

TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTOT. VUOSIRAPORTTI 2004

Kirjoittajat Hannele Holttinen

Julkisuus: Julkinen

Suorittajaorganisaatio ja osoite VTT Prosessit, Energian tuotanto PL 1601 02044 VTT Projektin vastuhenkilö Hannele Holttinen Projektin asiakirjanumero (VTT)	Tilaaja TEKES ja tuulivoimatuottajat Tilaajan yhdyshenkilö Tilaajan tilaus- tai viitenumero	
Hankkeen nimi, lyhytnimi ja suoritettunus Tuulivoiman kansainvälinen yhteistyö IEA R&D WIND. 28IEAWIND04	Raportin numero ja sivumäärä PRO2/P2034/05 41 s. + liitt. 7 s.	Päiväys 17.6.2005

Projektiraportin nimi ja kirjoittajat
TUULIVOIMAN TUOTANTOTILASTOT. Vuosiraportti 2004.
Holttinen, H.

Tiivistelmä

Tuotantotilastointiin osallistuvien tuulivoimaloiden tuotanto oli 120 GWh vuonna 2004, mikä vastaa noin 0,1 % Suomen vuoden 2004 sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 82 MW vuoden 2004 lopussa. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2004 lopussa noin 34500 MW, josta vuoden 2004 aikana asennettua uutta kapasiteettia on 5700 MW.

Suomessa tuulivoiman edistäminen tapahtuu osana kansallista ilmastostrategiaa, jota toteutetaan Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelman avulla. Ohjelmassa on asetettu tavoitteeksi 500 MW tuulivoimakapasiteetti vuoteen 2010 mennessä. Tuulivoimaa tuetaan sähköveron palautuksen verran, 0,69 €/kWh, ja lisäksi uudet tuulivoimainvestoinnit voivat saada investointitukea enimmillään 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti.

Vuosi 2004 oli keskimääräistä heikkotuulisempi. Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimatuotanto oli Perämerellä 89 % ja muualla noin 85 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytetään vuosien 1987-2001 keskimääräistä tuotantoa.

Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys vuonna 2004 oli kohtuullisen hyvä, 95 %. Suurimmat vika-ajat tulivat yhden laitoksen tulipalosta sekä kolmen laitoksen lapojen kärkejarrujen vaihdosta. Suomen tuulivoimalaitosten keski-ikä oli vuoden lopussa 5,9 vuotta.

Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi yhteenvedon vika- ja häiriötilastoista vuodelta 2004.

Jakelu: TEKES, Suomen Hyötytuuli, PVO Innopower, SaBaVind, Ålands vindenergiandelslag, VAPO Energia, Fortum, Vattenfall Sähköntuotanto, Propel Voima, Kotkan energia, Oulun Seudun Sähkö, TVO, Kemin Tuulivoimapuisto, Korsnäsin tuulivoimapuisto, Öskata Vind Närpes, Lumituuli, Iin energia, Pori energia	Julkisuus Julkinen
---	----------------------------------

Projektin vastuhenkilö Hannele Holttinen, erikoistutkija	Tarkastus- ja hyväksymisallekirjoitukset Esa Peltola, Tuotepäällikkö	Risto Komulainen, Ryhmäpäällikkö
--	--	-------------------------------------

TIIVISTELMÄ

Tuotantotilastointiin osallistuvien tuulivoimaloiden tuotanto oli 120 GWh (79 MW) vuonna 2004, mikä vastaa noin 0,1 % Suomen vuoden 2004 sähkönkulutuksesta. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 82 MW vuoden 2004 lopussa, uutta kapasiteettia rakennettiin 30 MW. Suomen tuulivoimakapasiteetti on tällä hetkellä pieni verrattuna muihin EU-maihin. Euroopan tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2004 lopussa 34500 MW, josta vuoden 2004 aikana asennettua uutta kapasiteettia on 5700 MW /1/.

Suomessa tuulivoiman edistäminen tapahtuu osana kansallista ilmastostrategiaa, jota toteutetaan Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman avulla. Ohjelmassa on asetettu tavoitteeksi 500 MW tuulivoimakapasiteetti vuoteen 2010 mennessä. Tuulivoimaa tuetaan sähköveron palautuksen verran, 0,69 €/kWh, ja lisäksi uudet tuulivoimainvestoinnit voivat saada investointitukea enimmillään 40 % investoinnista. Investointituen suuruus päätetään projektikohtaisesti.

Kaupallisten tuulivoimalaitosten taloudellisin koko on kasvanut viime vuosina. Viime vuosina eniten on myyty 1-2.5 MW laitoksia. Vuonna 1991 Suomessa pystytettyjen laitosten keskikoko oli alle 200 kW ja vuonna 2004 1870 kW. Tilastointiin osallistuvien tuulivoimalaitosten keskiteho oli vuoden 2004 lopussa 900 kW (2003 lopussa 664 kW).

Vuosi 2004 oli keskimääräistä heikkotuulisempi. Ilmatieteen laitoksen laskemien tuotantoindeksien mukaan tuulivoimatuotanto oli Perämerellä 89 %, Selkämerellä 84 %, Ahvenanmaalla 83 % ja Suomenlahdella 85 % pitkän aikavälin keskimääräisestä tuotannosta. Vertailujaksona käytetään vuosien 1987-2001 keskimääräistä tuotantoa.

Tuulivoimalaitosten tekninen käytettävyys vuonna 2004 oli kohtuullisen hyvä, 95 %. Suurimmat vika-ajat tulivat yhden laitoksen tulipalosta sekä kolmen laitoksen lapojen kärkejarrujen vaihdosta. Suomen tuulivoimalaitosten keski-ikä oli vuoden lopussa 5,9 vuotta.

Vuosiraportti sisältää laitosten tuotanto- ja käytettävyystietojen lisäksi yhteenvedon tuulivoimaloissa vuonna 2004 esiintyneistä vioista ja häiriöistä.

ABSTRACT

The wind power production in Finland was 120 GWh, which corresponded to 0.1 % of Finland's electricity consumption in 2004. Installed wind capacity was 82 MW at the end of the year. Number of the operating turbines was 92.

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 is up to 40 % of the total investment. The exact amount is granted separately for each project.

The rated power of wind power plants has continued to rise steadily. The capacity of the new power plants in 2004 was 1870 kW and the average size of all turbines in Finland was 900 kW at the end of 2004.

Year 2004 was less windy compared to long term average. The production indexes which are provided by the Finnish Meteorological Institute, for different sea areas were as follows: 84–89 % in Gulf of Bothnia, 83 % in Åland and 85 % in the Gulf of Finland. Average capacity factor of standard wind turbines, which operated the whole year, was 21 %.

Technical availability of the standard wind power plants was 95 % in 2004. Majority of reported downtime came from one turbine destroyed in fire and three turbines that lost their blade tip in a storm. The average age of wind turbines was 5.9 years at the end of 2004.

This report contains production and availability figures of the grid connected wind turbines in Finland as well as component summary of failure statistics.

ALKUSANAT

Tuulivoiman tuotantotilastoa on ylläpidetty vuodesta 1992 lähtien Suomen Tuulivoimayhdistyksessä vapaaehtois pohjalla, ja vuodesta 1994 lähtien osana VTT Energian (nykyisin VTT Prosessit) 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 kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamassa projektissa “Tuulivoiman tuotantotilastoinnin kehittäminen” vuonna 1996, ja 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 arvioidun ja toteutuneen tuotannon mittaamiseen. Lisäksi tilastoaineistoa voidaan käyttää laitosten teknisen toimivuuden seurantaan, mistä on yhdessä tuotannon arvioinnin parantumisen kanssa apua uusia tuulivoimalaitoshankkeita suunniteltaessa.

Tämä vuosiraportti on tehty seuraten soveltuvien osin Ruotsin tuulivoimatilastojen vuosiraporttia /2/.

Tuotantotilastot julkaistaan kuukausittain VTT:n internetsivulla <http://www.vtt.fi/pro/pro2/tuulitilastot/tuulitilastot.htm> ja neljännesvuosittain Tuulensilmä ja Vindögat -lehdissä. Vuosittain julkaistaan tämä tuulivoimatilastoinnin vuosiraportti, joka on ladattavissa pdf-formaatissa VTT:n internetsivuilta. Tilastokeskukselle on toimitettu vuosittain brutto- ja nettotuotannot laitoksittain osaksi Suomen ja Euroopan energiatilastoja, ja SENERille kuukausittain arvio tuulivoimatuotannosta sähkön pikatilastoja varten. Vuoden 2005 alusta neljännesvuositaulukot toimitetaan myös kansainväliseen WindStats lehteen.

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

SISÄLTÖ

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	19
5.1 Teho ja sähköntuotanto.....	19
5.2 Euroopan tuulivoimakapasiteetti	21
5.3 Laitoskoon kehitys	23
5.4 Tunnuslukuja	23
6. Tuotantovertailuja vuodesta 2004.....	27
6.1 Tuotannon tunnusluvut vuonna 2004	27
6.2 Tuotannon jaotteluja vuodelta 2004	29
6.3 Suomen tuulivoimatuotannon vertailu muihin maihin.....	30
7. Käyttökatkot.....	32
7.1 Tekninen käytettävyys.....	32
7.2 Käyttökatkojen erittelyt.....	32
7.3 Jäätymiset ja kylmä aika.....	35
8. Tuulivoima ja sähkön kulutus.....	37
8.1 Tuulivoiman kausivaihtelu	37
8.2 Tuulivoimatuotanto valtakunnan huipun aikana	38
Lähdeluettelo	41
Liite 1: Tuulivoimatilastojen kuukausiseurantalomake sekä lomake uuden laitoksen ilmoittamiseksi tilastotietokantaan	
Liite 2: Laitoskohtaiset tuotantotilastot 2004	

1. KUUKAUSIRAPORTOINTI

Tilastointiin ovat osallistuneet Suomen verkkoonkytketyt yli 50 kW tuulivoimalaitokset.

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

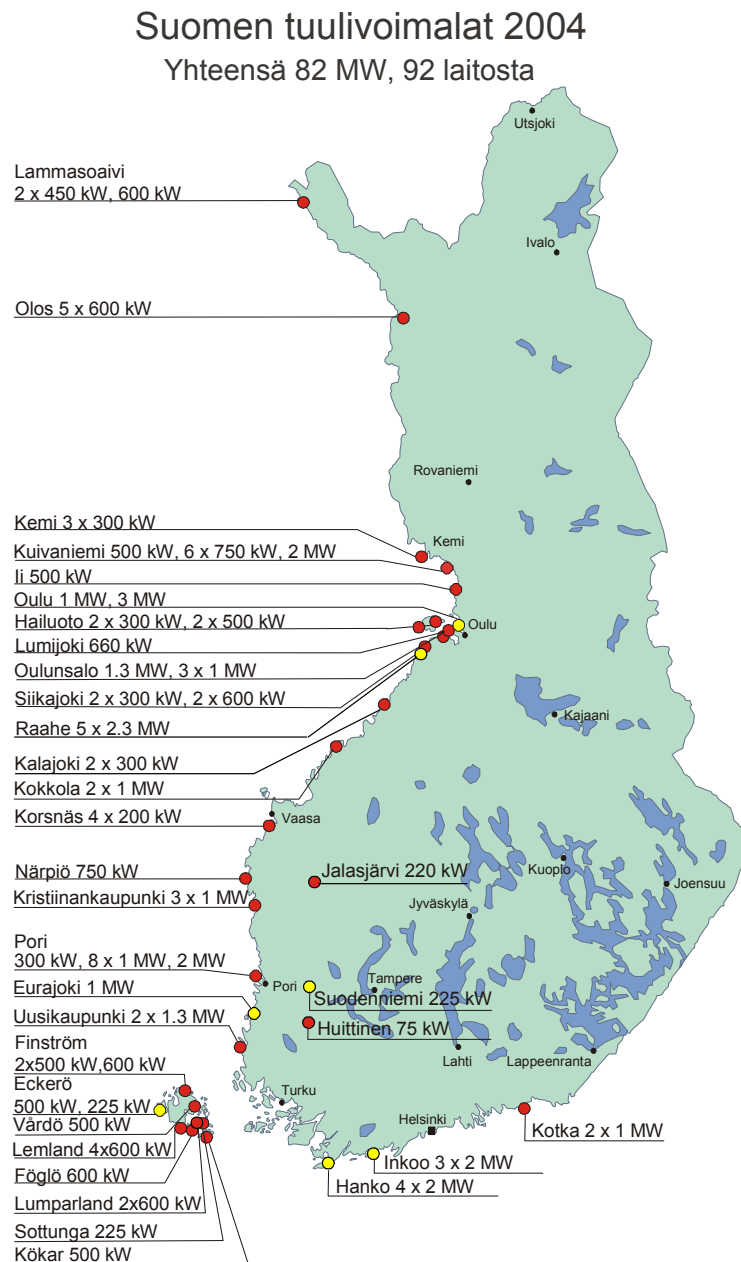
Vanhempien laitosten häiriöaikoja ei voida kerätä automaattisesti, ja tämän vuoksi osa seisokkiajoista on jouduttu jälkeensä arvioimaan. Tietokantaan lisättävien uusien laitosten seisokkiaikojen tilastointi aloitetaan niiden koekäyttövaiheen jälkeen. Koekäyttö kestää yleensä kuukaudesta muutamaan kuukauteen laitoksen verkkoonkytkennästä. Muutamilta tuottajilta seisokkiaikoja ei ole saatu, ja lisäksi muutamilla laitoksilla on ollut tietoliikennekatkoja jonka vuoksi osa häiriöajoista 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 kerätään laitosten omistajilta vuosittain. Tilastotietojen keräämisessä käytettävät lomakkeet on esitetty liitteessä 1.

Tilastojen perusteella SENERille on ilmoitettu kuukausittain arvio kokonaistuulisähköntuotannosta. Arvio Suomen sähkötilastojen pikatilastoja varten tehdään kuukauden 10. päivään mennessä raportoineiden voimaloiden ilmoittamien tuotantolukujen perusteella. Kuukausittaiset laitoskohtaiset yhteenvedot on ladattavissa osoitteesta <http://www.vtt.fi/pro/pro2/tuulitilastot/kuukausi.htm> kuukauden 10. päivän jälkeen.

2. TILASTOINTIIN OSALLISTUVAT LAITOKSET

Tilastointiin osallistui vuonna 2004 yhteensä 91 laitosta, yhteensä 79 MW. Marraskuussa pystytetty 3 MW laitos ei vielä vuonna 2004 tuottanut sähköä verkkoon, mutta tämä laitos huomioiden Suomen tuulivoimakapasiteetti vuoden 2004 lopussa oli 82 MW, 92 laitosta. Laitosten sijainnit on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tilastointiin osallistuvien tuulivoimaloiden sijainnit vuoden 2004 lopussa. Vuoden 2004 aikana pystytettiin Raahe 1-5, Hanko 1-4, Inkoo 1-3, Eckerö 2, Eurajoki 1, Oulu 2 ja Suodenniemi 1.

Taulukko 1. Tilastoidut tuulivoimalaitokset. Omistusmuoto-lyhenne on selitetty taulukossa 2. Ensimmäinen laitos, 300 kW Kopparnäs, on purettu vuonna 1995, Pyhätunturin laitos purettiin vuoden 2001 aikana ja Paljasselän laitos vuonna 2002.

Laitos ID	Nimi	Aloituspvm	Omistaja	OMISTUSMUOTO	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	li	01.97	lin 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	Vårdö	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	Oulun Energia Oy	U	Lasse Tapio	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*	Maatalousyritys 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

* ostettu käytettynä, aloitusaika ei kerro laitoksen ikää

Tuulivoimalaitokset on nimetty sijaintipaikkansa kunnan mukaan (Lapissa sijoituspaikkatunturin 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 sijaitseen Reposaaressa ja Meri-Pori nimisistä laitoksista 1-4 Reposaaressa Pengertiellä, 5 Reposaaressa ja laitokset 6–9 Tahkoluodossa.

Vuonna 2004 pystytettiin ennätysmäärä uutta kapasiteettia, 30 MW. Suomen Hyötytuuli Oy pystytti Raaheen Suomen tähän asti teholtään suurimman tuulipuiston kesäkuussa 2004: 5 x 2,3 MW (11,5 MW). Ahvenanmaan Eckerössä otettiin käyttöön heinäkuussa 2004 Hollannista käytettynä ostettu tanskalaisvalmisteinen Vestaksen 225 kW laitos. Syksyllä SaBa Vind pystytti etelärannikolle 7 kpl Enerconin 2 MW laitoksia (Hanko 1-4 ja Inkoo 1.3). Suomalaisia WinWinDin laitoksia pystytettiin Suomeen 2 kpl vuonna 2004: TVO pystytti Eurajoelle 1 MW laitoksen lokakuussa ja PVO-Innopower Oy pystytti Ouluun ensimmäisen 3 MW laitoksen marraskuussa. Joulukuussa otettiin käyttöön toinen Hollannista käytettynä ostettu 225 kW laitos Suodenniemellä Tampereen lähellä.

Vuoden 2004 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. Suodenniemelle ja Eckeröhön pystytetyt laitokset on ostettu käytettynä Hollannista.

Suomessa on vuoden 2004 loppuun mennessä purettu vain muutamia laitoksia. 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 2004.

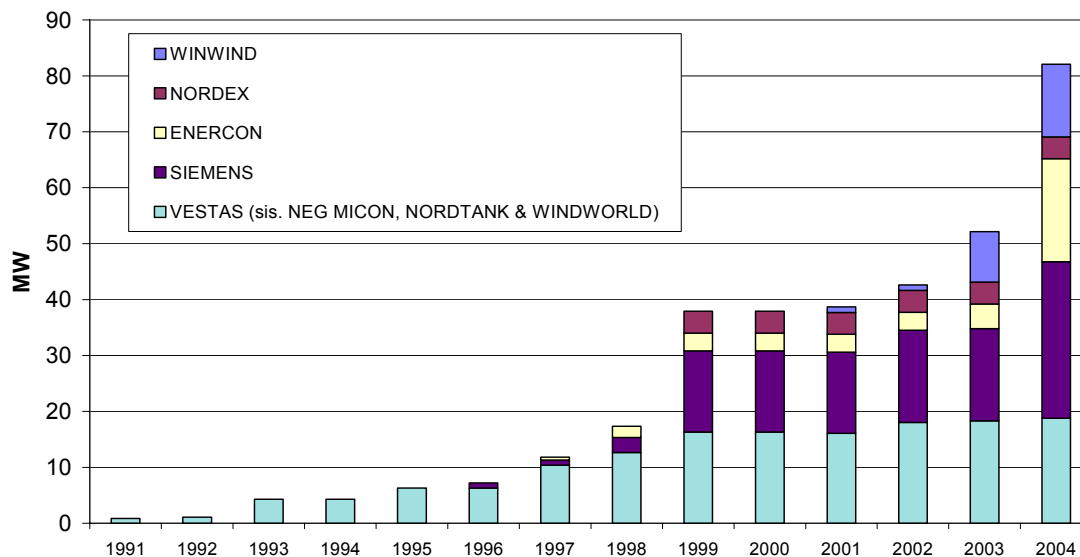
Taulukko 2. Suomen verkkoonkytkettyjen ja tilastointiin osallistuvien tuulivoimalaitosten omistusmuodot vuoden 2004 lopussa.

Omistusmuoto		Laitoksia		Kapasiteetti	
		lkm	%	MW	%
U	Sähköyhtiö (Utility company)	50	54 %	49.7	61 %
C	Kuluttajaomisteinen (Consumer owned company)	33	36 %	24.78	30 %
I	Teollisuus (Industry owned company)	8	9 %	7	9 %
O	Muu yritys (Other)	1	1 %	0.6	1 %
YHTEENSÄ		92	100 %	82.1	100 %

2.1 TUULIVOIMALAITOKSET TYYPEITTÄIN

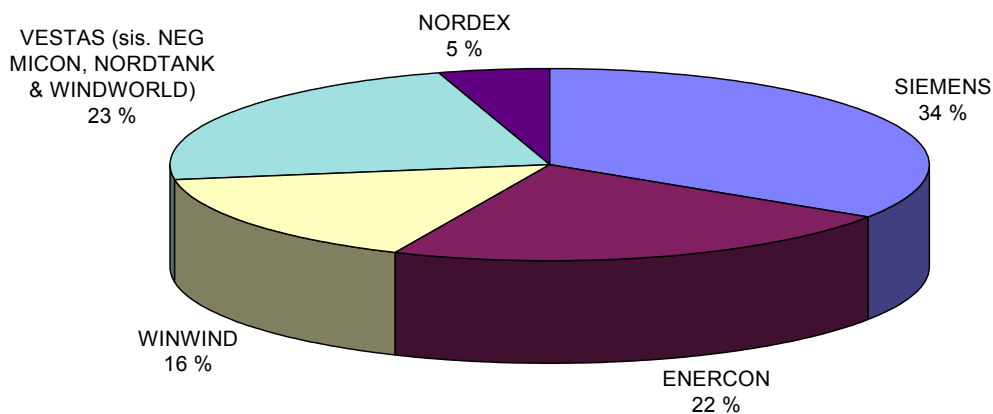
Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuuksien kehittyminen Suomessa vuodesta 1991 on esitetty kuvassa 2. Vuoden 2004 aikana uutta kapasiteettia otettiin käyttöön yhteensä 30 MW.

Valmistajien markkinaosuudet Suomen koko tuulivoimakapasiteetista vuoden 2004 lopussa on esitetty kuvassa 3 ja vuonna 2004 rakennetusta uudesta kapasiteetista kuvassa 4. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden tyypit on koottu taulukkoon 3.

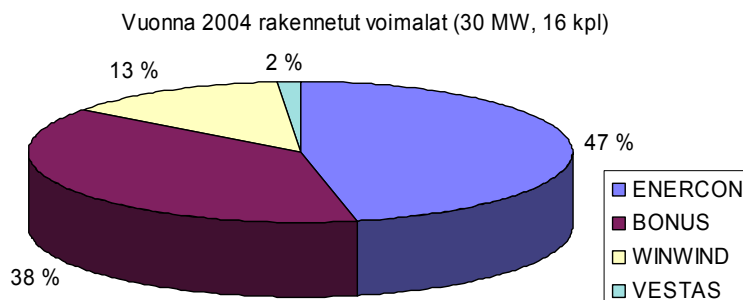


Kuva 2. Markkinaosuusien kehitys Suomessa kapasiteetin mukaan vuosina 1991-2004.

Valmistajien markkinaosuudet Suomessa (yht. 82 MW)



Kuva 3. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen tuulivoimakapasiteetista vuoden 2004 lopussa.



Kuva 4. Tuulivoimalavalmistajien markkinaosuudet Suomen vuonna 2004 rakennetusta tuulivoimakapasiteetista.

Taulukko 3. Suomessa käytössä olevat tuulivoimalaitostyytit vuoden 2004 lopussa.

Valmistaja	Nimellisteho (kW)	LKM	Yhteensä kW
WINWIND	3000	1	3000
BONUS*	2300	5	11500
ENERCON	2000	7	14000
BONUS*	2000	1	2000
VESTAS	2000	1	2000
NORDEX	1300	3	3900
BONUS*	1000	10	10000
WINWIND	1000	10	10000
NEG MICON*	750	7	5250
VESTAS	660	1	660
BONUS*	600	6	3600
VESTAS	600	4	2400
ENERCON	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
VESTAS	225	3	675
WINDWORLD	220	1	220
NORDTANK*	200	4	800
NORDTANK*	75	1	75
		92	82080

*Bonus on siirtynyt Siemensin omistukseen vuoden 2004 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 joko 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):
$$t_h = \frac{Tuot.(kWh)}{Nimellisteho(kW)}$$

Häiriöaika (h): aika, jolloin tuulivoimalaitoksella on käyttökatko huollon, vian, ohimenevän häiriön tai muun pysäytyksen vuoksi. Häiriöaikaan 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). Häiriöaikaan lasketaan mukaan sähköverkosta aiheutuneet seisokit, jotka eivät kuitenkaan vähennä laitoksen teknistä käytettävyyttä.

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

esim. tekninen käytettävyys vuodelta 2004: tunnit saa arvon 8760 +24 h (karkausvuosi). Keskimääräinen käytettävyys kaikille laitoksille: häiriöaika yhteensä poislukien sähköverkkohäiriöt; tunnit yhteensä kaikille laitoksille ottaen huomioon kesken vuotta aloittaneiden laitosten pienemmän tuntimäärän.



Tuotantoindeksi (%): sääasemalta mitattujen tuulennopeushavaintojen perusteella laskettu tuotanto suhteessa pitkän aikavälin havainnoista laskettuun keskimääräiseen tuotantoon. Tuulennopeushavainnot muutetaan keskitehoksi käyttäen 1500 kW (aikaisemmin 500 kW) tuulivoimalaitoksen 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. Tuulivoimatuotantoa arvioitaessa on siis huomioitava myös tarkasteltavan jakson tuulisuus (energiasisältö) verrattuna keskimääräiseen.

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):

1. Suomenlahti: Helsinki Isosaari (17 m)
2. Ahvenanmaa ja Saaristomeri: Lemland Nyhamn (16 m)
3. Selkämeri ja Merenkurkku: Valassaaret Mustasaari (18 m)
4. Perämeri: Hailuoto Marjaniemi (46 m).

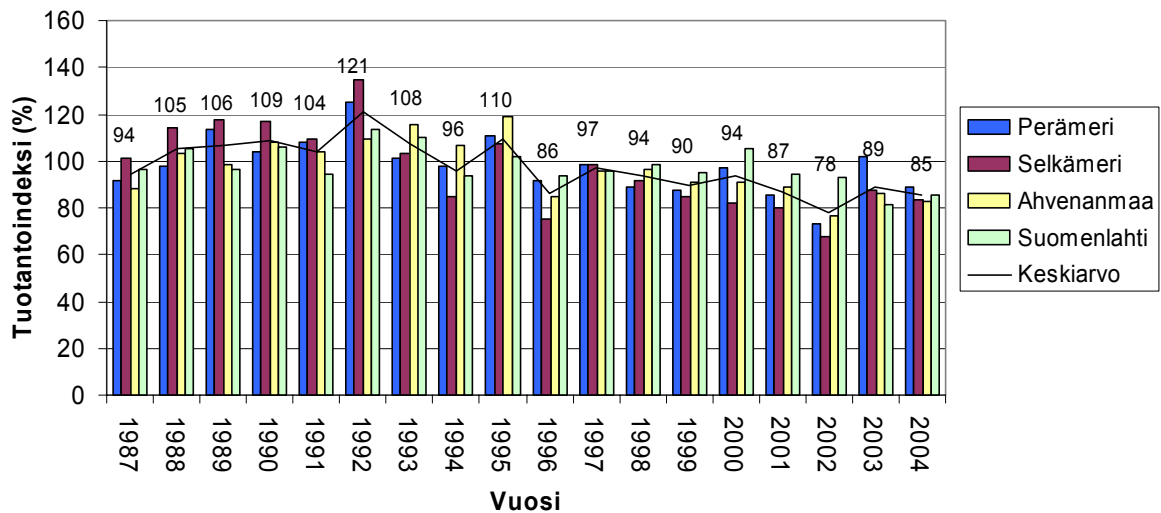
Lapin tunturialueilta ei ole saatavilla pitkän ajan keskiarvon määrittämiseen vaadittavaa havaintoaineistoa, joten Lapin alueelle tuotantoindeksiä ei voida toistaiseksi määrittää.

Ennen vuotta 2002 lasketuissa tuotantoindekseissä vertailujaksona käytettiin vuosia 1985-95 ja indeksien laskennassa nimelisteholtaan 500kW voimalan tehokäyrää. Vuoden 2002 aikana suoritetun 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 nimelisteholtaan 1500 kW laitosta /3/.

4.1 TUOTANTOINDEKSIT

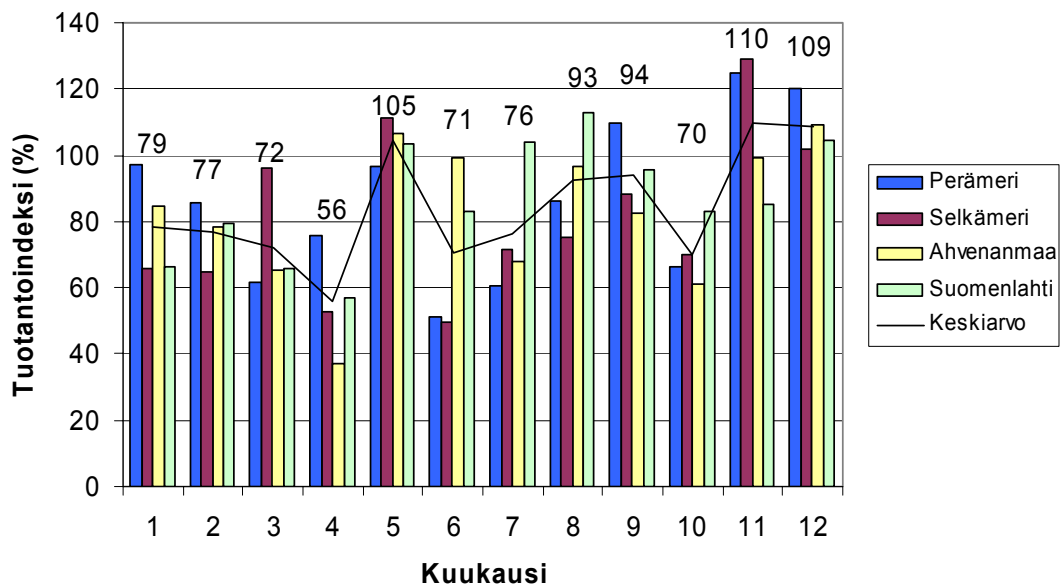
Vuosi 2004 oli selvästi keskimääräistä heikkotuulisempi. Eri merialueiden tuulisuutta kuvaavat Ilmatieteen laitoksen laskemat tuotantoindeksit vuonna 2004 olivat: Perämeri

89 %, Selkämeri 84 %, Ahvenanmaa 83 % ja Suomenlahti 85 %. Vuosittaiset tuotantoindeksit sekä niiden keskiarvo on esitetty kuvassa 5. Tuotantoindeksien keskiarvo vuonna 2004 oli 85 %. Indeksien painotettu keskiarvo, jossa on huomioitu millä indeksialueilla oli tuulivoimakapasiteettia asennettuna, oli 86 %.



Kuva 5. Tuulivoiman tuotantoindeksit Suomen rannikolla vuosina 1987–2004. 100 % on keskimääräinen tuotanto vertailuajanjaksolla 1987 – 2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

Kuukausitason indeksit vuodelta 2004 on esitetty kuvassa 6. Vuosi 2004 alkoi keskimääräistä tynempänä, vain Perämeren tammikuu ja Selkämeren maaliskuu ylsivät lähelle keskimääräistä. Huhtikuu oli erittäin tynni, ja toukokuu keskimääräistä tuulisempi. Suomenlahdella tuuli hyvin heinä- elokuussa, muuten kesä oli myös keskimääräistä tynnempi. Perämerellä syyskuu oli hyvätuulinen, muualla keskimääräistä tynnempi. Lokakuu oli erittäin tynni. Marraskuussa Suomenlahdella jatkui keskimääräistä tynnempi keli, muualla maassa tuuli hyvin. Joulukuu oli erinomainen koko maassa.



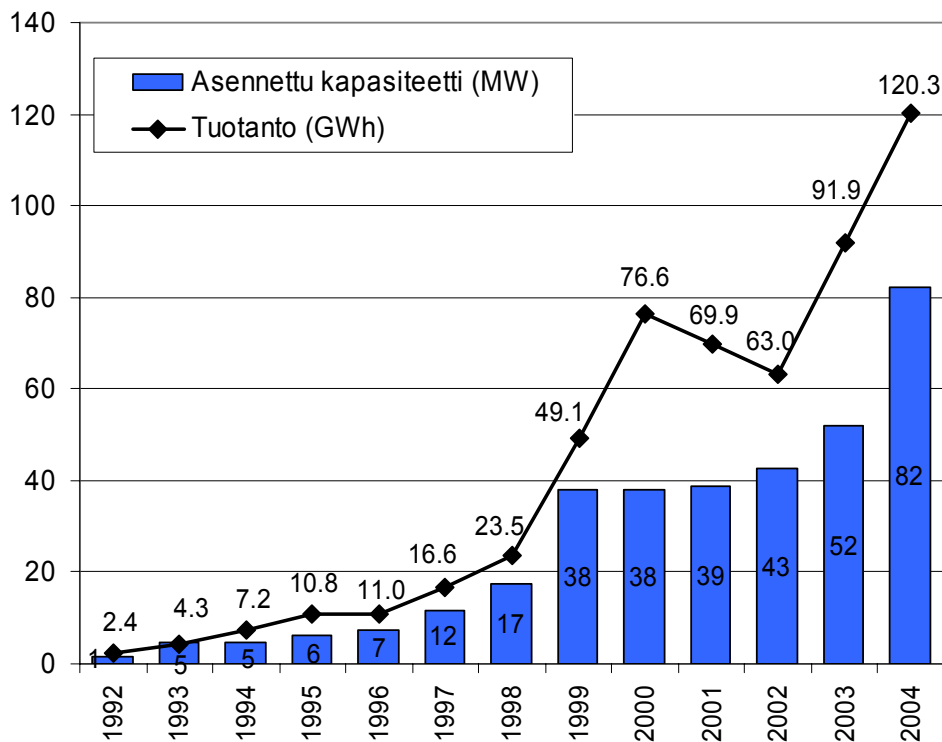
Kuva 6. Kuukausittaiset tuotantoindeksit v. 2004 neljältä sääasemalta. 100% on keskimääräinen kuukausituotanto vertailuajanjaksolla 1987-2001. Keskiarvo on merkitty viivalla ja numeroilla.

5. ASENNETUN TEHON JA TUOTANNON KEHITYS

Vuoden 2004 tuotantotilasto tuulivoimalaitoksittain on esitetty taulukkona liitteessä 2.

5.1 TEHO JA SÄHKÖNTUOTANTO

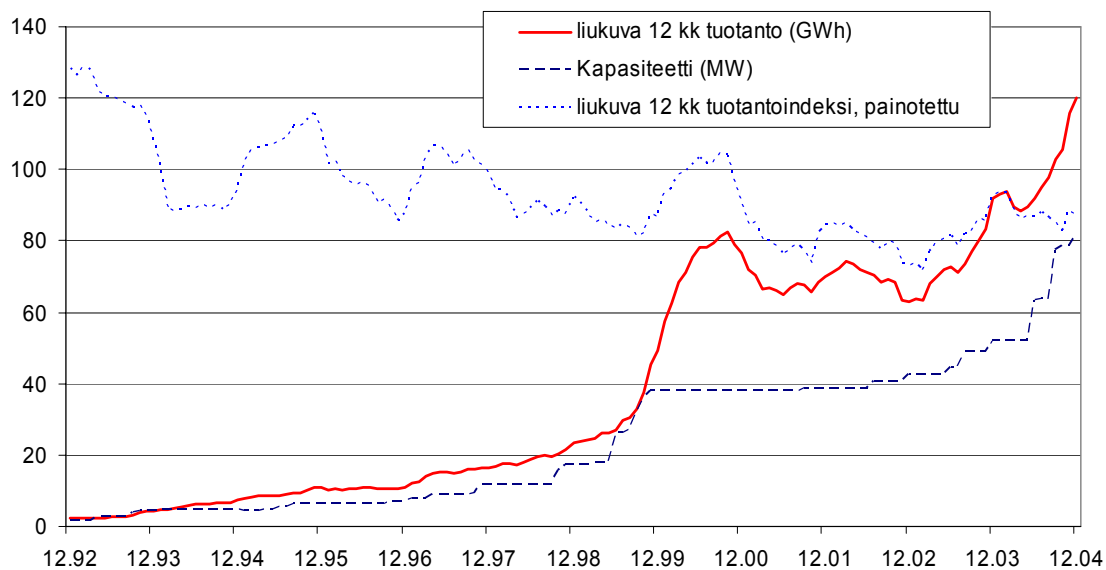
Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlaskettu tuotanto vuonna 2004 oli 120 GWh (79 MW). Suomen kokonaistuulivoimakapasiteetti vuoden 2004 lopussa oli 82 MW. Tuulivoimakapasiteetin kasvun osalta vuosi 2004 on ollut tähän mennessä paras: kasvua edellisvuoteen verrattuna 30 MW (57 %) ja tuotannossa 30 GWh (31 %). Tuotannon kehitys 1992–2004 on esitetty kuvan 7 käyränä. Samassa kuvassa näkyy myös asennettu kapasiteetti vuoden lopussa. Kuvassa 8 vuosituotannot on esitetty liukuvana 12 kk summana. Kuvassa on piirretty myös tuotantoindeksit samanlaisina liukuvina 12 kk arvoina. Tuotantoindekseistä on laskettu yksi luku kuvaamaan Suomea siten että neljää indeksiä on painotettu asennetun kapasiteetin mukaan. Kuvassa 9 näkyy Suomen kuukausittainen tuulivoimatuotanto sekä kapasiteetin kasvu neljän viimeisen vuoden ajalta.



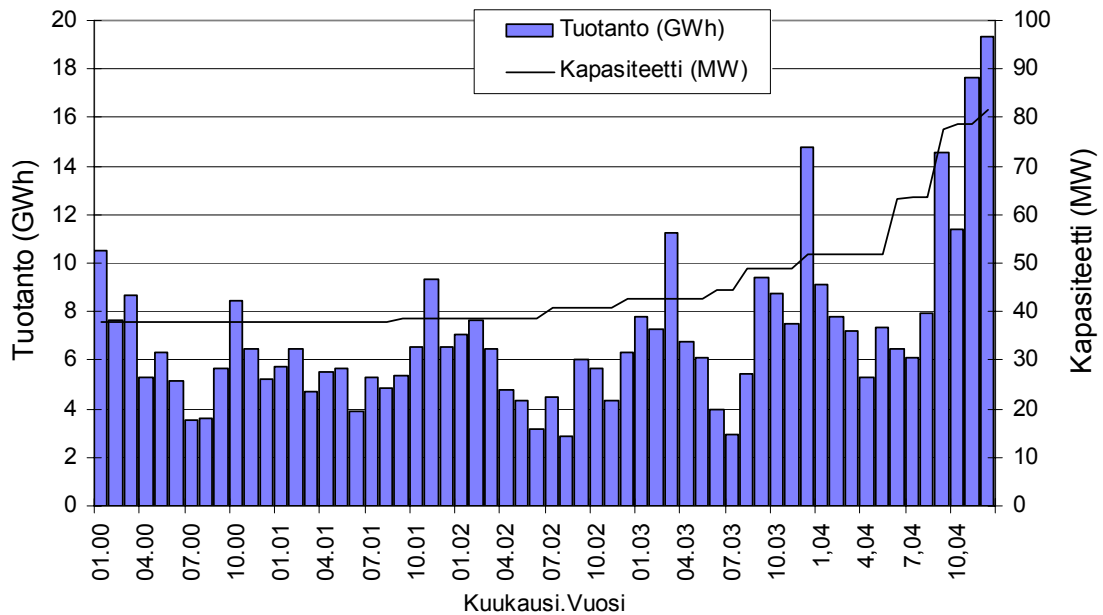
Kuva 7. Asennetun tuulivoimakapasiteetin ja tuotannon kehitys Suomessa vuosina 1992 – 2004.

Taulukko 4. Suomeen tuulivoimakapasiteetin kehitys vuosina 1991–2004.

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	30	16			82,1	92



Kuva 8. Suomen tuulivoiman vuosituotanto 1992-2004 kuukausittain liukuvana 12 kk summana. Neljästä tuotantoindeksistä on painotettu keskiarvo sen mukaan mille alueille on asennettu tuulivoimakapasiteettia. Kuukauden lopussa asennettu kapasiteetti näkyy katkoviivana..

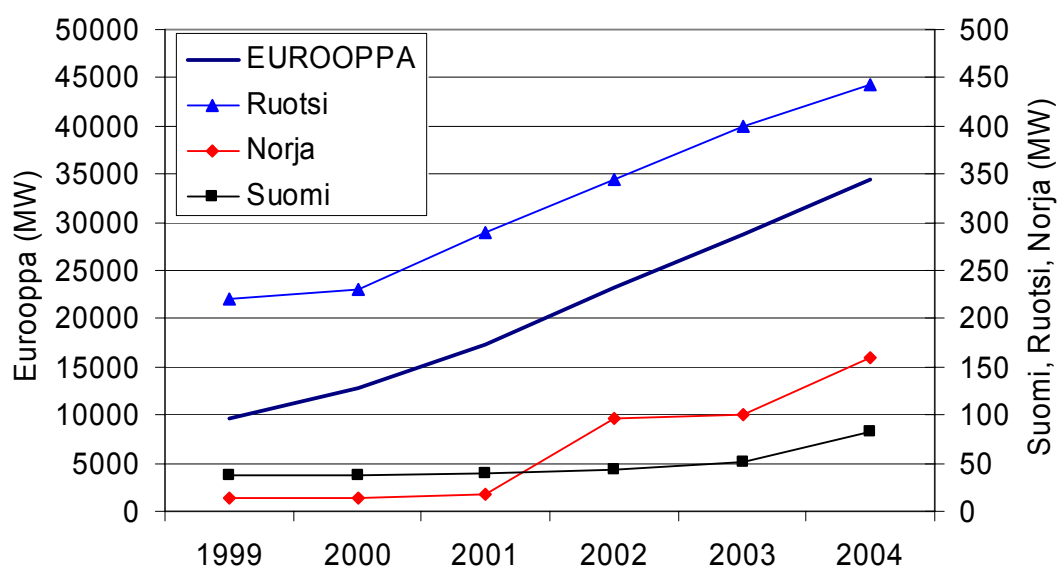


Kuva 9. Tuulivoiman tuotanto ja kapasiteetin kehitys Suomessa kuukausittain vuosina 2000 – 2004.

5.2 EUROOPAN TUULIVOIMAKAPASITEETTI

Taulukossa 5 on esitetty Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys maittain vuosina 1999-2004. Vuonna 2004 Euroopassa rakennetusta tuulivoimakapasiteetista valtaosa rakennettiin Saksaan ja Espanjaan (4100 MW). Euroopan tuulivoimakapasiteetti vuoden 2004 lopussa oli 34 459 MW, josta vuoden 2004 aikana rakennettiin 5766 MW, 17 %.

Kuvassa 10 on esitetty tuulivoimakapasiteetin kehitys Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa. Samaan kuvaan on myös merkitty Euroopan tuulivoimakapasiteetin kehitys.



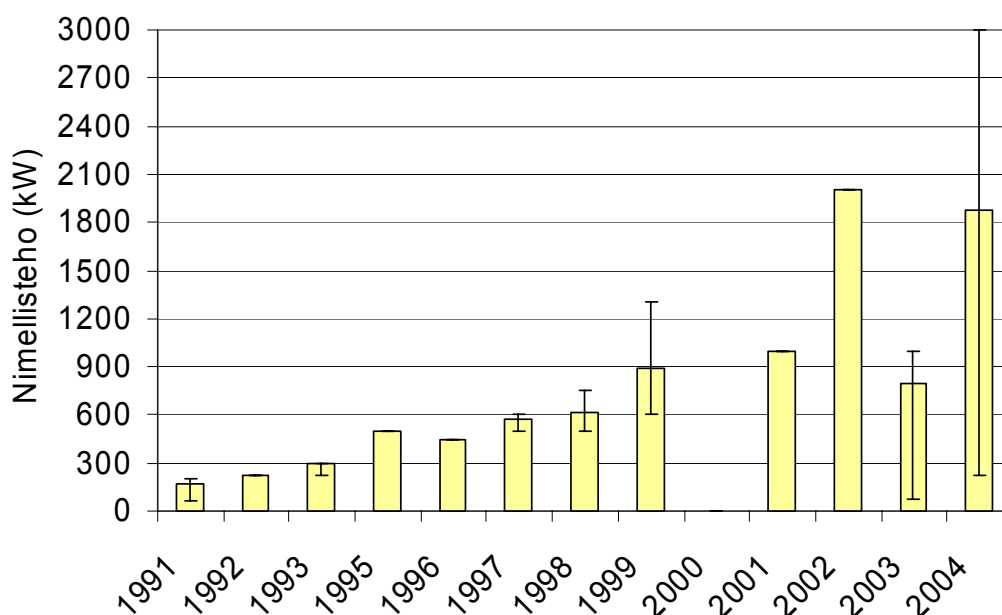
Kuva 10. Tuulivoimakapasiteetin kehitys Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa.

Taulukko 5. Euroopan tuulivoimakapasiteetti /1/.

MW	Kapasiteetti vuoden lopussa					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Saksa	4442	6113	8754	11994	14609	16629
Espanja	1812	2235	3337	4825	6203	8263
Tanska	1738	2300	2417	2889	3115	3117
Italia	277	427	697	788	904	1125
Hollanti	433	446	493	693	910	1078
Britannia	362	406	474	552	648	888
Itävalta	34	77	94	140	415	606
Portugali	61	100	125	195	296	522
Kreikka	158	189	272	297	375	465
Ruotsi	220	231	290	345	399	442
Ranska	25	66	78	148	253	386
Irlanti	74	118	125	137	191	339
Norja	13	13	17	97	101	160
Belgia	11	13	31	35	68	95
Suomi	38	38	39	43	52	82
Puola	5	5	22	27	63	63
Luxembourg	10	15	15	17	22	35
Latvia	0	0	2	24	26	26
Tsekki	7	7	5	3	9	17
Sveitsi	3	3	5	5	5	9
Viro	0	0	2	2	2	6
Muu						
Eurooppa	5	10	47	70	85	106
EUROOPPA	9728	12812	17341	23256	28751	34459

5.3 LAITOSKOON KEHITYS

Asennetun uuden kapasiteetin keskiteho on kasvanut 170 kW:sta (vuonna 1991) 1870 kW:iin vuonna 2004. Tätä suurempi uuden kapasiteetin keskiteho saavutettiin vuonna 2002 kun Suomeen pystytettiin vain kaksi 2 MW laitosta. Vuonna 2004 asennettiin Suomessa tähän mennessä eniten uutta kapasiteettia, 30 MW. Laitosmäärä oli 16 laitosta, tätä suurempi laitosmäärä on saavutettu vuonna 1999 (23 laitosta; 20,6 MW). Vuoden 2004 lopussa Suomen tuulivoimalaitosten keskikoko oli 900 kW (90 laitosta, yht. 82 MW). Käytettynä ostettujen 200 kW kokoluokan laitosten pystyttäminen Etelä-Suomen sisämaahan ja Ahvenanmaalle pienentää hieman keskikokoa.



Kuva 11. Vuosittain asennetun tuulivoimakapasiteetin keskitehon kehitys 1991 – 2004 ja vuosittain asennetun kapasiteetin koonvaihtelu.

5.4 TUNNUSLUKUJA

Eri vuosien tuotantotietojen vertailemiseksi laitosten yhteenlasketusta tuotannosta on laskettu keskimääräiset tunnusluvut taulukkoon 6. Taulukossa on myös yksittäisten laitosten maksimi- ja minimiarvot (parhaiten tuottanut laitos ja huonoiten 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 200 kW kokoluokan laitokset. Taulukossa 6 esitetyt painotetut tuotantoindeksit ovat vertailukelpoisia, eli tässä on käytetty samaa indeksin vertailujaksoa 1987-2001 kaikille vuosille.

Taulukko 6. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1994 – 2004.

Vuosi	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	4	6	7	12	17	38	38	39	43	51
Laitosten lukumäärä	15	19	22	29	38	61	61	62	64	73
Vuosituotanto yht. (MWh)	8123	10049	14321	21063	30666	76225	69359	61030	84619	98134
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	812	1085	1312	1477	1387	2960	2650	2406	6578	5697
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	385	263	349	299	275	307	164	221	259	258
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	2018	1668	1929	1828	1796	2025	1843	1580	1985	1942
Suurin huipunkäyttöaika	2706	2170	2623	2954	2775	2842	2918	2622	3289	2848
Pienin huipunkäyttöaika	1370	1131	1224	1136	1166	1218	821	444	862	861
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	813	663	786	727	730	816	742	635	789	760
Suurin tuotanto kWh/m ²	1076	953	1126	1158	1088	1154	1157	1028	1450	1256
Pienin tuotanto kWh/m ²	545	450	486	452	463	484	345	183	343	342
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0.23	0.18	0.22	0.20	0.20	0.22	0.20	0.17	0.22	0.21
Suurin kapasiteettikerroin	0.31	0.25	0.30	0.34	0.32	0.32	0.33	0.30	0.38	0.32
Pienin kapasiteettikerroin	0.16	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.09	0.05	0.10	0.10
Tuotantoindeksi keskimäärin*	110 %	88 %	98 %	92 %	88 %	91 %	85 %	73 %	93 %	86 %

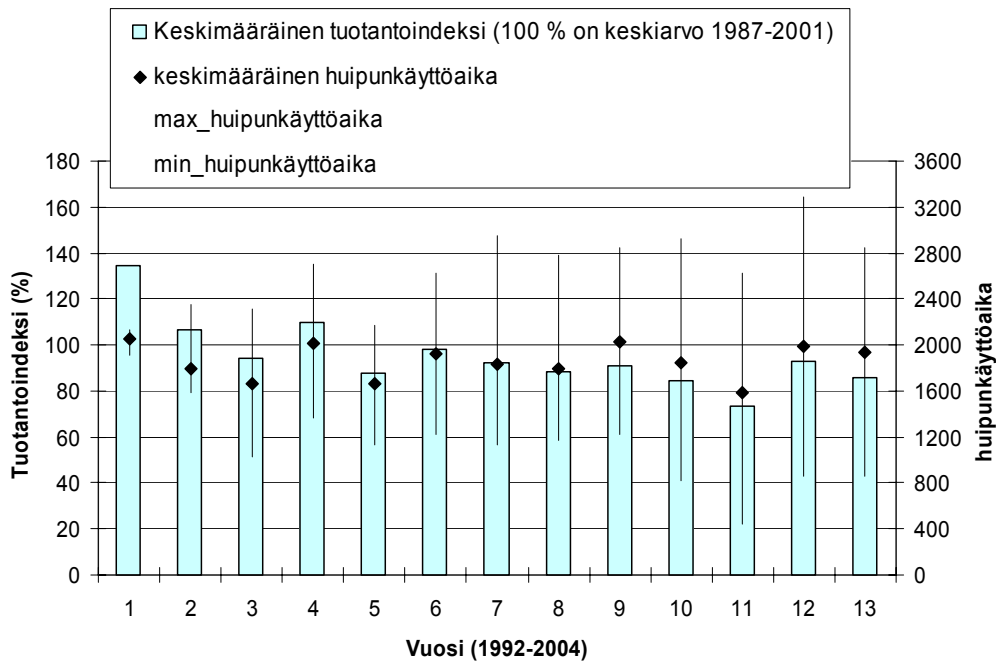
*Laitosten tuotannolla painotettu keskiarvo Perämeren, Selkämeren, Suomenlahden ja Ahvenanmaan tuotantoindekseistä

Keskimääräiset tunnusluvut vuonna 2004 ovat hieman heikompia kuin edellisellä vuonna, mikä selittyy heikommalla tuulisuudella. Kun otetaan huomioon tuuliresurssit, on kuitenkin huomattavissa keskimääräisen tuotannon kasvu. Tämä näkyy kuvasta 12, jossa keskimääräinen huipunkäyttöaika on viimeisinä 5 vuotena ollut korkeammalla tasolla kuin tuotantoindeksipylväät, toisin kuin ensimmäisinä vuosina, jolloin yli 2000 huipunkäyttöaikaan tarvittiin keskimääräistä tuulisempi vuosi. Tuulivoimaloiden tuotannon vertailu näkyy vielä selvemmin kuvassa 13 jossa on poistettu niiden voimaloiden tuotanto joiden käytettävyys on ollut heikko (< 90 %) (Taulukko 7).

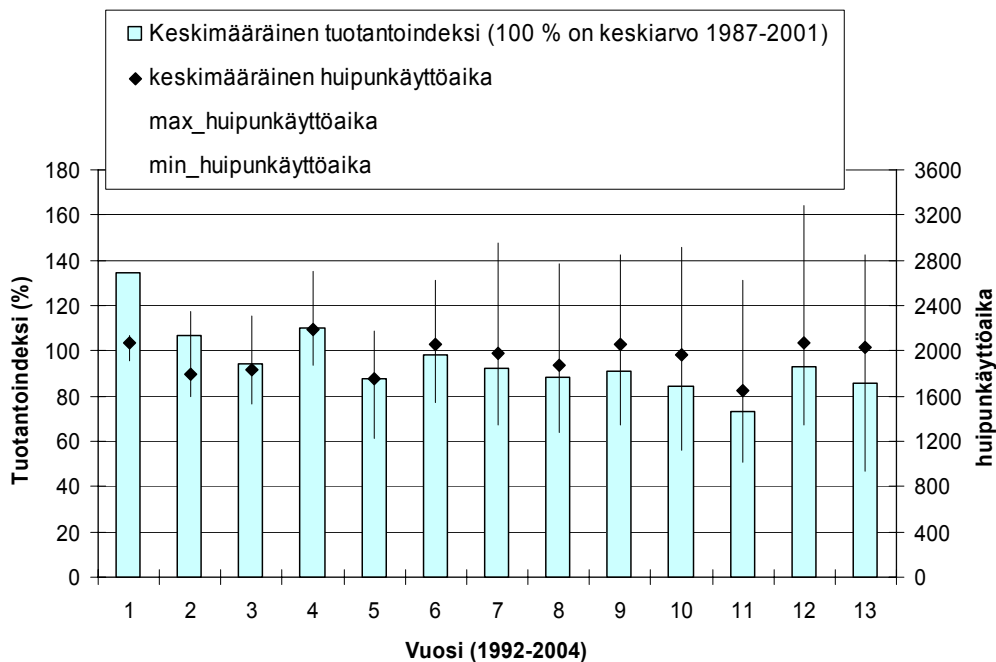
Tuulivoimaloiden suorituskyvyn parantuminen selittyy toisaalta megawattiluokan korkeilla voimaloilla toisaalta paremmin valituilla sijoituspaikoille.

Taulukko 7. Tilastointiin osallistuvien standardilaitosten tuotantoluvuista laskettuja tunnuslukuja vuosilta 1994 – 2004, kun mukana ovat ainoastaan laitokset joiden käytettävyyks on ollut yli 90 %.

Vuosi	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Laitosten nimellisteho yht. (MW)	3	5	6	8	14	35	30	34	37	44
Laitosten lukumäärä	12	16	18	19	32	53	49	53	54	63
Vuosituotanto yht. (MWh)	6852	9003	12786	16122	26875	71766	59512	57049	75719	89672
Eniten tuottaneen laitoksen tuotanto	812	1085	1312	1477	1387	2960	2650	2406	6578	5697
Vähiten tuottaneen laitoksen tuotanto	385	263	349	315	275	307	224	230	279	281
Huipunkäyttöaika keskimäärin (h)	2193	1757	2054	1972	1870	2060	1962	1655	2067	2036
Suurin huipunkäyttöaika	2706	2170	2623	2954	2775	2842	2918	2622	3289	2848
Pienin huipunkäyttöaika	1872	1223	1537	1351	1283	1341	1118	1021	1341	936
Tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohti	876	700	847	800	761	842	793	678	836	796
Suurin tuotanto kWh/m ²	1076	953	1126	1158	1088	1154	1157	1028	1450	1256
Pienin tuotanto kWh/m ²	744	486	703	614	556	533	471	406	586	372
Kapasiteettikerroin keskimäärin	0.25	0.19	0.23	0.22	0.21	0.23	0.22	0.19	0.23	0.22
Suurin kapasiteettikerroin	0.31	0.25	0.30	0.34	0.32	0.32	0.33	0.30	0.38	0.32
Pienin kapasiteettikerroin	0.21	0.14	0.18	0.15	0.15	0.15	0.13	0.12	0.15	0.11
Tuotantoindeksi keskimäärin*	110 %	88 %	98 %	92 %	88 %	91 %	85 %	73 %	93 %	86 %



Kuva 12. Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlasketusta tuotannosta laskettu huipunkäyttöaika vuosina 1992-2004. Mukana kaikki koko vuoden toiminnassa olleet standardilaitokset.



Kuva 13. Suomen tuulivoimalaitosten yhteenlasketusta tuotannosta laskettu huipunkäyttöaika vuosina 1992-2004. Mukana vain ne koko vuoden toiminnassa olleet standardilaitokset, joiden käytettävyyys on ollut yli 90 %.

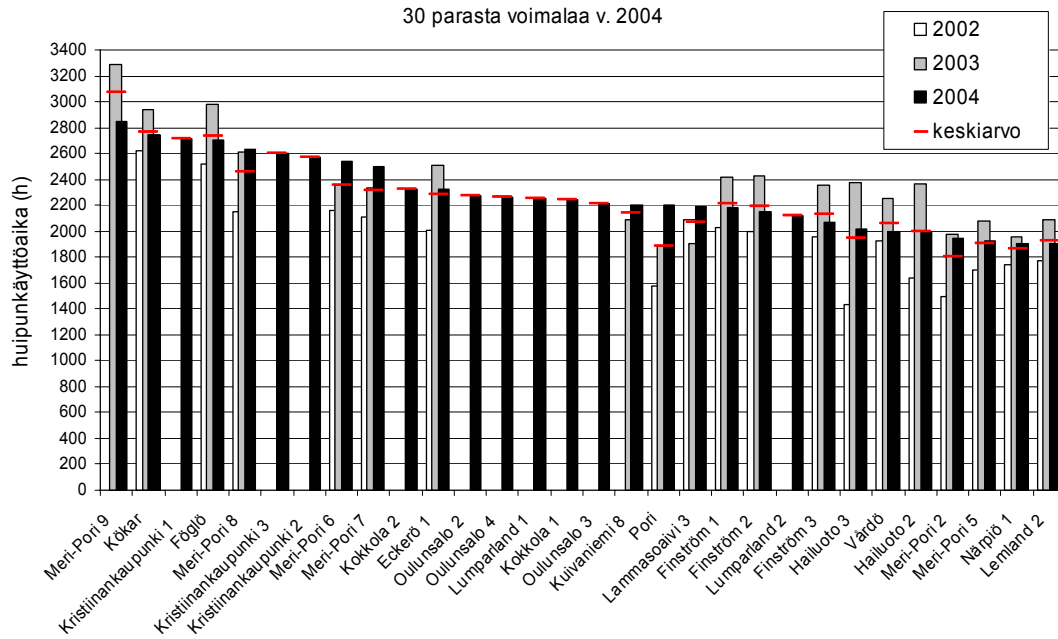
6. TUOTANTOVERTAILUJA VUODESTA 2004

6.1 TUOTANNON TUNNUSLUVUT VUONNA 2004

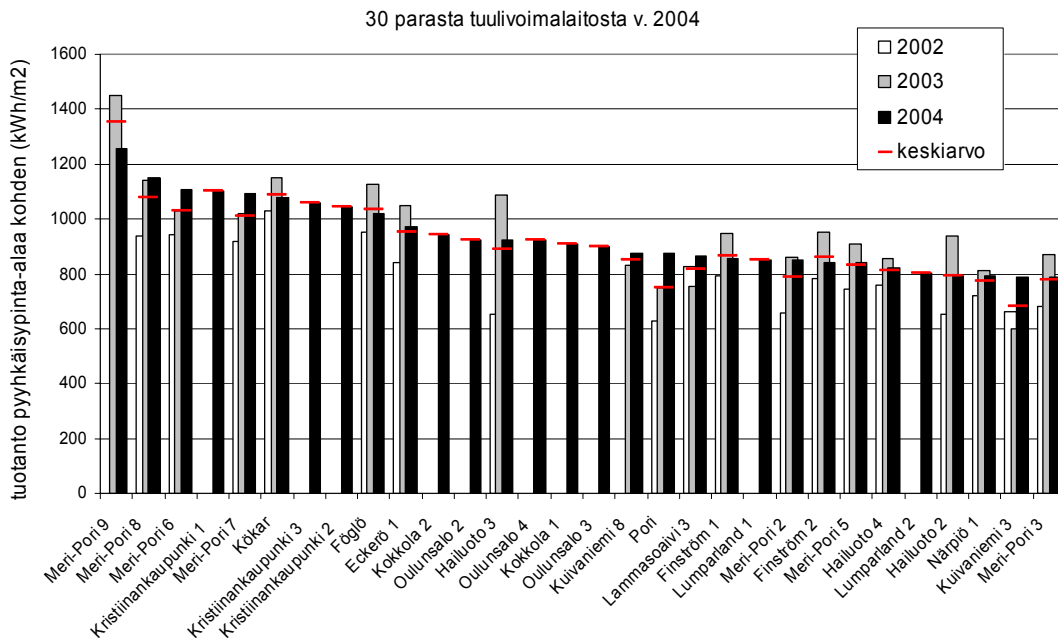
Nimellisteholtaan erikokoisten tuulivoimaloiden tuotantolukujen vertailemiseksi on laskettu tunnuslukuja, joiden avulla laitosten suorituskyvyn vertaileminen helpottuu. Tunnusluvut laitosten vuosituonannoista on esitetty kuvissa 14 ja 15. Hyvin tuottaneet laitokset ylätvät yli 2400 tunnin huipunkäyttöaikaan ja yli 1000 kWh/m² tuotantoon pyyhkäisyypinta-alaa kohti.

Vuosi 2004 oli heikkotuulisempi kuin edellinen vuosi. Vuonna 2004 2400 tunnin huipunkäyttöajan (ja 1000 kWh/m² rajan) ylitti yhdeksän laitosta: Tahkoluodossa sijaisevat Meri-Pori 6–9, Kristiinankaupunki 1-3 sekä Ahvenanmaalla sijaitsevat Kökar ja Föglö. Vuonna 2002 ainoastaan Kökarin ja Föglön laitokset ylsivät yli 2400 tunnin huipunkäyttöaikaan, vuonna 2003 seitsemän laitosta. Meri-Pori 9 tunnusluvut vuonna 2003 ovat parhaat Suomessa toistaiseksi saavutetut.

Kun laitosten tuotantoa verrataan roottorin pyyhkäisyypinta-alan perusteella nimellistehon sijaan, keskinäinen järjestys muuttuu jonkin verran. Bonuksen 1000 kW laitokset Meri-Porissa nousevat ja Enerconin 500 kW laitokset Ahvenanmaalla putoavat. Nordtankin 300 ja 500 kW laitokset Hailuodossa nousevat myös, näistä osa ei päässyt 30 parhaan joukkoon huipunkäyttöaikojen perusteella.



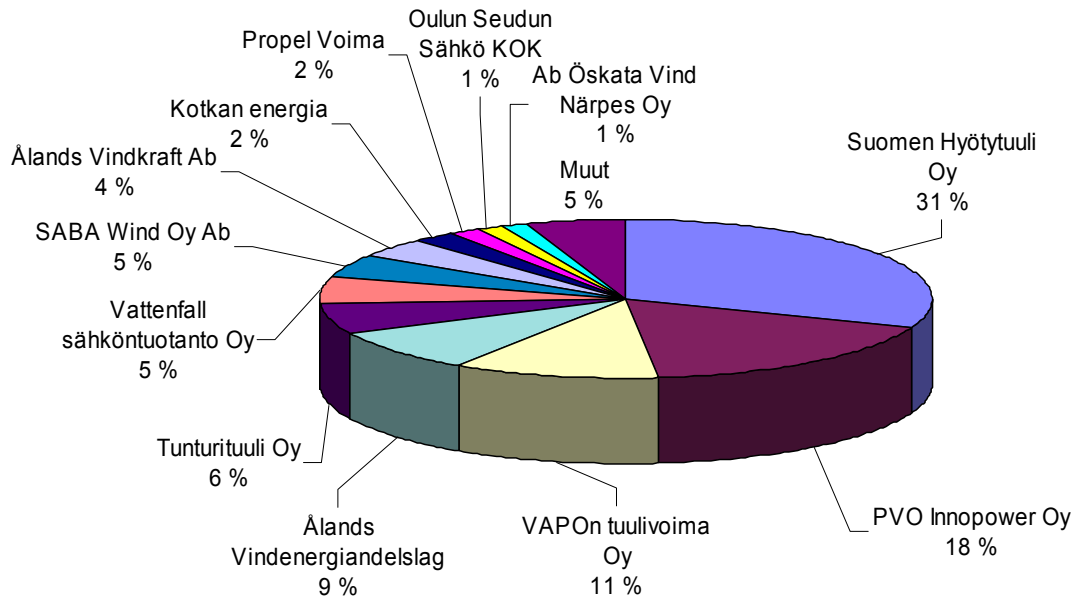
Kuva 14. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta vuoden 2004 huipunkäyttöajan mukaisessa järjestyksessä. Vuosien 2002 ja 2003 huipunkäyttöajat näkyvät vaaleampina pylväinä ja kolmen vuoden keskiarvo vaakasuoralla viivalla.



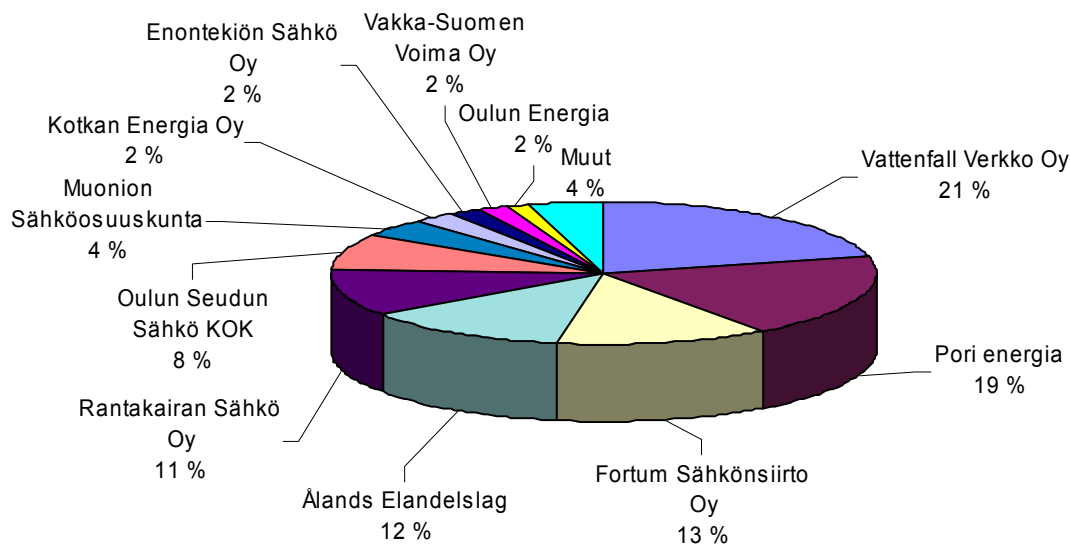
Kuva 15. Suomen 30 parasta tuulivoimalaitosta järjestettynä vuoden 2004 ominaistuotannon (tuotanto pyyhkäisy-pinta-alaa kohden) mukaan.

6.2 TUOTANNON JAOTTELUJA VUODELTA 2004

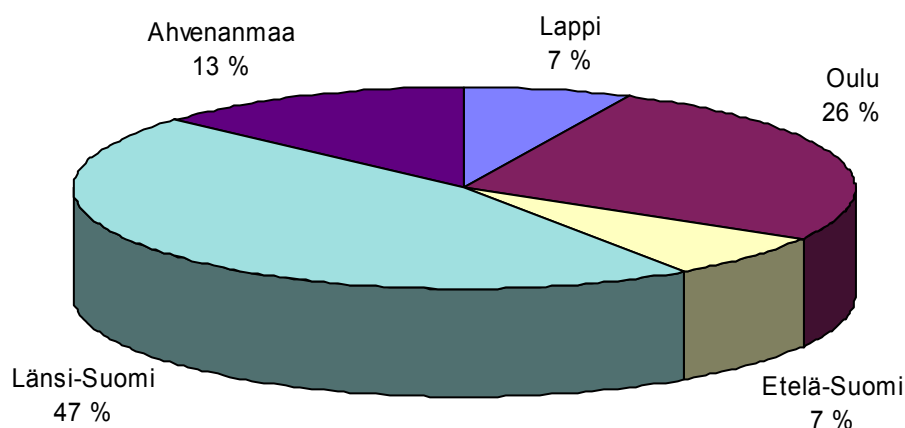
Tilastointiin osallistuvien sähköntuottajien tuulivoiman tuotanto vuonna 2004 jaoteltuna omistajien mukaan on esitetty kuvassa 16. Suurimmat tuulivoimatuottajat olivat Suomen Hyötytuuli Oy (31 % Suomen tuulisähköstä) ja PVO Innopower Oy (18 %). Kuvassa 17 on esitetty ne jakeluverkkoyhtiöt, joiden verkkoon tuulivoimaa on vuonna 2004 syötetty. Tuulivoimatuotannon jakautuminen lääneittäin on esitetty kuvassa 18. Vuonna 2004 eniten tuulisähköä tuotettiin Länsi-Suomessa (47 %). Länsi-Suomessa, Oulun seudulla (26 %) ja Ahvenanmaalla (13 %) tuotettiin 86 % tuotetusta tuulisähköstä, kuten vuonna 2003 (Länsi-Suomen osuus kasvoi vuonna 2004 suhteessa muihin verrattuna vuoteen 2003).



Kuva 16. Tuulivoimatuottajien osuudet tuotetusta tuulisähköstä (yhteensä 120,3 GWh) vuonna 2004.



Kuva 17. Jakeluverkkoyhtiöiden osuudet tuulivoiman tuotannosta vuonna 2004.



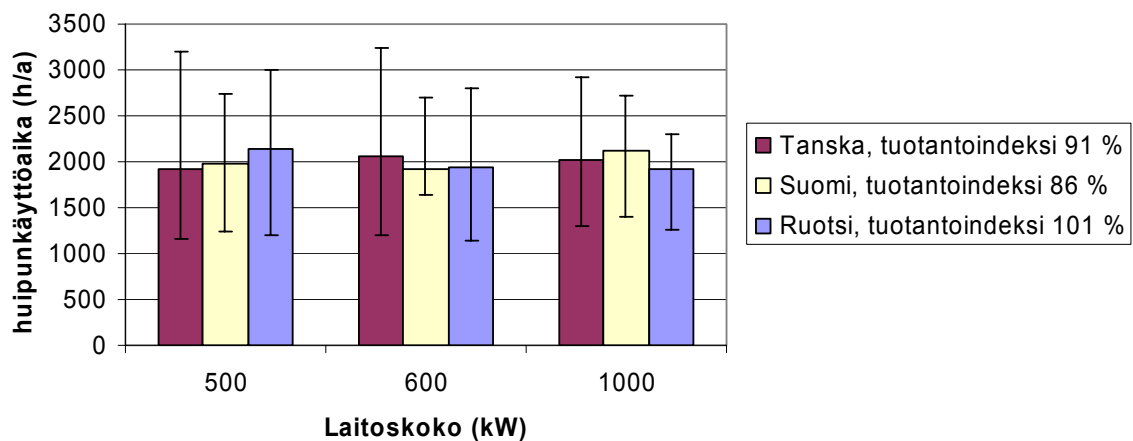
Kuva 18. Tuulivoimatuotannon alueellinen jakautuminen vuonna 2004.

6.3 SUOMEN TUULIVOIMATUOTANNON VERTAILU MUIHIN MAIHIN

Kuvassa 19 on esitetty vuoden 2004 huipunkäyttäjät koko vuoden toimineille 500, 600 ja 1000 kW tuulivoimaloille Tanskassa, Ruotsissa ja Suomessa. Keskimääräiset tunnusluvut olivat samantasoisia Tanskassa, Ruotsissa ja Suomessa vuonna 2004. Luvuissa on mukana 500 kW laitoksia Tanskasta 134 kpl, Ruotsista 75 kpl ja Suomesta

9 kpl; 600 kW laitoksia Tanskasta 913 kpl, Ruotsista 134 kpl ja Suomesta 16 kpl sekä 1000 kW laitoksia Tanskasta 188 kpl, Ruotsista 3 kpl ja Suomesta 19 kpl.

Vuoden 2004 huipunkäyttöajat, vertailu



Kuva 19. Vuoden 2004 huipunkäyttöajat 500, 600 ja 1000 kW laitoksille (keskiarvo sekä vaihteluväli) /4 /.

7. KÄYTTÖKATKOT

Suomen tuulivoimaloiden keski-ikä oli vuoden 2004 lopussa 5,8 vuotta ilman sisämaahan sijoitettuja laitoksia ja vastapystytettyä Oulun 3 MW pilottilaitosta (88 laitosta). Kaikki laitokset huomioiden keski-ikä oli 5,9 vuotta (92 laitosta).

7.1 TEKNINEN KÄYTETTÄVYYS

Vuonna 2004 keskimääräinen tekninen käytettävyys oli 94,5 % (94,6 % vuonna 2002). Vuonna 2004 keskimääräistä käytettävyyttä alensivat erityisesti lapojen karkijarrujen viat (4 kpl), jotka aiheuttivat yhteensä yli 9000 h seisokkiaikaa. Lisäksi elokuussa tapahtui Suomen ensimmäinen tuulivoimalaitoksen tulipalo. Laitoksen konehuone saatiin uusittua vasta keväällä 2005. Voimansiirron komponenttien vikaantumisia raportoitiin edellisiä vuosia vähemmän.

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

7.2 KÄYTTÖKATKOJEN ERITTELYT

Taulukossa 8 on esitetty raportoidut käyttökatkot vuodesta 1996 lähtien. Käyttökatkojen 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 2004 osassa laitoksista seisokkiaika on arvioitu tuntitehoaikasarjojen perusteella (yhteensä 4 MW laitoksia koko vuosi sekä yhteensä 2 MW laitoksia puoli vuotta), ja osasta laitoksia on saatu vain koko vuoden seisokkiaika yhteensä (9 MW). Näistä laitoksista vika-erittelyjä ei ole ollut käytettävissä vaan koko seisokkiaika on kohdassa häiriöt.
- Kohdassa muu syy on esim. tutkimuksen tai esittelyn vuoksi aiheutunut seisonta-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 jäätyishäiriöistä on aiheuttanut ainoastaan alentuneen tuotannon, jolloin laitoksen käytettävyys ei ole alentunut.

Taulukko 8. Käyttökatkot vuosina 1996-2004. Kesken vuotta aloittaneet laitokset ovat mukana tilastossa. Seisokkiaikaa keskimäärin 5 % vuosina 1996-2004.

Seisokin syy	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
huolto	192	286	398	730	1489	1407	1301	1092	800
häiriö	977	608	1571	4377	6708	3887	3831	9939	15757
jäätyminen	1208	463	168	532	589	3691	721	642	1605
muu syy	154	185	166	63	415	53	53	3231	378
sähköverkko	472	388	319	522	1453	583	343	517	469
vika	748	5688	13177	8059	21132	26645	8396	9947	19052
vika (vain häiriöaika raportoitu)	343								
Seisokkiaika yhteensä (h)	3751	9615	17797	16282	31786	35908	14988	25368	38061
Seisokkiaika % ajasta	2,2 %	3,6 %	5,9 %	3,5 %	5,9 %	6,7 %	3,8 %	5,4 %	5,5 %
% kapasiteetistä raportoitu	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	72 %	75 %	100 %*

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

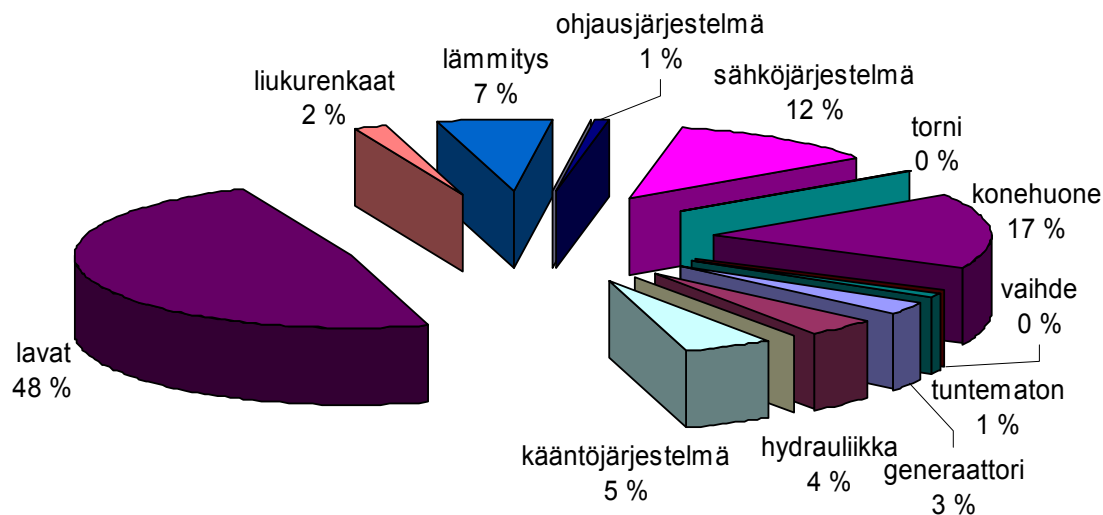
Taulukossa 9 vuoden 2004 vikatunnit on jaoteltu vikaantuneen komponentin ja vian syyn mukaan. Vuonna 2004 keskimääräistä käytettävyyttä alensivat erityisesti lapojen karkijarrujen viat (4 kpl), jotka aiheuttivat yhteensä yli 9000 h seisokkiaikaa. Lisäksi elokuussa tapahtui Suomen ensimmäinen tuulivoimalaitoksen tulipalo. Laitoksen konehuone saatiin uusittua vasta keväällä 2005. Vuonna 2004 oli erityisen paljon häiriöaikaa valmistusvirheiden vuoksi (3 kpl karkijarruja ja muuntamo). Taulukossa on esitetty myös komponenttivikojen lukumäärät. Kuvassa 20 on esitetty vikojen aiheuttamien käyttökatojen jakautuminen eri komponenttien välille.

Kuvassa 21 on esitetty vikoja aiheuttaneiden komponenttien prosenttiosuudet koko vikatilastoinnin aikajaksolta 1996–2004. Vaihteistojen vikautumisesta aiheutuneet seisokit näkyvät suurimpana, koska ne on erityisesti vanhemmissa 300 kW laitoksissa tehty useita kuukausia kestävinä korjaustoina.

Taulukko 9. Suomen tuulivoimalaitosten viat vuonna 2004: seisokkitunnit vian aiheuttajien ja komponenttien mukaan.

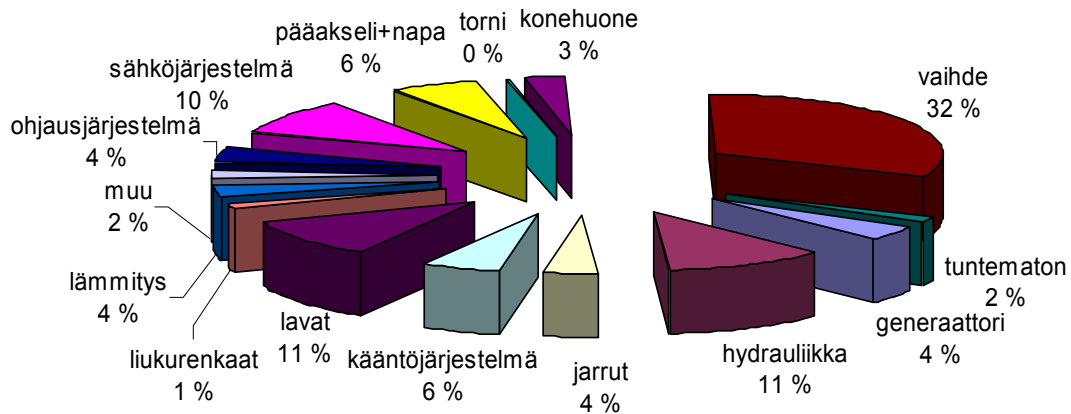
Komponentti	Häiriöaika yhteensä	% vika-ajasta	Vikojen lkm	kuluminen	salama	tulipalo	valmistusvirhe
anturit	164	0.9 %	3	164			
gen. laakerit	315	1.7 %	1	315			
generaattori	190	1.0 %	2	190			
hydrauliikka	819	4.3 %	5	819			
ilmajarrut	9063	47.6 %	4	2660			6403
konehuone	3154	16.6 %	1			3154	
kääntöjärjestelmä	210	1.1 %	1	210			
kääntömootori	821	4.3 %	6	821			
lapa	66	0.3 %	1		66		
lavan pultit	26	0.1 %	1	26			
liukurenkaat	347	1.8 %	1	347			
lämmitys	1246	6.5 %	5	1246			
muu	8	0.0 %	1	8			
tehoelektroniikka	1134	6.0 %	4	1134			
tehomuuntaja	1100	5.8 %	1				1100
torni	48	0.3 %	1	48			
verkkoonkytkentä	109	0.6 %	1	109			
tuntematon	232	1.2 %	4				
Yhteensä	19052	100.0 %	43	8097	66	3154	7503
% vika ajasta				42.5 %	0.3 %	16.6 %	39.4 %

Vikojen aiheuttamat käyttökätkot vuonna 2004



Kuva 20. Vikojen aiheuttamien käyttökätköjen (yhteensä 19052 h) jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuonna 2004.

Vikojen aiheuttamat käyttökatkot vuosina 1996-2004



Kuva 21. Vikojen aiheuttamien käyttökatkojen jakautuminen tuulivoimaloiden eri komponenteille vuosina 1996–2004.

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 jäätyminen on osittain ollut myös lämmitysjärjestelmälaitteiston vika eikä ole aina tilastoissa jäätymistapauksena. Laitosten ohjausjärjestelmien käyttämät tuulimittarit on yleensä lämmitettyjä. Siitäkin huolimatta niissä esiintyy joskus jäätyksiä.

Yleisimpiä jäätyksen ja kylmän aiheuttamia ongelmia ovat laitoksen käynnistymättömyys johtuen vaihteistoöljyjen kangistumisesta, tuulimittarien jäätyminen ja lapoihin kerääntynyt jää. Osa laitosten jäätymistapauksista jää todennäköisesti raportoimatta, koska laitoksilla on vain kaukovalvonta, minkä seurauksena pienemmät jäätymistapaukset näkyvät ainoastaan tuotannon alenemisena. Vuonna 2004 jäätymistapauksia raportoitiin Lapin laitoksilta, sekä kahdelta paikkakunnalta rannikolta.

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

Tuulivoimalaitokset pysäytetään mikäli suunniteltu alin käyttölämpötila alittuu. Suomessa käytössä olevien tuulivoimaloiden alimmat käyttölämpötilat ovat välillä – 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 ei raportoitu vuodelta 2004. Tilastoihin raportoidut kylmäajat aikaisemmilta vuosilta on esitetty taulukossa 11. Kylmäaika ei ole häiriöaikaa vaan osa laitoksen suunniteltua toimintaa.

Taulukko 11. Laitosten kylmäaika eri vuosina. Vuonna 2004 ei raportoitu kylmäaikaa yhdestäkään laitoksesta.

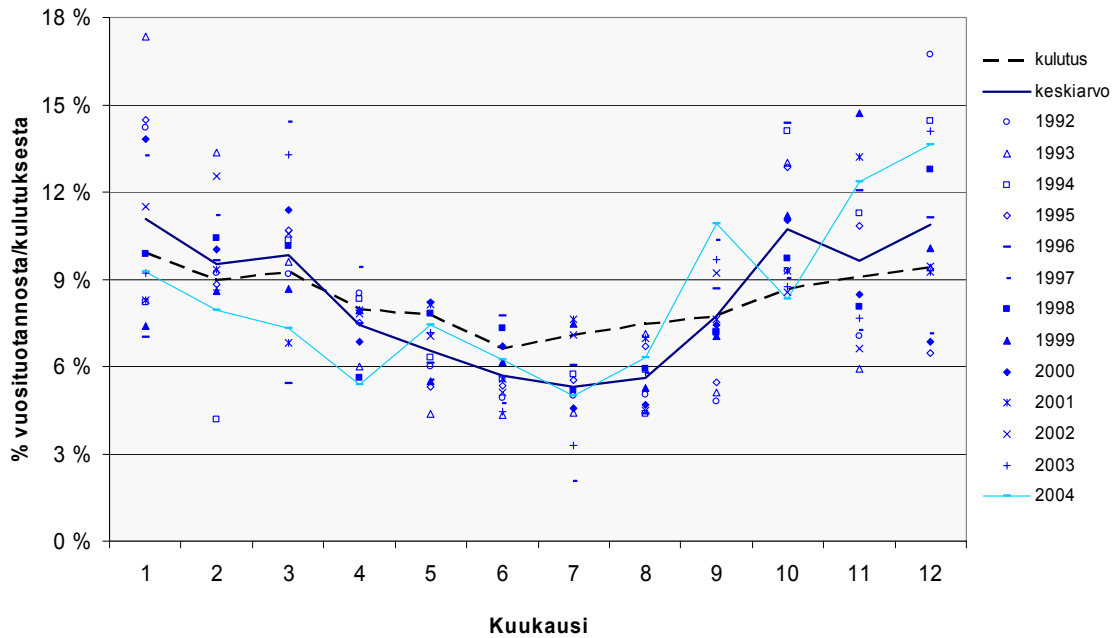
ALUE	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia	Tuntia	Laitoksia
Lappi					450	3	32	1	100	6				
Ahvenanmaa			1	1										
Perämeri	28	1	890	4	2477	8	72	1	706	4	504	3	90	3
Selkämeri	60	4	397	4	699	4	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 huipun aikaisesta 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 1999–2004 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 keskmääräisiä lukuja vuosilta 1999-2004 /7/.



Kuva 22. Tuulivoiman keskimääräinen kausivaihtelu: Suomen standardilaitosten yhteenlasketun tuotannon jakautuminen eri kuukausille vuosina 1998–2004. 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.

Vuosi	Valtakunnan huippu	Tuulivoiman tuntiteho	% nimellistehosta	Ilmoittaneiden laitosten nimellisteho
1992	20.1.92 klo 09-10	634 kW	79 %	0,8 MW
1993	27.1.93 klo 09-10	0 kW	0 %	0,8 MW
1994	11.2.94 klo 20-21	529 kW	13 %	4,0 MW
1995	31.1.95 klo 20-21	1364 kW	36 %	3,8 MW
1996	9.2.96 klo 20-21	42 kW	1 %	5,3 MW
1996	19.12.96 klo 08-09	1679 kW	35 %	4,8 MW
1998	2.2.98 klo 08-09	1061 kW	16 %	6,5 MW
1999	29.1.99 klo 08-09	3402 kW	20 %	17,4 MW
2000	25.1.00 klo 08-09	9074 kW	26 %	35,4 MW
2001	5.2.01 klo 08-09	1542 kW	4 %	35,4 MW
2002	2.1.02 klo 16-17	3875 kW	14 %	28,3 MW
2003	3.1.03 klo 17-18	935 kW	4 %	24,3 MW
2004	11.2.04 klo 18-19	7059 kW	20 %	34,7 MW

Kymmenen vuoden perusteella saadaan huipunaikaiseksi tuulivoimatuotannoksi keskiarvona 21 % (tuulivoimateholla painotettu keskiarvo 15 %).

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

Vuonna 1999 oli keskimääräistä tyynempi alkuvuosi ja myös huipun aikainen tuulivoimatuotanto jäi selvästi alle keskimääräisen tuotannon. 10 suurinta huippua olivat yhden vuorokauden sisällä. Taulukossa 12 huipun aikainen teho vuodelle 1999 on 20 %, mutta se tulee lähinnä Lapin ja Ahvenanmaan tuulivoimaloista, joiden osuus on saaduista tuntitiedoista yli 60 % kun näiden osuus on taulukon 13 luvuista vain 20 %. Vuonna 2000 oli keskimääräistä tuulisempi alkuvuosi ja huipunaikainen tuulivoimatuotanto oli hieman keskimääräistä tuulivoimatuotantoa korkeampi. Täysin

tyyntä ei huipun aikoina ollut, kun tarkastellaan koko Suomea. Alhaisimmat tuulivoimatuotannot jäävät kuitenkin huipun aikana vain muutamaa 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 <http://www.ewea.org/>, viittauspäivämäärä 17.3.2005.
- 2 Andersson, A., Olsson, G. Driftuppföljning av Vindkraftverk över 50 kW. Årsrapport 2004. <http://www.elforsk.se/varme/varm-vind.html>
- 3 Laakso, T., Peltola, E., Tuulivoiman seuranta ja tilastointi, VTT Prosessit, projektiraportti, PRO4/T7506/03, 2003.
- 4 Wind Stats Newsletter, Vol. 18, No. 1, 2005.
- 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, 2004, Espoo. In <http://www.vtt.fi/inf/pdf>

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

Kuu / Vuosi / 2000 Raportoijan nimi

TUOTANTO:		(kW)	(kWh)	(kWh)	(h)	(h)	(h)	(h)
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	Teho	brutto	netto	tuotantoaika	myrsky	kylmä aika
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	0	0	0	0	0
-	Yhteensä		2000	0	0			

HÄIRIÖAIKA:		(kW)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)
ID	Tuulivoimala	Lempinimi	Teho	Häiriöaika	sähköverkko	häiriö	vika	huolto
54	Tuulivoimala 1	Mylly 1	1000	0	0	0	0	0
55	Tuulivoimala 2	Mylly 2	1000	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 (vial 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 Raportoija

Omistavan yrityksen LY tunnus

1 Puiston käyttökustannukset

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

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

ID	Laitos	Vika	Kustannus [€]
5	Mylly 1		<input type="text"/>
4	Mylly 5		<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>
.			<input type="text"/>

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 aloituspvm	<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"/>	

Investointitietoja				
Investointituki		%		
Tuen myöntäjä		(Henkilö)		
Investointikustannukset		mk		
Voimaloiden hinta		mk		
Perustusten hinta		mk		
Tie/maanrakennuskustannukset		mk		
Pystytys		mk		
Verkkoonliitäntä		mk		
Suunnittelu, hallinto		mk		
Muuta				
Laitostietoja				
Valmistaja				
Laitostyyppi				
Laitoksien lukumäärä				
Napakorkeus				
Komponenttieroittelyä				
	Lavat	Generaattori	Vaihteisto	Torni
Valmistaja				
Komponentin tyypinimi				
Yksittäisistä laitoksista				
	Lempinimi	Verkkoon kytkemispvn	Lämmitysjärjestelmä	Arvioitu tuotanto MW
Sijoituspaikan voimala 1				
Sijoituspaikan voimala 2				
Sijoituspaikan voimala 3				
Sijoituspaikan voimala 4				
Sijoituspaikan voimala 5				
Sijoituspaikan voimala 6				
Sijoituspaikan voimala 7				
Sijoituspaikan voimala 8				
Sijoituspaikan voimala 9				
Sijoituspaikan voimala 10				
Sijoituspaikan voimala 11				
Sijoituspaikan voimala 12				
Sijoituspaikan voimala 13				
Sijoituspaikan voimala 14				
Sijoituspaikan voimala 15				
Sijoituspaikan voimala 16				
Sijoituspaikan voimala 17				
Sijoituspaikan voimala 18				
Sijoituspaikan voimala 19				
Sijoituspaikan voimala 20				
Sijoituspaikan voimala 21				
Sijoituspaikan voimala 22				
Sijoituspaikan voimala 23				
Sijoituspaikan voimala 24				
Sijoituspaikan voimala 25				
Sijoituspaikan voimala 26				
Sijoituspaikan voimala 27				
Sijoituspaikan voimala 28				
Sijoituspaikan voimala 29				
Sijoituspaikan voimala 30				
Sijoituspaikan voimala 31				
Sijoituspaikan voimala 32				
Sijoituspaikan voimala 33				
Sijoituspaikan voimala 34				
Sijoituspaikan voimala 35				
Sijoituspaikan voimala 36				
Sijoituspaikan voimala 37				
Sijoituspaikan voimala 38				

LIITE 2
Suomen tuulivoiman tuotantotilastot 2004

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys % ajasta
Huittinen 1	75	NORDTANK	40/20		44	585	140	0.07		
Korsnäs 1	200	NORDTANK	32/25	380	259	1296	545	0.15	1247	86 %
Korsnäs 2	200	NORDTANK	32/25	380	285	1424	599	0.16	48	99 %
Korsnäs 3	200	NORDTANK	32/25	380	301	1507	634	0.17	122	99 %
Korsnäs 4	200	NORDTANK	32/25	380	293	1465	616	0.17	105	99 %
Jalasjärvi 1	220	WINDWORLD	31/25	100	87	396	177	0.05		
Sottunga 1	225	VESTAS	31/27	450	374	1662	653	0.19	103	99 %
Eckerö 2	225	VESTAS	35/29	500	200			0.20	64	99 %
Suodenniemi 1	225	VESTAS	50/29		28			0.16		
Siikajoki 1	300	NORDTANK	30/31	650	463	1543	613	0.18	29	100 %
Siikajoki 2	300	NORDTANK	30/31	670	503	1677	666	0.19	260	97 %
Kalajoki 1	300	NORDTANK	30/31	660	426	1420	565	0.16	425	95 %
Kalajoki 2	300	NORDTANK	30/31	660	281	936	372	0.11	173	98 %
Kemi 1	300	NORDTANK	35/31	610	258	861	342	0.10	710	92 %
Kemi 2	300	NORDTANK	35/31	610	331	1102	438	0.13	14	100 %
Kemi 3	300	NORDTANK	35/31	610	293	977	388	0.11	86	99 %
Pori	300	NORDTANK	30/31	700	659	2198	874	0.25	93	99 %
Hailuoto 1	300	NORDTANK	30/31	725	507	1691	672	0.19	1014	88 %
Hailuoto 2	300	NORDTANK	30/31	725	598	1992	792	0.23	522	94 %
Lammasoaivi 2	450	BONUS	35/37	1100	603	1339	560	0.15	1145	87 %
Lammasoaivi 1	450	BONUS	35/37	1100	456	1014	424	0.12	1985	77 %
Hailuoto 3	500	NORDTANK	35/37	1195	1009	2017	923	0.23	127	99 %
Hailuoto 4	500	NORDTANK	37/37	1275	899	1798	823	0.20	669	92 %
Kuivaniemi 1	500	NORDTANK	36/37	1060	700	1399	640	0.16	35	100 %
li	500	NORDTANK	39/37	1030	616	1233	564	0.14	73	99 %
Eckerö 1	500	VESTAS	40/39	1200	1160	2320	971	0.26	11	100 %
Kökar	500	ENERCON	44/40	1300	1373	2745	1076	0.31	20	100 %
Värdö	500	ENERCON	55/40	1200	996	1992	781	0.23	47	99 %
Finström 1	500	ENERCON	55/40	1100	1088	2176	853	0.25	17	100 %
Finström 2	500	ENERCON	55/40	1100	1075	2149	842	0.24	19	100 %
Siikajoki 3	600	NORDTANK	49/43	1350	1019	1698	701	0.19	851	90 %
Siikajoki 4	600	NORDTANK	45/44	1350	899	1498	619	0.17	2602	70 %
Lemland 1	600	VESTAS	45/44	1200	1142	1903	751	0.22	8	100 %
Lemland 2	600	VESTAS	45/44	1200	1144	1906	752	0.22	18	100 %
Lemland 3	600	VESTAS	45/44	1200	1066	1776	701	0.20	75	99 %
Lemland 4	600	VESTAS	50/44	1200	1027	1711	675	0.19	11	100 %
Lammasoaivi 3	600	BONUS	41/44	1400	1317	2195	866	0.25	446	95 %
Olos 1	600	BONUS	41/44	1400	1044	1739	686	0.20	358	96 %
Olos 2	600	BONUS	41/44	1400	1022	1704	672	0.19	254	97 %
Olos 3	600	BONUS	41/44	1400	982	1637	646	0.19	576	93 %

LIITE 2
Suomen tuulivoiman tuotantotilastot 2004

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys % ajasta
Olos 4	600	BONUS	41/44	1400	1000	1666	657	0.19	302	97 %
Olos 5	600	BONUS	41/44	1400	1078	1797	709	0.20	252	97 %
Föglö	600	ENERCON	65/45	1600	1624	2707	1021	0.31	16	100 %
Finström 3	600	ENERCON	65/45	1300	1244	2073	782	0.24	35	100 %
Lumparland 1	600	ENERCON	65/45	1500	1355	2258	852	0.26	65	99 %
Lumparland 2	600	ENERCON	65/45	1500	1273	2122	801	0.24	32	100 %
Lumijoki 1	660	VESTAS	50/47	1800	1234	1870	711	0.21	600	93 %
Kuivaniemi 2	750	NEGMICON	50/44	1500	1189	1585	782	0.18	345	96 %
Kuivaniemi 3	750	NEGMICON	50/44	1500	1198	1598	788	0.18	46	100 %
Kuivaniemi 4	750	NEGMICON	50/44	1500	1182	1575	777	0.18	70	99 %
Närpiö 1	750	NEG MICON	45/48	1600	1432	1909	791	0.22	1436	84 %
Kuivaniemi 5	750	NEG MICON	50/48	1500	1412	1883	780	0.21	35	100 %
Kuivaniemi 6	750	NEG MICON	50/48	1500	1411	1882	780	0.21	35	100 %
Kuivaniemi 7	750	NEG MICON	50/48	1500	1385	1847	766	0.21	35	100 %
Meri-Pori 1	1000	BONUS	60/54	2340	1423	1423	621	0.16	1717	81 %
Meri-Pori 2	1000	BONUS	60/54	2340	1947	1947	850	0.22	156	99 %
Meri-Pori 3	1000	BONUS	60/54	2330	1804	1804	788	0.21	581	94 %
Meri-Pori 4	1000	BONUS	60/54	2320	1791	1791	782	0.20	964	90 %
Meri-Pori 5	1000	BONUS	50/54	2450	1925	1925	840	0.22	663	92 %
Meri-Pori 6	1000	BONUS	50/54	2670	2539	2539	1108	0.29	247	97 %
Meri-Pori 7	1000	BONUS	50/54	2600	2498	2498	1091	0.28	132	99 %
Meri-Pori 8	1000	BONUS	50/54	2580	2628	2628	1148	0.30	64	99 %
Kotka 1	1000	BONUS	60/54	2000	1394	1394	609	0.16	96	99 %
Kotka 2	1000	BONUS	60/54	2000	1418	1418	619	0.16	211	98 %
Kokkola 1	1000	WINWIND	70/56	2100	2238	2238	909	0.25	96	99 %
Kokkola 2	1000	WINWIND	70/56	2100	2324	2324	944	0.26	201	98 %
Oulunsalo 2	1000	WINWIND	70/56	2200	2275	2275	924	0.26	201	98 %
Oulunsalo 3	1000	WINWIND	70/56	2200	2209	2209	897	0.25	272	97 %
Oulunsalo 4	1000	WINWIND	70/56	2200	2267	2267	921	0.26	228	97 %
Kristiinankaupunki 1	1000	WINWIND	70/56	2200	2718	2718	1104	0.31	377	96 %
Kristiinankaupunki 2	1000	WINWIND	70/56	2200	2571	2571	1044	0.29	289	97 %
Kristiinankaupunki 3	1000	WINWIND	70/56	2200	2605	2605	1058	0.30	394	95 %
Eurajoki 1	1000	WINWIND	60/56	2400	427			0.19		
Oulu 1	1000	WINWIND	56/60	1900	1873	1873	663	0.21	219	98 %
Oulunsalo 1	1300	NORDEX	65/60	3000	1737	1336	614	0.15	1911	78 %
Uusikaupunki 1	1300	NORDEX	69/60	2340	601	462	212	0.05	5370	39 %
Uusikaupunki 2	1300	NORDEX	69/60	2340	1374	1057	486	0.12	3258	63 %

LIITE 2
Suomen tuulivoiman tuotantotilastot 2004

Nimi	Teho kW	Valmistaja	Z/D m	Arvio MWh	Tuotanto MWh	t _h h	e kWh/m ²	CF	Häiriöaika h	Käytettävyys % ajasta
Hanko 1	2000	ENERCON	65/70	3500	991			0.17	8	
Hanko 2	2000	ENERCON	65/70	3500	896			0.15	8	
Hanko 3	2000	ENERCON	65/70	3500	872			0.15	10	
Hanko 4	2000	ENERCON	65/70	3500	887			0.15	11	
Inkoo 1	2000	ENERCON	65/70	3500	781			0.13	127	
Inkoo 2	2000	ENERCON	65/70	3500	765			0.13	108	
Inkoo 3	2000	ENERCON	65/70	3500	717			0.12	107	
Meri-Pori 9	2000	BONUS	80/76	6000	5697	2848	1256	0.32	1187	87 %
Kuivaniemi 8	2000	VESTAS	78/80	4500	4396	2198	875	0.25	824	92 %
Raahe 1	2300	BONUS	80/82	5200	2880			0.24	83	98 %
Raahe 2	2300	BONUS	80/82	5200	2868			0.24	89	98 %
Raahe 3	2300	BONUS	80/82	5200	3073			0.26	33	99 %
Raahe 4	2300	BONUS	80/82	5200	3210			0.27	13	100 %
Raahe 5	2300	BONUS	80/82	5200	2886			0.24	140	97 %
YHTEENSÄ	79080	91 kpl		16991	120344				38061	
Keskiarvo	869			1909	1322	1787	736	0.20	437	95 %
Maksimi	2300			6000	5697	2848	1256	0.32	5370	100 %
Minimi	75			100	28	396	140	0.05	8	39 %

Teho Nimellisteho
Z/D Napakorkeus ja roottorin halkaisija
Arvio Keskimääräinen arvioitu vuosituotanto
t_h Huipunkäyttöaika kWh/kW
e Tuotanto suhteessa roottorin pyyhkäisyypinta-alaan kWh/m²
CF Kapasiteettikerroin (kWh/kW,h)
Käytettävyys Tekninen käytettävyys (häiriöajasta on vähennetty sähköverkkohäiriöt),
puuttuu mikäli häiriöaikaa ei ole raportoitu