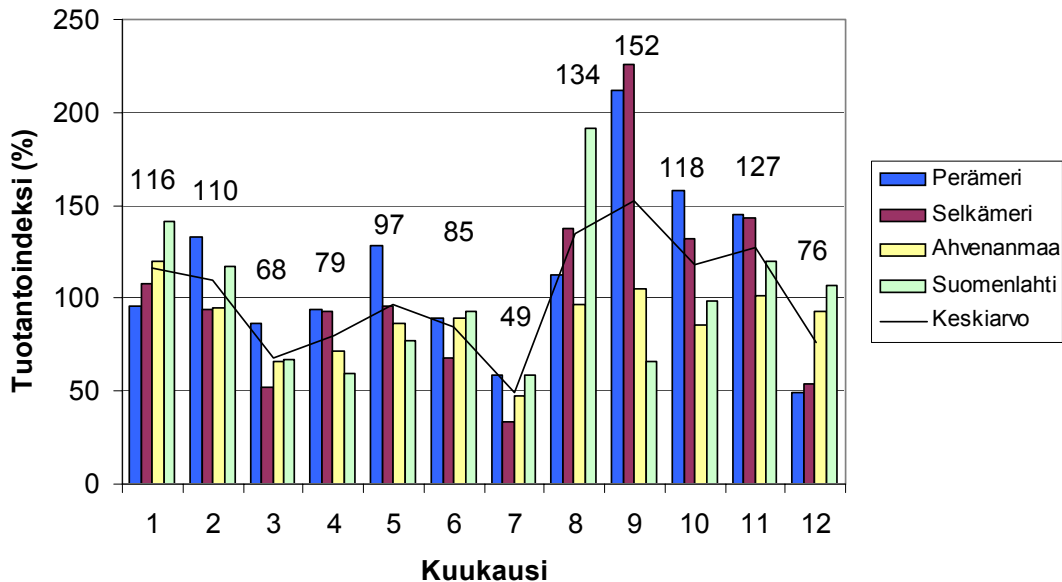
4.1 Tuotantoindeksit

Vuosi 2005 oli hyvä tuulivuosi muualla paitsi Ahvenanmaalla. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit vuonna 2005 olivat: Perämeri 115 %, Selkämeri 102 %, Ahvenanmaa 91 % ja Suomenlahti 103 %. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo on esitetty kuvassa 4. Tuotantoindeksien keskiarvo vuonna 2005 oli 103 %. Indeksien painotettu keskiarvo, jossa on huomioitu, millä indeksialueilla tuotettiin tuulivoimaa, oli 108 %.

Kuukausitason indeksit vuodelta 2005 on esitetty kuvassa 5. Vuosi 2005 alkoi tuulisena. Maaliskuusta eteenpäin oli keskimääräistä tyynempää paitsi Perämerellä. Heinäkuu oli koko maassa erittäin tyyni. Elo- ja syyskuu olivat tuulia, ja Pohjanlahdella hyvät tuulet jatkuivat vielä loka-marraskuussa. Joulukuu oli Pohjanlahdella erittäin tyyni, etelärannikolla tuuli hyvin.



Kuva 4. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1987–2005. 100 % on keskimääräinen tuotanto vertailuajanjaksolla 1987–2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.



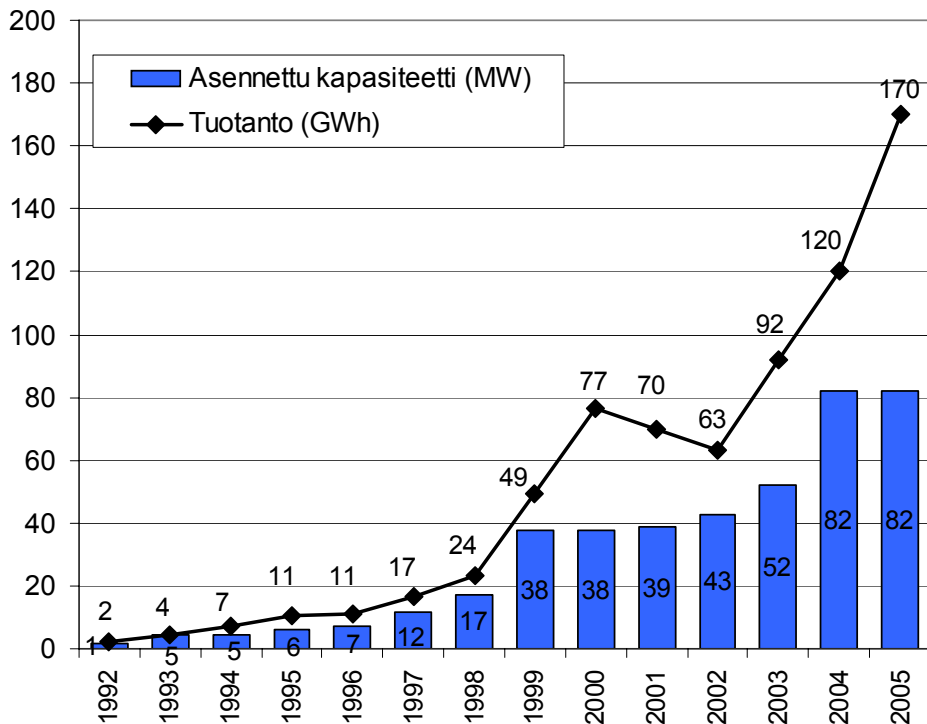
Kuva 5. Kuukausittaiset tuotantoindeksit v. 2005 neljältä sääasemalta. 100 % on keskimääräinen kuukausituotanto vertailuajanjaksolla 1987–2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

5. Asennetun tehon ja tuotannon kehitys

Vuoden 2005 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain on esitetty taulukkona liitteessä 2.

5.1 Teho ja sähkötuotanto

Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2005 oli 170 GWh. Suomen kokonaistuulivoimakapasiteetti vuoden 2005 lopussa oli 82 MW. Tuulivoimakapasiteetin kasvun osalta vuosi 2004 on ollut tähän mennessä paras: kasvua edellisvuoteen verrattuna 30 MW (57 %) ja tuotannossa 30 GWh (31 %). Vuonna 2005 pystytettiin 4 MW ja purettiin 4 MW eli kokonaiskapasiteetti ei kasvanut. Tuotanto kasvoi sekä hyvän tuulisuuden ansiosta että vuonna 2004 rakennetun kapasiteetin koko vuoden tuotannon ansiosta 50 GWh (41 %). Tuotannon kehitys 1992–2005 on esitetty kuvan 6 käyränä. Samassa kuvassa näkyy myös asennettu kapasiteetti vuoden lopussa. Asennetun kapasiteetin kehitys näkyy taulukossa 4.

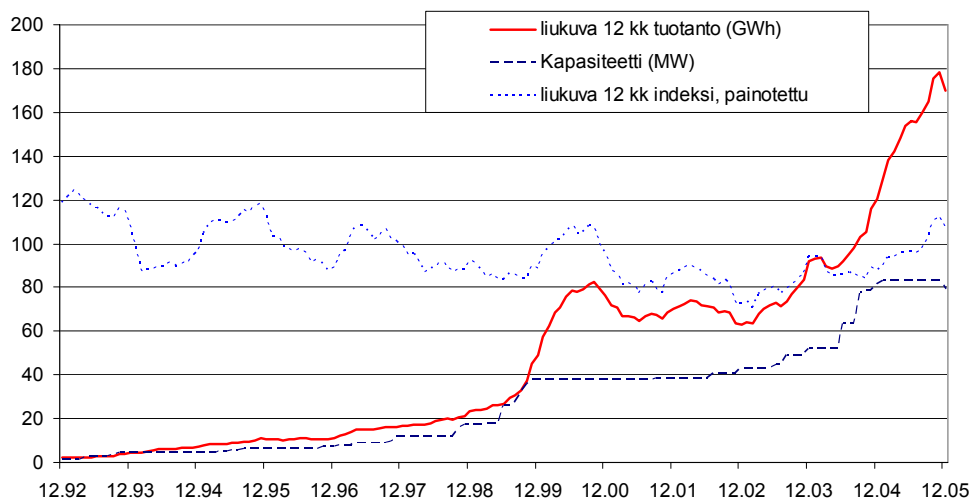


Kuva 6. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 1992–2005.

Taulukko 4. Suomen tuulivoimakapasiteetin kehitys vuosina 1991–2005.

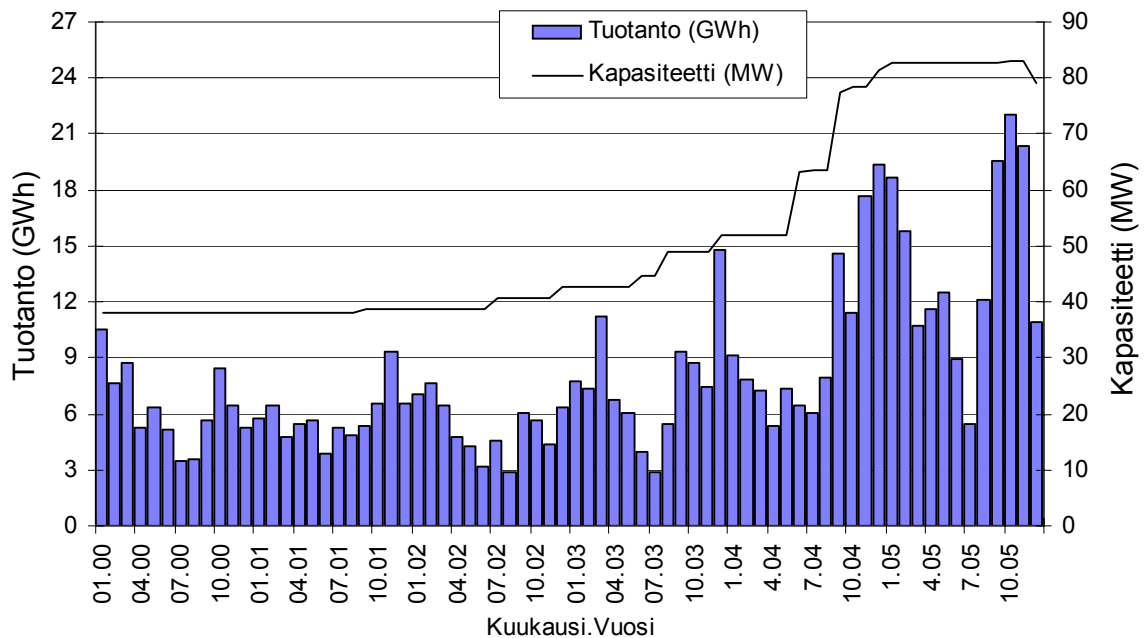
Vuosi	Uusi kapasiteetti		Käytöstä poistettu		Vuoden lopussa	
	MW	lkm.	MW	lkm.	MW kumul.	lkm.
1991	0,865	5			1,2	6
1992	0,225	1			1,4	7
1993	3,22	11			4,6	18
1994	0	0			4,6	18
1995	2	4	0,3	1	6,3	21
1996	0,9	2			7,2	23
1997	4,6	8			11,8	31
1998	5,55	9			17,4	40
1999	20,56	23			37,9	63
2000	0	0			37,9	63
2001	1	1	0,22	1	38,7	63
2002	4	2	0,065	1	42,6	64
2003	9,5	12			52,1	76
2004	29,95	16			82,1	92
2005	4,135	4	4	2	82,2	94

Kuvassa 7 vuosituotannot on esitetty liukuvana 12 kk summana. Suurin 12 kk tuotanto saavutettiin ajalla joulukuu 2004 – marraskuu 2005: 178 GWh. Kuvaan on piirretty myös tuotantoindeksit samanlaisina liukuvina 12 kk arvoina. Tuotantoindeksistä on laskettu yksi luku kuvaamaan Suomea siten, että neljää indeksiä on painotettu asennetun kapasiteetin mukaan.



Kuva 7. Suomen tuulivoiman vuosituotanto 1992–2005 kuukausittain liukuvana 12 kk summana. Neljästä tuotantoindeksistä on painotettu keskiarvo sen mukaan, mille alueille on asennettu tuulivoimakapasiteettia. Kuukauden lopussa asennettu kapasiteetti näkyy katkoviivana.

Kuvassa 8 näkyy Suomen kuukausittainen tuulivoimatuotanto sekä kapasiteetin kasvu neljän viimeisen vuoden ajalta. Koko Suomen tuulivoimaloiden kuukausituotanto vaihteli välillä 5 ja 22 GWh vuonna 2005.

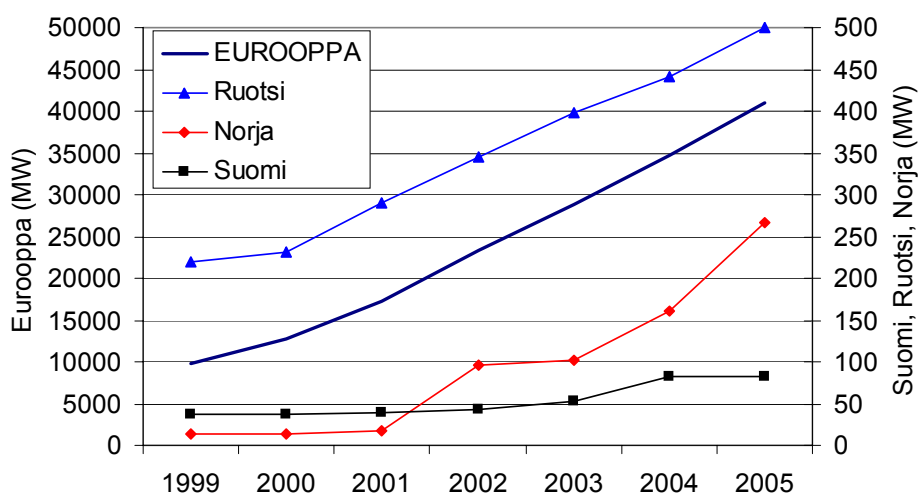


Kuva 8. Tuulivoiman tuotanto ja kapasiteetin kehitys Suomessa kuukausittain vuosina 2000–2005.

5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti

Taulukossa 5 on esitetty Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys maittain vuosina 1999–2005. Vuonna 2005 Euroopassa rakennetusta tuulivoimakapasiteetista valtaosa rakennettiin Saksaan ja Espanjaan (3500 MW). Euroopan tuulivoimakapasiteetti vuoden 2005 lopussa oli noin 40900 MW (EU:n alueella 40500 MW), josta vuoden 2005 aikana rakennettiin 6200 MW eli 15 %. Maailman tuulivoimakapasiteetti vuoden 2005 lopussa oli noin 59000 MW.

Kuvassa 9 on esitetty tuulivoimakapasiteetin kehitys Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa. Samaan kuvaan on myös merkitty Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys.



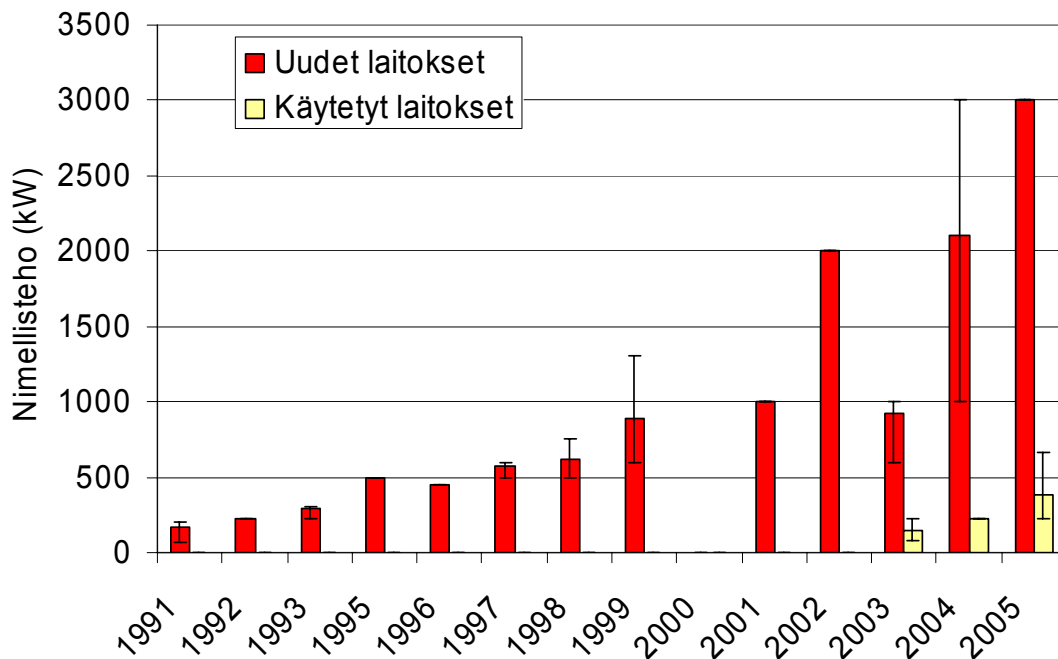
Kuva 9. Tuulivoimakapasiteetin kehitys Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa.

Taulukko 5. Euroopan tuulivoimakapasiteetti /3/.

MW	Kapasiteetti vuoden lopussa						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Saksa	4442	6113	8754	11994	14609	16629	18428
Espanja	1812	2235	3337	4825	6203	8263	10027
Tanska	1738	2300	2417	2889	3115	3118	3122
Italia	277	427	697	788	904	1265	1717
Britannia	362	406	474	552	648	907	1353
Hollanti	433	446	493	693	910	1079	1219
Portugali	61	100	125	195	296	522	1022
Itävalta	34	77	94	140	415	606	819
Ranska	25	66	78	148	253	390	757
Kreikka	158	189	272	297	375	473	573
Ruotsi	220	231	290	345	399	442	500
Irlanti	74	118	125	137	191	339	496
Norja	13	13	17	97	101	160	267
Belgia	11	13	31	35	68	96	167
Suomi	38	38	39	43	52	82	82
Puola	5	5	22	27	63	63	73
Luxemburg	10	15	15	17	22	35	35
Viro	0	0	2	2	2	3	30
Latvia	0	0	2	24	26	27	27
Tšekki	7	7	5	3	9	17	26
Unkari	0	0	1	2	2	3	17
Sveitsi	3	3	5	5	5	9	12
Liettua	0	0	0	0	0	7	7
Slovakia	0	0	0	0	0	5	5
Muu Eurooppa	5	10	47	70	88	100	114
EUROOPPA	9728	12812	17342	23253	28756	34640	40895

5.3 Laitoskoon kehitys

Asennetun uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut 170 kW:sta (vuonna 1991) 1870 kW:iin vuonna 2004. Vuodesta 2003 käytettynä ostettujen laitosten huomattavasti pienemmät laitoskoot vaikuttavat jonkin verran keskitehoon; ne on eritelty kuvassa 10. Vuoden 2005 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskikoko oli 875 kW (94 laitosta, yht. 82 MW). Ilman käytettynä ostettuja laitoksia keskiteho oli 920 kW (87 laitosta, yht. 80 MW).



Kuva 10. Vuosittain asennetun tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1991–2005 ja vuosittain asennetun kapasiteetin koonvaihtelu, erikseen uusille ja käytettynä ostetuille laitoksille.

5.4 Tunnuslukuja

Eri vuosien tuotantotietojen vertailemiseksi laitosten yhteenlasketusta tuotannosta on laskettu keskimääräiset tunnusluvut taulukkoon 6. Taulukossa on myös yksittäisten laitosten maksimi- ja minimiarvot (eniten tuottanut laitos ja vähiten tuottanut laitos). Laskelmiin on otettu mukaan ainoastaan ne laitokset, jotka ovat olleet koko vuoden toiminnassa. Kesällä 2004 tulipalossa tuhoutunut laitos ei ole mukana vuoden 2004 luvuissa. Lapin tutkimuslaitokset eivät ole mukana (vuoteen 2001), eivät myöskään Etelä-Suomen sisämaahan pystytetyt alle 300 kW laitokset. Taulukossa 6 esitetyt painotetut

tuotantoindeksit ovat vertailukelpoisia, eli tässä on käytetty samaa indeksin vertailujaksoa 1987–2001 ja Selkämeren aseman tietoja kaikille vuosille.

Taulukko 6. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1997–2005.

Vuosi	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	7	12	17	38	38	39	43	51	75
Laitosten lukumäärä	22	29	38	61	61	62	64	73	87
Vuosituotanto yht. (MWh)	14321	21063	30666	76225	69359	61030	84619	98134	161601
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	1312	1477	1387	2960	2650	2406	6578	5697	7035
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	349	299	275	307	164	221	259	258	317
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	1929	1828	1796	2025	1843	1580	1985	1942	2148
Suurin huipunkäyttöaika	2623	2954	2775	2842	2918	2622	3289	2848	3518
Pienin huipunkäyttöaika	1224	1136	1166	1218	821	444	862	861	696
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	786	727	730	816	742	635	789	760	866
Suurin tuotanto kWh/m ²	1126	1158	1088	1154	1157	1028	1450	1256	1551
Pienin tuotanto kWh/m ²	486	452	463	484	345	183	343	342	319
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,22	0,20	0,20	0,22	0,20	0,17	0,22	0,21	0,24
Suurin kapasiteettikerroin	0,30	0,34	0,32	0,32	0,33	0,30	0,38	0,32	0,40
Pienin kapasiteettikerroin	0,14	0,13	0,13	0,14	0,09	0,05	0,10	0,10	0,08
Tuotantoindeksi keskimäärin*	99 %	93 %	89 %	95 %	87 %	73 %	93 %	87 %	108 %

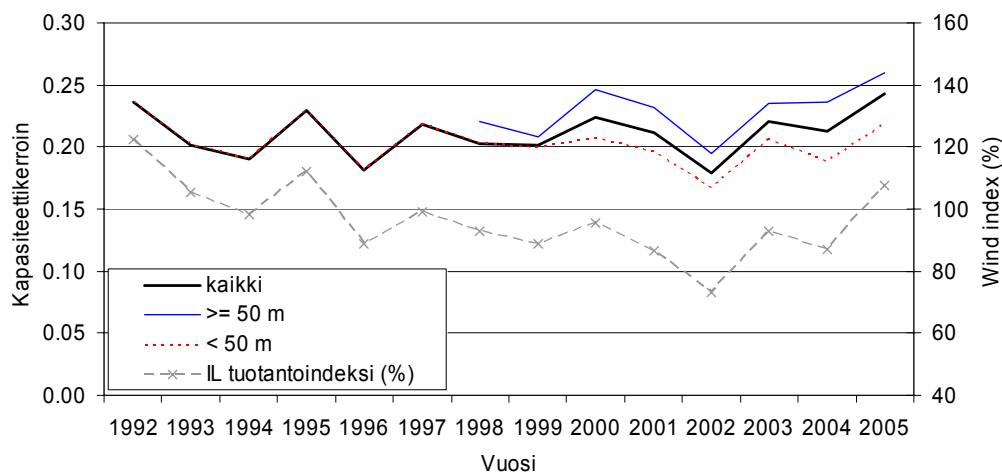
* Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä.

Keskimääräiset tunnusluvut vuonna 2005 ovat parempia kuin edellisenä vuonna, mikä selittyy paremmalla tuulisuudella sekä uusien korkeiden megawattilaitosten kasvaneella osuudella. Taulukkoon 7 on tehty sama laskenta niin, että on poistettu niiden voimaloiden tuotanto, joiden käytettävyys on ollut heikko (< 90 %). Kuvassa 11 näkyy keskimääräinen kapasiteettikerroin eri vuosina erikseen korkeille ja matalille laitoksille sekä tuotantoindeksi. Tuulivoimaloiden suorituskyvyn parantuminen selittyy toisaalta megawattiluokan korkeilla voimaloilla, toisaalta paremmin valituilla sijoituspaikoilla.

Taulukko 7. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1997–2005, kun mukana ovat ainoastaan laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 90 %.

Vuosi	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	6	8	14	35	30	34	37	44	68
Laitosten lukumäärä	18	19	32	53	49	53	54	63	76
Vuosituotanto yht. (MWh)	12786	16122	26875	71766	59512	57049	75719	89672	149069
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	1312	1477	1387	2960	2650	2406	6578	5697	7035
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	349	315	275	307	224	230	279	281	343
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	2054	1972	1870	2060	1962	1655	2067	2036	2205
Suurin huipunkäyttöaika	2623	2954	2775	2842	2918	2622	3289	2848	3518
Pienin huipunkäyttöaika	1537	1351	1283	1341	1118	1021	1341	936	1091
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	847	800	761	842	793	678	836	796	894
Suurin tuotanto kWh/m ²	1126	1158	1088	1154	1157	1028	1450	1256	1551
Pienin tuotanto kWh/m ²	703	614	556	533	471	406	586	372	455
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0,23	0,22	0,21	0,23	0,22	0,19	0,23	0,22	0,24
Suurin kapasiteettikerroin	0,30	0,34	0,32	0,32	0,33	0,30	0,38	0,32	0,40
Pienin kapasiteettikerroin	0,18	0,15	0,15	0,15	0,13	0,12	0,15	0,11	0,12
Tuotantoindeksi keskimäärin*	99 %	93 %	89 %	95 %	87 %	73 %	93 %	87 %	108 %

* Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä.



Kuva 11. Korkeammat tuulivoimalaitokset tuottavat enemmän. Yli ja alle 50 m tornin laitosten tuotanto kapasiteettikerroina (keskiteho prosenttina nimellistehosta). Mukana laitokset, joiden käytettävyys on ollut yli 80 % ja jotka ovat olleet tuotannossa koko vuoden.

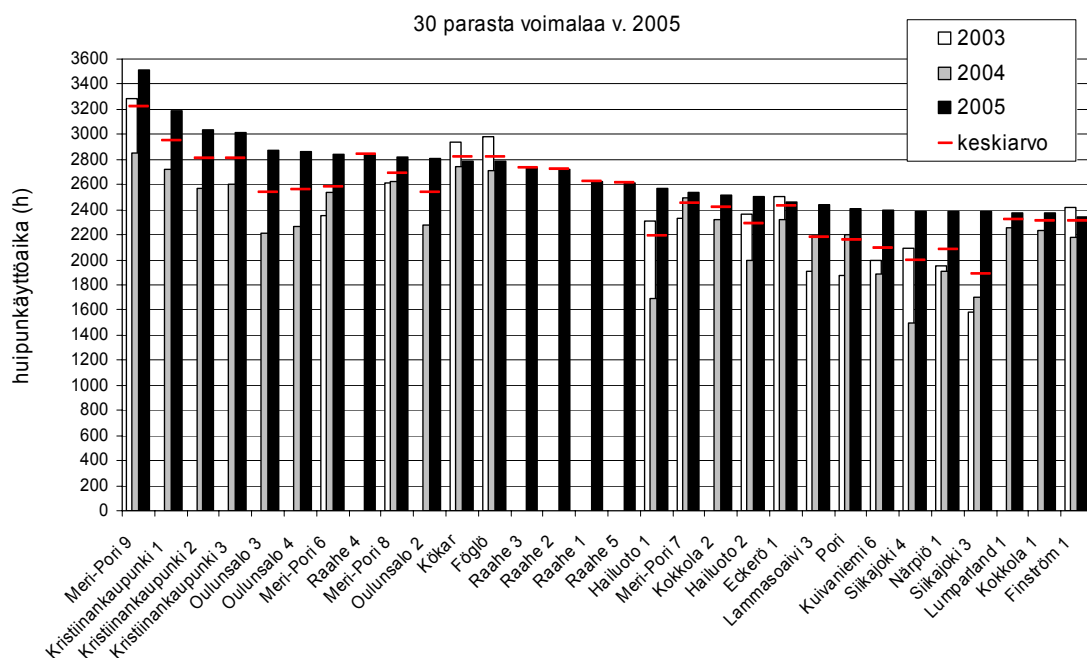
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2005

6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2005

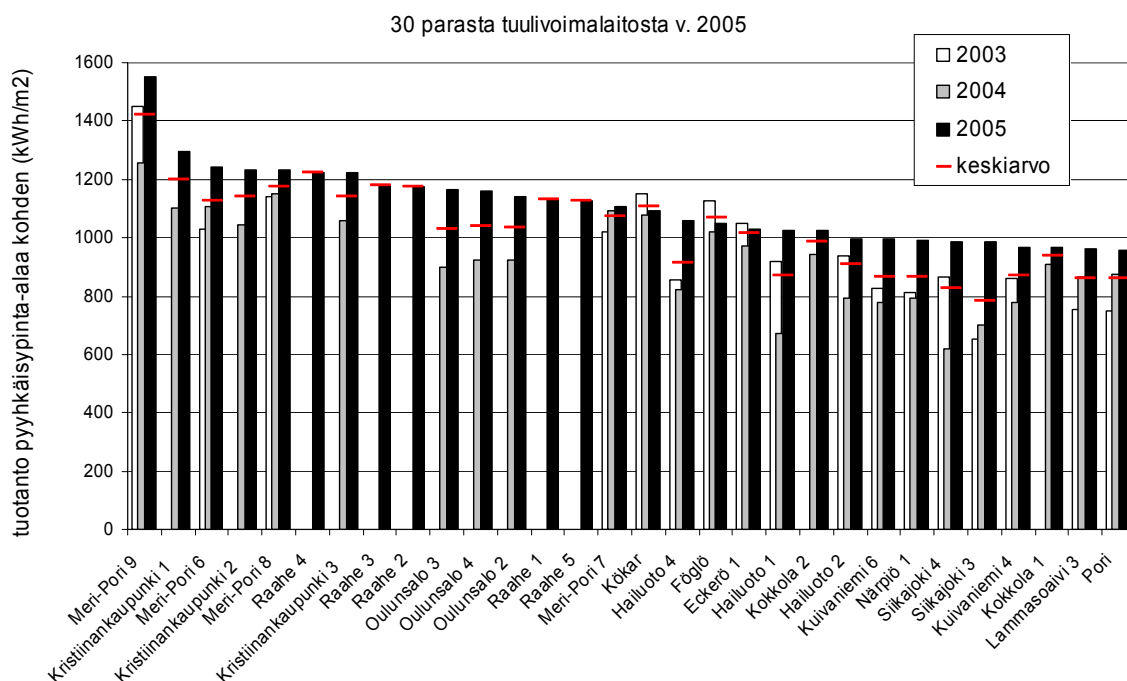
Nimellisteholtaan erikokoisten tuulivoimaloiden tuotantolukujen vertailemiseksi on laskettu tunnuslukuja, joiden avulla laitosten suorituskyvyn vertaileminen helpottuu. Tunnusluvut laitosten vuosituotannoista on esitetty kuvissa 12 ja 13. Hyvin tuottaneet laitokset yltyvät yli 2400 tunnin huipunkäyttöaikaan ja yli 1000 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti.

Vuosi 2005 oli huomattavasti tuulisempi kuin edellinen vuosi. 24 parasta laitosta ylitti 2400 tunnin huipunkäyttöajan rajan ja 21 laitosta 1000 kWh/m² rajan. Vuonna 2004 vain yhdeksän laitosta ylitti nämä rajat. Parhaat laitokset ovat Tahkoluodossa sijaisevat Meri-Pori 6–9, Kristiinankaupunki 1–3, Raahe 1–5, Oulunsalo 2–4 sekä Ahvenanmaalla sijaitsevat Kökar ja Föglö. Meri-Pori 9:n tunnusluvut vuonna 2005 ovat parhaat Suomessa toistaiseksi saavutetut: 3518 h/a ja 1552 kWh/m².

Kun laitosten tuotantoa verrataan roottorin pyyhkäisyypinta-alan perusteella nimellistehoon sijaan, keskinäinen järjestys muuttuu jonkin verran. Ahvenanmaan Enerconin laitokset putoavat listalla ja tanskalaisvalmisteiset laitokset nousevat. Loppupäässä listaa mukaan tulee muutama Nordtank/NEGMiconin laitos lisää ja muutama Ahvenanmaan Enerconin laitos putoaa pois. Huipunkäyttöajan ja pyyhkäisyypinta-alan perusteella laskettuihin tunnuslukuihin vaikuttaa laitostyyppiin valittu lavan pituus suhteessa generaattorin nimellistehoon.



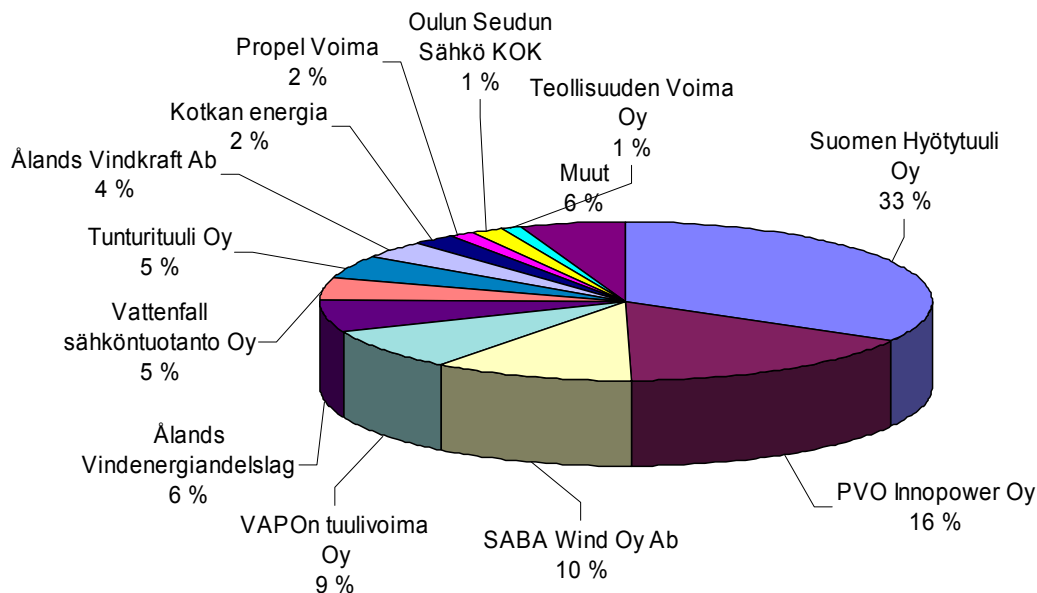
Kuva 12. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 2005 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vuosien 2003 ja 2004 huipunkäyttöajat näkyvät vaaleampina pylvinä ja kolmen vuoden keskiarvo vaakasuoralla viivalla.



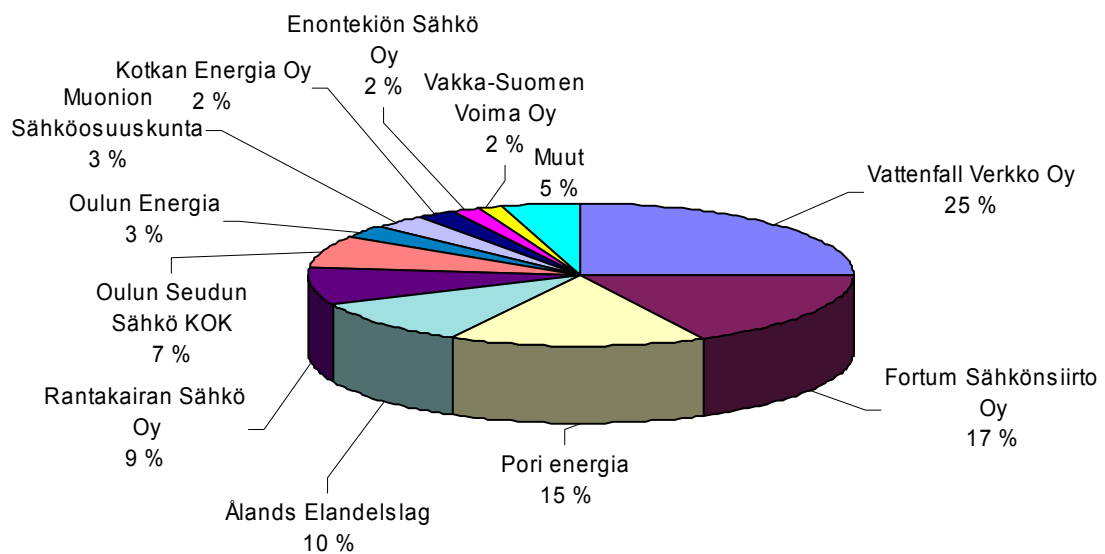
Kuva 13. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettynä vuoden 2005 ominaistuo-
tannon (tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohden) mukaan.

6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2005

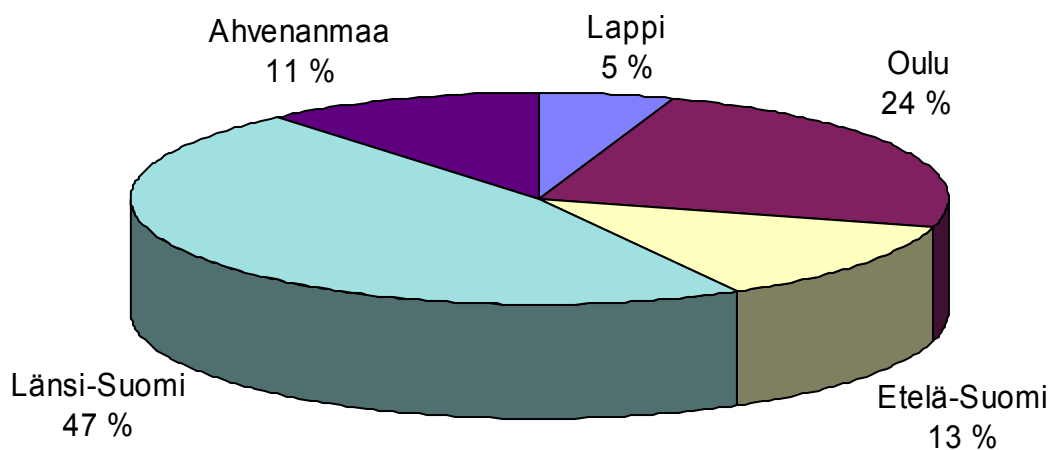
Tilastointiin osallistuvien sähköntuottajien tuulivoiman tuotanto vuonna 2005 jaoteltuna omistajien mukaan on esitetty kuvassa 14. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat Suomen Hyötytuuli (33 % Suomen tuulisähköstä), PVO Innopower (16 %), SaBa Vind (10%) ja VAPOn tuulivoima (9 %). Kuvassa 15 on esitetty ne jakeluverkkoyhtiöt, joiden verkkoon tuulivoimaa on vuonna 2005 syötetty. Tuulivoimatuotannon jakautuminen lääneittäin on esitetty kuvassa 16. Vuonna 2005 eniten tuulisähköä tuotettiin Länsi-Suomessa (47 %) ja toiseksi eniten Oulun seudulla (24 %). Verrattuna vuoteen 2004 Etelä-Suomen osuus kasvoi hieman 7 %:sta 13 %:iin Oulun, Ahvenanmaan ja Lapin kustannuksella.



Kuva 14. Tuulivoimatuottajien osuudet tuotetusta tuulisähköstä (yhteensä 170 GWh) vuonna 2005.



Kuva 15. Jakeluverkkoyhtiöiden osuudet tuulivoiman tuotannosta vuonna 2005.

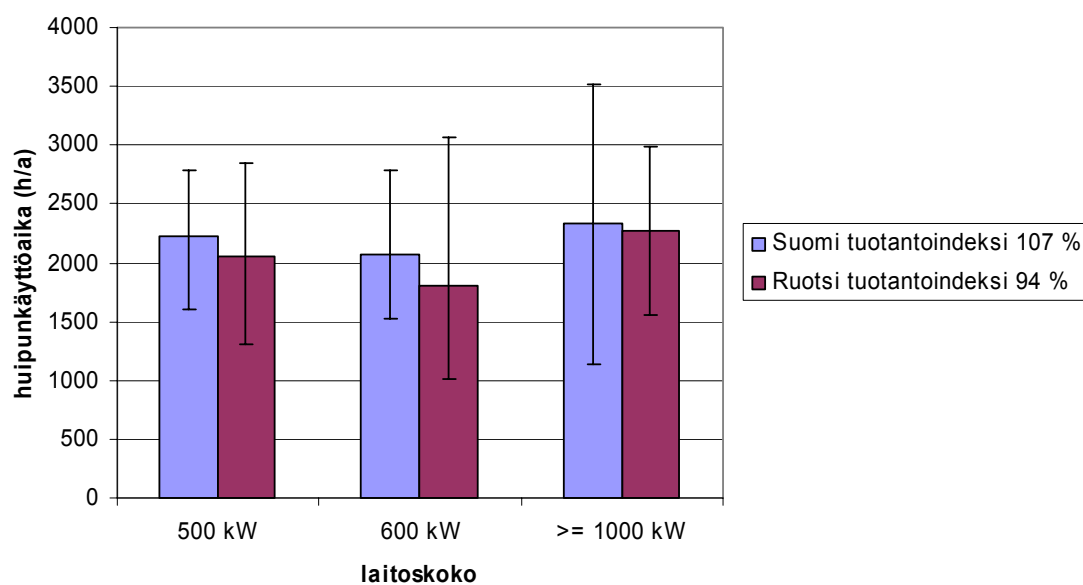


Kuva 16. Tuulivoimatuotannon alueellinen jakautuminen vuonna 2005.

6.3 Suomen tuulivoimatuotannon vertailu muihin maihin

Kuvassa 17 on esitetty vuoden 2005 huipunkäyttöajat koko vuoden toimineille 500, 600 ja 1000 kW tuulivoimaloille Ruotsissa ja Suomessa. Keskimääräiset tunnusluvut ovat Suomessa vähän parempia, vastaavasti myös tuulisuus oli parempi kuin Ruotsissa. Vertailusta on jätetty pois ne laitokset, joilta on puuttunut yhdenkin kuukauden tuotantoluku tai joissa on ollut hyvin pieni tuotanto ainakin yhtenä kuukautena /4/.

Vuoden 2005 huipunkäyttöajat, vertailu



Kuva 17. Vuoden 2005 huipunkäyttöajat 500, 600 ja 1000 kW laitoksille (keskiarvo sekä vaihteluväli). Suomen 500, 600 ja ≥1000 kW luvuissa laitoksia mukana vertailussa 8, 15 ja 33 kpl ja Ruotsin luvuissa 65, 141 ja 32 kpl vastaavasti.

7. Käyttökatkot

Suomen tuulivoimaloiden keski-ikä oli vuoden 2005 lopussa 7,1 vuotta (93 laitosta).

7.1 Tekninen käytettävyys

Vuonna 2005 keskimääräinen tekninen käytettävyys oli 95 % (94 % vuonna 2004). Vuonna 2005 muutamalla laitoksella oli erittäin alhainen käytettävyys: Hailuodossa vika liittyi verkkoonkytkentään, ja Uudessakaupungissa näkyi vielä vuonna 2004 sattuneen tulipalon tuhoaman konehuoneen haaveri. Generaattoreita vaihdettiin kahteen laitokseen ja vaihdelaatikko yhteen laitokseen.

Teknisessä käytettävyydessä ei ole otettu huomioon sähköverkon aiheuttamia käyttökatoja. Muut tuotantoseisokit, kuten vuosihuollot, korjaukset ja seisokit, jolloin tuulivoimala ei ole ollut valmiustilassa, on otettu huomioon käytettävyyttä vähentävinä (ks. luku 3).

7.2 Käyttökatojen erittelyt

Taulukossa 8 on esitetty raportoidut käyttökatkot vuodesta 1996 lähtien. Käyttökatojen aiheuttamat häiriöajat on jaoteltu taulukossa häiriön syyn mukaan.

- Huollot ovat suunniteltuja huoltoja, jotka tuulivoimalaitoksissa tehdään yleensä puolivuositain.
- Kohtaan häiriöt on kerätty ne keskeytykset, joissa toimenpiteeksi on riittänyt voimalan uudelleenkäynnistys. Vuonna 2005 osassa laitoksista seisokkiaika on arvioitu tuntitehoaikasarjojen perusteella (yhteensä 12 laitosta, 6 MW). Näistä laitoksista vika-erittelyjä ei ole ollut käytävissä vaan koko seisokkiaika on kohdassa häiriöt.
- Kohdassa muu syy on esim. tutkimuksen tai esittelyn vuoksi aiheutunut seison-ta-aika.
- Vika tarkoittaa niitä tapauksia, joissa on jouduttu tekemään korjaustoimenpiteitä, ja vain näistä tehdään tilastoihin tarkempi komponenttijaottelu.
- Sähköverkosta aiheutuneet häiriöt eivät alenna laitoksen käytettävyyttä. Samoin osa jäätymişäiriöistä on aiheuttanut ainoastaan alentuneen tuotannon, jolloin laitoksen käytettävyys ei ole alentunut.

Taulukko 8. Käyttökatkot vuosina 1997–2005. Kesken vuotta aloittaneet laitokset ovat mukana tilastossa. Seisokkiaikaa keskimäärin 5 % vuosina 1997–2005.

Seisokin syy	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Huolto	286	398	730	1489	1407	1301	1092	800	840
Häiriö	608	1571	4377	6708	3887	3831	9939	9156	9773
Jäätyminen	463	168	532	589	3691	721	642	1605	924
Muu syy	185	166	63	415	53	53	3231	378	1262
Sähköverkko	388	319	522	1453	583	343	517	469	474
Vika	5688	13177	8059	21132	26645	8396	9947	19052	22449
Vain häiriöaika raportoitu	343							6601	3538
Seisokkiaika yhteensä (h)	9615	17797	16282	31786	35908	14988	25368	38061	39260
Seisokkiaika % ajasta	3,6 %	5,9 %	3,5 %	5,9 %	6,7 %	3,8 %	5,4 %	5,5 %	4,9 %
% kapasiteetista raportoitu	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	72 %	75 %	100 %*	100 %*

* Osasta laitoksia vain koko vuoden tieto ja osasta arvio tuntitehoaikasarjojen perusteella (näistä kaikista ei seisokkien syyn eritellyä, näkyvät kohdassa häiriöt).

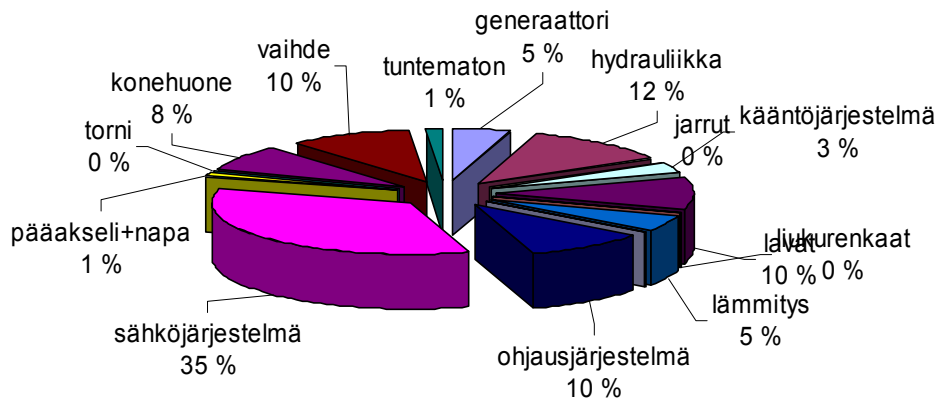
Taulukossa 9 vuoden 2005 vikatunnit on jaoteltu vikaantuneen komponentin ja vian syyn mukaan. Taulukossa on esitetty myös komponenttivikojen lukumäärät. Kuvassa 18 on esitetty vikojen aiheuttamien käyttökatojen jakautuminen eri komponenttien välille.

Kuvassa 19 on esitetty vikoja aiheuttaneiden komponenttien prosenttiosuudet koko vikatilastoinnin aikajaksolta 1996–2005. Vaihteistojen vikautumisesta aiheutuneet seisokit näkyvät suurimpana, koska ne on erityisesti vanhemmissa 300 kW laitoksissa tehty useita kuukausia kestävinä korjaustöinä.

Taulukko 9. Suomen tuulivoimalaitosten viat vuonna 2005: seisokkitunnit vian aiheuttajien ja komponenttien mukaan.

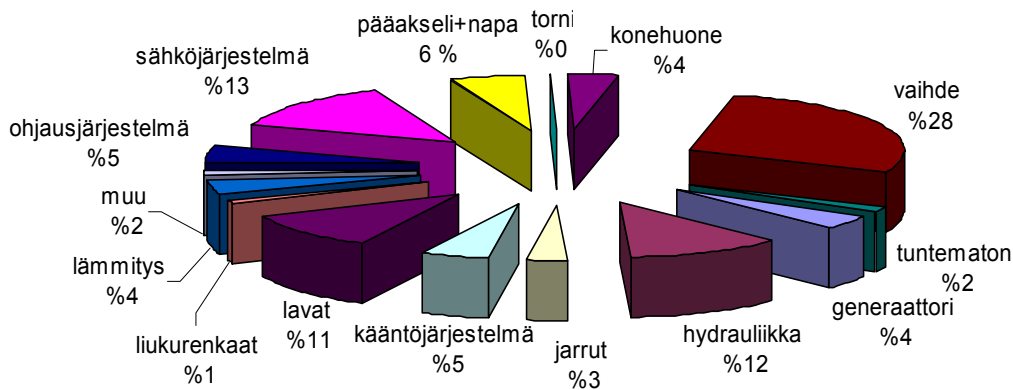
Komponentti	Häiriöaika yhteensä	% vika-ajasta	Vikojen lkm	jää/lumi	kuluminen	oikosulku	tulipalo	valmistusvirhe
anturit	1050	4.7 %	7	653	1050			
gen. laakerit	288	1.3 %	1		288			
generaattori	746	3.3 %	2		358	388		
hydrauliikka	2782	12.4 %	10		2782			
ilmajarrut	2225	9.9 %	4		2225			
jäähdytys	75	0.3 %	1					75
konehuone	1806	8.0 %	1				1806	
kytkimet	220	1.0 %	3		220			
kääntömoottori	696	3.1 %	5		696			
lapakulman säätömekanismi	129	0.6 %	6		129			
liukurenkaat	50	0.2 %	1		50			
lämmitys	1044	4.7 %	3		1044			
ohjausjärjestelmä	235	1.0 %	10		235			
ohjausyksikkö	986	4.4 %	3		986			
roottori	169	0.8 %	5		169			
taajuusmuuttaja	244	1.1 %	9		244			
tehoelektronikka	198	0.9 %	8		198			
tehomuuntaja	374	1.7 %	1					374
vaihdelaatikko	2219	9.9 %	4		2219			
vaihteen tiivisteet	16	0.1 %	1		16			
verkkoonkytkentä	6573	29.3 %	4		6573			
komponenttia ei eritelty	324	1.4 %	2					
Yhteensä	22449	100.0 %	91	653	19482	388	1806	449
% vika ajasta				2.9 %	86.8 %	1.7 %	8.0 %	2.0 %

Vikojen aiheuttamat käyttökätkot vuonna 2005 yhteensä 22449 h, 76 laitosta



Kuva 18. Vikojen aiheuttamien käyttökätkojen (yhteensä 19052 h) jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 2005.

Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuosina 1996-2005



Kuva 19. Vikojen aiheuttamien käyttökatkojen jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1996–2005.

7.3 Jäätymiset ja kylmä aika

Vikatilastoihin rekisteröidään myös jäätymistapaukset (taulukko 10). Osa Suomen tuulivoimalaitoksista on varustettu lapalämmitysjärjestelmillä. Tunturialueiden ulkopuolella lapalämmitysjärjestelmiä on Porissa. Näissä laitoksissa jäätymisen on osittain ollut myös lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä ole aina tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten ohjausjärjestelmien käyttämät tuulimittarit ovat yleensä lämmitettyjä. Siitäkin huolimatta niissä esiintyy joskus jäätymisiä.

Yleisimpiä jäätymisen ja kylmän aiheuttamia ongelmia ovat laitoksen käynnistymättömyys johtuen vaihteistoöljyjen kangistumisesta, tuulimittarien jäätymisen ja lapoihin kerääntynyt jää. Osa laitosten jäätymistapauksista jää todennäköisesti raportoimatta, koska laitoksilla on vain kaukovalvonta, minkä seurauksena pienemmät jäätymistapaukset näkyvät ainoastaan tuotannon alenemisena. Vuonna 2005 Lapista raportoitiin paljon jäätymistapauksia. Rannikolta raportoitiin 3 paikkakunnalta.

Taulukko 10. Jäätymistapauksia ja jään aiheuttamia häiriöitä raportoineiden laitosten lukumäärät ja jäätymisaikojen pituus eri vuosina. Osuus häiriöajasta on laskettu suhteessa niiden laitosten kokonaisseisokkiaikoihin, joissa jäätymistapauksia esiintyi.

		Lappi	Ahvenanmaa	Perämeri	Selkämeri	Suomenlahti	Koko Suomi	Osuus häiriöajasta
1996	Tuntia	119	12	858	219		1208	45 %
	Laitoksia	2	1	4	5		12	
1997	Tuntia		55	372	68		495	21 %
	Laitoksia		5	5	4		14	
1998	Tuntia		23	98	75		196	9 %
	Laitoksia		3	2	2		7	
1999	Tuntia		49	532			581	12 %
	Laitoksia		9	7			16	
2000	Tuntia	159	7	573			739	9 %
	Laitoksia	8	3	7			18	
2001	Tuntia	5	44	4143	38		4230	26 %
	Laitoksia	1	3	15	1		20	
2002	Tuntia		26	434	411		871	15 %
	Laitoksia		2	3	5		10	
2003	Tuntia			408	301		709	27 %
	Laitoksia			1	3		4	
2004	Tuntia	1468		55	82		1605	25 %
	Laitoksia	8		1	3		12	
2005	Tuntia	1527	15	35			1577	28 %
	Laitoksia	8	3	1			12	

Tuulivoimalaitokset pysäytetään, mikäli suunniteltu alin käyttölämpötila alittuu. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden alimmat käyttölämpötilat ovat -15 °C ... -30 °C . Tyypillisesti uudemmilla laitoksilla alin käyttölämpötila on -25 °C ja -30 °C välillä. Matalista lämpötiloista aiheutunut seisonta-aika on nimeltään kylmäaika. Kylmäaika raportoitiin vuodelta 2005 vain Korsnäsista, 144 h, jossa laitosten alin käyttölämpötila on uudempia laitoksia korkeampi. Tilastoihin raportoidut kylmäajat aikaisemmilta vuosilta on esitetty taulukossa 11. Kylmäaika ei ole häiriöaika vaan osa laitoksen suunniteltua toimintaa.

Taulukko 11. Laitosten kylmäaika eri vuosina. Vuonna 2005 raportoitiin 144 h kylmäaika Selkämeren laitoksista (0,4 % raportoineiden laitosten kokonaisajasta).

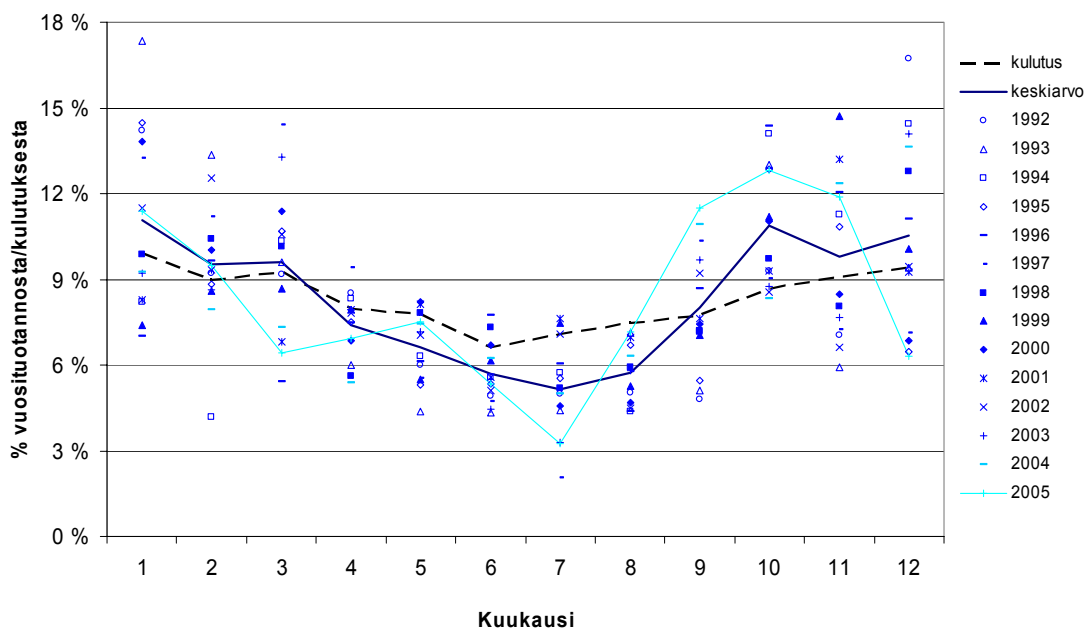
ALUE	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi					450	3	32	1	100	6				
Ahvenanmaa			1	1										
Perämeri	28	1	890	4	2477	8	72	1	706	4	504	3	90	3
Selkämeri	60	4	397	4	699	4	100	2	1733	7	686	4	1044	5
Suomenlahti														
Koko Suomi	88	5	1288	9	3626	15	204	4	2539	17	1190	7	1134	8
Osuus laitosten vuoden tunneista	0,2 %		1,6 %		2,8 %		0,6 %		1,7 %		1,9 %		1,6 %	

8. Tuulivoima ja sähkön kulutus

Tuulivoiman tuotanto on talvella keskimäärin suurempaa kuin kesällä, kuten sähkön kulutuskin. Kun sähkön kulutuksessa on huippu, ei tuulivoimaa kuitenkaan aina ole saatavilla. Tietoa valtakunnan huipunaikaisesta tuulivoimatehosta voidaan käyttää hyväksi, kun arvioidaan tuulivoiman kapasiteettivaikutusta valtakunnan ja jakelusähkölaitoksen kannalta: miten paljon muuta sähköntuotantokapasiteettia voidaan jättää rakentamatta, kun rakennetaan tuulivoimaa, jonka tuotanto on vaihtelevaa. Tutkimusten perusteella tuulivoiman kapasiteettivaikutus valtakunnan tasolla on tuotannon kapasiteettikertoimen suuruusluokkaa /5/.

8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu

Tuulivoimatuotanto on yleensä talvikuukausina huomattavasti suurempaa kuin kesäkuukausina /6/. Vuosien 1999–2005 kuukausittainen tuulivoiman tuotanto on esitetty kuvassa 22. Mukana ovat ainoastaan ne standardivoimalaitokset, jotka ovat olleet käytössä koko vuoden. Talvikuukausina (loka-maaliskuu) on tuotettu keskimäärin 60 % vuotuisesta tuulisähköstä. Sähkön kulutus kuvassa 20 on sähkön bruttokulutus kuukausittain suhteessa vuosikulutukseen, kuvassa on käytetty keskimääräisiä lukuja vuosilta 1999–2005 /7/.



Kuva 20. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen standardilaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1992–2005. Suomen sähkön kulutuksen jakautuminen eri kuukausille keskimäärin 1999–2004 näkyy katkoviivana /7/.

8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana

Tuulivoimalaitosten tuntitehot on selvitetty valtakunnan sähkön kulutuksen huippujen ajalta (taulukko 12). Kaikista tuulivoimalaitoksista ei ole ollut käytettävissä tuntitehoja, joten taulukossa on ilmoitettu kunkin vuoden kohdalla kyselyyn vastanneiden laitosten nimellisteho ja tuotettu teho prosenttina nimellistehosta.

Taulukko 12. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuipun aikana.

Talvi	Valtakunnan huippu	Tuulivoiman tuntiteho (MWh/h)	Tuulivoima % nimellistehosta	Ilmoittaneiden laitosten nimellisteho MW
1991–92	20.1.92 klo 09–10	0,6	79 %	0,8
1992–93	27.1.93 klo 09–10	0,0	0 %	0,8
1993–94	11.2.94 klo 20–21	0,5	13 %	4,0
1994–95	31.1.95 klo 20–21	1,4	36 %	3,8
1995–96	9.2.96 klo 20–21	0,0	1 %	5,3
1996–97	19.12.96 klo 08–09	1,7	35 %	4,8
1997–98	2.2.98 klo 08–09	1,1	16 %	6,5
1998–99	29.1.99 klo 08–09	3,4	20 %	17,4
1999–2000	25.1.00 klo 08–09	9,1	26 %	35,4
2000–01	5.2.01 klo 08–09	1,5	4 %	35,4
2001–02	2.1.02 klo 16–17	3,9	14 %	28,3
2002–03	3.1.03 klo 17–18	0,9	4 %	24,3
2003–04	11.2.04 klo 18–19	7,1	19 %	36,6
2004–05	28.1.05 klo 19–20	5,1	16 %	31,4
2005–06	20.1.06 klo 08–09	11,5	34 %	34,0

Kymmenen vuoden perusteella saadaan huipunaikaiseksi tuulivoimatuotannoksi keskiarvona 21 % (tuulivoimateholla painotettu keskiarvo 18 %).

Tarkemmin huipunaikaista tuotantoa on arvioitu neljältä vuodelta 1999–2002 käyttäen hyväksi tuulivoiman toteutuneita tuntitehoja (taulukko 13). Koko Suomen tuulivoimatuotannolle on tehty yhteisaikasarja tunneittain siten, että Lapin ja Ahvenanmaan osuus on 10 % kummankin asennetusta kapasiteetista /8/.

Vuonna 1999 oli keskimääräistä tyynempi alkuvuosi ja myös huipunaikainen tuulivoimatuotanto jäi selvästi alle keskimääräisen tuotannon. 10 suurinta huippua olivat yhden vuorokauden sisällä. Taulukossa 12 huipunaikainen teho vuodelle 1999 on 20 %, mutta se tulee lähinnä Lapin ja Ahvenanmaan tuulivoimaloista, joiden osuus on saaduista tunnitiedoista yli 60 %, kun näiden osuus on taulukon 13 luvuista vain 20 %. Vuonna 2000 oli keskimääräistä tuulisempi alkuvuosi ja huipunaikainen tuulivoimatuotanto oli hieinan keskimääräistä tuulivoimatuotantoa korkeampi. Täysin työntä ei huipun aikoina ollut, kun tarkastellaan koko Suomea. Alhaisimmat tuulivoimatuotannot jäivät kuitenkin huipun aikana vain muutama prosenttiin nimellistehosta. Koko Pohjoismaiden alueella tuulivoimateho on huippujen aikana yli 10 % asennetusta kapasiteetista (lähes puolet keskimääräisestä tehosta).

Taulukko 13. Tuulivoimatuotanto valtakunnan kulutushuippujen aikana vuosina 1999–2002. Tuotanto % asennetusta kapasiteetista sekä koko vuoden aikana että 10, 50 ja 100 suurimman kulutushuipun aikana, keskimäärin sekä vaihteluvälinä (pienin ja suurin tuulivoimatuotanto huippujen aikana).

	The whole year Average (min–max)	During 10 peaks Average (min–max)	During 50 peaks Average (min–max)	During 100 peaks Average (min–max)
Denmark 2000	24 % (0–93 %)	24 % (1–70 %)	31 % (1–87 %)	31 % (0–87 %)
Denmark 2001	20 % (0–90 %)	37 % (0–74 %)	30 % (0–87 %)	28 % (0–87 %)
Denmark 2002	22 % (0–91 %)	11 % (3–23 %)	14 % (2–53 %)	17 % (1–89 %)
Finland 1999	22 % (0–86 %)	7 % (5–10 %)	7 % (3–37 %)	9 % (2–46 %)
Finland 2000	24 % (0–91 %)	36 % (4–72 %)	32 % (3–75 %)	29 % (3–75 %)
Finland 2001	22 % (0–86 %)	19 % (3–38 %)	19 % (3–38 %)	17 % (3–38 %)
Finland 2002	20 % (0–84 %)	17 % (7–32 %)	17 % (6–54 %)	18 % (2–70 %)
Sweden 1999	25 % (0–100%)	23 % (16–29 %)	20 % (2–63 %)	20 % (1–66 %)
Sweden 2000	24 % (0–95 %)	16 % (7–49 %)	16 % (1–55 %)	16 % (0–63 %)
Sweden 2001	23 % (0–95 %)	47 % (40–51 %)	33 % (3–55 %)	29 % (3–63 %)
Sweden 2002	24 % (0–91 %)	16 % (3–36 %)	24 % (2–80 %)	25 % (2–80 %)
Norway 1999	32 % (0–100%)	55 % (17–86 %)	51 % (0–100%)	53 % (0–100%)
Norway 2000	34 % (0–93 %)	36 % (9–74 %)	35 % (9–74 %)	35 % (9–79 %)
Norway 2001	31 % (0–93 %)	61 % (39–84 %)	54 % (26–84 %)	46 % (15–84 %)
Norway 2002	32 % (0–86 %)	63 % (46–84 %)	58 % (22–84 %)	51 % (13–84 %)
Nordic 2000	27 % (1–81 %)	16 % (4–40 %)	21 % (4–56 %)	24 % (4–66 %)
Nordic 2001	24 % (1–84 %)	48 % (43–50 %)	37 % (9–56 %)	30 % (7–56 %)
Nordic 2002	25 % (1–73 %)	33 % (16–54 %)	33 % (11–61 %)	30 % (10–69 %)

Lähdeluettelo

- 1 Andersson, A., Olsson, G. Driftuppföljning av Vindkraftverk över 50 kW. Årsrapport 2005. <http://www.vindenergi.org/driftuppfolj.htm>, viittauspvm. 8.5.2006.
- 2 Laakso, T., Peltola, E. Tuulivoiman seuranta ja tilastointi. VTT Prosessit, projektiraportti, PRO4/T7506/03, 2003.
- 3 <http://www.ewea.org/>, viittauspäivämäärä 8.5.2006.
- 4 Ruotsin kuukausituotannot <http://www.vindstat.nu/>, viittauspäivämäärä 8.5.2006.
- 5 Peltola, E., Petäjä, J. Tuulivoima Suomen energiahuollossa. VTT Julkaisuja 775. Espoo, 1993.
- 6 Holttinen, H. et al. Tuulivoimatuotannon vaihtelut ja niiden arviointi. VTT Tiedotteita 1800. Espoo, 1996.
- 7 SENER: Sähkön pikatilasto <http://www.energia.fi/sahko/ptil.html>, viittauspäivämäärä 19.2.2004.
- 8 Holttinen, H. The impact of large-scale wind power production on the Nordic electricity system. Doctoral thesis, Helsinki University of Technology. VTT Publications 554. Espoo, 2004. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/publications/2004/P554.pdf>.

Liite 1: Tilastotietojen keräämisessä käytetyt lomakkeet

OHJE: TÄYTÄ VAIN HARMAAT SOLUT (voit liikkua TAB näppäimellä)

Kuukausi / Vuosi		/		2000		Raportin nimi			
TUOTANTO:									
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	(kW) Teho	(kWh) brutto	(kWh) netto	tuotantoaika (h)	myrsky (h)	kylmä aika (h)	
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0		0	0	
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	0	0		0	0	
-	Yhteensä		2000	0	0				
HÄIRIÖAIKA:									
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	(kW) Teho	Häiriöaika (h)	sähköverkko (h)	häiriö (h)	vika (h)	huolto (h)	jäätyminen (h)
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	0	0	0	0	0	0
-	huolto: etukäteen suunniteltu (puoli)vuosihuolto häiriö: toimenpiteeksi riittää esim. manual reset vika: vaatii osan korjauksen/vaihdon, sisältää koko häiriöajan vian huomaamisesta sen korjaami								
KOMMENTIT JA TARKENNUKSET (viat ja häiriöt, syy ja komponentti):									
ID	Tuulivoimala	Lempinimi							
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1							
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2							
-	jäätymishavainto:								
			vikojen ja häiriöiden vuoksi menetetty tuotanto (arvio):					kWh	
			muuta/lisättävää:						

OHJE: TÄYTÄ VAIN HARMAAT SOLUT.

Vuosi

Raporttointi

Omistavan yrityksen LY tunnus

1 Puiston käyttökustannukset

Käyttökustannuksiin kuuluvat	Lähde: http://www.tuulivoimayhdistys.fi/sisalto/tietoa/altener/kustan.htm	Kustannus [€]
Hallinnointikulut		
Vakuutukset		
Huolto- ja korjausmenot	(Kaikki mukaan lukien)	
Muut	(esim. maa-alueen vuokra)	
Yhteensä		0

2 Mahdolliset laitoskohtaiset suuremmat kustannukset, jotka sisältyvät huolto- ja korjausmenoihin

ID	Laitos	Vika	Kustannus [€]
5	Mylly 1		
4	Mylly 5		
.			
.			
.			
.			

Täyttöohjeita

Tiedot siirretään automaattisesti tästä tiedostosta tietokantaan, joten on tärkeää, että tiedot laitetaan oikeisiin ruutuihin. Ei väliä, vaikka teksti ei mahtuisi näkyvään osaan.

Turkoosit ruudut ovat joko ihan pakko täyttää tai sitten se on ainakin erittäin suositeltavaa. Valkoiset ruudut ovat tilanteesta riippuen vapaaehtoisia.

Voimat tulevat saamaan "virallisen" nimen sijoituspaikan ja juoksevan numeron mukaan. Samaan sijoituspaikkaan kuuluvat voimat ovat osa samaa tuulipuistoa. Sen lisäksi niille voi antaa lempinimen, jonka ne yleensä saavat kastetilaisuudessa.

Mikäli samaan sijoituspaikkaan rakennetaan erilaisia voimaloita (voimalatyyppin, napakorkeuden, etc. mukaan), tulee tämä lomake täyttää useampaan kertaan.

Projekti- ja sijoituspaikkatietoja

Projektin aloituspm	<input type="text"/>	(pp.kk.vvvv)
Sijoituspaikan kunta	<input type="text"/>	
Sijoituspaikan nimi	<input type="text"/>	
Sijoituspaikan lähin postinumero	<input type="text"/>	
Latitude	<input type="text"/>	(Käytetään karttasovelluksiin)
Longitude	<input type="text"/>	(Käytetään karttasovelluksiin)
Koordinaattien tarkkuus	<input type="text"/>	(Arvioi suullisesti)
Sijoituspaikan luonne (tunturi, etc.)	<input type="text"/>	
Arvioitu vuosituotanto	<input type="text"/>	MWh (Mikäli ei arvioitu laitoksittain)
Arvion tekijä	<input type="text"/>	(Täytä, vaikka olisi arvioitu laitoksittain)

Omistajataho

Yrityksen nimi	<input type="text"/>	
Yrityksen LY	<input type="text"/>	(Yritysten yksilöllistä tunnistamista varten)
Osoite	<input type="text"/>	
Postinro	<input type="text"/>	
Postitoimipaikka	<input type="text"/>	
Muuta	<input type="text"/>	

Käyttäjätaho

(Voi olla sama kuin omistajataho)

Yrityksen nimi	<input type="text"/>	
Yrityksen LY	<input type="text"/>	(Yritysten yksilöllistä tunnistamista varten)
Osoite	<input type="text"/>	
Postinro	<input type="text"/>	
Postitoimipaikka	<input type="text"/>	
Muuta	<input type="text"/>	

Yhteyshenkilöt

	Yhteyshenkilö 1	Yhteyshenkilö 2	Yhteyshenkilö 3	
Etunimi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Sukunimi	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Yritys LY	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Puhelin	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Fax	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
E-mail	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Omistajatahon edustaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Käyttäjä	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Sähkölaitoksen edustaja	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Kuukausiraportoija	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kyllä/ei
Muuta	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Liite 2: Tuotantotilasto 2005

Taulukko. Suomen tuulivoimatilastojen vuositilasto 2005. Koko vuoden toiminnassa olleista laitoksista on laskettu tunnusluvut. Kokoluokan parhaat on lihavoitu. Lyhenteiden selitykset: Z napakorkeus, D roottorin halkaisija, Arvio keskimääräinen arvioitu vuosituotanto, t_h huipunkäyttöaika kWh/kW, e tuotanto suhteessa roottorin pyyhkäisyypinta-alaan kWh/m², CF kapasiteettikerroin (kWh/kW,h), Seis. aika seisokkiaika, Käytett. tekninen käytettävyyys (seisokkiajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt), puuttuu mikäli seisokkiaikaa ei ole raportoitu.

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z m	D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t_h h/a	e kWh/m2	CF	Seis. aika h	Käytett. %	Aloitus kk.vv
Huittinen 1	75	NORDTANK	40	20		52	693	165	8 %		3.2003	
Korsnäs 1	200	NORDTANK	32.5	24.6	380	347	1736	731	20 %	664	92 %	11.1991
Korsnäs 2	200	NORDTANK	32.5	24.6	380	319	1593	670	18 %	999	89 %	11.1991
Korsnäs 3	200	NORDTANK	32.5	24.6	380	355	1773	746	20 %	251	97 %	11.1991
Korsnäs 4	200	NORDTANK	32.5	24.6	380	317	1586	667	18 %	1405	84 %	11.1991
Jalasjärvi 1	220	WINDWORLD	31	25	100	118	536	240	6 %	706	92 %	7.2003
Sottunga 1	225	VESTAS	31.5	27	450	422	1875	737	21 %	15	100 %	1.1992
Eckerö 2	225	VESTAS	35	29	500	379	1686	574	19 %	71	99 %	7.2004
Suodenniemi 1	225	VESTAS	50	29		228	1014	345	12 %			12.2004
Äetsä 1	225	VESTAS	52	29		68						9.2005
Eurajoki 2	250	NEGMICON	36	30		5						12.2005
Siikajoki 1	300	NORDTANK	30.5	31	650	598	1994	793	23 %	0	100 %	4.1993
Siikajoki 2	300	NORDTANK	30.5	31	670	621	2070	823	24 %	431	95 %	4.1993
Kalajoki 1	300	NORDTANK	30.5	31	660	491	1636	650	19 %	0	100 %	4.1993
Kalajoki 2	300	NORDTANK	30.5	31	660	358	1193	474	14 %	297	97 %	4.1993
Kemi 1	300	NORDTANK	35	31	610	343	1144	455	13 %	306	97 %	8.1993
Kemi 2	300	NORDTANK	35	31	610	430	1433	570	16 %	36	100 %	8.1993
Kemi 3	300	NORDTANK	35	31	610	399	1330	529	15 %	36	100 %	8.1993
Pori	300	NORDTANK	30.5	31	700	721	2403	955	27 %	53	99 %	9.1993
Hailuoto 1	300	NORDTANK	30.5	31	725	772	2574	1023	29 %	492	94 %	10.1993
Hailuoto 2	300	NORDTANK	30.5	31	725	751	2504	995	29 %	563	94 %	10.1993
Lammasoivi 2	450	BONUS	35	37	1100	514	1141	478	13 %	2063	78 %	10.1996
Lammasoivi 1	450	BONUS	35	37	1100	662	1472	616	17 %	858	91 %	10.1996
Hailuoto 3	500	NORDTANK	36	37.3	1195	348	696	319	8 %	6800	22 %	4.1995
Hailuoto 4	500	NORDTANK	41	37.3	1275	1158	2316	1060	26 %	403	95 %	6.1995
Kuivaniemi 1	500	NORDTANK	36	37.3	1060	917	1833	839	21 %	0	100 %	8.1995
li	500	NORDTANK	39	37.3	1030	798	1596	730	18 %	251	97 %	1.1997
Eckerö 1	500	VESTAS	40.5	39	1200	1229	2457	1028	28 %	13	100 %	8.1995
Kökar	500	ENERCON	44	40.3	1200	1395	2791	1094	32 %	190	98 %	10.1997
Vårdö	500	ENERCON	55	40.3	1200	1061	2123	832	24 %	29	100 %	9.1998
Finström 1	500	ENERCON	55	40.3	1100	1169	2337	916	27 %	24	100 %	10.1998
Finström 2	500	ENERCON	55	40.3	1100	1155	2311	906	26 %	28	100 %	10.1998
Siikajoki 3	600	NORDTANK	49	43	1350	1433	2388	986	27 %	53	99 %	4.1997
Siikajoki 4	600	NORDTANK	49	43	1350	1434	2391	988	27 %	86	99 %	4.1997
Lemland 1	600	VESTAS	45	44	1200	1251	2085	823	24 %	18	100 %	11.1997
Lemland 2	600	VESTAS	45	44	1200	1260	2100	829	24 %	19	100 %	11.1997
Lemland 3	600	VESTAS	45	44	1200	922	1536	606	18 %	1860	79 %	11.1997
Lemland 4	600	VESTAS	50	44	1200	1139	1898	749	22 %	17	100 %	11.1997
Lammasoivi 3	600	BONUS	41	44	1400	1462	2437	962	28 %	318	96 %	11.1998
Olos 1	600	BONUS	41	44	1400	1048	1746	689	20 %	121	99 %	11.1998
Olos 2	600	BONUS	41	44	1400	917	1528	603	17 %	126	99 %	11.1998
Olos 3	600	BONUS	40	44	1400	1040	1733	684	20 %	1414	84 %	9.1999
Olos 4	600	BONUS	40	44	1400	1032	1720	679	20 %	53	99 %	9.1999

Olos 5	600	BONUS	40	44	1400	1081	1801	711	21 %	246	97 %	9.1999
Föglö	600	ENERCON	65	45	1600	1670	2783	1050	32 %	88	99 %	9.1999
Finström 3	600	ENERCON	65	45	1300	1341	2235	843	26 %	37	100 %	10.1999
Lumparland 1	600	ENERCON	65	45	1500	1428	2380	898	27 %	109	99 %	8.2003
Lumparland 2	600	ENERCON	65	45	1500	1360	2266	855	26 %	125	99 %	8.2003
Lumijoki 1	660	VESTAS	50	47	1800	1511	2289	871	26 %	486	94 %	3.1999
Sottunga 2	660	VESTAS	55	47		1538	2331	887	27 %	14	100 %	1.2005
Kuivaniemi 2	750	NEGMICON	50	44	1500	1448	1931	952	22 %	624	93 %	10.1998
Kuivaniemi 3	750	NEGMICON	50	44	1500	1154	1539	759	18 %	264	97 %	10.1998
Kuivaniemi 4	750	NEGMICON	50	44	1500	1471	1961	967	22 %	336	96 %	10.1998
Närpiö 1	750	NEGMICON	45	48	1600	1793	2391	991	27 %	735	92 %	9.1999
Kuivaniemi 5	750	NEGMICON	50	48	1500	1467	1956	811	22 %	1344	85 %	11.1999
Kuivaniemi 6	750	NEGMICON	50	48	1500	1801	2401	995	27 %	20	100 %	11.1999
Kuivaniemi 7	750	NEGMICON	50	48	1500	1701	2269	940	26 %	448	95 %	11.1999
Meri-Pori 1	1000	BONUS	60	54	2340	1845	1845	806	21 %	1124	87 %	6.1999
Meri-Pori 2	1000	BONUS	60	54	2340	2144	2144	936	24 %	60	99 %	6.1999
Meri-Pori 3	1000	BONUS	60	54	2330	2109	2109	921	24 %	101	99 %	6.1999
Meri-Pori 4	1000	BONUS	60	54	2320	2107	2107	920	24 %	411	95 %	6.1999
Meri-Pori 5	1000	BONUS	50	54	2450	2131	2131	930	24 %	702	92 %	6.1999
Meri-Pori 6	1000	BONUS	50	54	2670	2840	2840	1240	32 %	236	97 %	6.1999
Meri-Pori 7	1000	BONUS	50	54	2600	2536	2536	1107	29 %	1239	86 %	6.1999
Meri-Pori 8	1000	BONUS	50	54	2580	2817	2817	1230	32 %	176	98 %	6.1999
Kotka 1	1000	BONUS	60	54	2000	1740	1740	760	20 %	548	94 %	9.1999
Kotka 2	1000	BONUS	60	54	2000	1999	1999	873	23 %	474	95 %	9.1999
Kokkola 1	1000	WINWIND	70	56	2100	2375	2375	964	27 %	210	98 %	6.2003
Kokkola 2	1000	WINWIND	70	56	2100	2519	2519	1023	29 %	221	97 %	6.2003
Oulunsalo 2	1000	WINWIND	70	56	2200	2808	2808	1140	32 %	195	98 %	8.2003
Oulunsalo 3	1000	WINWIND	70	56	2200	2872	2872	1166	33 %	94	99 %	8.2003
Oulunsalo 4	1000	WINWIND	70	56	2200	2858	2858	1160	33 %	171	98 %	8.2003
Kristiinankaupunki 1	1000	WINWIND	70	56	2200	3190	3190	1295	36 %	249	97 %	12.2003
Kristiinankaupunki 2	1000	WINWIND	70	56	2200	3038	3038	1233	35 %	307	97 %	12.2003
Kristiinankaupunki 3	1000	WINWIND	70	56	2200	3013	3013	1223	34 %	151	98 %	12.2003
Eurajoki 1	1000	WINWIND	60	56	2400	2017	2017	819	23 %			10.2004
Oulu 1	1000	WINWIND	56	60	1900	2303	2303	814	26 %	265	97 %	9.2001
Oulunsalo 1	1300	NORDEX	65	60	3000	2539	1953	898	22 %	384	96 %	8.1999
Uusikaupunki 1	1300	NORDEX	69	60	2340	1208	929	427	11 %	2681	69 %	10.1999
Uusikaupunki 2	1300	NORDEX	69	60	2340	1419	1091	502	12 %	600	93 %	10.1999
Hanko 1	2000	ENERCON	65	70	3500	2536	1268	659	14 %	61	99 %	9.2004
Hanko 2	2000	ENERCON	65	70	3500	2338	1169	607	13 %	131	99 %	9.2004
Hanko 3	2000	ENERCON	65	70	3500	2286	1143	594	13 %	77	99 %	9.2004
Hanko 4	2000	ENERCON	65	70	3500	2329	1165	605	13 %	190	98 %	9.2004
Inkoo 1	2000	ENERCON	65	70	3500	2512				439	95 %	9.2004
Inkoo 2	2000	ENERCON	65	70	3500	2511				499	94 %	9.2004
Inkoo 3	2000	ENERCON	65	70	3500	3269	1635	849	19 %	461	95 %	9.2004
Meri-Pori 9	2000	BONUS	80	76	6000	7035	3518	1551	40 %	16	100 %	7.2002
Kuivaniemi 8	2000	VESTAS	78	80	4500	4526	2263	900	26 %	843	90 %	12.2002
Raahe 1	2300	BONUS	80	82.4	5200	6026	2620	1130	30 %	171	98 %	6.2004
Raahe 2	2300	BONUS	80	82.4	5200	6272	2727	1176	31 %	24	100 %	6.2004
Raahe 3	2300	BONUS	80	82.4	5200	6296	2737	1181	31 %	174	98 %	6.2004
Raahe 4	2300	BONUS	80	82.4	5200	6523	2836	1223	32 %	134	98 %	6.2004
Raahe 5	2300	BONUS	80	82.4	5200	6010	2613	1127	30 %	206	98 %	6.2004
Oulu 2	3000	WINWIND	90	90		2847	949	448	11 %			12.2004

Kemi 4	3000	WINWIND	90	90		0						
YHTEENSÄ	86215		96 kpl		169960	169942						
Keskimäärin	898		53	49	1910	1770	1965	820	23 %	449	97 %	
Maksimi	3000		90	90	6000	7035	3518	1551	40 %	6800	320 %	12.2005
Minimi	75		30.5	20	100	0	20	7	3 %	0	22 %	1.1992

