

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Meie planeedi seire parema tuleviku nimel



Rein Oidram

TTÜ elektroenergeetika
instituut

25. märts 2008

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

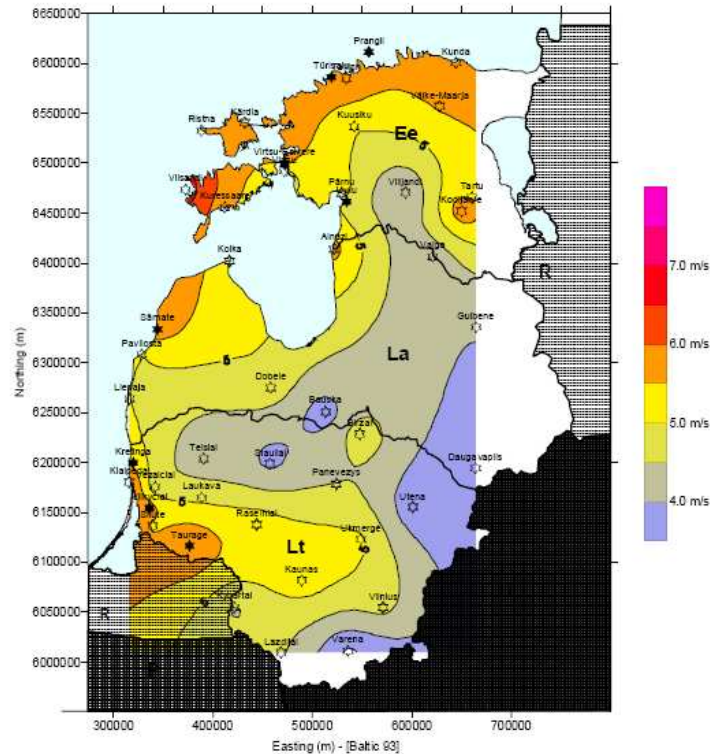


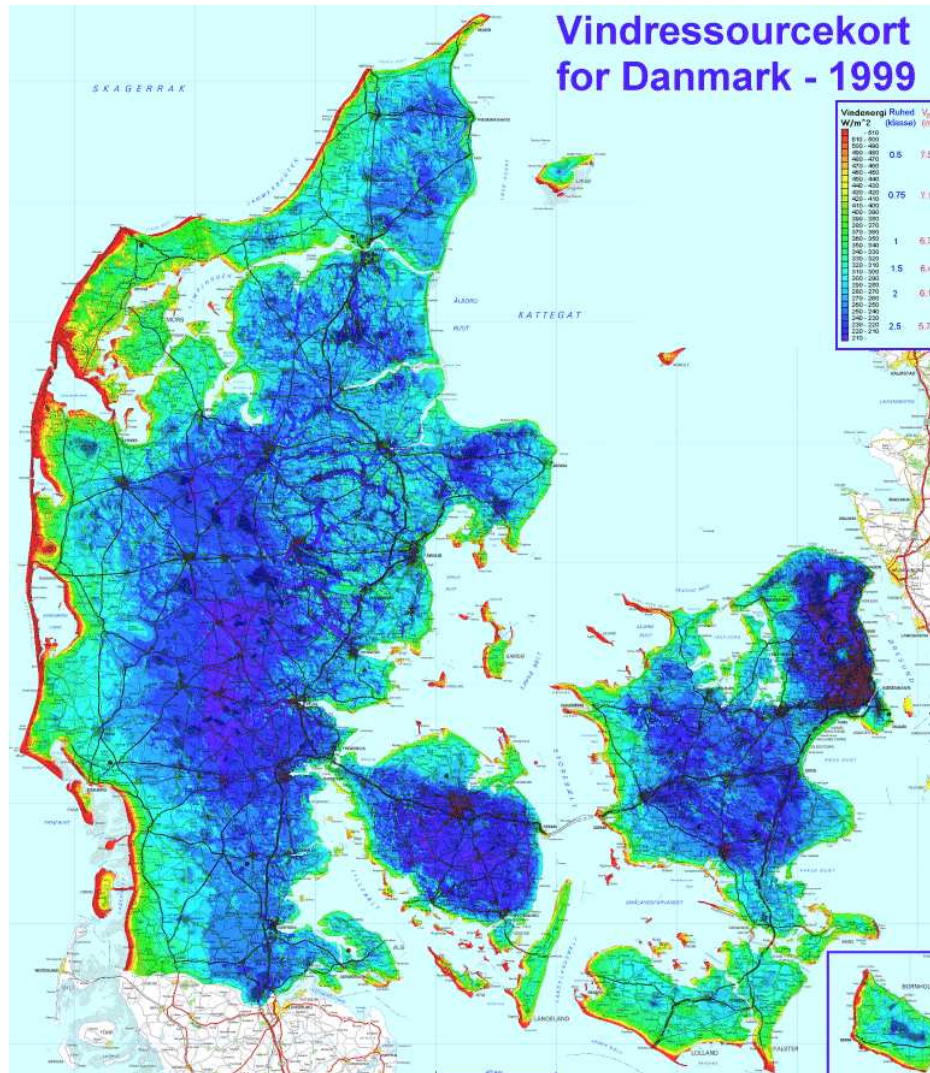
Figure 7.1. Wind resources in all three Baltic countries. Given by the regional wind climate mean wind speed at 50 m above flat terrain of homogenous roughness of class 2 (10 cm roughness length).

Allikas: Ole Rathmann. The UNDP/GEF Baltic Wind Atlas. Risø-R-1402 (EN)

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

- Mitmed uuringud tõstatavad üheselt küsimuse tuule laiaulatuslikust kasutamisest Eestis elektri tootmiseks.
- ÜRO programmi alusel tehtud uuringud näitavad, et Eesti tingimused võrreldes teiste Balti riikidega on parimad.
- Tuuleenergeetika arengukavade koostamisel viidatakse väga tihti Taani kogemustele.
- Käesolev ettekanne püüabki anda ülevaate sellest, kuidas Taanis tuuleenergeetikat on arendatud ja milliste tulemusteni on jõutud.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

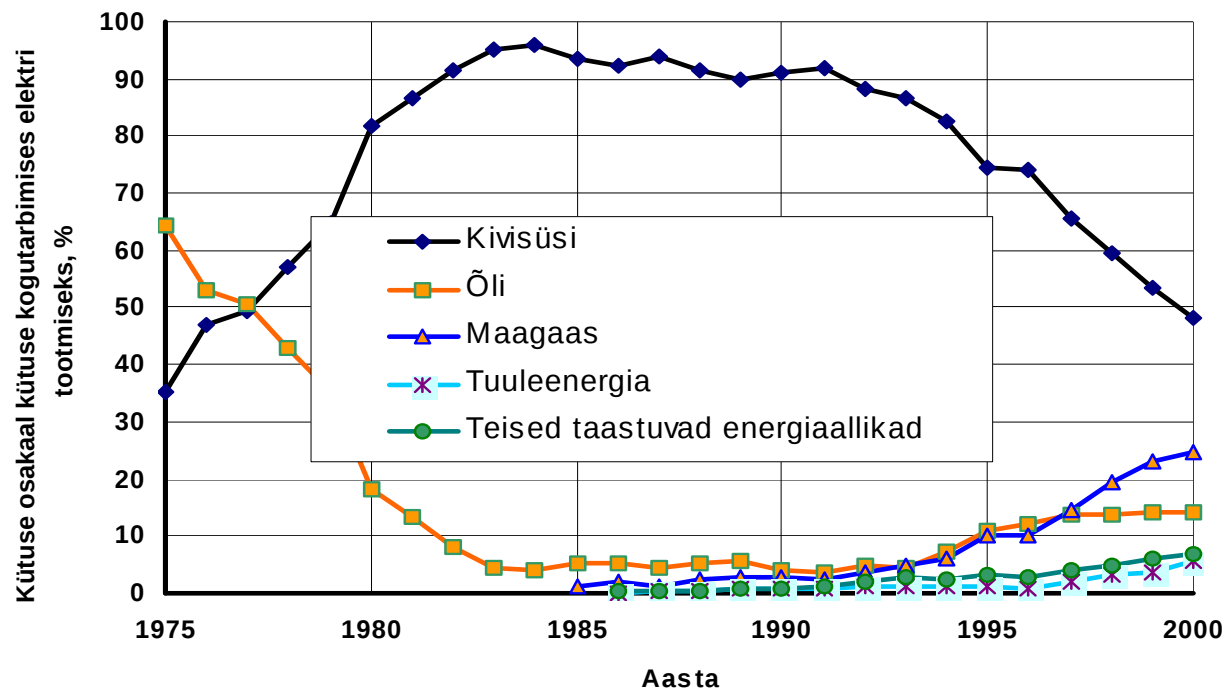


- Taani tuuletingimused on Eesti omadele sarnased või mõnevõrra paremad.
- Oluliselt väiksem on küll pinnakaredus, kuid sellegipoolest tuleks selle riigi kogemustega väga tõsiselt arvestada.

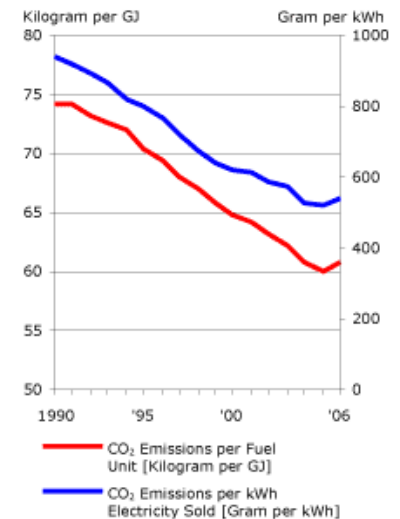
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

- Taani tuuleenergeetika arendamise käivitas umbes 30 aastat tagasi naftakriis.
- Esialgu toimus elektri tootmisel üleminek naftalt kivisöele.
- 1990. aastatel muutus eriti tuntavaks üleminek maagaasi kasutamisele.
- 1993. aastast alates on taas tasapisi kasvanud ka õli kasutamine.
- Taastuvate energiaallikate kasutamine oli kuni 2000. aastani suhteliselt tagasihoidlik.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



CO₂ Emissions per Fuel Unit and per kWh of Electricity (Adjusted)



Elektritootmise struktuuri muutused Taanis

Koostatud [European Commission, 2002] andmete alusel

"Energy in Denmark – 2006"

www.ens.dk

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Taani, 2004.a.	GWh	Kogutoodangu osa, %
<u>Kogutoodang</u>	<u>38 377</u>	
<u>Soojuselektrijaamad (fossiilkütused)</u>	29 050	<u>75,7</u>
- CHP (kaugküte) ja kondensatsioonijaamad	27 206	70,9
- CHP, tööstus	1 841	0,05
- gaasiturbiinid, etc.	3	<u>0,008</u>
<u>Taastuvenergeetika</u>	9 327	<u>24,3</u>
- hüdroelektrijaamad	26	
- <u>elektrituulikud</u>	6 583	<u>17,2</u>
- biokütusel jaamad	1 365	
- prügipõletusjaamad	1 353	
Kogutoodang 2003.a.	<u>43 754</u>	
Muutus 2003.aastaga võrreldes		-12,3

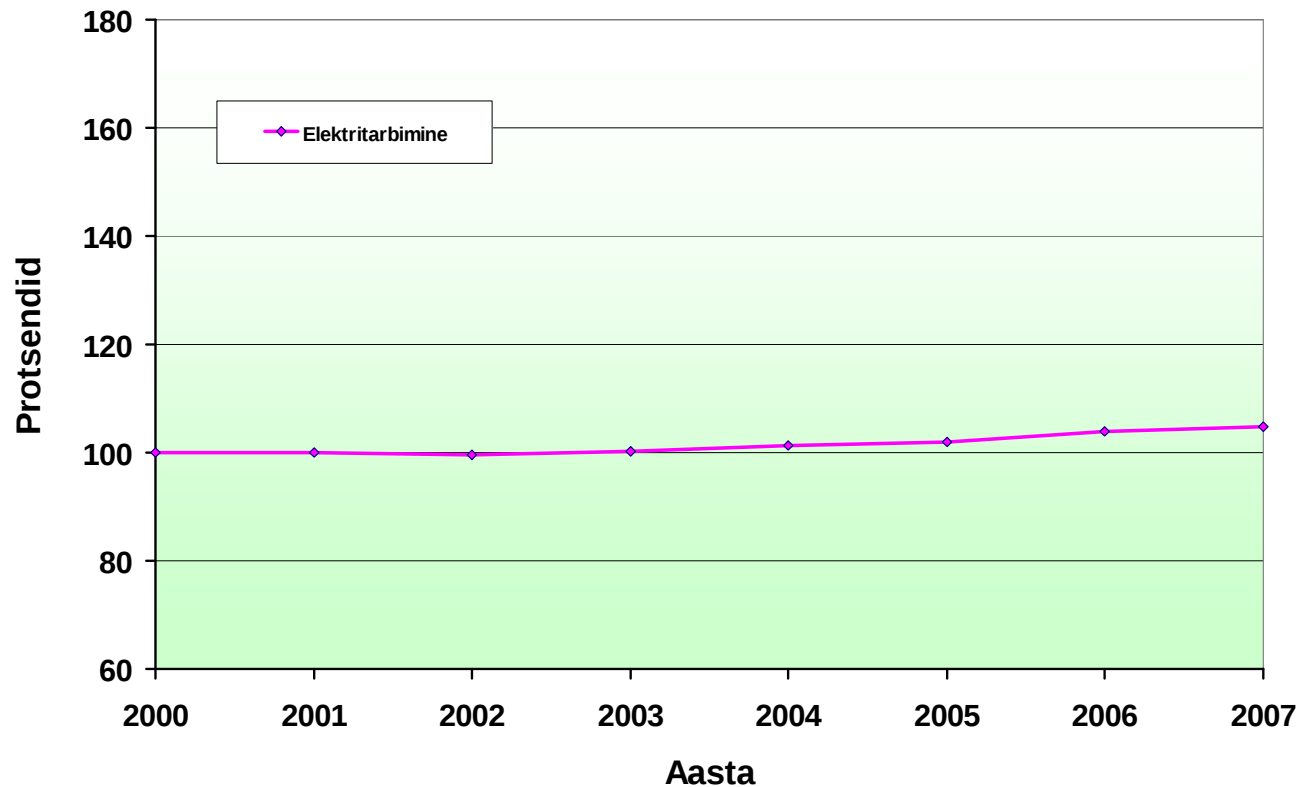
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Taani elektrisüsteem koosneb kahest sõltumatust osast. Paremini on kättesaadavad olnud Taani läänepoolse süsteemi andmed.

<http://www.energinet.dk/en/menu/Market/>

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

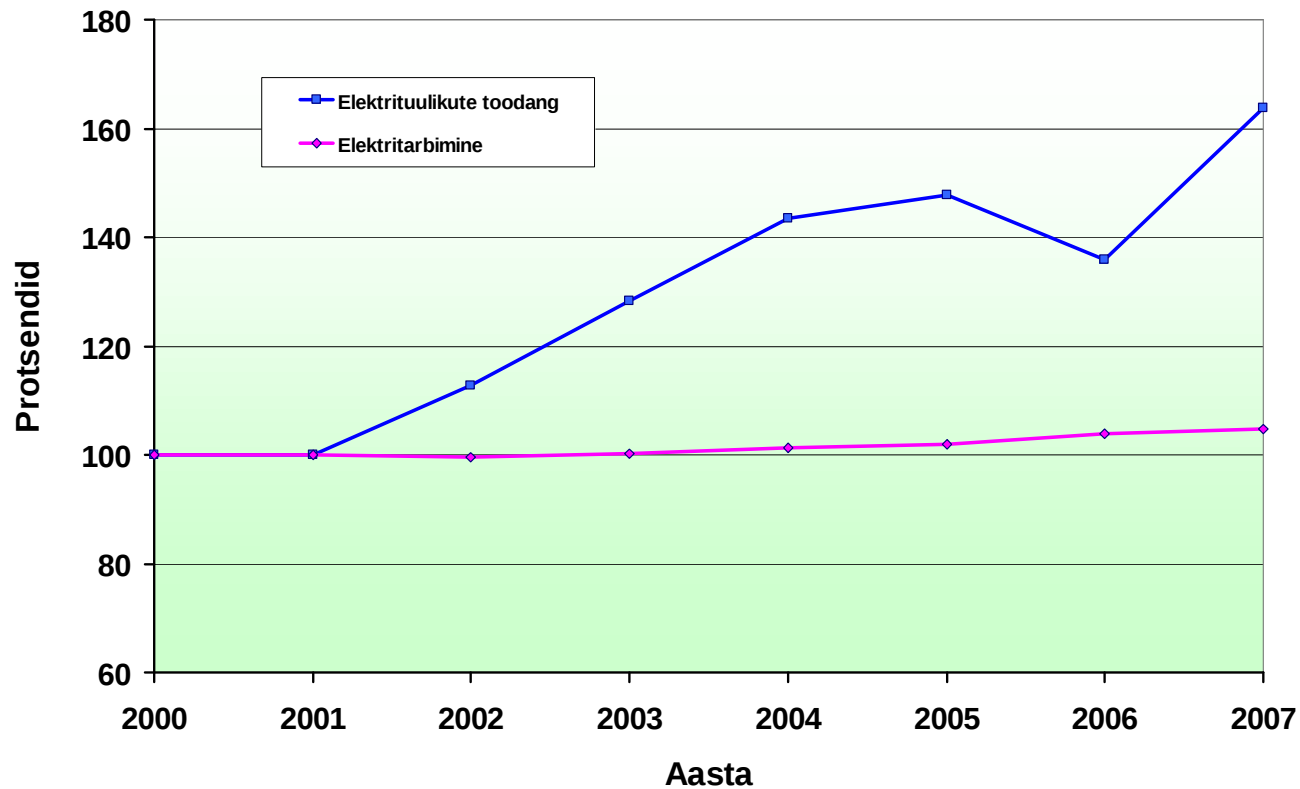
Lääne-Taani elektritoodang ja -tarbimine
protsentides 2000. aasta suhtes



Viimase kaheksa aasta (2000 kuni 2007) jooksul on elektritarbimine kasvanud väga mõõdukalt - ainult 4,8 %.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Lääne-Taani elektritoodang ja -tarbimine
protsentides 2000. aasta suhtes

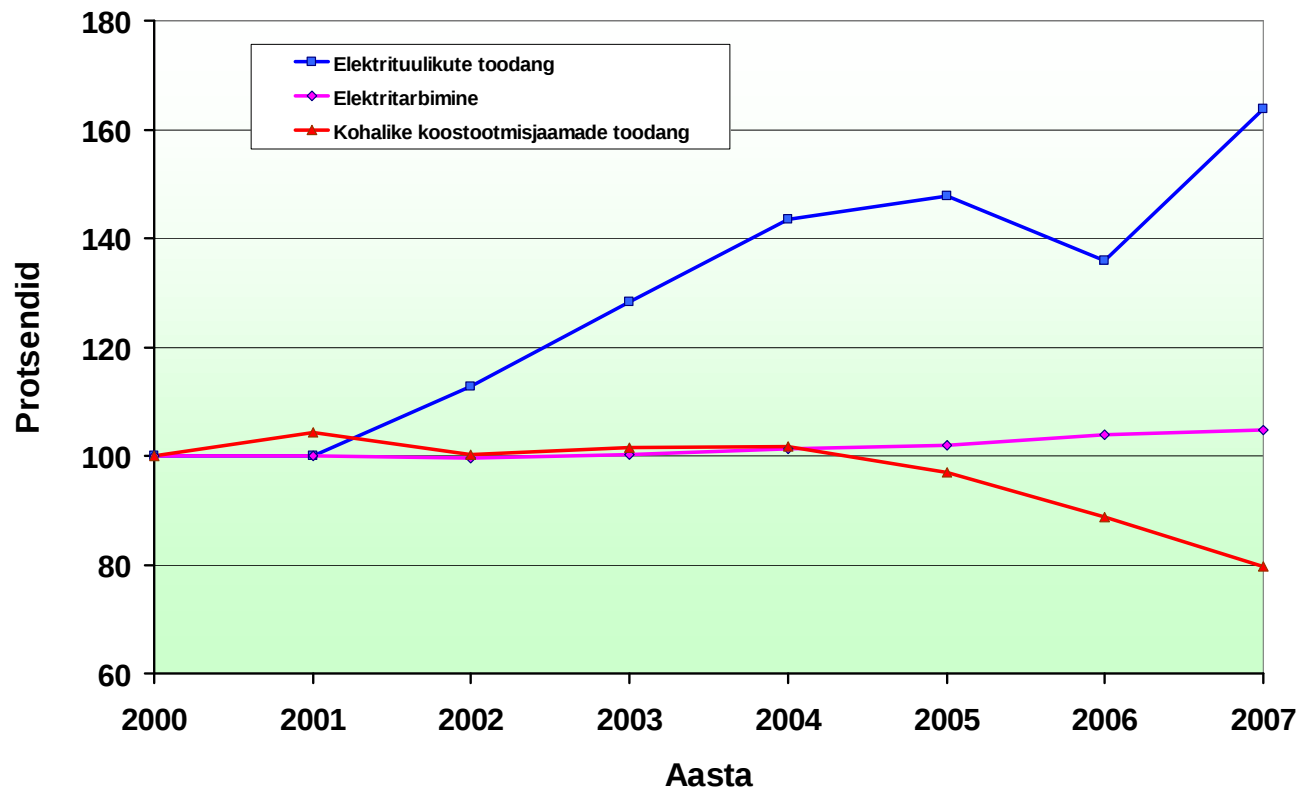


Silmatorkavalt edukalt on kasvanud tuulikutega toodetud
elektrienergia maht – 63,8 %.

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Lääne-Taani elektritoodang ja -tarbimine
protsentides 2000. aasta suhtes

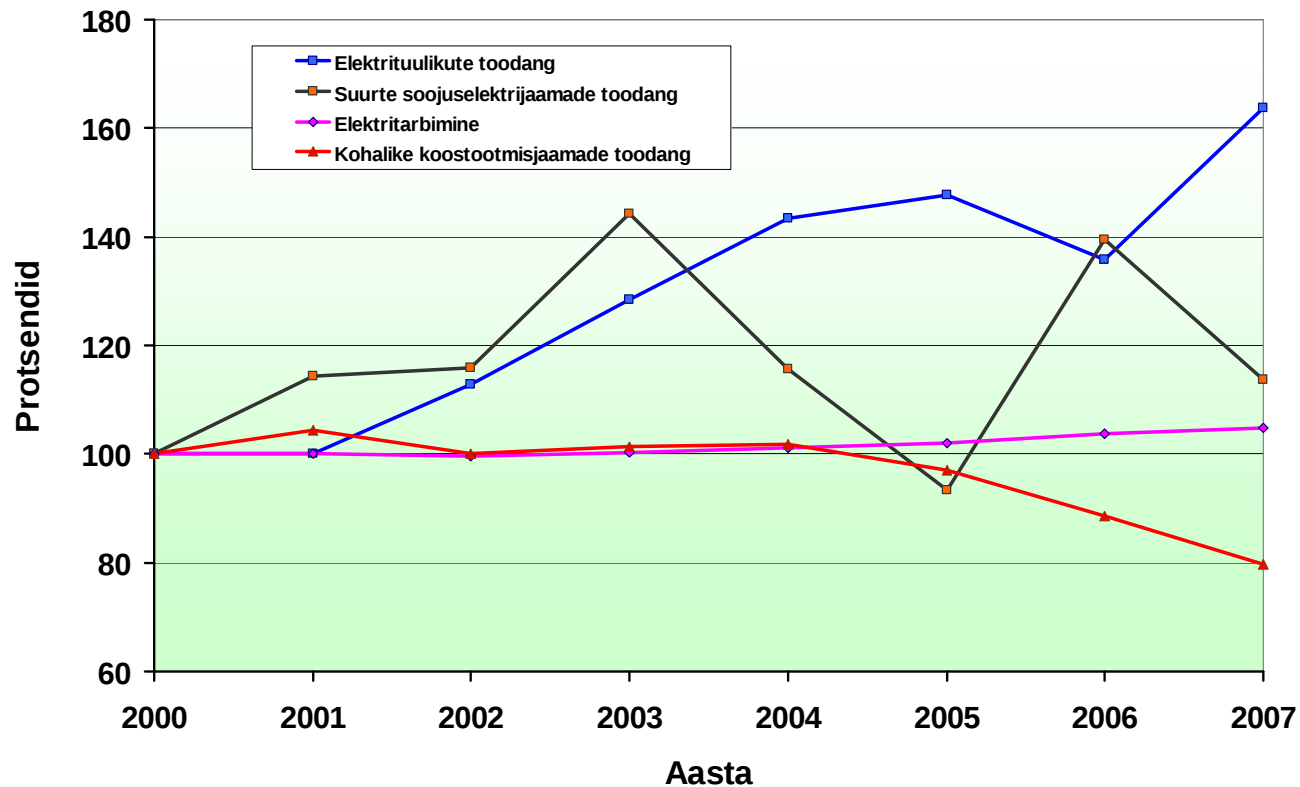


Tähelepanu äratav kohalike koostootmisjaamade elektritootmise langus 80 %-ni 2000. aasta tasemest. Kas kliima soojenemise tagajärg?

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Lääne-Taani elektritoodang ja -tarbimine
protsentides 2000. aasta suhtes

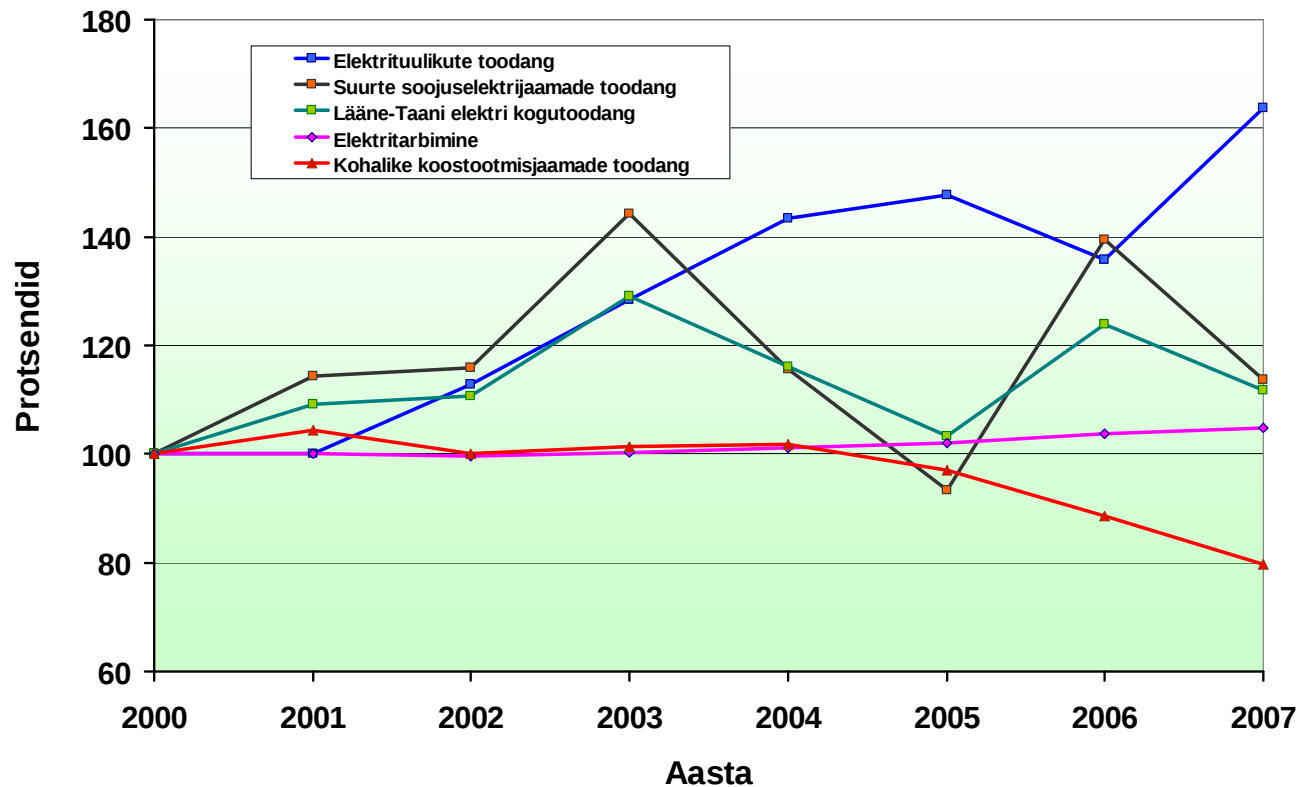


Eelneva taustal tundub imelik, et suurte soojuselektrijaamade elektritoodang ei ole langenud, vaid on hoopistükkis suure varieeruvusega ja märgatavalt suurenenud.

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

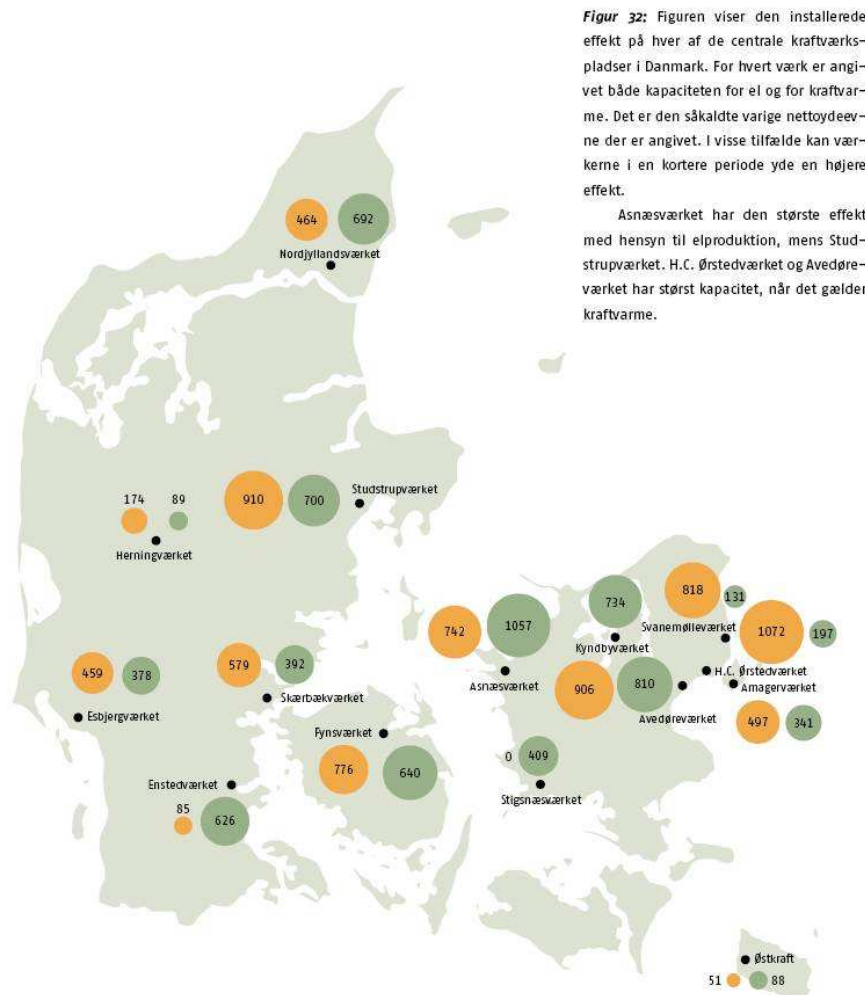
Lääne-Taani elektritoodang ja -tarbimine
protsentides 2000. aasta suhtes



Kokkuvõtteks – kõikide elektritootjate toodangu maht peale koostootmisjaamade on aastate jooksul kasvanud elektritarbimisest kiiremini.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

El- og kraftvarmekapaciteten på de centrale værker 2005



EMHI. Meteorologiapäeva tähistamine.

Suured soojuselektrijaamad on enamuses ümber ehitatud **koostootmisjaamadeks**, kuid sõltuvalt piirkonna soojustarbest on osa elektrijaamade poolt väljastatav soojushulk suhteliselt väike. Koostootmisjaamade reguleeritavus on kahjuks piiratud soojuskoormuse iseloomuga.

Joonisel on:

- rohelised kettad – elektriline võimsus MW,
- oranžid kettad – soojusvõimsus MJ/s.

Tuulelektri kasutuskogemused Taanis



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Kivisöe-
elektrijaamade
ülesseatud
võimsus Taanis
1996.a.

Table 4 Existing Coal-fired Capacity in Denmark

<i>Location</i>	<i>Plant Name</i>	<i>Fuel</i>	<i>Net Capacity</i>	<i>Comments</i>
			<i>(MW)</i>	
ELKRAFT				
Avedøre	Avedøre værket	coal-oil	250	CHP/FGD/NO _x
Copenhagen	Amagerværket	coal-oil	522	CHP/FGD/NO _x
Kalundborg	Asnæsværket	coal-oil	1 510	CHP/FGD
Roenne	Oestkraft	coal-oil-biomass	37	CHP
Stignæs	Stignæsværket	coal-oil	413	NO _x
ELSAM				
Aabenra/Ensted	Enstedværket	coal-oil-biomass	456	CHP
Aalborg	Nordjyllands værket	coal-oil	834	CHP/FGD/NO _x
Aarhus	Studstrupværket	coal-oil-biomass	1 114	CHP/FGD/NO _x
Esbjerg	Vestkraft	coal-oil	633	CHP/FGD
Fredericia	Skærbækværket	coal-oil	864	CHP/FGD/NO _x
Herning	Herningværket	coal-oil	89	CHP
Odense	Fynsværket	coal-oil-gas	864	CHP/FGD/NO _x
Randers	Randersværket	coal-oil	45	CHP

Source: *Coal Information 1996*, IEA/OECD Paris.

CHP: Combined Heat and Power production

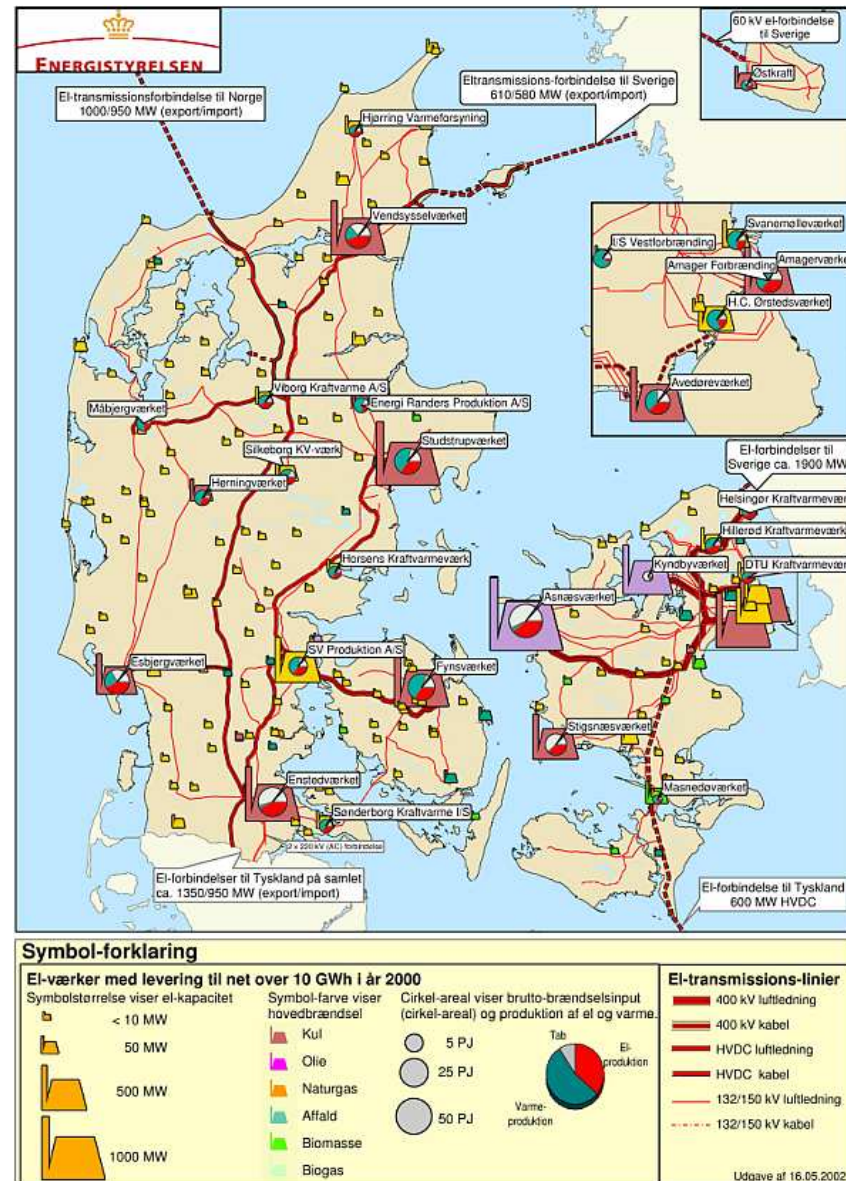
FGD: Flue Gas Desulphurisation

NO_x: Denitrification

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

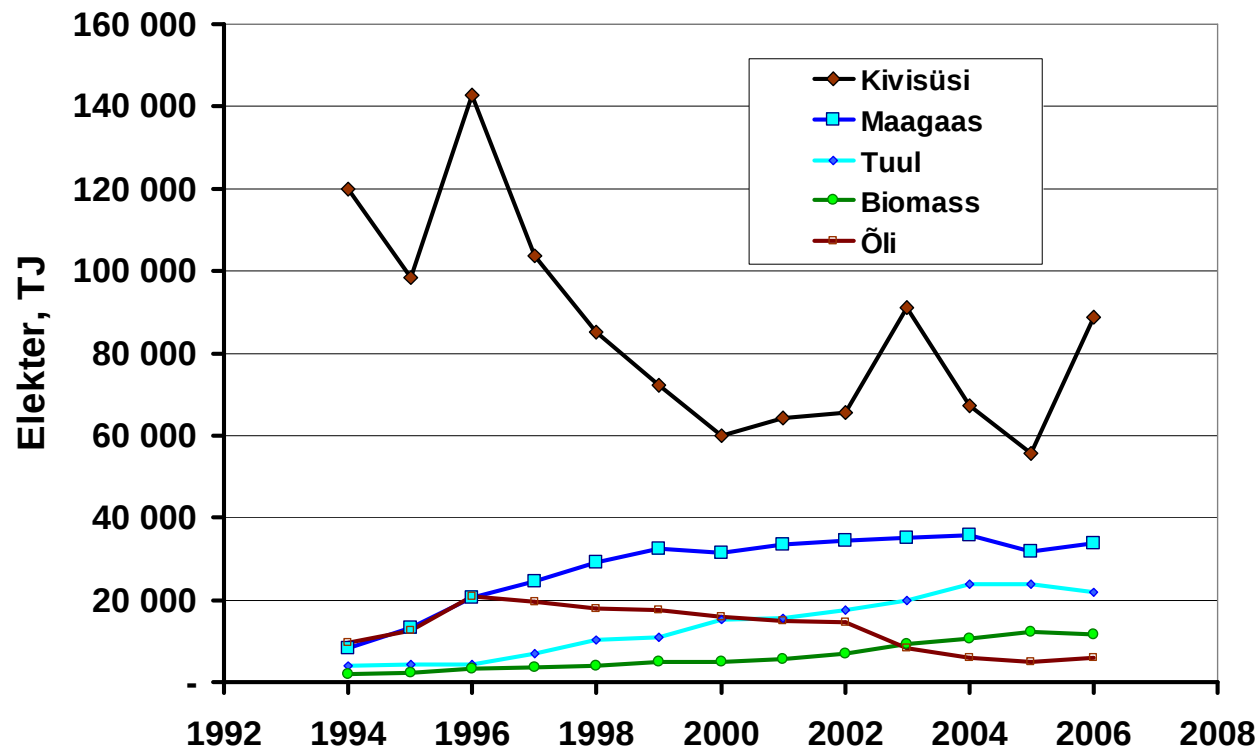
Suured soojuselektrijaamad kasutavad kütusena põhiliselt kivisütt (käivitamiseks õli) ja maagaasi, kohalikud koostootmisjaamad peamiselt maagaasi.



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Elektritootmine Taanis kütuste kaupa



Danish Energy
Authority: Energy
Statistics 2006

Fuel consumption for electricity and CHP production - mass		I-Taani	L-Taani	Kokku
Coal	t	3,755,452	5,210,440	8,965,892
Oil	t	307,007	100,908	407,915
Natural gas, incl. refinery gas	1,000 Nm ³	935,352	1,421,875	2,357,227
Biofuels	t	669,385	957,290	1,626,675
Waste	t	1,348,834	1,801,955	3,150,789

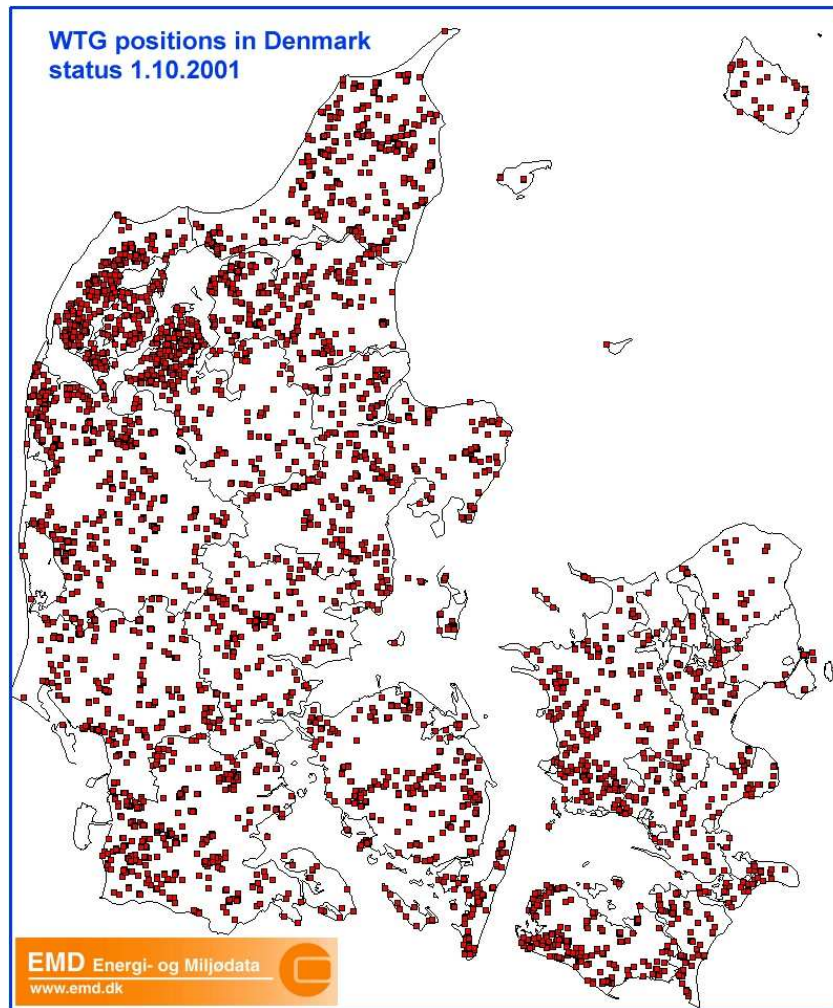
Key figures 2005

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.



TTÜ 1918

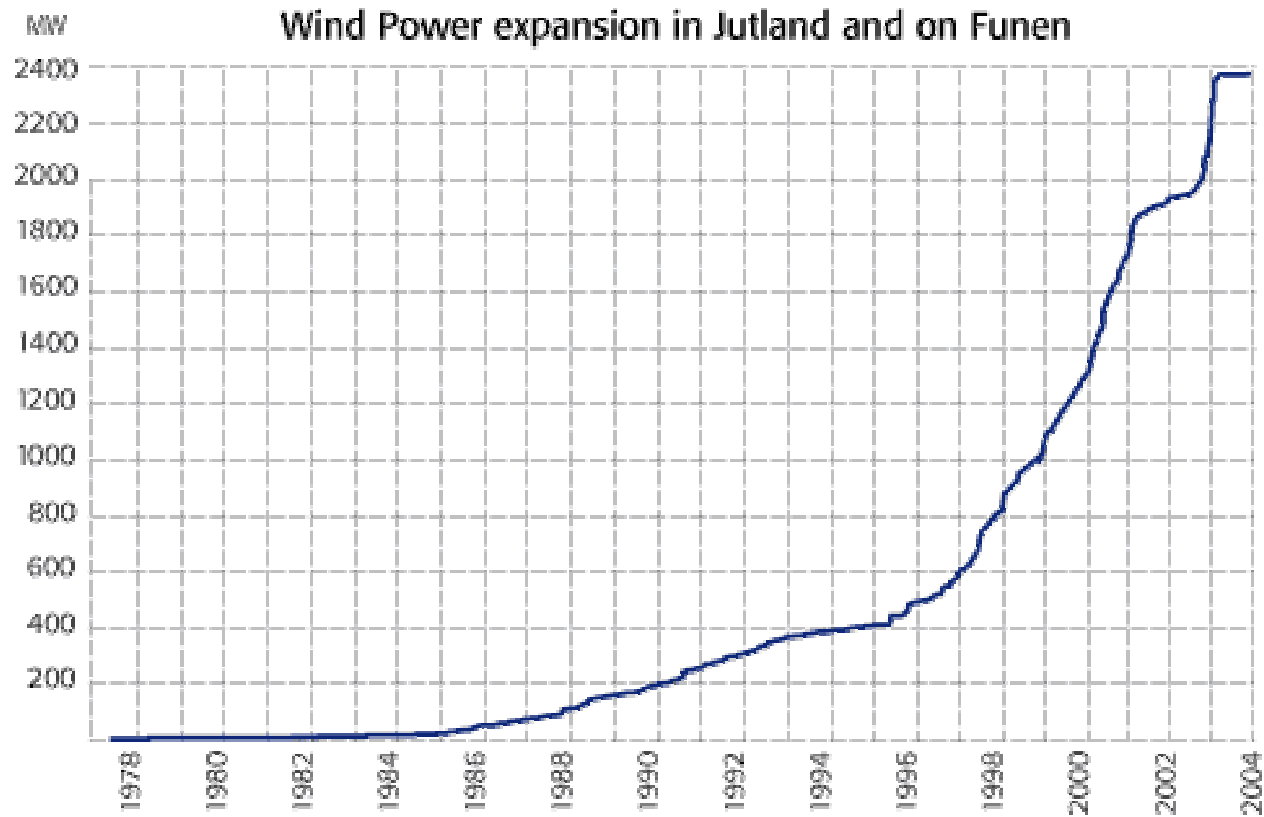
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



- Elektrituulikud on peaaegu ühtlaselt jaotunud üle Taani territooriumi, suurem kontsentreerumine on toimunud Jüüti poolsaare loodeosa kõige tuulisematesse piirkondadesse.
- Maismaal on osa elektrituulikuid jõudmas oma kasutusea lõpule ja toimub nende asendamine.
- Viimastel aastatel on lisandunud avamere tuulepargid: Horns Rev, Nysted jt.

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

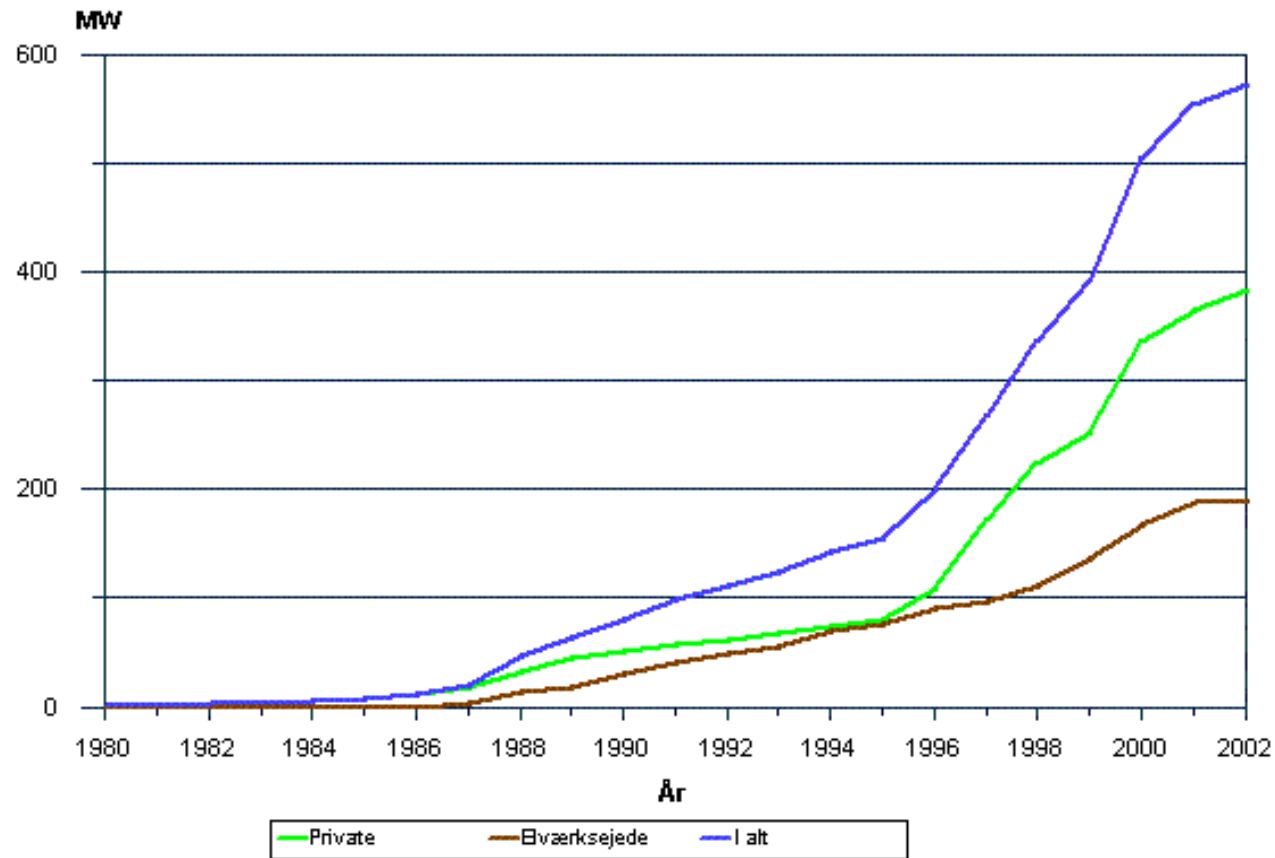
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



Elektrituulikute ülesseatud võimsus Taani lääneosas

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



Elektrituulikute ülesseatud võimsus Taani idaosas

— eraomanduses — võrguettevõtte omanduses — kokku

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

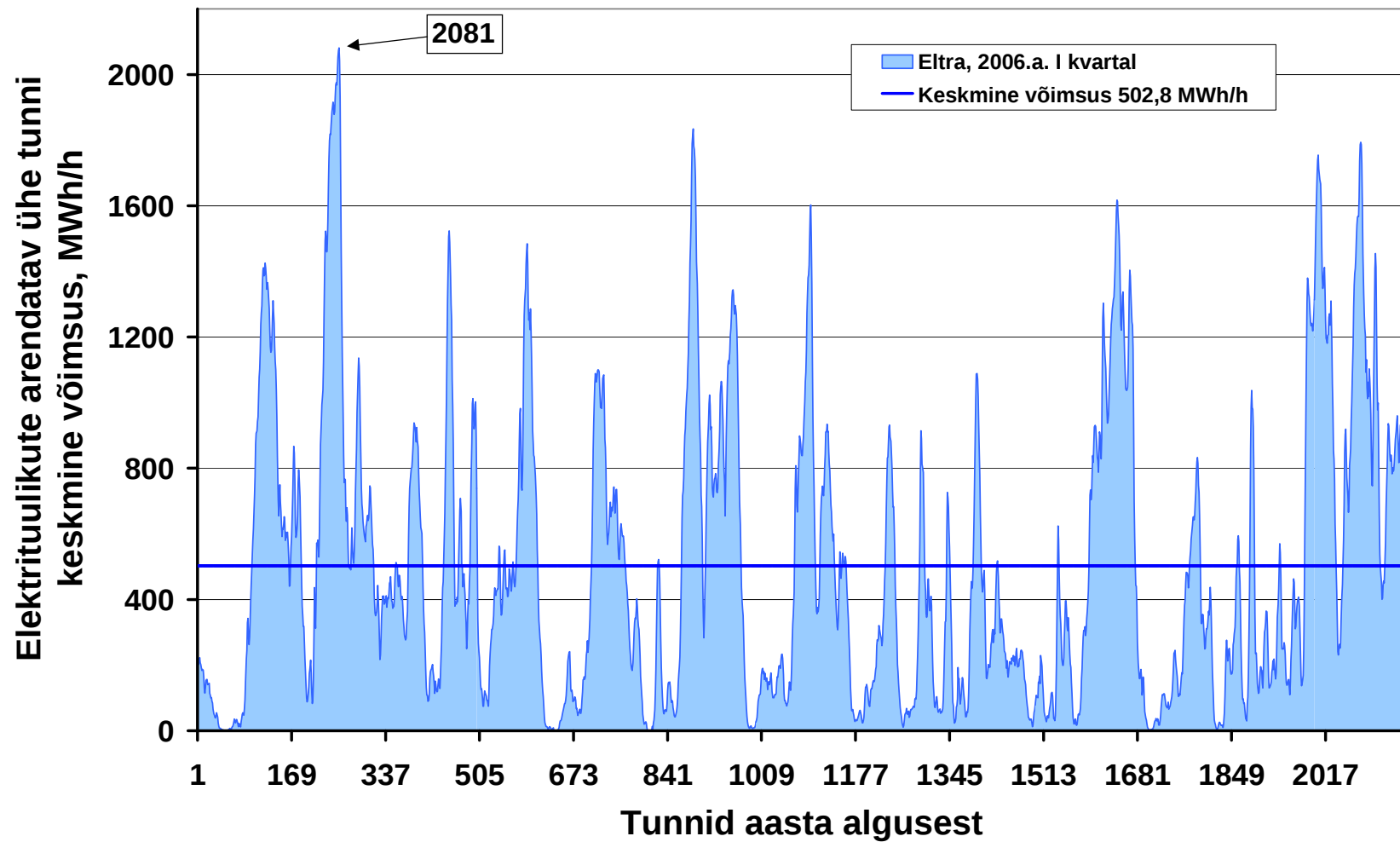
- **Elektrituulikute energiasüsteemiga koostöö põhiprobleem – nende poolt arendatava võimsuse muutumise juhuslikkus kajastub Taani energiasüsteemi talitluses väga tugevalt.**
- Järgnevas näited 2006. aastast.
- Kasutatakse Taani lääneosa süsteemihalduri Eltra koduleheküljel esitatud andmestikku.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

- Elektrituulikute võimsus muutub kiiresti väga suures ulatuses. Küllalt tavaline on elektrituulikute arendatava summaarse võimsuse kiire muutumine nullist kuni 90 protsendini ülesseatud võimsusest.
- Elektrituulikute hajus paiknemine võib küll veidi siluda võimsuse suuri kõikumisi, kuid täies ulatuses neid vältida ei võimalda.
- Väga suured võimsuse kõikumised on iseloomulikud isegi tunduvalt suurema Saksamaa territooriumil (vt. <http://reisi.iset.uni-kassel.de>).
- Avamere tuuleparkide võimsuse kõikumiste ulatus ja kiirus on eriti suur.



Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

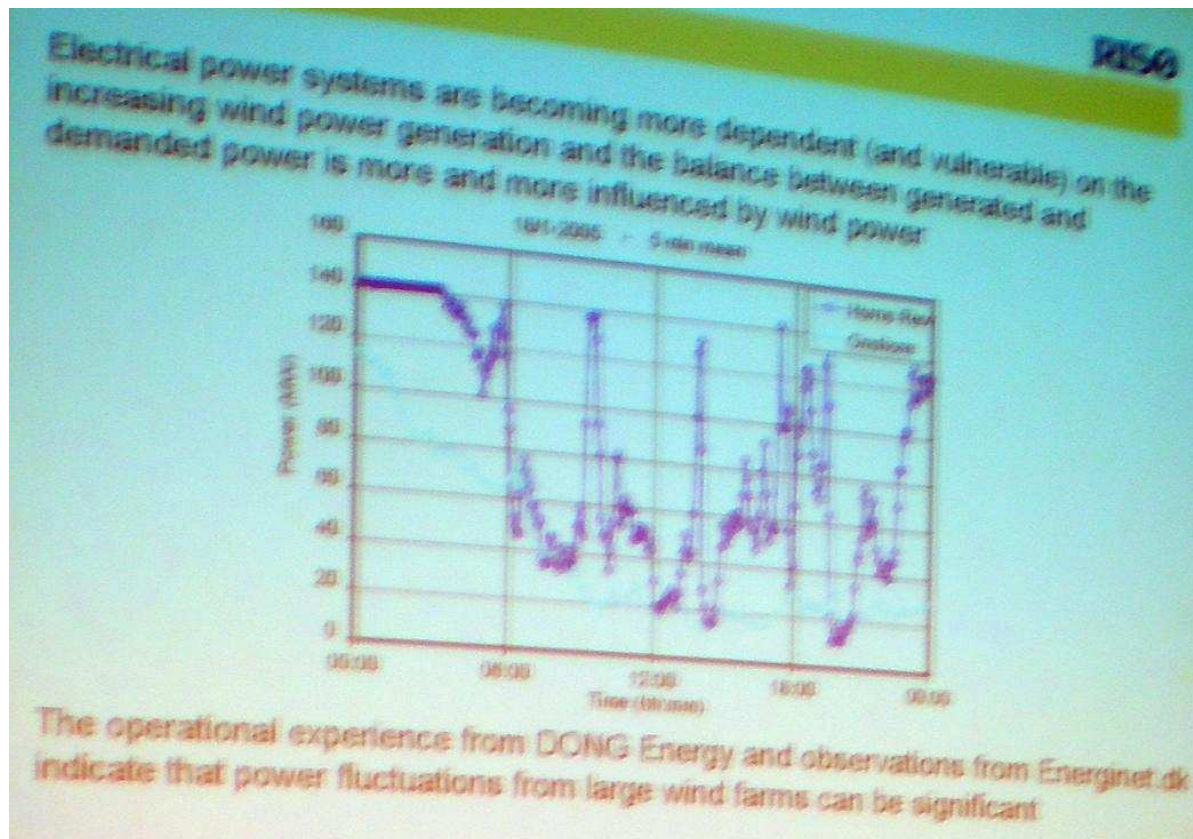


EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.



TTÜ1918

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



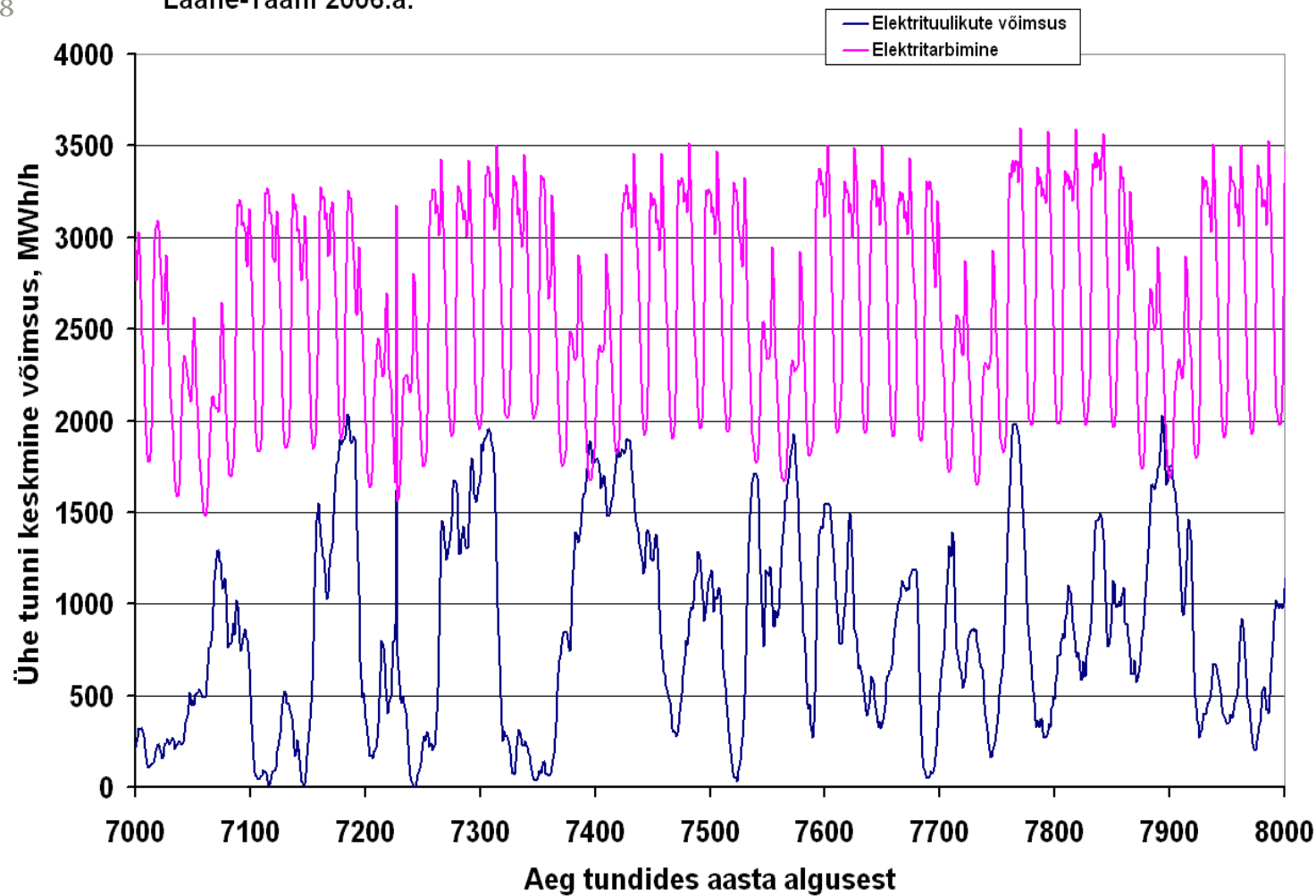
**Avamere
tuuleparkide
võimsuse
muutused on
ülikiired ja eriti
suure
amplituudiga.
(Horns Rev)**

Nordic Wind Power Conference NWPC'2007 "Power System Integration and Electrical Systems of Wind Turbines and Wind Farms". 1-2 November 2007. Risø National Laboratory, DTU. Denmark

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

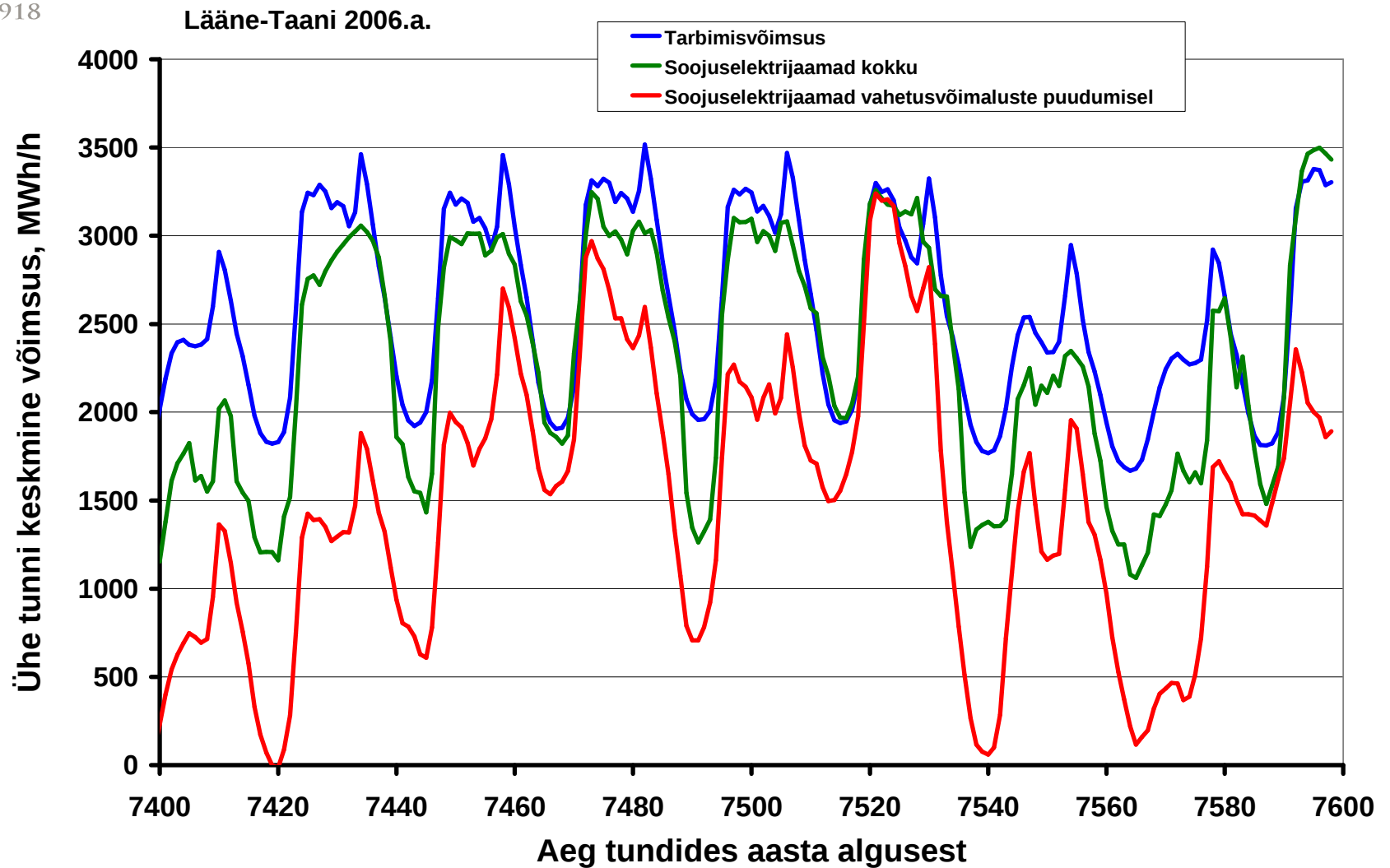
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Lääne-Taani 2006.a.



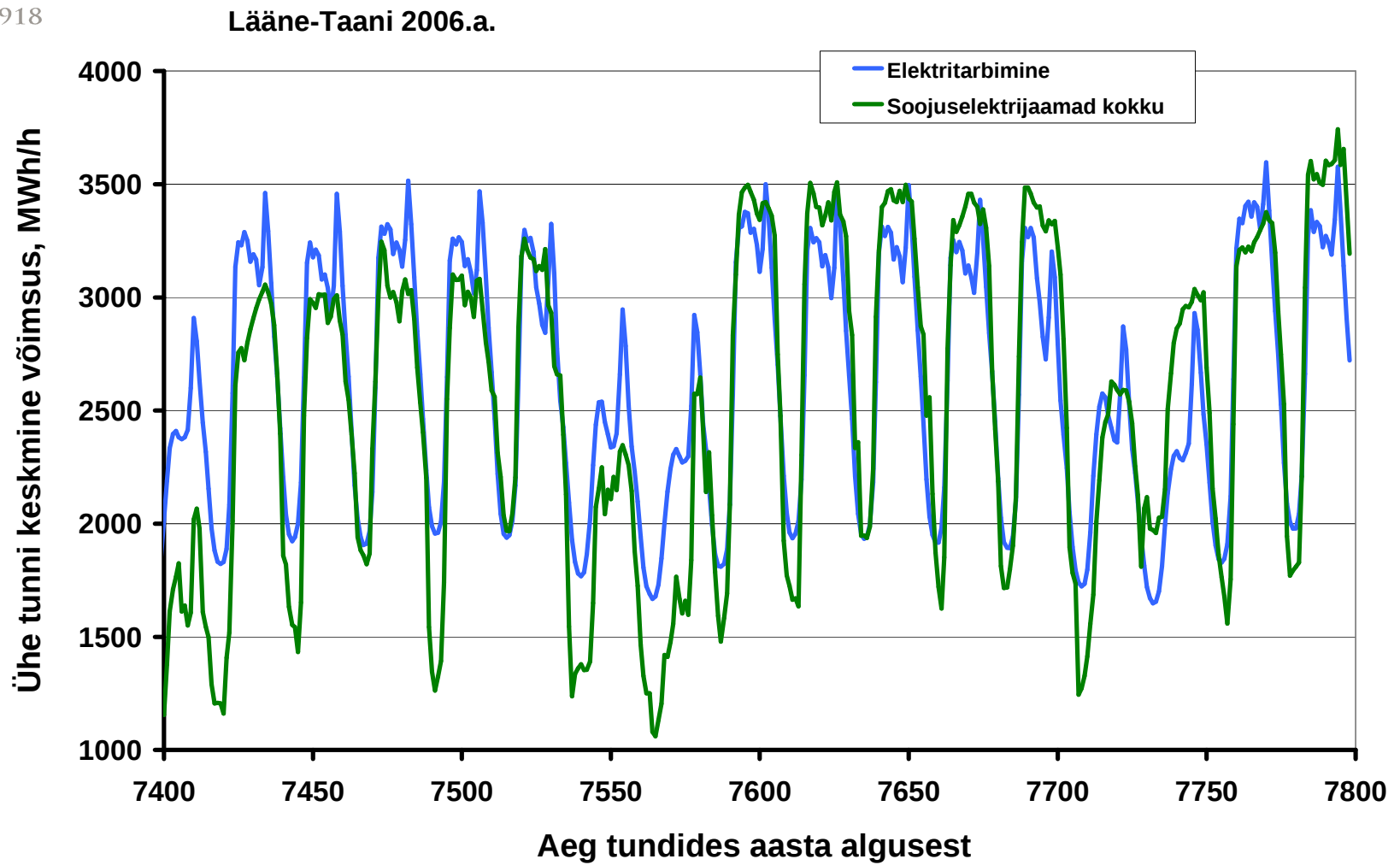
EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuulelektri kasutuskogemused Taanis



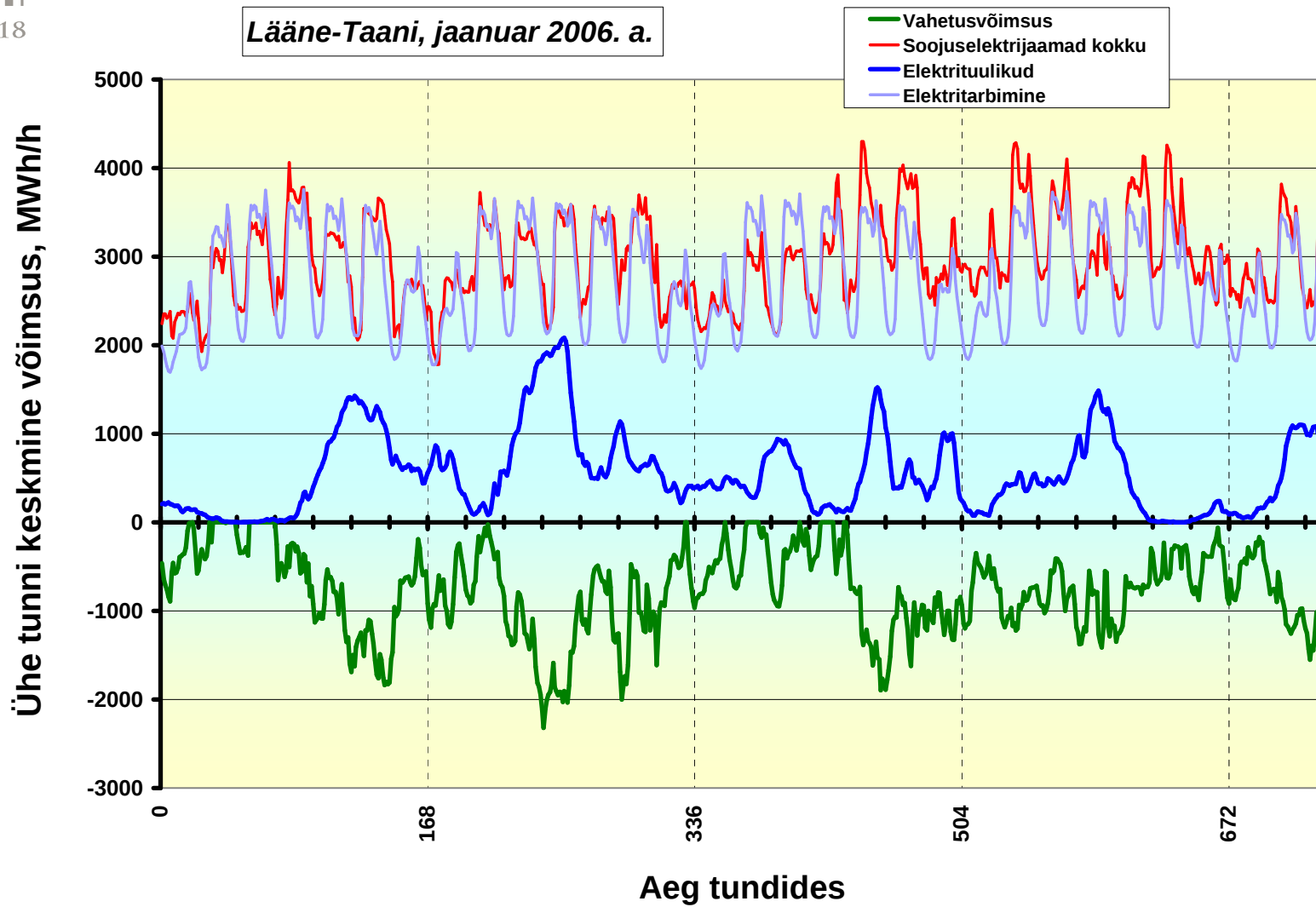
EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuulelektri kasutuskogemused Taanis



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

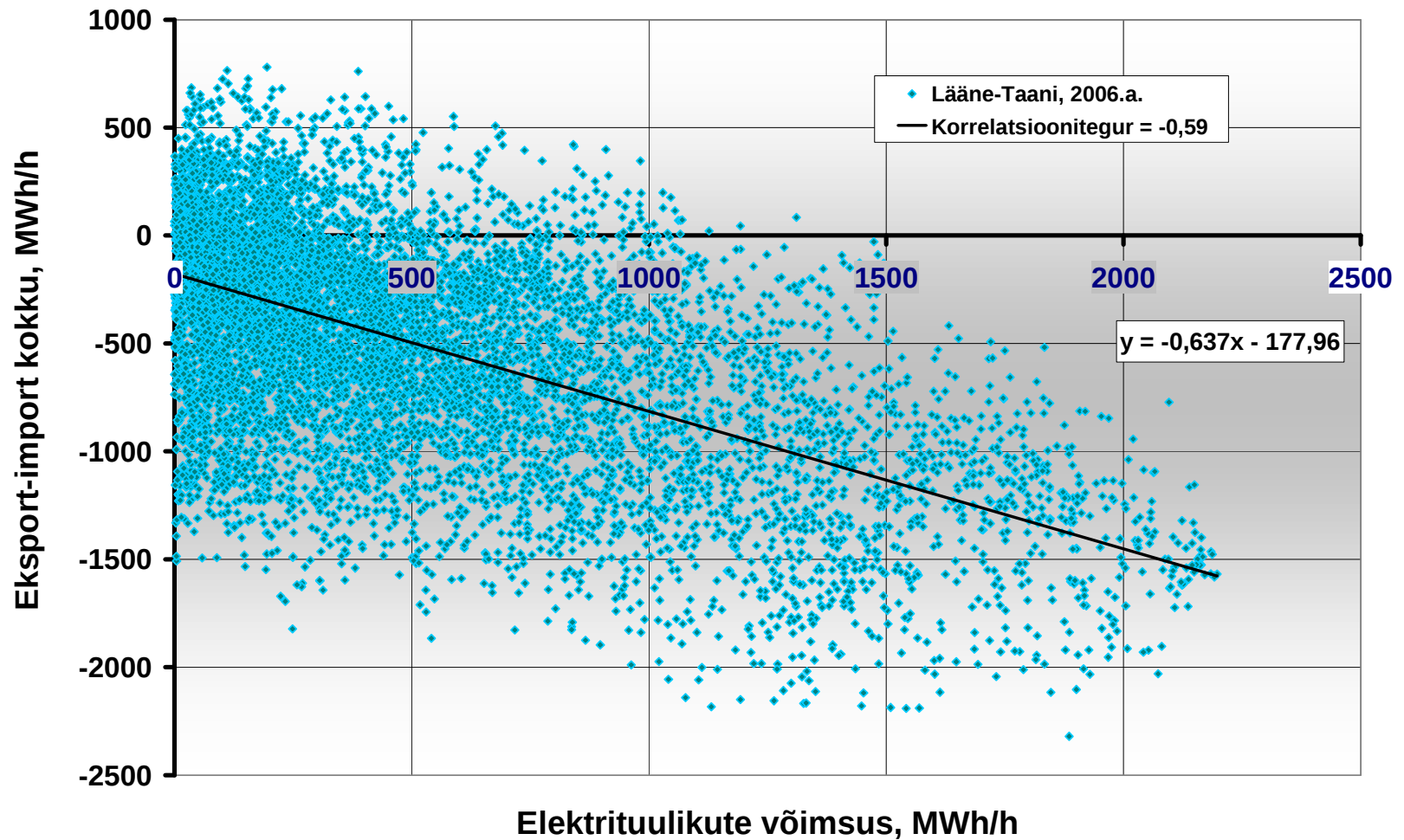
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

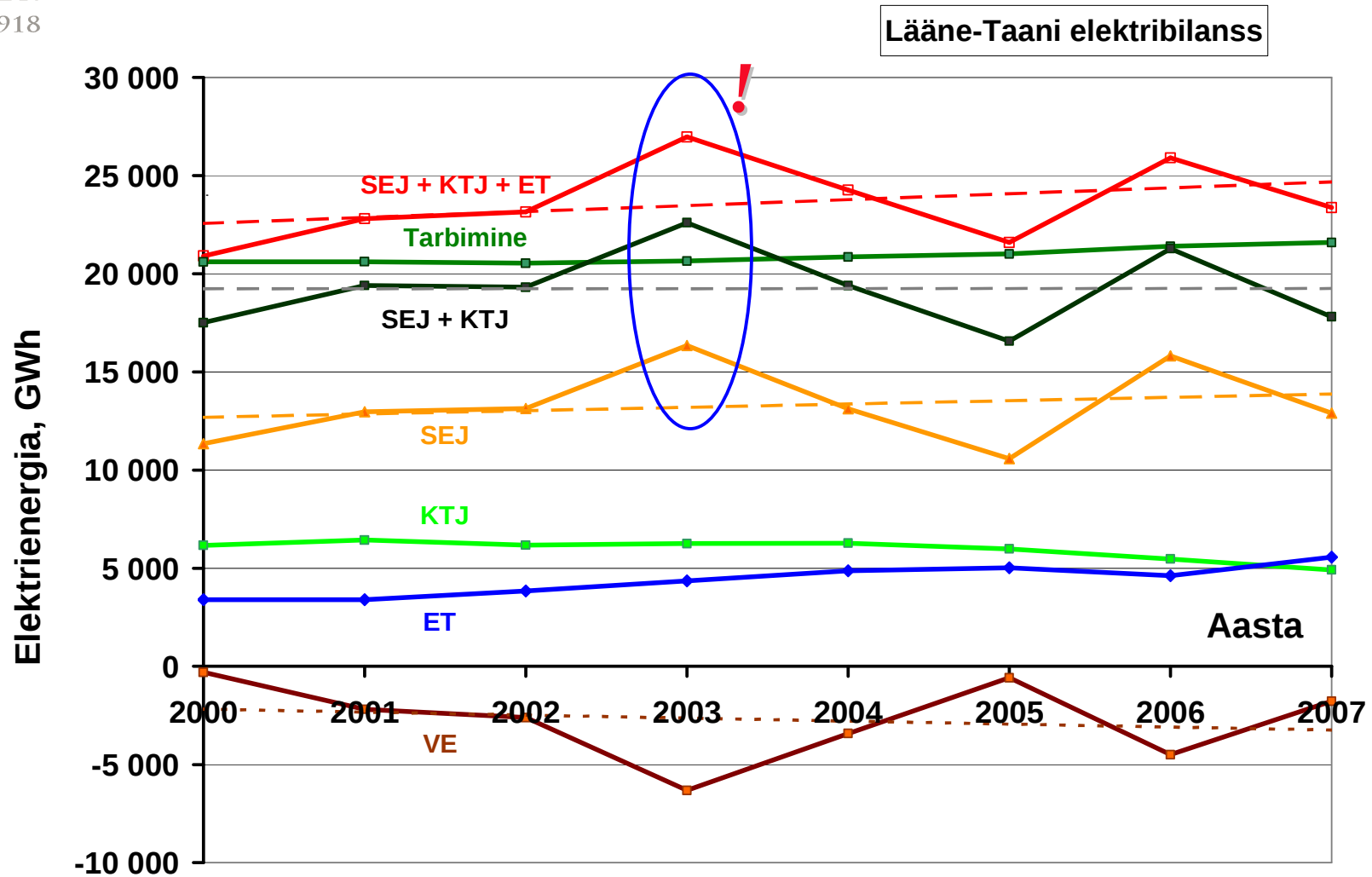
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Vahetusvõimsuse korrelatsioon elektrituulikute arendatava võimsusega



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

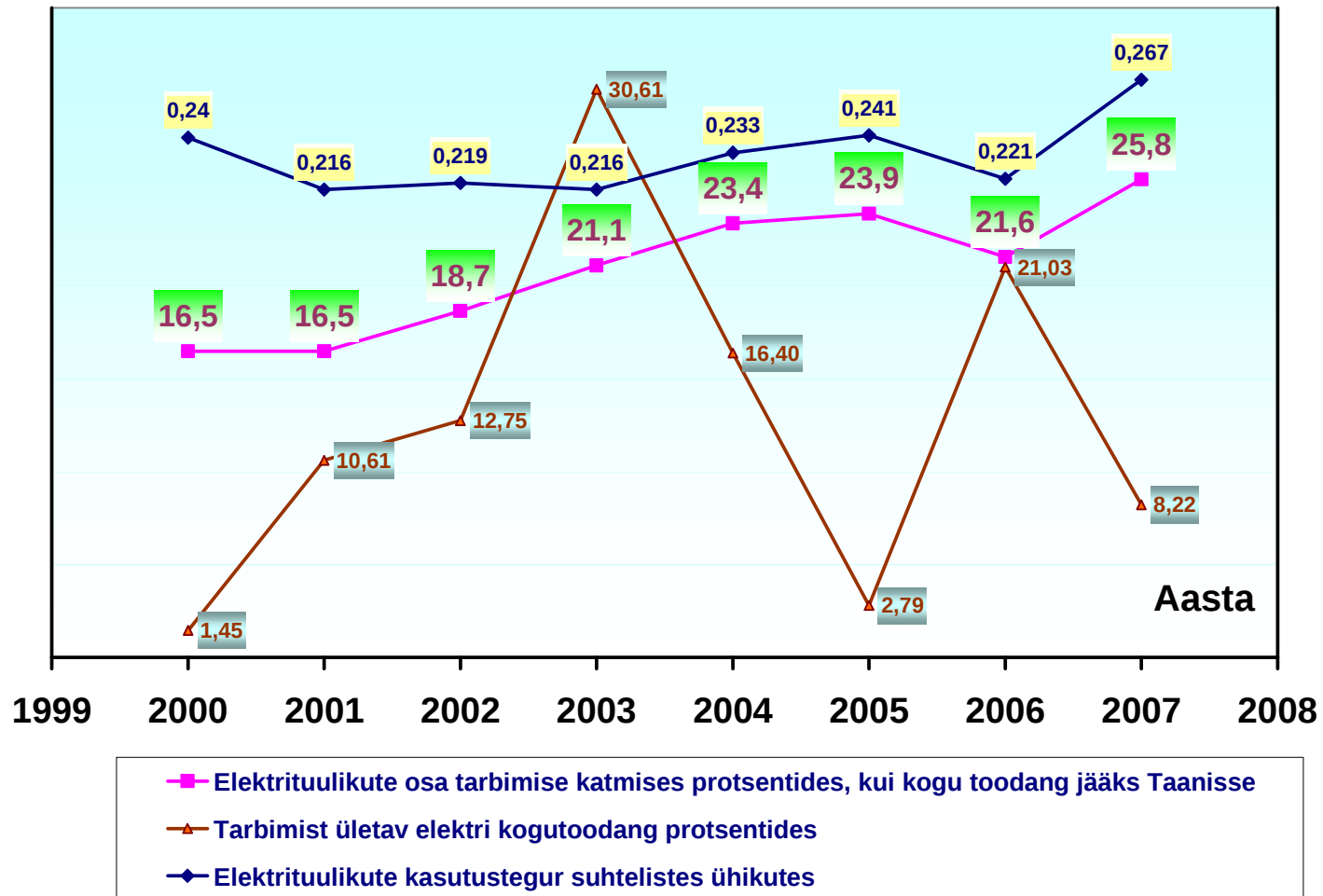
Tuulelektri kasutuskogemused Taanis



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

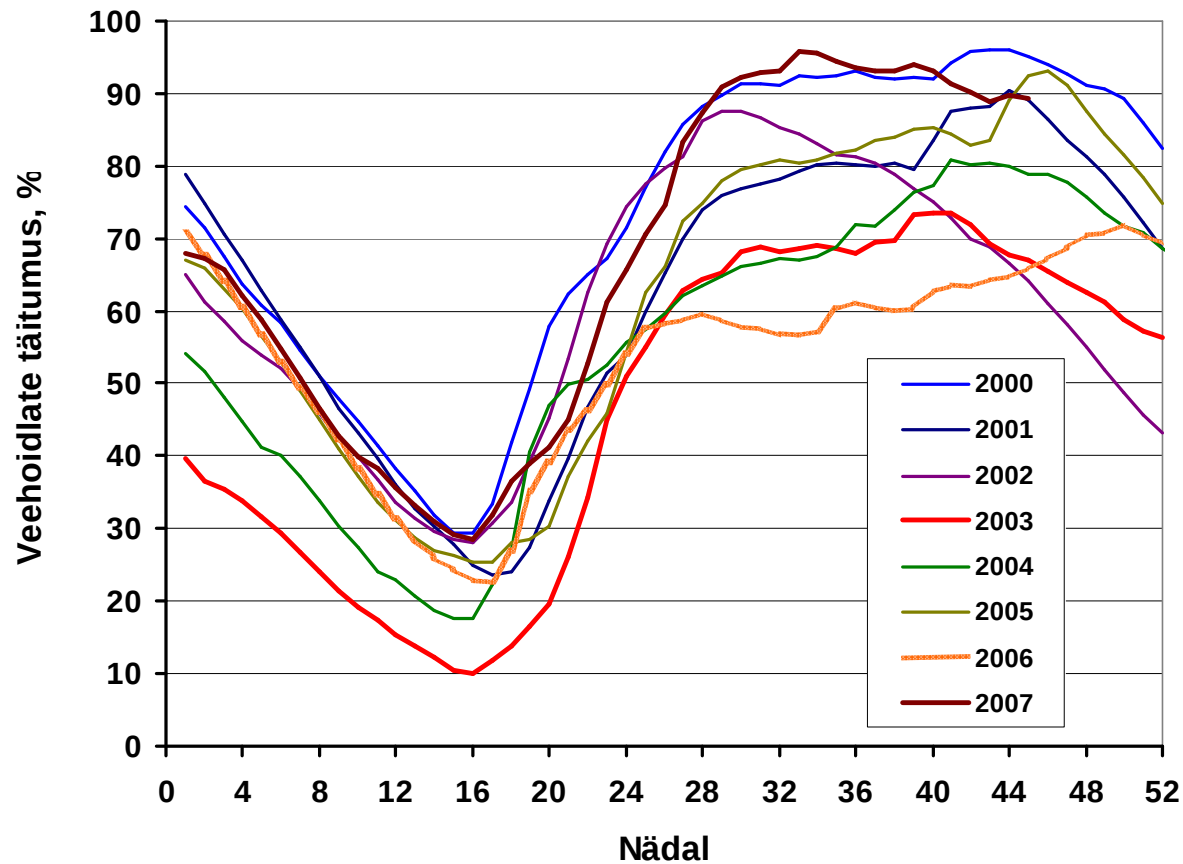
Lääne-Taani



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

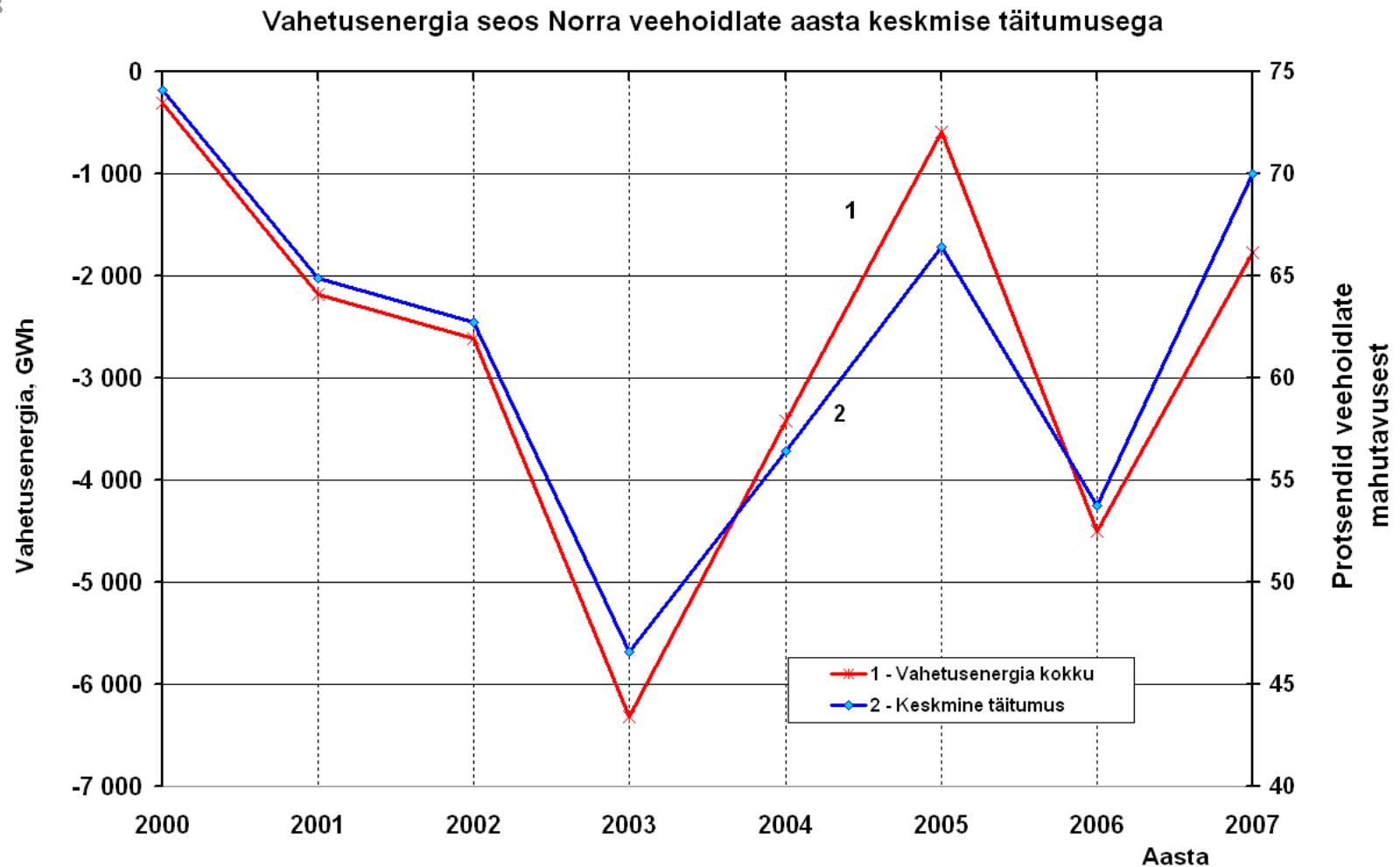
Norra 1. piirkonna veehoidlate täitumus



<http://www.statnett.no/default.aspx?ChannelID=1267>

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis



EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

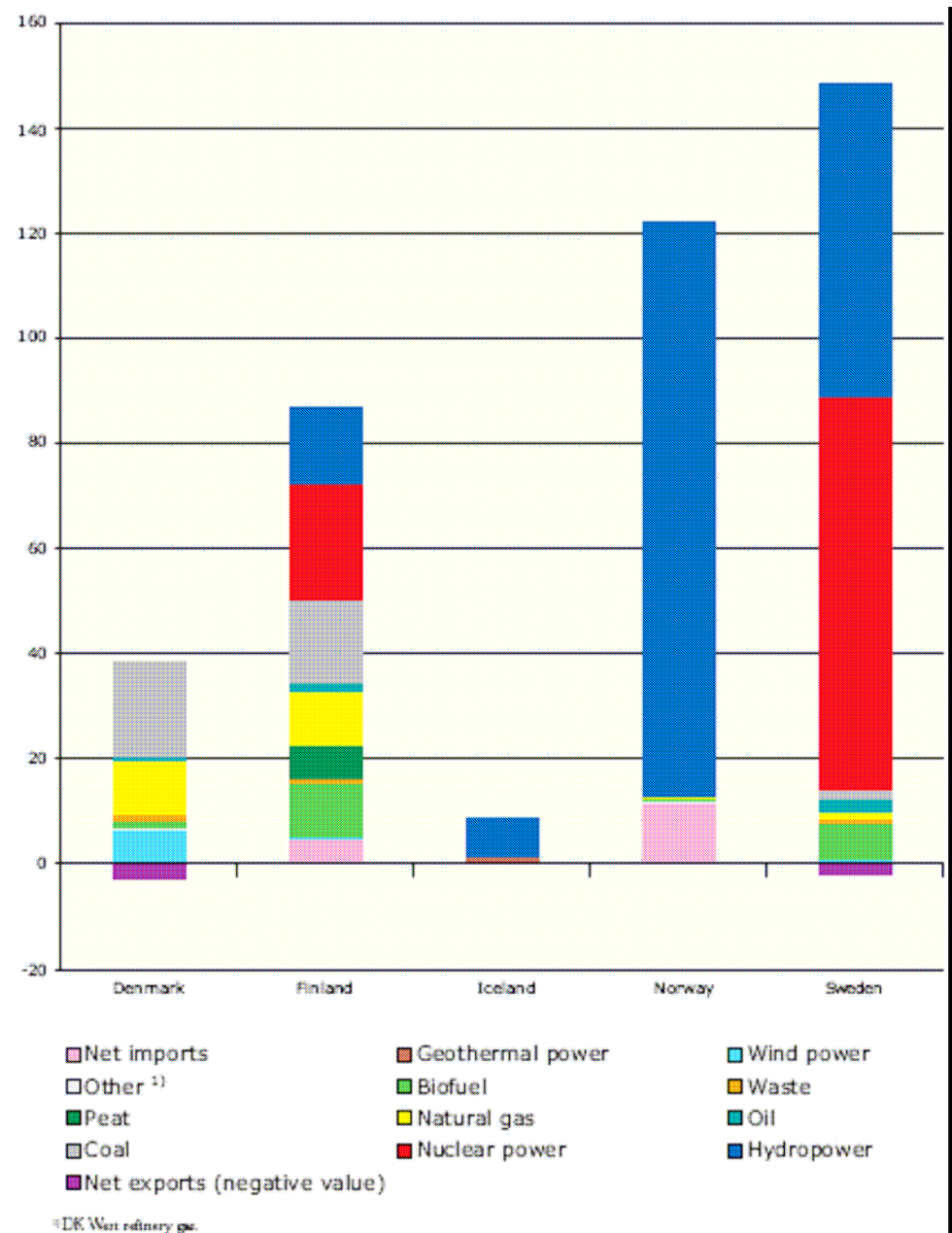


TTÜ 1918

Elektrienergia kogutootmine Nordeli riikides erinevatest primaarenergia allikatest 2004.a., TWh

Alus: Nordel, Annual Statistics 2004

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.



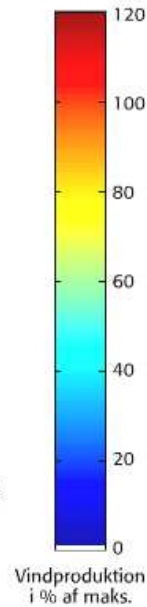
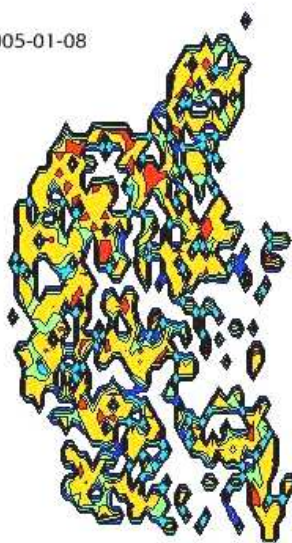
Põhilised õppetunnid Eestile:

- Eesti oma energiasüsteem ei suuda siluda kuigi suuri elektrituulikute võimsuse kõikumisi ja me võime nende abil saavutada ainult **põlevkivi tarbimise suurenemise**.
- Reguleervõimsuse puudumine teeb nn traditsioonilise tuuleenergia kasutusviisi üsna küsitavaks. Tootmise piiriks jääks umbes 5 % meil tarbitavast elektrist.
- Traditsioonilised akumuleerimisvõimalused (pumpjaamad) on Eestis tasase maastiku tõttu praktiliselt olematud.
- Elektrituulikute massiline kasutamine tuleb kõne alla ainult **efektiivse töötava vesinikutehnoloogia ilmumisel turule**.

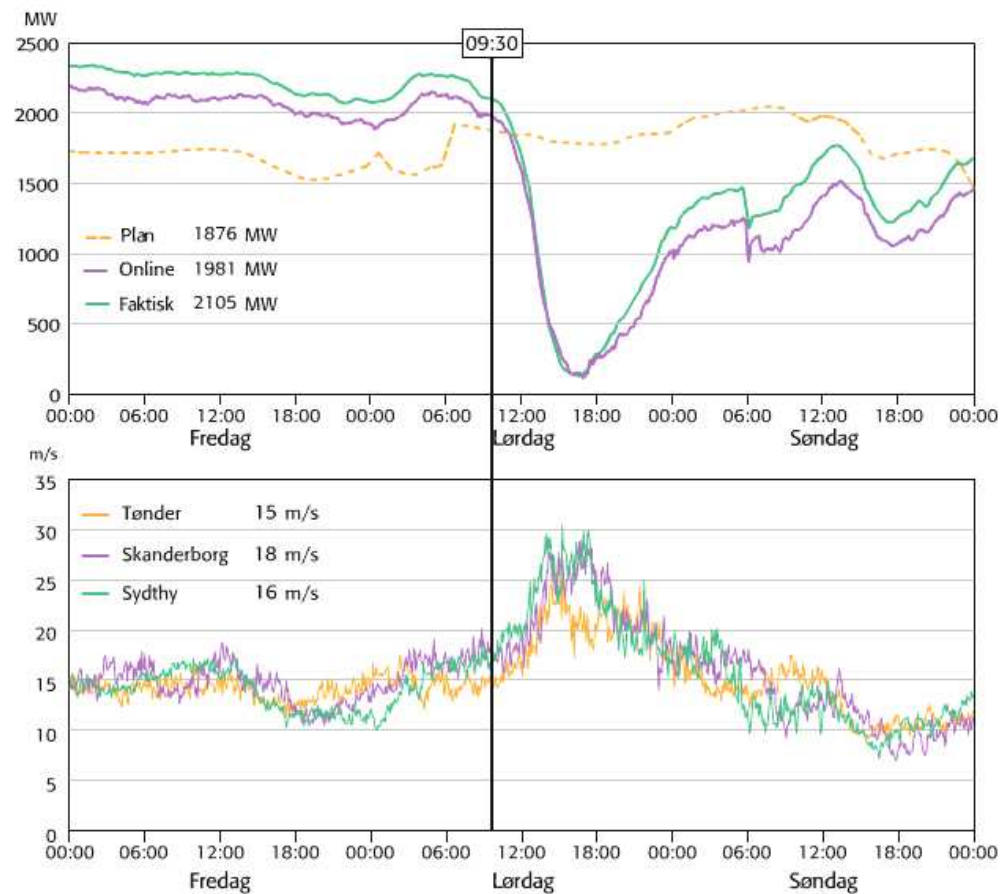
Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

Vindproduktion under orkanen
lørdag den 8. januar 2005

2005-01-08



Bemærkninger

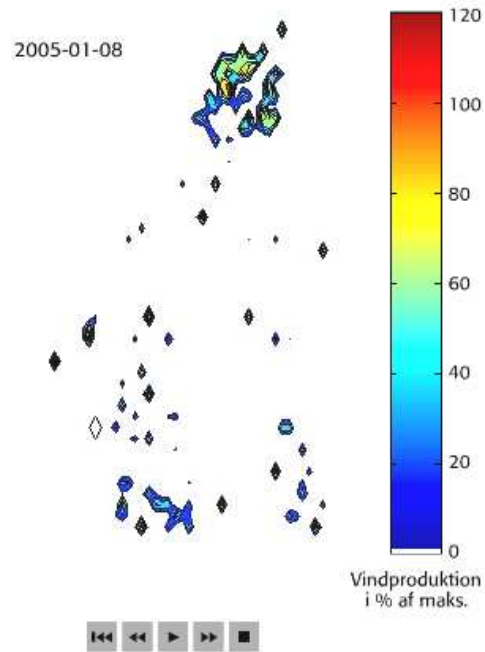


8. jaanuar 2005.a.

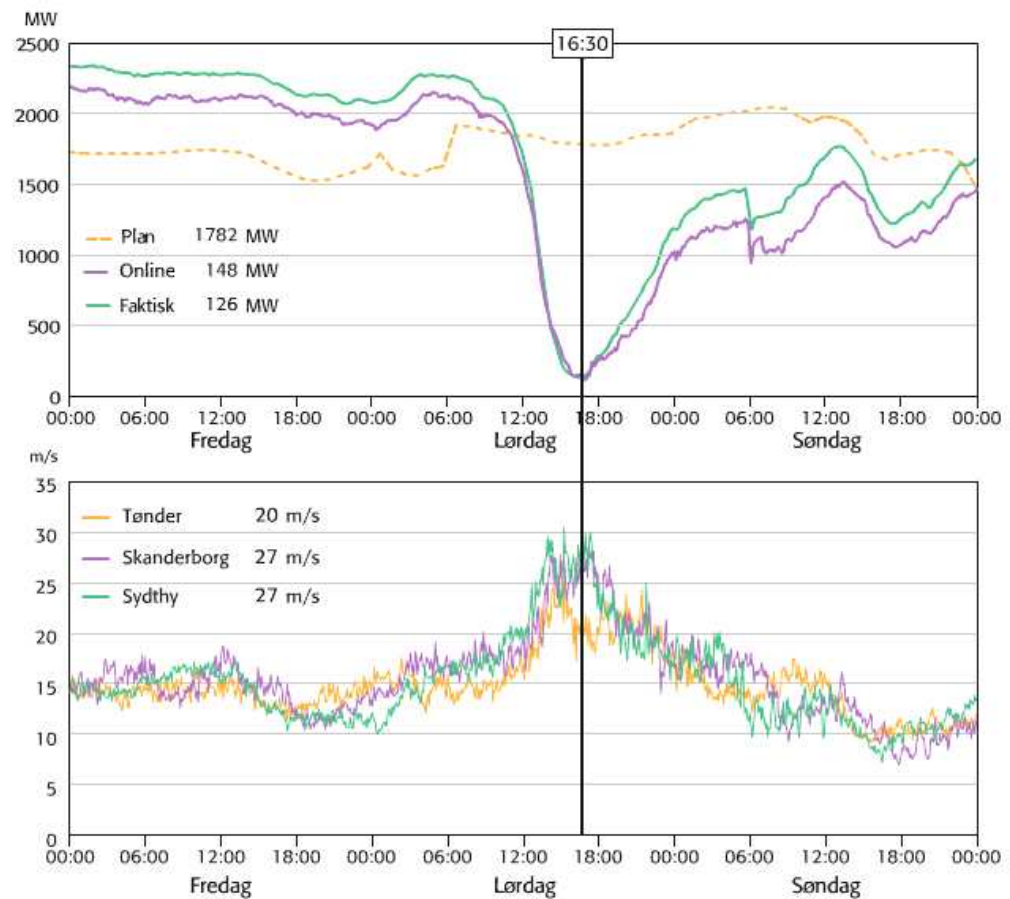
EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.

Tuuleelektri kasutuskogemused Taanis

**Vindproduktion under orkanen
lørdag den 8. januar 2005**



Bemærkninger



8. jaanuar 2005.a.

EMHI. Meteoroloogiapäeva tähistamine.