

TUULENSILMÄ 1/2002

TUOTTAVATKO TUULIVOIMALAT PAKKASELLA ?

Bengt Tammelin ja Reijo Hyvönen
Ilmatieteen laitos

Osana laajaa julkisuudessa käytyä ydinvoimakeskustelua on jostakin syystä ollut tuulivoiman toimimattomuus pakkastilanteissa. On yleisesti esitetty väitteitä, että kovilla pakkasilla ei tuule. Tämä pitää tietenkin mitä suurimmassa määrin paikkansa etenkin sisämaassa. Samassa yhteydessä on myös haluttu tuoda esille, että kovilla pakkasilla tuulivoimantuotanto menee nolnaan kun taas lämmitysenergiantarve kasvaa kovasti lämmitysastepäiväluvun mukaisesti. Seuraavassa pyritään lyhyesti tarkastelemaan tuulivoimatuotannon ja kovien pakkasten välistä riippuvuutta. Kirjoituksen materiaali on otettu tekeillä olevasta julkaisusta /8/ sekä vanhoista julkisesti jaossa olevista julkaisuistamme.

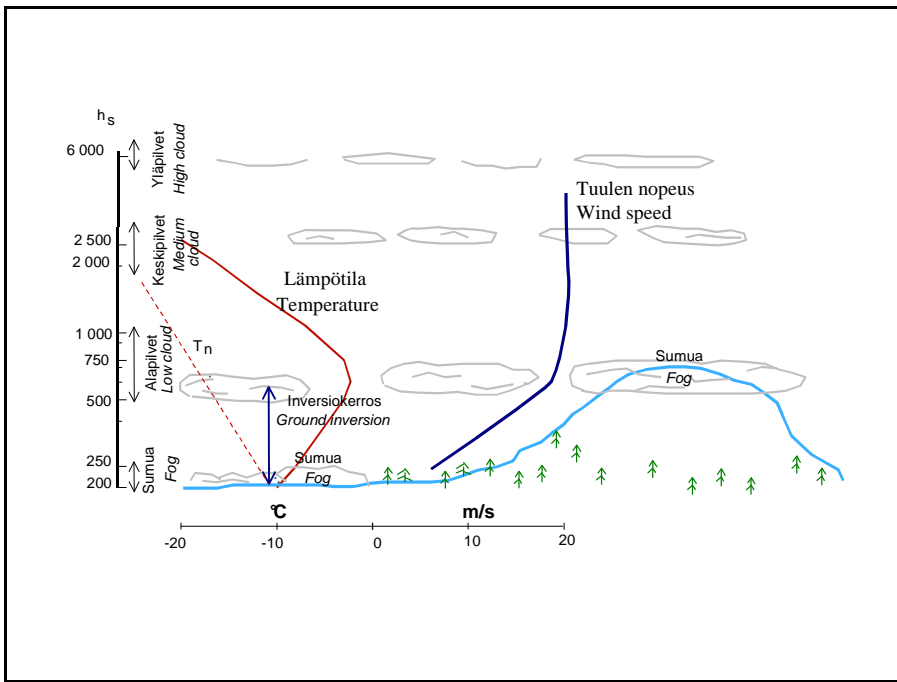
Pakkasista

Kovat pakkaset johtuvat pääasiassa kylmän arktisen koillisvirtauksen tuodessa ilmaa napa-alueelta ja Siperiasta. Pakkastilanteet ovat tyypillisiä myös heikkotuulisille pilvettömille öille, jolloin lämmön ulossäteily maanpinnasta ja alimman ilmakerroksen jäähtyminen eli kylmeneminen on voimakasta. Tämä "pakastuminen" näkyy selvimmin alavilla mailla ja notkelmissa.

Kovat pakkaset ja heikot tuulet liitetään mielikuvissa yleisesti toisiinsa. Ja näinhän tilanne todellisuudessa on kun katsotaan esimerkiksi julkaisua Tilastoja Suomen Ilmastosta 1961-1980 /1/. Viittä poikkeusta lukuunottamatta tilastoon käytetyt sääasemat edustavat sisämaan alavia maita. Toisaalta kovilla pakkasilla, ja yleensä kuura- ja huurretilanteissa, tuulimittarit ovat rakenteestaan johtuen mitä ilmeisimmin mitanneet liian alhaisia tuulennopeuksia / 7/.

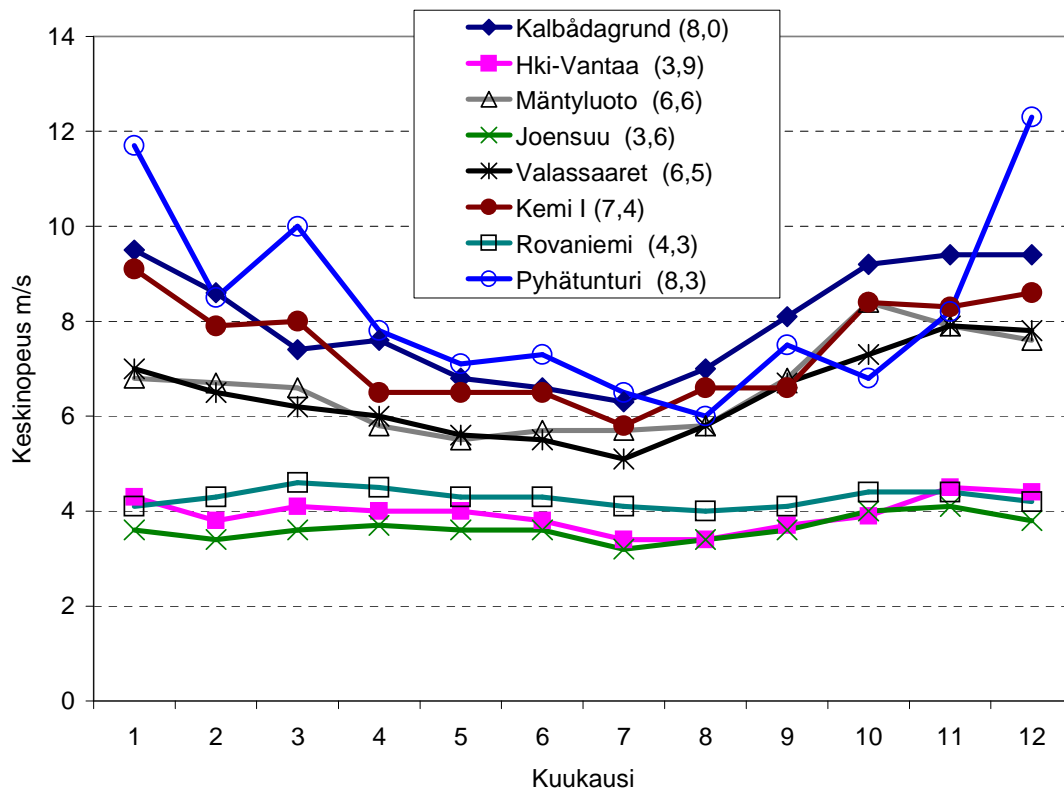
Hieman tuulien jakaumasta

Tuulivoimaloita ei kuitenkaan ole juurikaan suunniteltu sijoitettavaksi notkelmiin tai muihin suojaisiin paikkoihin vaan tuulisille meri- ja rannikkoseuduille ja Lapin tuntureille. Myös sisämaan mäkiä laella tuuliolot ovat selvästi paremmat kuin viereisillä alamailla. Lapin talviselle ilmastolle on tyypillistä voimakkaiden maanpintainversioiden esiintyminen (noin 50 % ajasta). Inversiotilanteessa ilman lämpötila (ja tuulen nopeus) kasvat ylöspäin mentäessä (kuva 1). Tunturiemme muodosta johtuen tunturien lakialueilla lämpötila onkin inversiotilanteissa selvästi korkeampi ja tuulen nopeus huomattavasti suurempi kuin alamailla sijaitsevalla sääasemalla.



Kuva 1. Esimerkki tyypillisestä talvisesta inversiotilanteesta Lapin tuntureilla. Tuulen nopeus läheisellä perinteisellä sääasemalla voi olla esimerkiksi 3 m/s, kun se läheisen tunturin laella voi ylittää 20 m/s. /5/.

Yleisesti ottaen tuulen kuukausikeskinopeudet pysyvät sisämaassa melko alhaisina ja jokseenkin vakiona ympäri vuoden (kuva 2). Sen sijaan merialueilla ja etenkin tuntureilla tuulen nopeuden vuodenaikavaihtelu on varsin suurta; tyypillisesti suurimmat keskinopeudet esiintyvät talvikuukausina ja pienimmät kesällä (kuva 2). Esimerkiksi tuntureilla keskituulennopeus joulutammikuussa voi olla yli 12 m/s, kun se kesäkuukausina on vain runsaat 6 m/s.



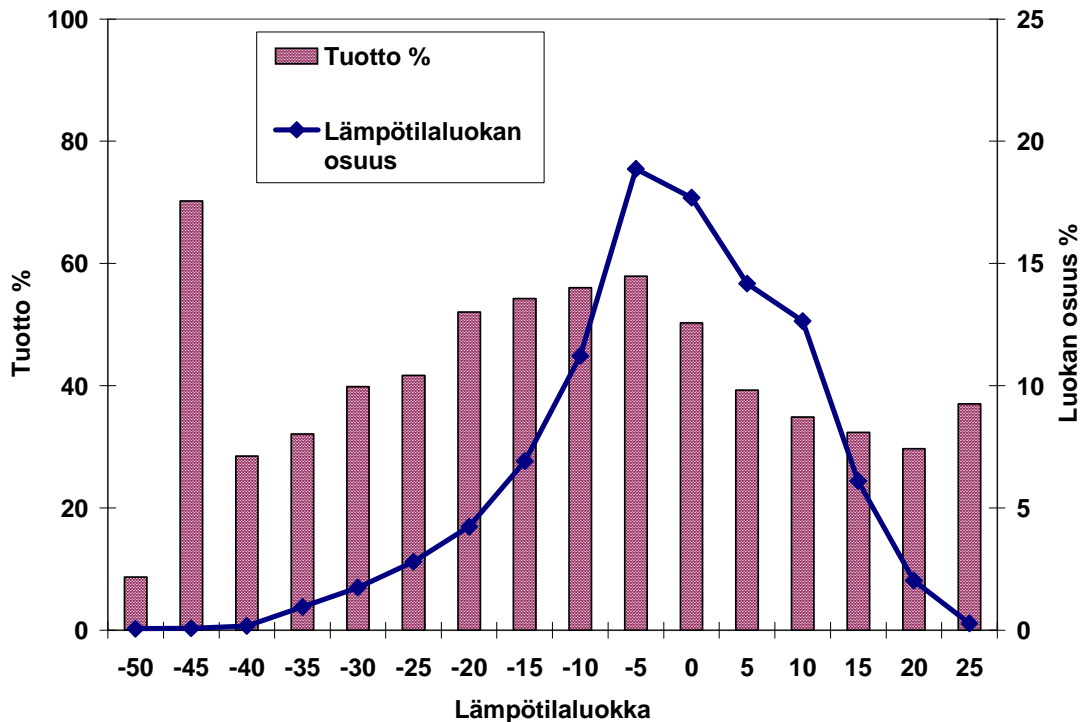
Kuva 2. Tuulen nopeuden kuukausittaiset (1..12 vaak-akselilla) keskimääräiset keskinopeudet (m/s; pysty akseli) eräillä sääasemilla. Kuvan oikeassa laidassa olevassa laatikossa on annettu ao sääasemien nimet sekä niillä mitatut keskimääräiset vuotuiset keskinopeudet. /7/.

Tuulet ja lämpötila

Tuulivoimaa tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon myös, että tuulivoimalan tuotto kasvaa lämpötilan laskiessa koska ilman tiheys tällöin kasvaa. Niinpä samalla keskituulennopeudella Suomessa tuulivoimalan vuosituotto on suurempi kuin esimerkiksi Saksassa ja Tanskassa.

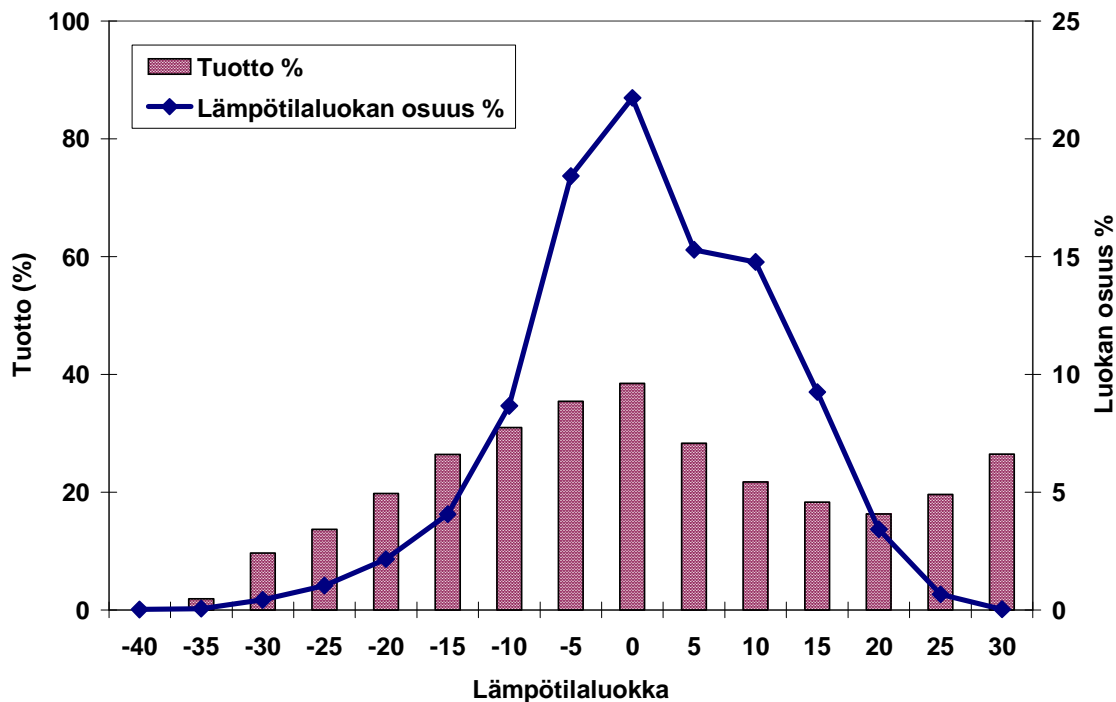
Kun verrataan meri- tai rannikkoalueelle tai tunturien laelle sijoitetun tuulivoimalan tuoton ja sisämaan (eli tyypillisten asuin- ja teollisuusalueiden) lämpötilojen välistä yhteyttä, ei olekaan enää niin selvää, etteikö myös pakkasella tuulisi ja voimalat tuottaisi.

Kuvassa 3 on esimerkki Lapista, jossa tuntureilla tuulienergiapotentiaali on varsin huomattava. Kun tarkastellaan Pelkosenniemen Pyhäntunturilla (n. 500 m merenpinnasta) jäätymättömillä mittareilla tehtyjä tuulimittauksia ja Sodankylän sääasemalla (n. 180 m merenpinnasta) tehtyjä lämpötilamittauksia voidaan todeta, että jopa vuoden 1999 ennätyspakkasilla tuuliolot Pyhäntunturilla ovat olleet varsin suotuisat tuulienergiatuotantoon. Yleisesti ottaen voidaan todeta tuulienergiatuotannon olevan keskimäärin suurinta lämpötiloissa -20 - 0°C. Toisaalta alhaisten lämpötilojen osuus koko vuodesta on varsin pieni, kuten kuvasta 3 yhtenäisellä viivalla esitetystä lämpötilaluokkien prosentuaalisesta jakaumasta voidaan todeta.



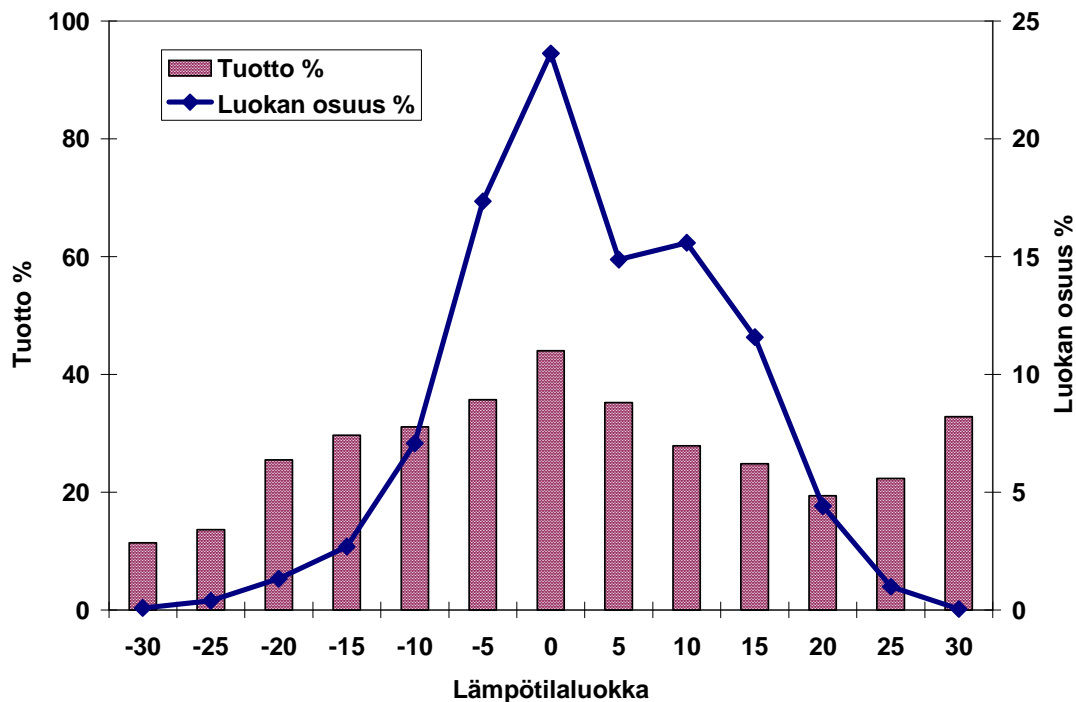
Kuva 3. Pyhätunturin laella jäätymättömällä tuulimittarilla mitatusta tuulennopeudesta 1500 kW tuulivoimalalle laskettu suhteellinen tuotto (% nimellistehosta per 3 h; vasemmanpuoleisella pystyakselilla) Sodankylän sääasemalla mitatuissa lämpötilatilanteissa. Lämpötilat on luokiteltu 5°C luokkiin. Vaaka-akselilla on lämpötilaluokat ja luokkien alarajat. Musta yhtenäinen viiva ja oikeanpuoleinen pystyasteikko kertoo lämpötilaluokkien osuuden (%) koko vuoden jakaumasta.

Jos tarkastellaan vastaavaa tilannetta Valassaarille sijoitettavan tuulivoimalan ja Kauhavalla mitattujen lämpötilojen välillä todetaan periaatteessa hieman erilainen jakauma (kuva 4). Tuulen nopeus pienenee Valassaarilla selvemmin kovilla pakkasilla; tuulivoimalan keskimääräinen tuotto on alle 20 % kun lämpötila on alle -20°C. Toisaalta kovia pakkasia (< -20°C) ei ole kuin alle 10 % ajasta, joten niiden tilanteiden vaikutus tuulivoimalan kokonaistuotantoon on varsin pieni. Valitettavasti Valassaarten sääasemalla on kuitenkin edelleen vain varsilämmityksellä varustetut tuulimittarit, joten talvikuukausien tuulennopeudet voivat olla selvästi liian alhaisia [7]. Nykyisillä jäätymättömillä tuulennopeusantureilla mitattuna tuuli-ilma ilmestisesti hieman muuttuu ja tuulen nopeuden vuodenaikavaihtelu seuraa hieman paremmin geostrofisen tuulen vuodenaikajakaumaa.



Kuva 4. Mustasaari / Valassaaret, lämmittämättömällä tuulimittarilla mitatusta tuulennopeudesta 1500 kW tuulivoimalalle laskettu suhteellinen tuotto (% nimellistehosta per 3 h; vasemmanpuoleisella pystyakselilla) Kauhavan sääasemalla mitatuissa lämpötilalanteissa. Lämpötilat on luokiteltu 5°C luokkiin. Vaaka-akselilla on lämpötilaluokat ja luokkien alarajat. Musta yhtenäinen viiva ja oikeanpuoleinen pystyasteikko kertoo lämpötilaluokkien osuuden (%) koko vuoden jakaumasta.

Etelärannikolla (lämpötilat Helsinki-Vantaan lentoasemalta) kovia pakkasia (<math>< -20^{\circ}\text{C}</math>) on vain runsaat 0.5 % ajasta, eli niiden merkitys niin rakennusten energiankulutuksen kuin tuulivoimalan tuoton kannalta on marginaalinen. Lentoasemalla keskimääräinen tuulennopeus on 3.9 m/s, suurimman kuukausikeskinopeuden ollessa 4.5 m/s marraskuussa ja pienimmät heinä-elokuussa 3.8 m/s /2/. Helsingin edustalla esimerkiksi Katajaluodossa vastaava keskinopeus on 6.3 m/s, suurin marraskuussa 8.1 m/s ja pienin heinäkuussa 4.9 m/s.



Kuva 5. Helsinki / Harmaja, lämmittämättömällä tuulimittarilla mitatusta tuulennopeudesta 1500 kW tuulivoimalalle laskettu suhteellinen tuotto (% nimellistehosta per 3 h; vasemmanpuoleisella pysty akselilla) Helsinki-Vantaan lentokentän sääasemalla mitatuissa lämpötilalanteissa. Lämpötilat on luokiteltu 5°C luokkiin. Vaaka-akselilla on lämpötilaluokat ja luokkien alarajat. Musta yhtenäinen viiva ja oikeanpuoleinen pystyasteikko kertoo lämpötilaluokkien osuuden (%) koko vuoden jakaumasta.

Lopuksi

Rakennusten lämmitysenergian tarve korreloi kohtuullisen hyvin ulkoilman lämpötilan kanssa (kts. esim. /6/). Tuulisuus lisää rakennusten energiakulutusta vuotoilman ja osin painovoimaisen ilmanvaihdon kautta.

Laajamittaisen tuulienergiatuotannon kannalta on ilmeisesti turhan pessimististä olettaa, että tuulivoimalatuotanto on nollassa kun lämpötila on miinuksella ja rakennusten energiankulutus punaisella. Sijoittamalla tuulivoimalat järkeviin paikkoihin merialueille, saaristoon, lähelle merellistä rantaviivaa tai tuntureiden lakialueille on voimaloiden tuotto (esim. MWh/kk) huomattavasti suurempaa vuoden kylmimpinä kuukausina kuin lämpimän kesäkauden aikana. Sääasemilla tehtävistä havainnoista laaditut tilastot kertovat yleisesti ottaen laajemmankin alueen ilmastosta, mutta tarkasti ottaen vain sillä paikalla esiintyneestä säästä ja sen vaihteluista. Monia tarkoituksia varten on syytä laatia tilastoja joissa yhdistellään tarkoituksenmukaisesti eri suureita ja niiden vaihteluita. Eri sääasemien keskinäisiä vertailuja ja havaintojen kombinaatioita on valitettavasti varsin vähän tarjolla.

Tässä käytetty tilastoaineisto osoittaa, että potentiaalisilla tuulienergiantuotantopaikoilta voidaan saada merkittävästi sähköenergiaa niissäkin tilanteissa joissa sisämaassa on kunnan paukkuvat pakkaset.

Viitteet:

- /1/ Heino, R. ja Hellsten, E., 1983. Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1980. Ilmatieteen laitos.
- /2/ Tammelin, B., 1991. Suomen tuuliatlas. Ilmatieteen laitos.
- /3/ Huovila, S. and Tuominen, A., 1992. Some features of ground inversion in Finland. BOREAS, Hetta 10.-13.2.1992. Ilmatieteen laitos.
- /4/ Tammelin, B., 1992. Wind energy potential in fell areas. BOREAS, Hetta 10.-13.2.1992. Ilmatieteen laitos.
- /5/ Tammelin, B ja Säntti, K., 1992. Huurrekertymät tunturien lakialueilla. Meteorologisia julkaisuja No 19. Ilmatieteen laitos.
- /6/ Tammelin, B. ja Kokkonen, V., 1994. Tuulienergian saatavuuden ja sähkönkulutuksen vertailu. Meteorologisia julkaisuja N0 30. Ilmatieteen laitos.
- /7/ Tammelin, B., 1999. Tuulienergiaa. Tuulensilmä Nro 3/1999. s. 16-18.
- /8/ Kimura, S., Tammelin, B., Peltomaa, A. and Tsuboi, K., 2000. Icing effect on a cup anemometer. Meteorologisia julkaisuja. Ilmatieteen laitos.
- /9/ Tammelin, B. ja Hyvönen, R., (käsikirjoitus). Tuulivoiman tuotannon ja ulkoilman lämpötilan välinen riippuvuus. Ilmatieteen laitos.