



LAPPEENRANNAN  
TEKNILLINEN YLIOPISTO

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
**SÄHKÖTEKNIIKAN OSASTO**

---

KANDIDAATINTYÖ

21.2.2008

Tommi Raussi

0243743

Säte 4

**ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS  
ENERGIALIIKETOIMINTAAN**

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Sähkötekniikan osasto

Tommi Raussi

### **Ilmastonmuutoksen vaikutus energialiiketoimintaan**

Kandidaatintyö

2008

37 sivua, 13 kuvaa ja 2 taulukkoa

Tarkastaja: Jarmo Partanen

Hakusanat: Energialiiketoiminta, ilmastonmuutos, sääilmiöt, energiapolitiikka

Tässä kandidaatin työssä tarkasteltiin ilmastonmuutoksen vaikutuksia energialiiketoimintaan Suomessa. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on tutkittu RCAO-ilmastomallilla, missä luotiin ilmaston muuttumisen skenaariot eri ilmastotekijöille ajanjaksolle 2016- 2045. Mallin avulla saadut tulokset ovat suuntaa antavia ja niihin on suhtauduttava kriittisesti.

Ilmastonmuutoksen myötä on odotettavissa, että vikojen määrä tulee lisääntymään. Suomessa suuri osa keskijänniteverkosta on rakennettu metsien läpi ja ne ovat erittäin vika-alttiita. Tuulisuuden lisääntyminen, ukkosmäärien kasvu ja tykkylumi lisäävät tulevaisuudessa metsien keskelle rakennettujen verkkojen vikoja ellei niitä kehitetä vikavarmemmiksi. Verkkojen siirtäminen teiden varsiin ja kaapelointiasteen lisääminen ovat varmasti oikeita ratkaisuja tulevaisuuden kannalta.

Verkkoyhtiöille ilmastonmuutos aiheuttaa luultavasti enemmän haittoja kuin hyötyjä. Vikojen lisääntyminen ja kunnossapidon kasvu aiheuttavat kuluja ja heikentävät energialiiketoiminnan kannattavuutta. Verkon luotettavuuden parantaminen näkyy investointikustannusten kasvuna. Sadannan lisääntyminen ja routaantumisen vähentyminen pehmentää maata ja heikentää kunnossapitoon käytettävien koneiden liikkumista maastossa.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology

Electricity Technology

Tommi Raussi

### **Effect of climate change on energy business**

Bachelor thesis

2008

37 pages, 13 figures and 2 tables

Examiner: Professor Jarmo Partanen

Keywords: Energy business, climate change, weather phenomena, policy on energy

This bachelor's thesis deals with the effect of climate change on energy business in Finland. The effects of climate change are examined with RCAO- climate model where the scenarios of climate change were created for different types of climates for the period 2016-2045. Results based on this model are suggestive and the results must be looked at from a critical point of view

The number of faults is expected to increase because of climate change. In Finland most of the midvoltage network is built through the forests and these networks are much subject to faults. In the future, increase in windiness, thunder and heavy snow increases the number of faults in networks which are built in the forests unless the networks are not developed to be more failure resistant. Transferring the networks closer to the roads and increasing the amount of cabling are definitely right decisions in the future.

For the network companies' climate change will probably cause more damages than benefits. Increase in faults and the need for maintenance cause damages and debilitate profitability of energy business. Improving the reliability of the network shows up in increased investment costs. Increase in rain and decrease in frost makes the ground softer and complicates the moving of the machines used in maintenance.

## SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET .....	2
1 JOHDANTO .....	3
2 ILMASTONMUUTOS .....	4
2.1 Yleisestä ilmastomuutoksesta .....	4
2.2 Ilmastomuutoksen vaikutuksia Suomessa.....	5
2.2.1 Tuulet ja myrskyt .....	6
2.2.2 Sadanta .....	7
2.2.3 Lämpötilat .....	10
2.2.4 Ukkonen .....	13
2.2.5 Routa .....	14
2.2.6 Tykkylumi.....	16
3 ILMASTONMUUTOS JA ENERGIALIIKETOIMINTA.....	18
3.1 Energialiiketoiminta.....	18
3.1.1 Sähkön siirto ja jakelu.....	18
3.1.2 Sähkön tuotanto .....	19
3.1.3 Sähkökauppa .....	19
3.1.4 Sähkön hinta.....	20
3.2 Energiapolitiikka.....	21
3.2.1 EU:n energiapaketti .....	21
3.2.2 Päästökauppa ja energian säästö .....	22
3.2.3 Uusiutuvat energianlähteet.....	24
3.2.4 Tukitoimet.....	25
4 ILMASTONMUUTOKSEN MERKITYKSET VERKKOYHTIÖILLE.....	27
4.1 Verkoston suunnittelu .....	27
4.2 Verkoston rakentaminen .....	29
4.3 Verkoston kunnossapito.....	30
5 TULEVAISUUDENNÄKYMÄT.....	31
6 YHTEENVETO .....	32
LÄHDELUETTELO.....	34

**KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET**

<i>CO<sub>2</sub></i>	hiilidioksidi
<i>CH<sub>4</sub></i>	metaani
<i>N<sub>2</sub>O</i>	dityppioksidi
<i>ppm</i>	Parts per million, termiä käytetään yleensä ilmoitettaessa ilman hiilidioksidipitoisuutta
<i>RCAO</i>	Rosby Centre regional Atmospheric- Ocean model
<i>UKMO</i>	United Kingdom Meteorological office
<i>VTT</i>	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

## 1 JOHDANTO

Tämä kandidaatin työ on kirjallisuustyö, missä tutkitaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia energialiiketoimintaan. Tästä aiheesta on jo tehty tutkimuksia muun muassa VTT:n toimesta.

Ilmastonmuutos ja siihen liittyvät kysymykset ovat tällä hetkellä hyvin ajankohtaisia. Ilmaston ennustetaan muuttuvan voimakkaasti tämän vuosisadan kuluessa. Ilmastonmuutoksen on havaittu aiheuttavan voimakkaita sääilmiöitä, ei tuovan uusia sääilmiöitä, mutta vahvistavan tai heikentävän olemassa olevia. Eri ilmastotekijöiden muuttumisella on erilaisia vaikutuksia sähköverkkojen luotettavuuteen, toisilla jopa positiivisiakin, mutta suurimmassa osassa verkon käyttövarmuus tulisi kuitenkin nykyisillä verkostorakenteilla laskemaan. Ilmastonmuutoksella on havaittu olevan myös laskeva trendi energiankulutukseen, lähinnä lämpötilojen nousun myötä. Toisaalta energian kulutus vastaavasti kasvaa jatkuvasti.

Tähän mennessä Suomessa on koettu voimakkaita sääilmiöitä, jotka ovat aiheuttaneet laajoja sähkökatkoja. Tämä on näkynyt lähinnä verkkoyhtiöiden kustannusten kasvuna, toisaalta asiakkaiden näkökulmasta toimitusvarmuuden heikkenemisenä. Verkkoyhtiöille painetta omalta osaltaan on tuonut myös kauppa- ja teollisuusministeriö, joka vuonna 2002 tehdyssä selvityksessä määrittä sähkönjakelun kohtuulliseksi katkoksi 12 tuntia. Tämän jälkeen asiakas on oikeutettu hakemaan korvauksia. Tämän perusteella voidaan päätellä, että toimitusvarmuutta halutaan parantaa myös silloin, kun katkon aiheuttajana on ilmastollinen tekijä.

Ilmastonmuutos ja se miten siihen tulisi valmistautua, on hankala kysymys. On ymmärrettävä että ilmastonmuutokseen liittyy paljon epävarmuutta. Yhteiskunnalle on kuitenkin pystyttävä tarjoamaan korkealaatuista sähköä ja jotta tähän pystytään, täytyy sähköverkkojen suunnittelu- ja kunnossapitotoimintaa kehittää vastaamaan tulevia ilmastollisia olosuhteita. Kaapeloinnin lisääminen, suojattujen verkostorakenteiden käyttö ja linjojen siirtäminen teiden varsiin ovat varmasti oikeita ratkaisuja sopeuduttaessa ennustettuun ilmastonmuutokseen ja vaikka ennusteet pettäisivätkin.

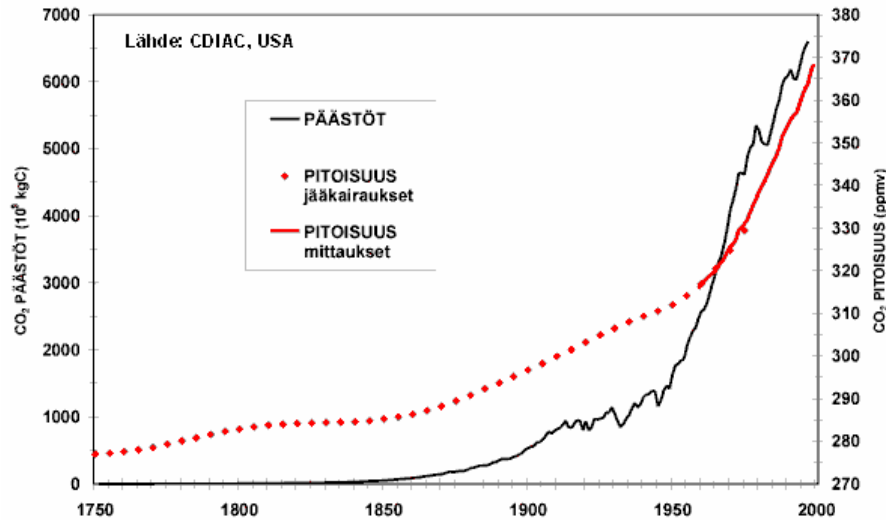
## 2 ILMASTONMUUTOS

Tässä luvussa selvitetään mikä on ilmastonmuutos, sekä tutkitaan sen aiheuttamien sääilmiöiden vaikutuksia suomessa.

### 2.1 Yleisestä ilmastonmuutoksesta

Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ilmiö, jota ilman maapallon keskilämpötila olisi noin 30 °C nykyistä alhaisempi. Ilmakehässä on ns. kasvihuonekaasuja, jotka estävät auringon säteilyn muodostamaa lämpöä karkaamasta avaruuteen, pitäen näin maapallon lämpötilan nykyisenkaltaiselle elämälle suotuisana. Kuitenkin tämä säteilytase on muuttumassa vauhdilla, mikä taas johtaa ilmastonmuutokseen. Kun säteilytase on tasapainossa, lähtevän ja tulevan säteilyenergian määrä vastaavat toisiaan. (Martikainen 2005)

Ihminen on omalla toiminnallaan vaikuttanut jo satoja vuosia ilmastoon mm. kaatamalla metsiä. Varsinaisesti ihmisen vaikutukset ilmastonmuutokseen ovat tulleet esille teollistumisen myötä. Fossiilisten polttoaineiden käyttö teollisuudessa on lisännyt kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin ( $CO_2$ ) ja metaanin ( $CH_4$ ) pitoisuuksia ilmakehässä huomattavasti, mikä on voimistanut kasvihuoneilmiötä ja siten vaikuttanut maapallon ilmastoon. Hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on noussut runsaassa sadassa vuodessa luonnonmukaiselta tasolta 280 ppm tasolle 380 ppm. Tämä muutos on ollut samansuuruinen kuin jääkausien ja niiden välisten lämpimien kausien aikana tapahtunut luonnon omista prosesseista johtunut muutos. Kuvassa 1 on esitetty fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja sementin tuotannosta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt, 250 vuoden tarkastelujaksolla. (Ilmatieteen laitos 2007a; Ojala 2007)



Kuva 1. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja sementin tuotannosta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt, sekä jääkairauksilla ja mittauksilla todettu ilmakehän hiilidioksidipitoisuus. (Ilmatieteen laitos 2007a)

Kasvihuonekaasut ovat merkittävien maapallon säteilytasapainoon vaikuttavista tekijöistä. Muita vaikuttavia tekijöitä on useita. Esimerkiksi ilmakehän otsonikerroksen heikkenemisen on todettu viilentävän maapallon ilmasto merkittävästi.

## 2.2 Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomessa

Tässä luvussa tutkitaan ilmastonmuutoksen vaikutuksia sekä ilmastotekijöiden ennustettuja muutoksia Suomessa. Esitettävät ilmastotekijöiden muutosennusteet perustuvat VTT:n ja Ilmatieteenlaitoksen yhteistyössä tekemään tutkimukseen. Tutkimuksessa muodostettiin kokonaiskuva ilmastonmuutoksesta ja sen vaikutuksista sähköverkkoon sekä sähköverkkoliiketoimintaan. Tutkimuksessa käytettyjen ilmastomallien avulla muodostettiin ilmaston muuttumiseen skenaariot eri ilmastotekijöille. Ilmastomallina käytettiin ruotsalaista RCAO- mallia, joka kuvaa Skandinavian ilmasto-oloja. RCAO- ilmastomallin rajaolosuhteet on määritetty HadAM3-H ja ECHAM4-OPYC3 ilmastomalleilla. HadAM3-H on UKMO:n globaali ilmakehämalli ja ECHAM4-OPYC3 on yhdistetty ilmakehä-valtameriali. Ilmastomallien tuloksina saatiin ilmastoennusteet vuosisadan lopulle 2071- 2100, joista muodostettiin ilmastoennusteet ajanjaksolle 2016- 2045. Ajanjaksolle 2016- 2045 muutoksen suuruus puolitettiin verrattuna vuosiin 2071- 2100. Vertailujaksona käytettiin ajanjaksoa 1961- 1990. Päästöskenaarioina on käytetty A2 ja B2 päästöskenaarioita. A2

skenaariossa kasvihuonekaasujen  $CO_2$ ,  $CH_4$  ja  $N_2O$  määrät ovat suuremmat kuin B2:ssa. (Martikainen 2005)

### 2.2.1 Tuulet ja myrskyt

Ilmastomallien antamat ennusteet tuulisuudelle olivat täysin erilaiset. On kuitenkin hyvä varautua tuulisuuden lisääntymiseen ja sen aiheuttamiin uhkiin, vaikkakin ennusteet tuulisuuden lisääntymisestä vaihtelevat paljon.

Voimakkaimpia tuulia ja myrskyjä esiintyy Suomessa syksyllä ja talvella, koska matalapaineet ovat silloin voimakkaimpia. Myrskyn rajaksi Suomessa on määritetty 21 metriä sekunnissa 10 minuutin keskituulen nopeutena. Ukkospilvessä syntyvät syöksyvirtaukset voivat puhaltaa jopa 50 metriä sekunnissa, aiheuttaen suurta tuhoa. Edellisen kerran syöksyvirtausten on todettu aiheuttaneen tuhojaan 5.7.2002 maan itäosissa. Taulukossa 1 on esitetty tuulen nopeusasteikko vaikutuskuvailuineen. (Ilmatieteen laitos 2007b)

Taulukko 1. Tuulen nopeusasteikko vaikutuskuvailuineen. (Ilmatieteen laitos 2007b)

Tuulen nopeus [m/s]	Tuulen nimitys	Tuulen vaikutus maalla
11- 13	Navakka	Suuret oksat heiluvat
14- 16	Kovaa	Puut heiluvat
17- 20	Kovaa	Katkoo puiden oksia
21- 24	Myrskyä	Katkoo puita
25- 28	Kovaa myrskyä	Kiskoo puita juurineen
29- 32	Ankaraa myrskyä	Kaataa metsää
33 tai enemmän	Hirmumyrsky	Tuhoaa rakennukset perinpohjin ym.

Vuonna 2006 eniten vaikeuksia sähkönjakelulle aiheuttivat erilaiset sääilmiöt, ja vikoja syntyi pääosin ilmassa kulkevaan avoverkkoon. Tuulet ja myrskyt aiheuttavat valtaosan hankalista sähkökatkoista. Tavallisimmin sähkökatkoja syntyy lähellä asiakasta

paikallisen yhtiön jakeluverkossa, koska järeämmät suurjännitejohdot eivät ole samalla tavalla alttiita esimerkiksi tuulelle ja myrskyille. (Fingrid 2007a)

Kaikki puut eivät ole yhtä herkkiä tuulelle. Lehtipuut ovat kaatumisalttiita varsinkin kesällä niiden suuren tuulipinta-alan takia. Havupuista mänty kestää paremmin tuulta kuin kuusi, koska männyllä on pistojuuret ja kuusella taas pintajuuret. Tuuli lennättää risuja ja irrottaa puiden oksia, jotka sitten takertuvat johtimiin. (Metla 2004)

Tuulen nopeuden ollessa 17 metriä sekunnissa voivat heikoimmat puut alkaa kaatumaan. Suurempaa tuhoa tuuli saa aikaan, kun sen nopeus nousee myrskylukemiin eli 21- 24 metriin sekunnissa (Metla 2004). Usein vian jakeluverkkoon aiheuttaa yksittäinen johdon päälle kaatunut puu. Kuitenkin tuulen nopeuden noustessa myrsky lukemiin, puita saattaa kaatua linjalle useampia. Tällöin langat ja pylväävät eivät kestä niiden painoa, vaan linjaa tuhoutuu suuremmalta alueelta.

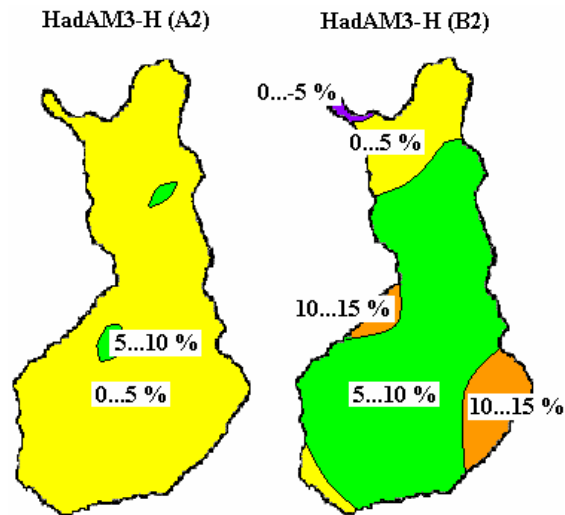
Kovat tuulet voivat myös vahingoittaa merikaapelia liikuttelemalla jäätä, erityisesti meren madaltuessa. Tällöin tuuli puristaa jäälauttoja muodostaen ahtojäätä, joka yltää merenpohjaan rasittaen näin merikaapelia. Tuulelle on myös ominaista merkittävä jäähdyttävä vaikutus. Täten tuulilla on siis suora vaikutus muun muassa asuntojen lämmitystarpeeseen. Lämmitystarpeen kasvaessa myös energiasta ja sen siirrosta saatavat tulot kasvavat. Ruotsin ja Suomen välisen merikaapelin siirtokapasiteetille tuulien jäähdyttävä vaikutus on suotuisaa, sillä johdon jäähtyessä voidaan sitä kuormittaa enemmän.

Myrskyjen ja tuulien aiheuttamat haitat vaikuttavat negatiivisesti jakeluverkkoyhtiöiden toimintaan, aiheuttaen lisäkustannuksia ja tulojen vähentymistä. Lisäkustannuksia ja tulojen vähentymistä aiheuttavat energian siirron tarpeen pieneneminen, toimittamatta jäänyt energia, korvausvelvollisuus, koneiden käyttö, myrskytuhojen raivaus, palkat, linjojen korjaus sekä uudelleen rakentaminen hajonneen tilalle. (Martikainen 2005)

### **2.2.2 Sadanta**

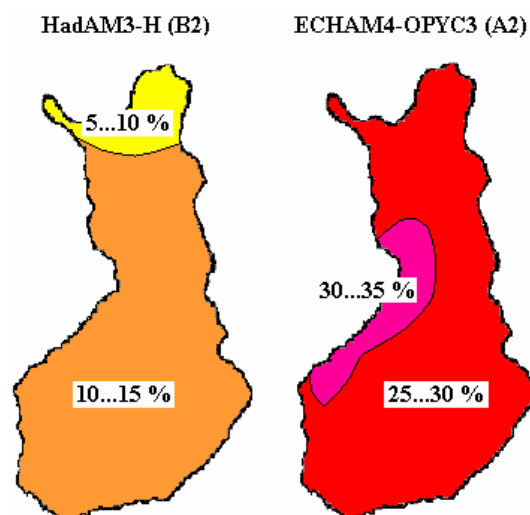
Sadannalla tarkoitetaan maahan sataneen veden määrää pinta-alaa ja aikaa kohden. Yleensä se ilmoitetaan millimetreinä pinta-alayksikköä kohden. Ilmastomallien antamien

tulosten mukaan sadanta lisääntyy Suomessa sekä kesällä että talvella. Muutos on keskimääräisesti suurempi talvella kuin kesällä. Kuvassa 2 on esitetty ajanjakson 2016-2045 kesän sadannan keskimääräinen muutos verrattuna vertailujaksoon. (Ilmatieteen laitos 2007c)



Kuva 2. Ilmastomallien antamat ennusteet ajanjakson 2016- 2045 kesän sadannan keskimääräiselle muutokselle verrattuna vertailujaksoon. Vasemmassa kuvassa pienin ennustettu muutos ja oikeassa kuvassa suurin ennustettu muutos. (VTT 2007)

Kuvassa 3 on esitetty vastaavan ajanjakson talven keskimääräinen sadannan muutos verrattuna vertailujaksoon.



Kuva 3. Ilmastomallien antamat ennusteet ajanjakson 2016- 2045 talven sadannan keskimääräiselle muutokselle verrattuna vertailujaksoon. Vasemmassa kuvassa pienin ennustettu muutos ja oikeassa kuvassa suurin ennustettu muutos. (VTT 2007)

Sadannan vaikutuksesta maa pehmenee ja sen lujuus heikkenee. Sähköverkon kunnossapitoon ja rakentamiseen käytettävien koneiden käyttö vaikeutuu maan pehmetessä. Pehmeä maa ei tue puita yhtä hyvin kuin kuiva maa, jolloin rinteillä olevat puut voivat kaatua helpommin sähkölinjalle. Maan pehmenemisen myötä myös pylväiden perustukset heikkenevät, jolloin puun kaatuessa linjalle on vaarana, että linjaa kaatuu pidemmältä matkalta. Lisäksi Maan lujuuden heiketessä maa voi liikkua rinnemaastossa aiheuttaen mekaanista rasitusta maakaapeloinneille. (Martikainen 2005)

Sadannan lisääntyminen vaikuttaa pohjavesien pinnan nousemiseen. Tämä on otettava huomioon uusien kaapeleiden sijoittelussa ja vanhojen kaapeleiden kunnontarkkailussa. Kaapelit eivät kestä jatkuvaa veden aiheuttamaa rasitusta, vaikka ovatkin periaatteessa vedenkestäviä. Pohjaveden nousu ja sadannan lisääntyminen aiheuttaa myös lahoa ja korroosiota. Ennusteiden mukaan korroosiolle ja laholle suotuisat olosuhteet kasvavat ajanjaksoon 2016 -2045 mennessä. Laho on merkittävä haitta erityisesti jakeluverkon puupylväille. Sateiden lisääntymisen ja pohjaveden nousun myötä maan johtavuus paranee, jolloin haruskorroosioriski kasvaa erityisesti harustetuissa pylväissä, joissa on maadoitetut orret. Harukset ovat terästä ja pylväsmaadoitus sekä potentiaalintasauselektrodi kuparia, joiden välille voi syntyä hyvin johtavassa maassa haruksia syövyttävä korroosiovirta. Haruksien syöpyminen on turvallisuusriski verkoston käytölle ja kunnossapidolle, sillä syöpyminen voi johtaa haruksen katkeamiseen. (Martikainen 2005)

Ukkosmäärien kasvu aiheuttaa rankkasateiden yleistymistä tulevaisuudessa. Tämä tarkoittaa ongelmia viemäröinnin riittävyuden kanssa. Rankkasateiden aikaan viemäröinti ei ehdi imeä vettä kaduilta, aiheuttaen uhkatilanteen, jossa vesi tulvii kellareihin ja vahingoittaa kellarimuuntajia.

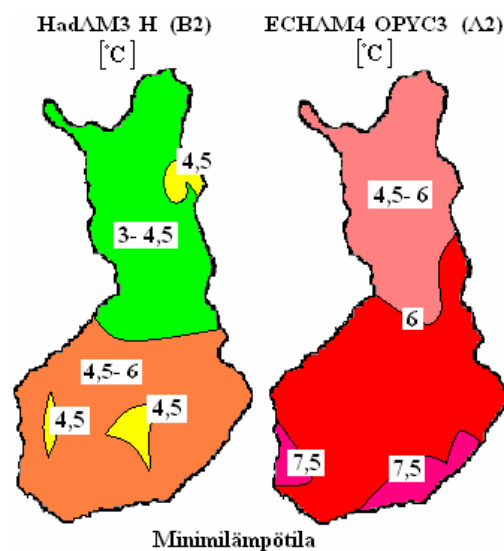
Muita mahdollisia sadannasta johtuvia riskitekijöitä verkostorakenteille ovat kevättulvien lisääntyminen Lapissa, meren pinnan nousu Suomenlahdella ja tihkusateiden määrän kasvu. Kevättulvien mukana liikkuvat suuret jäälaumat aiheuttavat virtaavien vesimassojen ohella uhkan tulva-alueen pylväille ja muuntajille. Lännen puolelta puhaltavat myrskytuulet voivat nostaa Suomenlahden merenpinnan niin korkealle, että verkostorakenteet ovat vaarassa. On oletettavaa, että sadannan kasvun myötä myös tihkusateiden määrä kasvaa. Tihkusateen vaikutukset ovat verrattavissa sumun

vaikutuksiin. Eristinlautasten ollessa likaisia, kosteus kerääntyy eristinlautaselle helpommin muodostaen sen pinnalle johtavan kalvon, jota pitkin ylilyönti helposti tapahtuu.

Toisaalta sadannan lisääntymisellä on positiivisiakin vaikutuksia. Maaperän kosteuden lisääntyminen parantaa maadoitusolosuhteita, sillä kuiva maa johtaa huonommin kuin kostea maa. Myös voimakkaiden sateiden yleistyminen on hyvä asia, sillä ne puhdistavat hyvin esimerkiksi siitepölyn siirtojohtojen eristimistä ja ennalta ehkäisevät vian muodostumisen. Siitepöly, orgaanisena aineena, johtaa hyvin sähköä ja voi siten aiheuttaa maasulun yhdessä kosteuden kanssa. (Martikainen 2005)

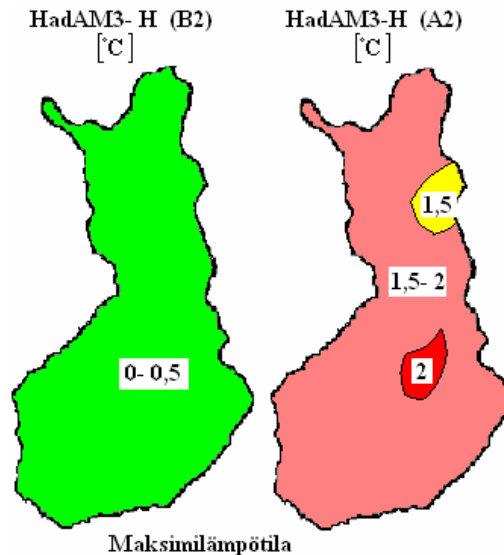
### 2.2.3 Lämpötilat

Lämpötila tulee ilmastomallien antamien ennusteiden mukaan nousemaan sekä kesällä että talvella. Keskimääräinen muutos on kuitenkin suurempi talvella. Kuvassa 4 on esitetty minimilämpötilan pienin ja suurin ennustettu muutos verrattuna vertailujaksoon 1961 -1990.



Kuva 4. Vasemmassa kuvassa ilmastomallien antama ennustus vuosien 2016 - 2045 minimilämpötilan pienimmälle muutokselle ja oikealla minimilämpötilan suurimmalle muutokselle verrattuna vertailujaksoon. (VTT 2007)

Kuvassa 5 on vastaavasti esitetty maksimilämpötilan pienin ja suurin ennustettu muutos verrattuna vertailujaksoon 1961- 1990.



Kuva 5. Vasemmassa kuvassa ilmastomallien antama ennustus vuosien 2016 - 2045 maksimilämpötilan pienimmälle muutokselle ja oikealla maksimilämpötilan suurimmalle muutokselle verrattuna vertailujaksoon. (VTT 2007)

Lämpötilan nousulla on useita välillisiä vaikutuksia jakeluverkkoihin. Näitä ovat vaikutus ukkosmääriin, tulviin, routaan ja sateena tulevan veden olomuotoon. (VTT 2007)

Lämpötilan noustessa lämmitystarve pienenee, jolloin sähköenergian tarve ja samalla siirtotarve vähenee. Verkkoyhtiöille kulutuksen pieneminen tarkoittaa tulojen vähenemistä. Fingridille tämä aiheuttaa myös tulojen menetystä, mutta vaikutus ei ole niin suuri kuin jakeluyhtiöille. Suurin vaikutus lämmitystarpeen vähenemiseen on lähdeillä, joiden kuormitukset ovat voimakkaasti lämpötilariippuvaisia kuten sähkölämmitteiset omakotitalot. Lämmitystarpeen vähenemisestä aiheutuva tulojen menetys pienentyy kuitenkin sähköenergian tarpeen jatkuvalla kasvulla. Ennusteiden mukaan energian tarpeen jatkuva kasvu pienentää tai jopa kumoo kokonaan ilmastonmuutoksen vaikutuksen. (Martikainen 2005)

Sähkönkulutus ja huipputeho ovat riippuvaisia lämpötilasta. Taulukossa 2 on esitetty muutaman sähkönkäyttäjärühmän sähkönkulutuksen ja huipputehon muutokset. Sähkönkulutuksen muutokset perustuvat keskilämpötilojen muutoksiin ja huipputehon muutokset perustuvat ääriämpötilojen muutoksiin. Pienin muutos on laskettu pienimmillä ennustetuilla lämpötilan muutoksilla ja suurin muutos suurimmilla ennustetuilla lämpötilojen muutoksilla. (Martikainen 2005)

Taulukko 2. Sähkönkulutuksen ja huipputehon muutokset käyttäjäryhmittäin. (Martikainen 2005)

Käyttäjäryhmä	Sähkönkulutuksen muutos [%]		Huipputehon muutos [%]	
	Pienin	Suurin	Pienin	Suurin
Muu teollisuus yhdistetty	- 0,3	- 0,6	- 1,2	- 1,8
Julkiset palvelut	- 0,1	- 0,2	- 0,4	- 0,7
Maataloudet	- 1,7	- 3,2	- 4,4	- 6,6
Varaava sähkölämmitys	- 0,6	- 1,0	-1,6	-2,4
Omakotitalo, kaksoislämmitys, 1- aikatariffi	- 3,4	- 6,1	- 6,8	- 10,1
Hotelli- ja majoitustoiminta	- 1,5	- 2,8	- 4,1	- 6,1
Sairaalat ja terveydenhuolto	- 0,3	- 0,8	0,0	0,0
Virkistys ja kulttuuripalvelut	- 1,0	- 1,9	- 2,2	- 3,3

Todennäköisesti yksi lämpötilan merkittävimmistä vaikutuksista on hellepäivien lukumäärän lisääntyminen. Tämä johtaa asiakkaiden jäähdytystarpeen kasvuun. Jäähdytysenergian tarpeen kasvaessa myös tehohuippu kasvaa. Tehohuippu voi muuttua talvesta kesään, mistä voi seurata ongelmia tiettyjen laitteiden kestävyiden kanssa. Kesäisin esimerkiksi muuntajia ei ole mahdollista kuormittaa niin suurella kuormalla kuin talvisin kovien pakkasten aikaan. Kesäisin muuntajilla on suuri riski tuhoutua. Toisaalta talvisin, maan ollessa jäässä, kaapeleita voidaan kuormittaa suuremmalla virralla kuin kesällä, sillä kaapeleiden mitoitusena on terminen kestävyys. Esimerkiksi Ruotsin ja Suomen välisen yhdysjohdon siirtokapasiteetti laskee kesäisin, koska lämpötilan noustessa terminen yläraja saavutetaan nopeammin.

Ilmaston lämpeneminen tuo mukanaan myös positiivisia tekijöitä ja erityisesti minimilämpötilojen nousun myötä on odotettavissa, että kovat pakkaset vähenevät. Kova pakkas voi aiheuttaa vikoja verkostolaitteille kuten erottimille ja katkaisijoille. Kovien pakkasten vähenemisen myötä, myös niiden aiheuttamien vikojen määrän ennustetaan vähenevän tai jopa häviävän kokonaan.

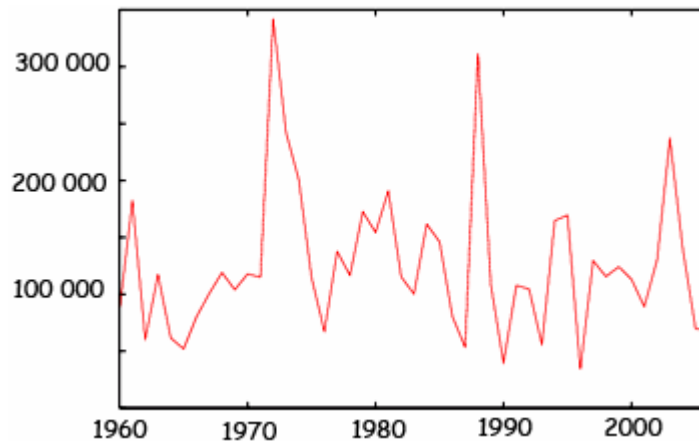
Lämpötilojen nousun myötä nollarajan ylitysten ja alitusten määrä vähenee Etelä-Suomessa. Tulevaisuudessa lämpötilan ennustetaan olevan enemmän nollan yläpuolella kuin alapuolella. Tämän seurauksena puu- ja betonirakenteiden rasitus pienenee.

Lämpötilan ollessa nollan yläpuolella kosteus pääsee imeytymään rakenteisiin. Rakenteisiin aiheutuu rasituksia silloin, kun lämpötila laskee nollan alapuolelle, jolloin imeytynyt kosteus jäätyy ja samalla laajenee. (Martikainen 2005)

#### 2.2.4 Ukkonen

Pilvestä syntyy ukkospilvi silloin, kun ukkospilvi sähköistyy niin paljon, että sen varaukset purkautuvat salamoina. Ilmiönä ukkonen voidaan määrittellä salamoiden esiintymiseksi. Voimakkaan ukkosen syntyminen vaatii helteisiä ja kosteita ilmassoja. Mitä lämpimämpää on, sitä suurempi todennäköisyys on ukkosen syntymiselle. (Ilmatieteenlaitos 2007d)

Ennusteiden mukaan ukkosmäärät voivat kasvaa jopa 20- 60 % seuraavien vuosikymmenien aikana. Ukkosmäärien muutosta ei voida kuitenkaan suoraan selvittää nykyisillä ilmastomalleilla, koska niiden tarkkuus ei ole riittävä. Kuvassa 6 nähdään salama määrien vuosittainen kehitys 1960- luvulta asti.



Kuva 6. Salamatilastot 1960- luvulta lähtien. (Ilmatieteenlaitos 2007e)

Tällä hetkellä on vaikea löytää yhteyttä ilmaston lämpenemisen ja ukkosten välillä ainakaan Suomessa, koska ukkosten vuosittaisvaihtelut ovat luonnostaankin niin suuria, kuten kuvasta 6 havaitaan. Ilmaston lämmetessä on kuitenkin odotettavissa, että ukkospäivien ja samalla salamoiden määrä tulee kasvamaan. Ukkosmäärien kasvaminen lisää laitevaurioiden riskiä ja samalla myös keskeytysten määrää. (Ilmatieteenlaitos 2007e)

Salamointi aiheuttaa siirto- ja jakeluverkkoon tällä hetkellä selvästi eniten vikoja. Salammat aiheuttavat rasiitteita sähköjohdoille transienttiylijännitteiden muodossa. Ylijännitteet voivat muodostua suorasta salaman iskusta, takaiskusta tai välillisesti. Suoran salaman iskun muodostama ylijännite on tyypillisesti muutamia megavoltteja ja siltä pystytään suojautumaan ukkossuojauksella. Takaiskussa isku kohdistuu johdon maadoitettuun osaan ja tältä pystytään suojautumaan tehokkaalla maadoituksella. Välillisten ylijännitteiden tapauksessa syntyy sähkömagneettinen induktio salamavirran vaikutuksesta. (Suurjännitetekniikka 03)

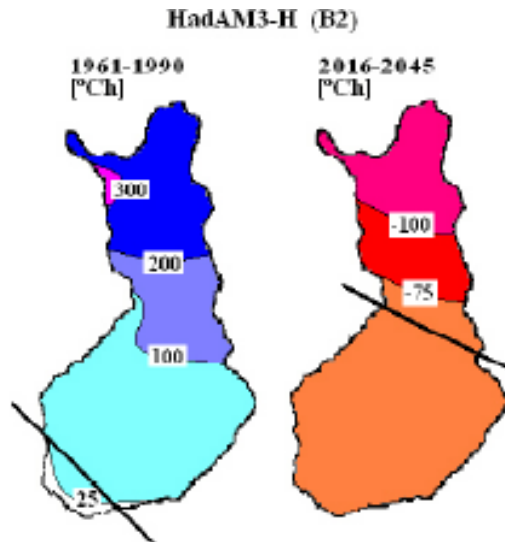
Salaman aiheuttamasta viasta selvittää usein pikajälleenkytkennän avulla. Pahimmillaan ylijännitteet kuitenkin aiheuttavat laitevaurioita ja niistä johtuen pidempiaikaisia katkoja sähkötoimitukseen. Maaseudunjakelumuuntajien yleisin vikojen aiheuttaja on ollut ukkonen. SENER ry:n vuonna 2004 julkaisemassa keskeytystilastossa tilastoitiin mm. vuonna 2003 eri syistä aiheutuneet muuntajavauriot maaseudulla ja taajamissa. Muuntajavaurioita syntyi vuonna 2003 yhteensä 258, joista 163 oli ukkosen aiheuttamia. Maaseudulla näistä tapahtui 148. Keskeytysajat jakelumuuntajavaurioissa ovat mm. maantieteellisestä sijainnista riippuen yleensä enintään muutamia tunteja. (Keskeytystilasto 2003)

Useimmiten ylijännitteistä kuitenkin aiheutuu maa- ja oikosulkuja, jotka voivat aiheuttaa sähkönkäyttäjälle ikäviä jännitekuoppia. Maasuluista aiheutuu jännitekuoppia ainoastaan siirtoverkkoon, kun taas oikosuluista niitä aiheutuu sekä jakelu- että siirtoverkkoon. Jännitekuopat aiheuttamia haittoja ovat mm. elektroniikka laitteiden toimintahäiriöt ja häiriöt prosessiteollisuudelle. Pahimmassa tapauksessa jännitekuopan seurauksena voi kokonainen paperi- tai sellutehdas tippua pois verkosta, mikä aiheuttaisi mittavat taloudelliset vahingot. Salamamäärien lisääntyessä on odotettavissa, että jännitekuopat yleistyvät ja samalla niiden aiheuttamien ongelmien määrä kasvaa. (Martikainen 2005)

### **2.2.5        Routa**

Maan routaantuminen riippuu pakkassummasta eli routaantuminen alkaa kun pakkassumma ylittää 25 °Ch. Pakkassummalla tarkoitetaan niiden vuorokausikeskilämpötilojen summaa, jolloin keskilämpötila jää alle nollan (Ilmatieteenlaitos 2007f). Ilmastomallien antamien ennusteiden mukaan pakkassumma

pienenee syksyllä ja keväällä, jolloin routajakso lyhenee. Kuvassa 7 on esitetty vuorokauden pakkassumma marraskuussa vertailujaksolla sekä pienin muutos vuosille 2016- 2045.



Kuva 7. Vuorokauden pakkassumma vertailujaksolla 1961- 1990 sekä vuosina 2016- 2045. Musta viiva kuvaa routarajaa. (VTT 2007)

Kuvasta 7 nähdään, että ennusteiden mukaan pakkassumma tulee pieneneään ja routajakso näin ollen lyhenemään.

Suomessa ihmiset ja luonto ovat sopeutuneet jokavuotiseen maan routaantumiseen. Maan routaantuminen on huomioitava esimerkiksi kaikessa rakentamisessa, mikä tarkoittaa suurempia rakennus-kustannuksia routaantuvilla alueilla verrattuna alueisiin missä routaa ei esiinny. (Ilmatieteenlaitos 2007f)

Kantaverkon rakentaminen ja huoltaminen painottuu pääasiassa roudan aikaan. Tästä johtuen routaantumisessa tapahtuvat muutokset vaikuttavat erityisesti Fingridin toimintaan. Roudan väheneminen vaikuttaa maan kantokykyyn, jolloin kunnossapitokalusto ei välttämättä tulevaisuudessa täytä ilmaston asettamia vaatimuksia. Uuden kunnossapitokaluston hankkiminen ja kehittäminen voi aiheuttaa tulevaisuudessa suuria lisäkustannuksia.

Routa vaikuttaa keskeisesti myös puiden pystyssä pysymiseen myrskyssä ja kovissa tuulissa. Kun roudan määrän odotetaan vähenevän ja routa-ajan lyhenevän, on odotettavissa, että myrskyjen aiheuttamat tuhot lisääntyvät jakeluverkoissa.

Roudan väheneminen on sekä hyvä että huono asia tarkasteltaessa jakeluverkon rakentamista ja huoltoa. Hyvänä puolena voidaan pitää talvikaapeloinnin mahdollistumista, silloin kun routakerros on alle 20 cm. Toisaalta roudan vähenemisen myötä maan kantavuus heikkenee, jolloin talvikaapelointi ei ole välttämättä mahdollista nykykalustolla. Esimerkiksi Suur- Savon sähkön jakelualueella on havaittu roudan vähentyneen, mikä on hankaloittanut tiettyjä isompia töitä. Toinen hyvä puoli routaantumisen vähenemisessä on kaapeleihin ja pylväisiin kohdistuvien rasitusten väheneminen, kun routa ei liikuttele maata ja nostele kiviä. (Verkkoliiketoiminta 2007)

### **2.2.6 Tykkylumi**

Tykkylumi eli tykkylumi on puun latvukseen ja oksille kasaantuva raskas lumikuorma. Yksi tykkylunta muodostava tekijä on huurre, jolloin alijäähtyneet vesipisarot törmäävät oksistoon ja jäätyvät huurrekiteiksi. Tykkylumi muodostuu ongelmaksi erityisesti jakeluverkossa. Tykkylunta voi kertyä jakeluverkon johdoille niin paljon, että johdot voivat pahimmassa tapauksessa katketa (Martikainen 2005). Tykkylumi aiheuttaa myös suuren puiden kaatumisvaaran johtojen päälle. Kaatunut puu voi jäädä nojaamaan jakelujohdosten varaan tai pahimmassa tapauksessa katkaista johtimet.

Tykkylumi on joskus myös sähkönsiirron riesana suurjännitevoimajohdoilla. Talviaikana johtimiin kertyy paikoitellen usean senttimetrin paksuinen lumi ja jääpeite. Pahimmillaan johtimien ympärille on muodostunut halkaisijaltaan yli kymmenen senttimetrin paksuinen lumi- ja jääkerros. Vaihejohtimissa kulkeva virta lämmittää johtimia sen verran, että lumi ja jää eivät muodostu ongelmaksi niissä. (Fingrid 2007b)

Siirtojohtojen ylimpiin osiin eli ns. ukkosjohtimiin kertyvä tykkylumi voi sen sijaan aiheuttaa vikoja myös vaihejohtimiin. Niihin kertyvä lumi ja jää kasvattavat massallaan johdon riippumaa, jolloin syntyy tilanne missä johdin voi ulottua vaihejohtimen tasolle. Tuulen vaikutuksesta johdot voivat osua toisiinsa aiheuttaen maasulun ja johdon laukeamisen pois verkosta. Jälleenkytkentäautomaattiikka kytkee jännitteen takaisin, mikäli lumikuorma on vian aiheuttamien johdinheilahteluiden aikana pudonnut pois. Pahimmassa tapauksessa muodostunut jää- ja lumikuorma ylittävät ukkosjohtimen mekaanisen kestävyuden ja johdin katkeaa. Yleensä katkennut johdin putoaa vaihejohtimen päälle aiheuttaen pysyvän maasulun. (Fingrid 2007b)

Ennusteiden mukaan tykkylumi tulisi tulevaisuudessa lisääntymään paikallisesti. Sadannan lisääntyminen ja lämpötilan nousu vaikuttavat tähän olennaisesti. Lämpötilan nousun myötä sade tulee usein räntänä joka tarttuu mm. nuoriin lehtipuihin. Jäätyessään puihin tarttunut sade kerää ympärilleen uutta kuivaa lunta, minkä seurauksena tykkylumiongelma kehittyy. (Verkkoliiketoiminta 2007)

### 3 ILMASTONMUUTOS JA ENERGIALIIKETOIMINTA

Tässä luvussa selvitetään, mitä energialiiketoiminta on Suomessa ja mikä on energiapolitiikan rooli puhuttaessa ilmastonmuutoksesta.

#### 3.1 Energialiiketoiminta

Energialiiketoiminta koostuu sähkön tuotannosta, siirtoverkkoliiketoiminnasta, sähkönjakeluverkkoliiketoiminnasta ja sähkökaupasta.

##### 3.1.1 Sähkön siirto ja jakelu

Suomessa sähkön siirrosta valtakunnallisesti vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj, jolla on myös vastuu sähkövoimajärjestelmän toimitusvarmuudesta. Sähkön alue- ja jakeluverkkotoiminnasta ovat vastuussa 90 verkkoyhtiötä. Verkkoyhtiöiden tehtäviin kuuluu verkoston ylläpito, käyttö ja kehittäminen asiakkaiden tarpeiden mukaisesti, sekä hyvälaatuisen sähkön saannin turvaaminen. Kuvassa 8 on esitetty toimijarakenne sähkön siirrossa.



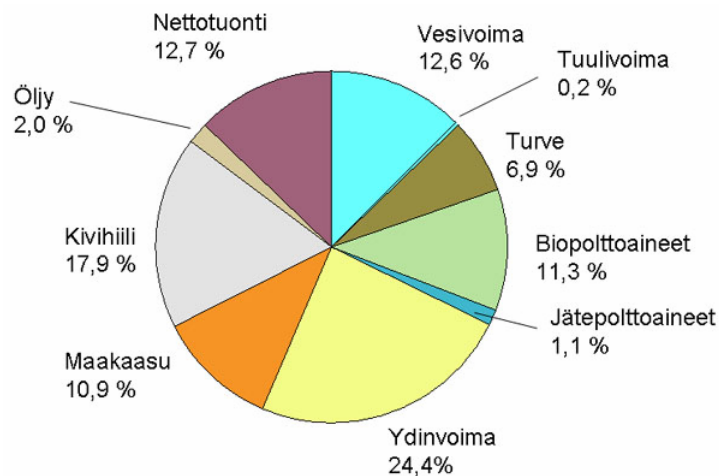
Kuva 8. Toimijarakenne sähkön siirrossa. (Partanen & al. 2007)

Sähkön siirrossa ja jakelussa sovelletaan pistehinnoittelua. Pistehinnoittelussa käyttäjät maksavat saman hinnan sähkön siirrosta, riippumatta siitä kuinka kaukana käyttöpaikka jakeluverkon alueella on sähköasemasta.

Kuten sähkön siirto, niin myös sähkönjakeluverkkoliiketoiminta on säädeltyä monopolitoimintaa. Liiketoiminnalle sallitaan kohtuullinen tuotto, joka määräytyy sitoutuneen pääoman ja vallitsevan korkotason mukaan. (Partanen & al. 2007)

### 3.1.2 Sähkön tuotanto

Suomessa sähköä tuotetaan monipuolisesti usealla eri energianlähteellä ja tuotantomuodolla. Maamme sähköntuotanto on moneen muuhun Euroopan maahan nähden varsin hajautettua. Monipuolinen ja hajautettu sähkön tuotantorakenne lisää sähkön hankinnan varmuutta. Suomen tärkeimmät sähkön tuotannon energialähteet ovat ydinvoima, vesivoima, kivihilli, maakaasu, puupolttoaineet sekä turve. Tuulivoiman osuus on pieni, mutta kasvussa. Kuvassa 9 on esitetty maamme sähkönhankinta energialähteittäin vuonna 2006.



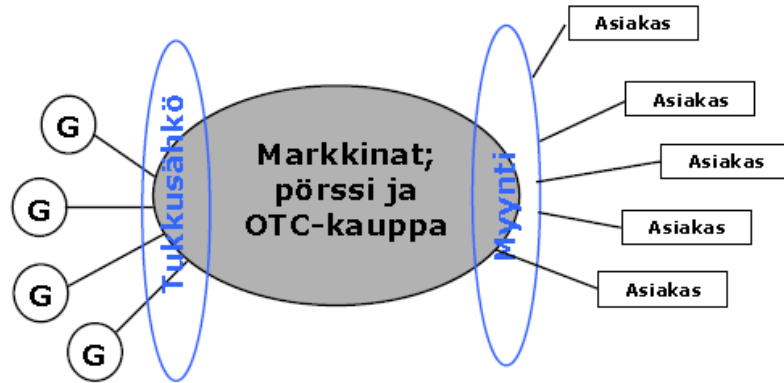
Kuva 9. Suomen sähkönhankinta energialähteittäin vuonna 2006. (Energia.fi)

Vesivoiman ja sitä kautta fossiilisten polttoaineiden, lähinnä hiilen, osuus sähköntuotannosta vaihtelee reilusti sen mukaan, miten paljon pohjoismaisilla markkinoilla on tarjolla vesivoimaa Norjasta ja Ruotsista. Hyvinä vesivuosina pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla on runsaasti tarjolla vesivoimaa, jolloin sitä kannattaa tuoda Suomeen. (Energia.fi/a)

### 3.1.3 Sähkökauppa

Sähkökauppa käsittää sekä sähkön tukkukaupan, mikä on suunnattu isoimmille toimijoille, että vähittäiskaupan, mikä on pienasiakkaille tarkoitettua vähittäismyyntiä. Tukkukauppaa käydään sähköpörssissä ja OTC- markkinoilla. OTC- markkinoilla tarkoitetaan kaikkea sähköpörssin ulkopuolella käytävää sähkön tukkukauppaa. Fortum ja Vattenfall ovat suurimmat sähkön tukkumyyjät. Paikalliset ja alueelliset sähköyhtiöt hoitavat pääasiassa sähkön vähittäismyynnin pienasiakkaille. Vähittäiskaupassa syntyvät

katteet ovat tyypillisesti hyvin pieniä, kun taas tukkukaupassa katteet ovat kasvaneet esimerkiksi päästökaupan vaikutuksesta. Kuvassa 10 havainnollistetaan sähkön myynnin toimijarakennetta.



Kuva 10. Sähkön myynnin toimijarakenne, missä G = Sähköntuottaja, Asiakas = Sähkön käyttäjä. (Partanen & al. 2007)

Sähkön kulutuksen ennustuksilla on merkittävä rooli suunniteltaessa sähkön hankintaa, myyntiä ja tuotantoa. Yleensä tuotanto ja kulutus eivät kohtaa suunnitelmien mukaisesti, vaan niiden välissä voi olla yli- tai alijäämää. Valtakunnallisen tehotasapainon tulee kuitenkin koko ajan täsmätä, eli tuotannon ja kulutuksen on oltava tasapainossa. Tehotasapainoa pidetään yllä Fingridin ylläpitämien säätösähkömarkkinoiden avulla. Tasesähkökaupan avulla taas hoidetaan osapuolten toteutuneiden toimitusten ja hankintojen välinen erotus. (Partanen & al. 2007)

### 3.1.4 Sähkön hinta

Sähkön tukkukauppaa käydään sähköpörssissä, eli Nord Poolissa. Sähkön tukkuhinta määräytyy kunkin ajanhetken kysynnän ja tarjonnan mukaan. Esimerkiksi spotmarkkinoilla sähkön hinta muodostuu kunkin markkinaosapuolen tekemien osto- ja myyntitarjousten perusteella seuraavan päivän jokaiselle tunnille. Jokaisen tunnin kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspiste määrittää systeemihinnan kullekin tunnille. Pohjoismainen sähkönhinta on erittäin riippuvainen Norjan vesivarannoista, koska valtaosa sähköstä tuotetaan vesivoimalla. Päästökauppa on omalta osaltaan nostanut sähkönmarkkinahintaa. (Partanen & al. 2007)

## **3.2 Energiapolitiikka**

Suomessa energiapolitiikkaa on toteutettu jo pitkään. Sen tarkoituksena on ollut ohjata energian tuotantoa ja kulutusta. Polttoaineiden, sähkön ja lämmön hankinnan turvaaminen on energiapolitiikan keskeisimpiä tavoitteita niin kansainvälisessä energiajärjestössä IEA:ssa, Euroopan Unionissa kuin Suomessakin. Kansainvälisesti suurin huoli on ollut öljyn saatavuuden varmistamisessa, koska maailman öljyntuotannon painopiste on jo pitkään ollut poliittisesti epävakailta alueilla. (KTM 2007a)

Energian kulutuksen on arvioitu kasvavan niin, että vuotuinen kapasiteetin tarpeen kasvu on 200 MW vuoteen 2015 asti, jonka jälkeen sen kasvun odotetaan jatkuvan 100 MW:n vuosi vauhtia. Tämä energian kulutuksen kasvu on tarkoitus kattaa oman kapasiteetin rakentamisella sekä tuonnin lisäämisellä. Energiahuollon kannalta on kuitenkin tärkeää varautua myös tilanteisiin, jolloin sähköä ei ole mahdollista tuoda naapurimaista. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi silloin, kun kova pakkasrintama koettelee niin Suomea, Ruotsia kuin Venäjääkin. (KTM 2007a)

Sähkön jakelun häiriötön toiminta on nyky- yhteiskunnassa välttämättömyys. Suomen kansallisena tavoitteena on ollut edistää energian saatavuuden turvaamiseksi useisiin polttoaineisiin ja hankintalähteisiin perustuvaa energiantuotantoa. Tämä koskee myös energian tuontia. Energiapolitiikan tavoitteena on ollut kehittää monipuolinen, hajautettu ja tasapainoinen energiajärjestelmä, millä varmistetaan riittävä sähkön ja muun energian hankinta. Keskeisen huomion kohteena tässä suhteessa on kotimainen energia eli uusiutuvat energialähteet ja biopolttoaineet. (KTM 2007a)

### **3.2.1 EU:n energiapaketti**

EU julkaisi, ilmastonmuutoksen seurauksena, ns. vihreän energiapaketin 23.1.2008. Se on ehdottomasti EU:n laajin energia- ja ilmastoasioita koskeva lainsäädäntöpaketti. Kyseisen energia- ja ilmastopaketin taustalla on Ukrainassa tammikuussa 2006 ollut kaasukriisi, mikä käynnisti EU:ssa ennennäkemättömän energia- ja ilmastopolitiikan valmistelun. Venäjän kaasun tuontiin liittyvät riskit ovat olleet tiedossa jo pitkään, mutta vasta kyseisen kriisin myötä poliittinen päätöksenteko tarttui asiaan vakavasti.

Energiapaketin valmistelun aikana painopiste on siirtynyt EU:n toteuttamasta energiaulkosuhteiden politiikasta ja energian saatavuuden turvaamisesta ilmastonmuutoksen torjuntaan. Ukrainan kriisin jälkeen maaliskuussa 2006 Eurooppa-neuvosto velvoitti komission valmistelemaan esityksen ”Energy Policy for Europe”, jonka tulisi yhdistää energian saatavuuden turvaamisen, kilpailukyvyn ja ympäristövaatimukset yhdeksi tasapainoiseksi kokonaisuudeksi

EU:n energiapaketin kaksi keskeisintä tavoitetta ovat kasvihuonekaasujen 20 % sitova vähennystavoite EU:ssa vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä, sekä uusiutuvien energialähteiden sitova 20 % osuus EU:n energiankäytöstä ja liikenteessä sitova 10 % osuus jokaisessa jäsenmaassa vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi energiatehokkuutta tulisi energiapaketin mukaisesti parantaa 20 %. (Energia.fi/c)

### **3.2.2 Päästökauppa ja energian säästö**

EU:n energiapolitiikkaa koskevissa yhteisissä toimitissa ovat taustalla kilpailukyvyn parantaminen, energian saannin varmuus ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Nämä tavoitteet ovat myös Suomessa energian säästön keskeisimmät lähtökohdat.

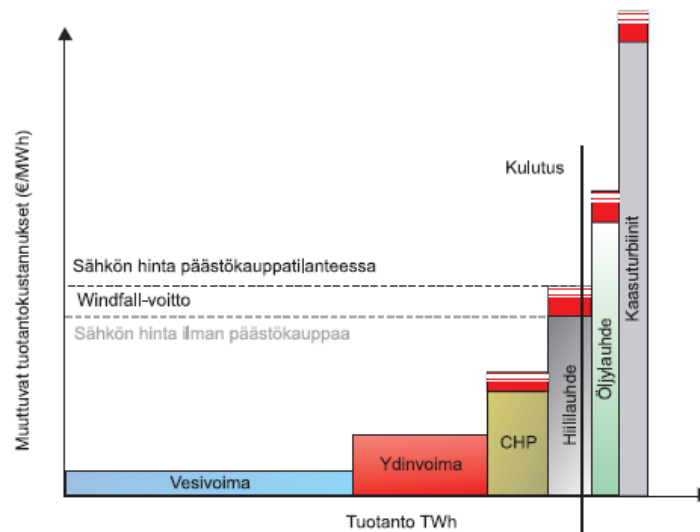
Merkittävin politiikkatoimi on vuonna 2005 voimaan tullut EU:n laajuinen päästökauppajärjestelmä, joka on yksi kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen tähtäävä Kioton sopimuksen joustomekanismi. Sen myötä valtio asettaa päästökiintiöt teollisuudelle ja energiantuotannolle. Tämä EU:n sisäinen päästökauppajärjestelmä on tärkeä osa sitä toimintaohjelmaa, jonka tavoitteena on Kioton pöytäkirjan mukaisten päästövähennystavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman kustannustehokkaasti. (EMV 2007)

EU:n 2008 julkaiseman energiapaketin myötä päästökauppa laajennetaan koskemaan mm. lentoliikennettä, ja myös muita kaasuja kuin hiilidioksidi otetaan mukaan kauppaan. Suomen kansalliseksi päästöjen vähentämistavoitteeksi on asetettu -16 % vuoden 2005 tasoon verrattuna. (Energia.fi/c)

Päästökauppa on osaltaan vaikuttanut sähkönhintaan. Kuitenkin sen vaikutukset sähkönhintaan ensimmäisellä päästökauppajaksolla jäivät melko pieniksi, koska yritykset

saivat suurimman osan päästöoikeuksista ilmaiseksi alkujaossa. Tilanteessa missä päästöoikeudet jouduttaisiin ostamaan kokonaan, voitaisiin niiden hankinnan katsoa lisäävän polttoainekustannuksia. Tämän kautta voitaisiin arvioida päästöoikeuksien hankkimisen aiheuttamaa lisäystä sähköntuotannon muuttuviin kustannuksiin. (Partanen & al. 2007)

Kuvassa 11 on esitetty sähkönhinnan muodostuminen päästökauppatilanteessa.



Kuva 11. Sähkönhinnan muodostuminen päästökauppatilanteessa. Kuvaan on merkitty päästöoikeuden hinnan aiheuttama sähkön marginaalisten tuotantokustannusten nousu tuotantomuodoittain. (Kara 2005)

Päästökaupasta aiheutuva sähkön markkinahinnan ja päästöjä aiheuttaviin polttoaineisiin liittyvä kustannusten nousu parantavat energiansäästön taloudellisuutta huomattavasti ja edesauttavat näin energiansäästötavoitteen saavuttamista sekä päästökaupasektorilla että ei-päästökaupasektorilla. Energian säästö on erityisen tärkeää ei- päästökaupasektorilla, koska päästöjä ei rajoiteta päästökaupasektorin tapaan päästöoikeuksilla. (KTM 2007a)

Päästökauppa on siis omalta osaltaan edesauttanut energiansäästötavoitteen saavuttamista. Muita energiansäästöön liittyviä toimia ovat olleet erilaiset vapaaehtoiset toimet kuten energiansäästösopimukset. Keskeisessä asemassa näissä on energiatehokkaan teknologian ja energiankäyttöön liittyvien innovaatioiden käyttöönotto. Suomi on monissa energiansäästötoimissa ja energiankäytön tehokkuudessa kansainvälisesti johtavia maita. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto, vapaaehtoisen energiansäästösopimusten kattavuus ja

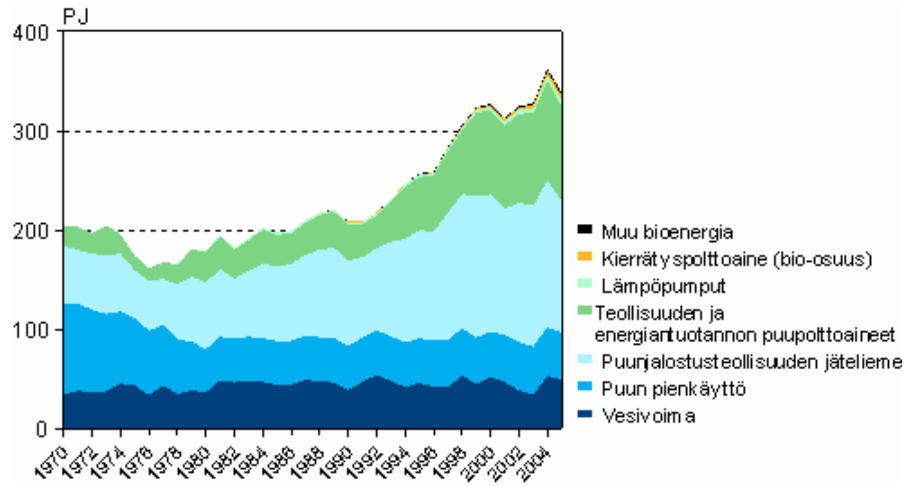
energiakatselmusten järjestelmällinen toteuttaminen ovat hyviä esimerkkejä tuloksellisesta energiansäästöstä. (KTM 2007b)

### **3.2.3 Uusiutuvat energianlähteet**

Suomessa käytössä olevia uusiutuvia energialähteitä ovat vesivoima, tuulivoima, ympäristön lämpö ja aurinkoenergia sekä uusiutuva bioenergia, johon luetaan puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu ja kierrätyspolttoaineiden biohajoava osa. Turvetta pidetään Suomessa hitaasti uusiutuvana biopolttoaineena.

Uusiutuvan energian käyttöön vaikuttavat Suomen omat energia- ja ilmastopoliittiset linjaukset sekä EU:ssa tehdyt päätökset ja direktiivit mm. kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäävä päästökauppadirektiivi, jotka Suomen on otettava huomioon energiapolitiikassaan. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on tärkeä syy uusiutuvan energian käytön lisäämiselle. Kansallisessa strategiassa uusiutuvilla energialähteillä katsotaan olevan merkitystä myös bioenergian ja muun kotimaisen energian käytön edistämiseen, energiateknologian korkean tason ylläpitämiseen ja energiasektorin huoltovarmuuden ylläpitämiseen. (Motiva.fi)

Tavoitteena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä nykyisestä, siten että niiden osuus Suomen energiantuotannosta kasvaisi ainakin neljänneksen vuoden 2003 tasosta vuoteen 2015 mennessä. Vuonna 2005 niiden osuus Suomen koko energiantuotannosta oli 25 % ja vuonna 2015 tavoitteiden mukaan niiden osuus tulisi olemaan 29 %. Kuvassa 12 on esitetty uusiutuvien energianlähteiden käyttö ajanjaksolta 1970- 2005.



Kuva 12. Uusiutuvien energialähteiden käyttö ajanjaksolta 1970- 2005. (Tilastokeskus 2007)

Kuten kuvasta 12 havaitaan, Suomen uusiutuvien energialähteiden käyttö on ollut selvässä nousussa 1990- luvun alusta. Vuonna 2006 Suomen kokonaisenergian kulutus oli 1480 petajoulea, mistä uusiutuvien osuus oli 356 petajoulea eli 24 %. (Motiva.fi)

2008 tammikuun lopussa julkaistun energiapaketin mukaan uusiutuvan energian käyttöä tulee lisätä EU:ssa 11,5 prosenttiyksikköä. Vuonna 2005 uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta oli 8,5 % ja tavoite vuonna 2020 on 20 %. Suomen sitovaksi tavoitteeksi esitetään +9,5 prosenttiyksikköä eli 28,5 %:sta 38 %:iin, mikä on tavoitteena kova ottaen huomioon maamme jo korkea uusiutuvan energian lähtötaso. Lisäksi kyseisen tavoitteen saavuttaminen tulisi erittäin kalliiksi, mikä vaikuttaisi näin ollen myös energialiiketoimintaan. Ilmasto- ongelmien ratkaisemisessa pitäisi käyttää kaikkia mahdollisia välineitä, kuten ydinvoimaa ja energiansäästöä, eikä painottaa erityisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä. (Energia.fi/c)

### 3.2.4 Tukitoimet

Energia- alalla on myös paljon erilaisia tukitoimia, joita on syntynyt ilmestopolitiikan myötä. EU:n alueella tukitoimet ovat tällä hetkellä varsin kirjavia ja uusiutuvia energialähteitä on tuettu monin eri tavoin. Viime vuosina vahvistuvana trendinä on ollut suorien investointi- ja tuotantotukien korvaaminen ostovelvoitteisiin perustuvalla takuuhintajärjestelmällä ja vihreiden sertifikaattien kaupalla.

Tavallisesti investointitukea myönnetään hankkeille, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa, käyttöä, energiansäästöä tai energian tuotannon tai käytön tehostamista. Lisäksi hankkeet, mitkä vähentävät energian tuotannon ja käytön ympäristöhaittoja tai muuten edistävät energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta, ovat oikeutettuja investointitukiin.

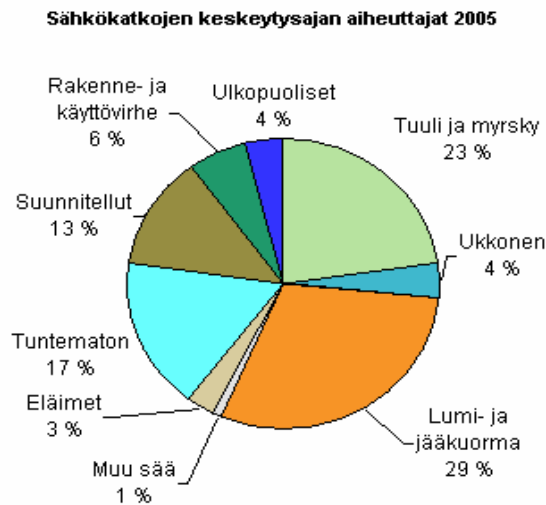
Tuotantotukia käytetään, kun halutaan ohjata tiettyjen energialähteiden käyttöä. Suomessa on käytössä turpeen syöttötariffi, mikä on tuotantotukea. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa turpeen käyttö on tehty päästökauppaolosuhteissa hiilen käyttöä edullisemmaksi maksamalla tuottajille lisähintaa.

Ostovelvoite on taas tuotantotukea vahvempi tukimuoto, joka vaikuttaa voimakkaasti tuotannon rakenteeseen. Esimerkiksi Saksassa ostovelvoitteet ovat pääasiallinen tuotantomuoto. Siinä uusiutuvan energian tuottajilla on oikeus syöttää sähköenergiaa paikallisverkkoon ja saada siitä takuuhinta. Vastaavasti kanta- ja alueverkkoyhtiöillä on ostovelvoite. Alueelliset siirtoyhtiöt tasaavat uusiutuvilla tuotetun sähkön hankintakustannukset keskenään, jolloin kaikkien sähköntoimittajien on taas ostettava alueellisilta siirtoyhtiöiltä uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä samassa suhteessa. Sähköntoimittajat perivät lopulta kuluttajilta uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön hankinnasta aiheutuneet lisäkustannukset. (Sähkökauppa)

## 4 ILMASTONMUUTOKSEN MERKITYKSET VERKKOYHTIÖILLE

### 4.1 Verkoston suunnittelu

Verkostonsuunnittelussa on yhä enemmissä määrin huomioitava ilmastotekijöiden vaikutukset verkkoon, sillä niistä aiheutuvien vikojen määrä on kasvanut merkittävästi. Myös katkon pituuteen ja laajuuteen ilmastomuuttujat vaikuttavat oleellisesti. Kuvasta 13 nähdään sähkökatkojen keskeytysajan aiheuttajat vuonna 2005.



Kuva 13. Sähkökatkojen keskeytysajan aiheuttajat vuonna 2005. (Energia.fi/b)

Täysin vikavarmaa verkkoa ei pystytä rakentamaan, mutta hyvällä verkostonsuunnittelulla pystytään kuitenkin pienentämään ilmastomuuttujien aiheuttamien vikojen vaikutusta. Esimerkiksi Suur- Savon sähkön toimintaa tarkasteltaessa ilmastomuutos on erittäin ajankohtainen ilmiö. Suur- Savon sähkön jakelualueella verkostosuunnittelussa ilmastomuutos otetaan huomioon ja tulevaisuuden verkostostrategia kootaan pitkälti tältä pohjalta. Uusi jakeluverkko rakennetaan niin, että sääilmiöt vaikuttavat mahdollisimman vähän jakeluverkkoon. Toimenpiteitä ovat johtojen sijoittaminen teiden varteen aina, kun se on mahdollista, kaapeloinnin lisääminen sekä uuden teknologian kehittäminen muun muassa 1000 v:n jakelujärjestelmä. 1000 voltin jakelujärjestelmässä lisätään kolmas jänniteporras 20 kV:n ja 0,4 Kv:n portaiden väliin, jolloin vikaheikän 20 kV:n avojohtoverkon johtopituus pienenee ja varsinkin lyhyiden haarajohtojen osuus vähenee. 1000 voltin tekniikalla toteutettu johtohaara muodostaa siis oman suojausalueensa eikä näin vaikuta vikaantuessaan muiden saman keskijännitesyöttöalueen asiakkaisiin.

(Lohjala2007)

Tietenkin vanhan verkon kanssa pitää vielä pärjätä pitkään ja sen ylläpitoa on kehitettävä. Helikopterisahauksella pyritään reunapuusto pitämään sellaisena, ettei se helposti kaadu johtojen suuntaan. Myös metsänomistajille ja metsänhoitoyhdistyksille on kehitetty ohjeita, miten metsää pitää käsitellä, jotta niistä saadaan paremmin säilymiöitä kestäviä. (Lohjala 2007)

Ilmastomuuttujien aiheuttamiin vikoihin ei pystytä varautumaan kerralla, vaan kehittäminen tapahtuu pitkäjänteisesti. Verkoston suunnittelussa huomioitava vikojen määrän kasvuun varautuminen näkyy verkon investointikustannusten kasvuna. Vaikkakin verkon kehittäminen on periaatteessa hidasta, niin tällä hetkellä ollaan kuitenkin tilanteessa jossa keskijänniteverkko on laajalti tulossa saneerausikänsä. Saneeraukseen tulevasta verkosta on suuri osa rakennettu maaseudun sähköistämisen aikaan, jolloin sähköt vedettiin usein metsien läpi. Tämän tarkoituksena oli rakentaa verkosto mahdollisimman nopeasti maaseudulle ajattelematta sen enempää mihin se rakennetaan. Metsien läpi vedetyt johdot ovat erittäin haavoittuvaisia tuulista ja myrskyistä sekä tykkylumesta. Saneerauksen yhteydessä näihin asioihin tuleekin kiinnittää huomiota, jotta verkosta saadaan nyky-yhteiskunnan vaatimukset täyttävä. (Martikainen 2005)

Ilmastomuuttujien toinen merkittävä vaikutus vikojen määrän lisääntymisen ohella on verkostokomponenttien mahdollinen pitoajan lyhentymisen. Kesäisin esimerkiksi muuntajat ovat rasituksen alla lämpötilojen nousun myötä ja sadannan lisääntyminen taas lisää monin paikoin puupylväiden lahovaurioita. Verkostokomponenttien mahdollinen pitoajan lyhentymisen näkyisi erityisesti investointikustannuksissa pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. (Martikainen 2005)

Lämpötilojen noustessa sähkönkulutus ja huippukuormat muuttuvat. Verkoston suunnittelun kannalta nämä muutokset vaikuttavat verkoston mitoituseseen erityisesti sähkölämmityskohteissa ja kohteissa, missä tarvitaan merkittävää jäähdystystehoja. Lämpötilojen noustessa lämmitysenergian tarve vähenee talvisin ja samalla verkkoliiketoiminnasta saatavat tulot pienenevät. Toisaalta taas jäähdystysenergian tarve kasvaa kesäisin. Nämä kompensoivat toisiaan ja onkin vielä vaikeaa sanoa, kumman vaikutus tulee olemaan merkittävämpi. Asioihin vaikuttaa monet muutkin tekijät.

Esimerkiksi jäädytys lisääntyy elintason kasvun ja mukavuuden halun lisääntyessä. Lisäksi sähkölaitteet tehostuvat ja uudet talot rakennetaan entistä paremmin ja ne tarvitsevat vähemmän lämmitysenergiaa. Lämmitysenergian kasvun pienentymiseen voi vaikuttaa myös vakituisten asukkaiden määrän väheneminen. (Martikainen 2005; Lohjala 2007)

## **4.2 Verkoston rakentaminen**

Muun muassa Suur- Savon sähkön jakelualueella ilmastomuuttujien muutokset ovat aiheuttaneet ongelmia verkoston rakentamisen kanssa. Roudalla tai sen puutumisella on suuri vaikutus verkoston rakentamiseen. Suur- Savon sähkössä routaantumisen on todettu vähentyneen. Tietyissä isoissa töissä routa olisi avuksi ja helpottaisi työkoneiden liikkumista maastossa. Esimerkiksi 110 kV:n johtotyöt pehmeässä maastossa ovat hankalia. Samoin saaristotöitä suunniteltaessa jääpeitteestä ei aina ole avuksi. (Lohjala 2007)

Toisaalta myös lyhentynyt talvi ja routaantuminen helpottavat maakaapeliaurauksia, joita voidaan tehdä entistä pidemmän aikaa vuodesta. Eteläisessä Suomessa kaapeliojien kaivaminen on mahdollista lähes ympäri vuoden. Tällä on merkitystä, koska kaapeloinnin määrää verkossa pyritään voimakkaasti lisäämään. (Lohjala 2007)

Routaantumisen vähenemisen myötä maan kantokyky heikkenee ja nykyisen kaluston käyttö hankaloituu. Maan pehmenemisen seurauksena tämän hetkiselä rakentamiseen käytettävältä kalustolta tullaan vaatimaan yhä parempia ominaisuuksia liikkua maastossa. Rakentamista varten joudutaan mahdollisesti hankkimaan uutta kalustoa tai kehittämään nykyisen kaluston kantokykyä esimerkiksi lisäämällä pyöräpinta- alaa. Uusien investointien tekeminen koneiden ostona tai käytössä olevien koneiden kehittäminen nostavat verkon käyttökustannuksia. Näiden kustannusten suuruus riippuu erittäin paljon nykyisestä kalustosta. Parhaimmassa tapauksessa nykyinen kalusto on tulossa juuri vaihtoikänsä, ja uusi kalusto pystytään ostamaan ilman suuria lisäkustannuksia vastaamaan uusia vaatimuksia. Huonoimmassa tapauksessa, juuri hankittu kalusto ei välttämättä pystykään vastaamaan uusia olosuhteita, vaan kaluston kehittämisestä aiheutuu lisäkustannuksia. (Martikainen 2005)

### **4.3 Verkoston kunnossapito**

Ilmastonmuutoksen merkittävin vaikutus jakeluverkkojen kunnossapitoon on kunnossapitotarpeen kasvu. Pidentyneen kasvukauden myötä raivaustarve ja siitä johtuvat kustannukset ovat kasvaneet. Muiden kunnossapitotoimintojen kuin raivaustarpeen muutoksen arvioiminen on rahallisesti vaikeaa. Mikäli ilmasto kuitenkin kehittyy ennusteiden mukaisesti, niin on odotettavissa, että esimerkiksi laho- ja korroosio vauriot lisääntyvät. Vaurioiden määrän kasvaessa, kunnossapitotarve kasvaa ja sitä myöten kunnossapitokustannukset nousevat. (Lohjala 2007; Martikainen 2005)

Ilmastonmuuttujien aiheuttamien vikojen määrän kasvun myötä myös keskeytykset ovat lisääntyneet ja tätä kautta korjauskustannukset ovat kasvaneet. Kuitenkin maakaapeloinnin lisääntyessä ilmastomuuttujien aiheuttamat vikakustannukset tulevat vähentymään. Avojohtoverkkoihin verrattuna kaapeliverkon kunnossapitokustannukset ovat huomattavasti pienemmät. Tämä johtuu erityisesti siitä, että kaapeliverkko ei altistu samalla tavalla ilmastollisille tekijöille, kuin avojohtoverkko. Sen sijaan vikojen tarkka paikallistaminen ja korjaaminen on kaapelivaihtoehdossa hitaampaa. (Martikainen 2005)

## 5 TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Nyky- yhteiskunnassa sähkö on välttämättömyys kaikelle toiminnalle ja sen saatavuus on pystyttävä turvaamaan. Tulevaisuudessa sähkönjakeluverkoilta odotetaan nykyistä parempaa luotettavuutta ja suurhäiriöiden vähenemistä kohtuukustannuksin. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ympäristöolosuhteisiin ja kyllästysaineiden käyttöön tulleet rajoitukset hankaloittavat erityisesti metsiin sijoitettujen ilmajohtojen asemaa. Haja-asutusalueilla myös verkkojen ikääntyminen on ongelma. Kaupunki- ja alueverkoissa puolestaan maankäyttö- ja ympäristökysymykset muuttuvat yhä haastavammiksi, ja kasvualueiden sähkönkäytön lisääntyminen edellyttää verkkojen vahvistamista. (VTT 2006)

Kaapeloinnin lisääminen, suojatut verkstorakenteet ja linjojen rakentaminen tai siirtäminen teiden varsiin ovat tämän hetkisiä suuntauksia verkstoratkaisuissa. Edellä mainitut ratkaisut ovat varmastikin oikeita tulevaisuuden kannalta, mikäli ilmasto kehittyy ennusteiden mukaisesti ja vaikka ei kehittyisikään.

Verkkojen luotettavuuden parantaminen edellyttää investointeja, mutta samanaikaisesti verkkoliiketoimintaan kohdistuu kustannustehokkuusvaatimuksia. Uudessa valvontamallissa 2008–2011 luotettavuuden painoarvo korostuu, sillä luotettavuus vaikuttaa verkkoyhtiöiden sallitun tuoton määrään.

Tulevaisuudessa yhtenä haasteena ilmastonmuutokseen liittyen on laitekaupan ja valmistuksen kansainvälistyminen. Ilmaston muuttuessa on tärkeää varmistaa, että laitteet sopivat jatkossakin Suomen ilmastoon. Toisaalta tilanne voi jatkossa yksinkertaistua lämpötilojen noustessa, jolloin laitteiden kylmäkestoisuusvaade lievenee. (Verkkoliiketoiminta 07)

## 6 YHTEENVETO

Tämän hetkisten ennusteiden mukaan ilmasto tulee muuttumaan tämän vuosisadan aikana merkittävästi. On kuitenkin muistettava, että ilmastonmuutokseen liittyy suurta epävarmuutta. Ilmastomallit ovat parametrisoituja ja niiden antamiin tuloksiin on myös suhtauduttava kriittisesti. Verkoston suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava tulevaisuudessa yhä tarkemmin myös ilmastollisten tekijöiden mahdollisia vaikutuksia verkostoon.

Ilmastomallien antamat tulokset tuulisuudelle olivat hyvin erilaiset. Toinen ennusti tuulisuuden lisääntyvän merkittävästi ja toinen taas vähenevän. Tuulet ja myrskyt aiheuttavat valtaosan hankalista sähkökatkoista. Usein tuulet ja myrskyt aiheuttavat vakavia vahinkoja jakeluverkkojen avojohdoille kaatamalla niiden päälle puita. Puuskittaisissa tuulissa ja kovissa myrskyissä puita voi kaatua laajemmaltakin alueelta, jolloin sähkökatko voi olla pidempi aikainen ja se voi koskea suurta määrää asiakkaita.

Ennusteiden mukaan sadanta lisääntyy Suomessa sekä kesällä että talvella. Sadannan lisääntyminen pehmentää maata ja vaikeuttaa näin ollen kunnossapidossa ja rakentamisessa käytettävien koneiden liikkumista maastossa. Pehmeä maa ei myöskään tue puita yhtä hyvin kuin kuiva maa, jolloin rinteillä olevat puut voivat kaatua helpommin sähkölinjalle. Laho- ja korroosioauriot sekä kevät tulvat ovat muita sadannan lisääntymisestä johtuvia riskitekijöitä verkostorakenteille. Yksi sadannan lisääntymisen positiivisista vaikutuksista on maadoitusolosuhteiden parantuminen.

Lämpötila tulee ilmastomallien antamien ennusteiden mukaan nousemaan sekä kesällä että talvella. Keskimääräinen muutos on kuitenkin suurempi talvella. Lämpötilojen nousu talvella vähentää lämmitysenergian kulutusta, mutta toisaalta taas lämpötilojen nousu kesällä lisää jäähdytysenergian tarvetta. Tästä johtuen on vielä vaikeaa sanoa, kumman vaikutus verkkoliiketoiminnasta saataviin tuloihin tulee olemaan merkittävämpi.

Salamointi aiheuttaa suuren osan siirto- ja jakeluverkossa esiintyvistä vioista. Nykyiset ilmastomallit eivät kuitenkaan pysty tarkasti ennustamaan miten salamamäärät tulevat käyttäytymään tulevaisuudessa. Lämpötilan noustessa on kuitenkin odotettavissa, että salamamäärät lisääntyvät ja tämän seurauksena ylijännitteistä johtuvat viat yleistyvät.

Verkoston kunnossapito ja rakentaminen tulee vaikeutumaan routautumisen vähenemisen takia, koska koneiden liikkuminen kantokyvyltään huonossa maastossa hankaloituu. Roudan väheneminen vaikuttaa myös puiden pystyssä pysymiseen, jolloin kovien tuulten aikana puut kaatuvat herkemmin linjoille. Etelä- Suomessa routa- ajan lyhentyminen helpottaa talvikaapelointia.

Tykkylumi rasittaa painollaan puiden oksia ja aiheuttaa puiden kaatumisvaaran linjoille. Jakeluverkon johdot voivat pahimmassa tapauksessa katketa tykkylumen painosta. Ennusteiden mukaan tykkylumi tulee lisääntymään lähinnä paikallisesti.

Verkkoyhtiöissä ilmastonmuutos tiedostetaan hyvin ajankohtaisena ilmiönä. Poliittiset ohjaukset näyttelevät yhä suurempaa roolia puhuttaessa ilmastonmuutoksesta ja energialiiketoiminnasta. Poliittiset toimet vaikuttavat aina verkkoyhtiötasolle asti. Tästä hyvänä esimerkkinä on päästökauppa mekanismi ja sen tuomat vaikutukset.

Energialiiketoiminnan kannalta ilmastonmuutos tulee luultavasti aiheuttamaan enemmän haittoja kuin hyötyjä. Vikojen lisääntyminen ja kunnossapitotarpeen kasvu aiheuttavat kuluja ja näin ollen heikentävät energialiiketoiminnan kannattavuutta. Verkon luotettavuuden parantaminen näkyy erityisesti investointikustannusten kasvuna. Lämpötilojen noustessa lämmitystarpeen määrä laskee, mikä vähentää energialiiketoiminnasta saatavia tuloja. On kuitenkin huomioitava, että samanaikaisesti energian tarpeen jatkuva kasvu kompensoi lämmitysenergiasta menetettäviä tuloja.

**LÄHDELUETTELO**

- (EMV 2007) Energiamarkkinavirasto. Päästökauppa. Viitattu 10.11.2007.  
Saataavissa:  
<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/select.asp?gid=172>
- (Energia.fi/a) Energiateollisuus ry. Sähköntuotanto. Viitattu 17.11.2007.  
Saataavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto>
- (Energia.fi/b) Energiateollisuus ry. Sähkön laatu ja keskeytykset. Viitattu 27.11.2007. Saataavissa:  
<http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkoverkko/sahkonlaatuja keskeytykset/Sahkonlaatuja keskeytykset.html>
- (Energia.fi/c) Energiateollisuus ry. Energia ja ilmastopaketti. Viitattu 18.2.2008. Saataavissa:  
<http://www.energia.fi/fi/kvasiat/eu/energiajailmastopaketti2008/komission%20energia%20ja%20ilmastopakettipaketti%202008.html>
- (Fingrid 2007a) Fingrid Oyj. Viitattu 21.10.2007. Saataavissa:  
<http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/media/energiuutiset/?id=953>
- (Fingrid 2007b) Fingrid Oyj. Viitattu 9.11.2007. Saataavissa:  
<http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/ymparisto/ajankohtaistykkylymi/>
- (Ilmatieteen laitos 2007a) Ilmatieteen laitos. Viitattu 21.10.2007. Saataavissa:  
[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_21.html](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_21.html)
- (Ilmatieteen laitos 2007b) Ilmatieteen laitos. Viitattu 21.10.2007. Saataavissa:  
[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_21.html](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_21.html)

- (Ilmatieteen laitos 2007c) Ilmatieteen laitos. Viitattu 2.11.2007. Saatavissa  
<http://www.fmi.fi/abc/index.html?N=207#207>
- (Ilmatieteenlaitos 2007d) Ilmatieteenlaitos. Viitattu 8.11.2007. Saatavissa:  
<http://www.fmi.fi/abc/index.html?N=254#254>
- (Ilmatieteenlaitos 2007e) Ilmatieteenlaitos. Viitattu 8.11.2007. Saatavissa:  
<http://www.fmi.fi/uutiset/index.html?A=1&Id=1183630828.html>
- (Ilmatieteenlaitos 2007f) Ilmatieteenlaitos. Viitattu 8.11.2007. Saatavissa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_ilmasto/ilmasto\\_18.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_18.html)
- (Kara 2005) Kara, M. 2005. Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan. Espoo. VTT. Tiedotteet. Viitattu 10.11.2007. Saatavissa:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2280.pdf>
- (Keskeytystilasto 2003) Keskeytystilasto 2003. Sähköenergialiitto ry SENER, Helsinki, 2004. ISSN 0782-6966.
- (KTM 2007a) Kauppa ja teollisuusministeriö. Julkaisurekisteri. Viitattu 10.11.2007. Saatavissa:  
[http://www.ktm.fi/files/15789/Strategia\\_211105\\_.pdf](http://www.ktm.fi/files/15789/Strategia_211105_.pdf)
- (KTM 2007b) Kauppa ja teollisuusministeriö. Energiansäästö. Viitattu 10.11.2007. Saatavissa: <http://www.ktm.fi/index.phtml?s=174>
- (Lakervi & Partanen) Lakervi, E. Partanen, J. Sähkönjakelutekniikka kirja. 2007. 231 s.
- (Martikainen 2005) Martikainen, A. Ilmastonmuutoksen vaikutus sähköverkkoliiketoimintaan. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto energiatekniikan osasto. 2005. 100 s.

- (Metla 2004) Metsäntutkimuslaitos. Tuulituhojen esiintyminen Suomen metsissä 1986- 1994. Viitattu 14.11.2007. Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/abs/fa04/fa041053.htm>
- (Motiva.fi) Motiva.fi.2007. Uusiutuvat energianlähteet. Viitattu 10.11.2007. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/fi/toiminta/uusiutuva-energia/>
- (Ojala 2007) Ojala, A. Jääkausiajan muuttuva ilmasto ja ympäristö. Opas 52. Geologian tutkimuskeskus. 2007. 43 s. ISBN 978-951-690-9700. ISSN 0781-643X. Saatavissa: <http://arkisto.gsf.fi/op/op52.pdf>
- (Partanen & al. 2007) Partanen, J. Lassila, J. Viljainen, S. Honkapuro, S. Tahvanainen, K. Sähkömarkkinat opetusmoniste. Lappeenranta. LTY. 2007. 84 s. ISBN 951-764-819-9, ISSN 1459-3114.
- (Suurjännitetekniikka 03) Aro, M. Elovaara, J. Karttunen, M. Nousiainen, K. Palva, V. Suurjännitetekniikka. Espoo. 2003. 520 s. ISBN 951-672-320-9.
- (Sähkökauppa) Viljainen, S. Sähkökauppa. Luentomonisteet. Energia- ja ilmastopolitiikka.
- (Tilastokeskus 2007) Tilastokeskus. Tilastot. Uusiutuvien energianlähteiden käyttö 1970- 2005. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ekul/2005/ekul\\_2005\\_2006-12-08\\_kuv\\_006.html](http://www.stat.fi/til/ekul/2005/ekul_2005_2006-12-08_kuv_006.html)
- (VTT 2006) VTT. Tiedotteet. Viitattu 27.12.2007. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2361.pdf>

(VTT 2007) VTT. Tiedotteet. Viitattu 9.11.2007. Saatavissa:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/2338.pdf>

### **Haastattelut**

(Hämäläinen 2007) Sähköpostihaastattelu. 31.10.2007. Suunnittelupäällikkö Aki Hämäläinen. Helen sähköverkko Oy.

(Lohjala 2007) Sähköpostihaastattelu. 23.11.2007. Suunnittelupäällikkö Juha Lohjala. Suur- Savon sähkö Oy.

### **Seminaarit**

(Verkkoliiketoiminta 07) Verkkoliiketoiminta 2007 seminaari. Vantaa. 30.10.2007.  
Jaettu materiaali.