

# **LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO**

**Sähkötekniikan osasto**

Sähkömarkkinoiden opintosuunta

## **DIPLOMITYÖ**

### **SÄHKÖKAUPAN RISKIT JA RISKIENHALLINTA**

Diplomityön aihe on hyväksytty Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan osaston osastoneuvostossa 13.9.2006. Diplomityön tarkastajina ovat toimineet professori Satu Viljainen ja professori Jarmo Partanen. Diplomityön ohjaajana toimi professori Satu Viljainen.

Lappeenrannassa 7.11.2006

Risto-Matti Karjalainen

Tyrskykatu 6 B 14

53920 Lappeenranta

045-6343416

## TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Risto-Matti Karjalainen
Nimi:	<b>Sähkökaupan riskit ja riskienhallinta</b>
Osasto:	Sähkötekniikka
Vuosi:	2006
	Paikka: Lappeenranta
Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Sähkömarkkinalaboratorio. 104 sivua, 36 kuvaa, 10 taulukkoa ja 6 liitettä.	
Tarkastajat:	Professori Satu Viljainen Professori Jarmo Partanen
Hakusanat:	Sähkömarkkinat, sähkökauppa, sähköjohdannaiset, riskienhallinta
Keywords:	Electricity markets, electricity trading, electricity derivatives, risk management
<p>Diplomityön tavoitteena on luoda kokonaisvaltainen kuva sähkökaupassa esiintyvistä riskeistä ja niiden analysointi- sekä hallintamenetelmistä. Toinen päätavoitteista on lisätä ymmärrystä markkinoiden erikoispiirteistä, kuten siirtokapasiteettirajoituksista, kysynnän hintajouston puutteesta ja markkinoiden keskittyneisyydestä, sekä arvioida niiden merkitystä sähkökaupan riskienhallinnan näkökulmasta. Markkinoiden erikoispiirteet ja sähkön tuotantoon ja kulutukseen vaikuttavat fundamentaaliset tekijät aiheuttavat suuria muutoksia pörssisähkön hintatasossa. Sähkön volatilitteetti yhdessä useiden muiden riskitekijöiden kanssa aiheuttaa sähkökaupan toimijoille todellisen tarpeen riskienhallinnalle.</p> <p>Sähkökauppa tarjoaa haasteellisen toimintaympäristön riskienhallinnan näkökulmasta. Sähkökaupassa esiintyvien riskien täydellinen hallitseminen on miltei mahdoton tehtävä, mutta sähkökaupan toimintaympäristön tunteminen ja järjestelmällisesti toteutettu riskienhallinta luovat hyvät edellytykset menestyksekkäälle toiminnalle sähkökaupassa. Diplomityössä käsitellään sähkökaupassa esiintyviä riskejä ja niiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä. Näiden asioiden ymmärtäminen luo pohjan sähkökaupan onnistuneelle riskienhallinnalle. Työssä käydään myös läpi yleisimmät sähkökaupassa käytetyt riskianalyysin menetelmät. Diplomityössä esitellään sähköpörssin tarjoamat johdannaistuotteet ja havainnollistetaan niiden käyttöä osana sähkökaupan riskienhallintaa. Työn lopussa käsitellään profiiliriskin muodostumista ja sen vaikutuksia sähkön hankintakustannuksiin.</p>	

## ABSTRACT

Author:	Risto-Matti Karjalainen
Title:	<b>Electricity trading risks and risk management</b>
Department:	Department of electrical engineering
Year:	2006
	Place: Lappeenranta
Master's thesis. Lappeenranta University of technology. Laboratory of Electric Power Systems. 104 pages, 36 figures, 10 tables and 6 appendices.	
Supervisors:	Professor Satu Viljainen Professor Jarmo Partanen
Keywords:	Electricity markets, electricity trading, electricity derivatives, risk management
<p>The main object of this thesis is to create comprehensive picture about electricity trading risks and risk analysis and control methods. The second object is to increase knowledge about the special characteristics of electricity market, such as the constraints of electricity transmission, the lack of price elasticity, and the market concentration. These characteristics, concurrent with the basic production and consumption fundamentals, result in the high volatility of electricity market price. The highly volatile electricity prices together with other risk factors create a real need for efficient risk management in electricity trading.</p> <p>Electricity trading offers a challenging operational environment for risk management. The perfect electricity trading risk management is impossible to attain, but good knowledge about electricity trading operational environment and systematic risk management create a good basis for successful entrepreneurship. This thesis focuses on the risks of electricity trading and the factors that have an influence on those risks, and introduces some of the most common methods of risk analysis. In addition, the thesis also explains the principles and functioning of the electricity exchange derivatives, and illustrates how they can be used a part of electricity trading risk management. Finally, an example is presented that shows the impact of profile risk on the electricity purchasing costs.</p>	

## **ALKUSANAT**

Tämä työ on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston sähkötekniikan osastolle kevään, kesän ja syksyn 2006 aikana. Haluaisin kiittää Professori Jarmo Partasta mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta ja neuvoista työn aikana, sekä laadukkaasta opetuksesta opintojeni aikana. Suuret kiitokset myös työni ohjaajalle Professori Satu Viljaiselle asiantuntevasta opastuksesta ja neuvoista, sekä työni tarkastamisesta. Kiitokset kuuluvat myös työkavereilleni mukavasta työilmapiiristä ja neuvoista työni aikana.

Lisäksi haluan kiittää avopuolisoani Johannaa, sekä vanhempiani Karia ja Pirjoa suuresta tuesta opintojeni aikana.

Lappeenrannassa 7.11.2006

Risto Karjalainen

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MITÄ RISKIENHALLINTA ON? .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Riskin määritelmä.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Riskien jaottelu.....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 Yritystoiminnan riskit .....</b>	<b>4</b>
2.3.1 Henkilöstöriskit.....	4
2.3.2 Vahinkoriskit.....	5
2.3.3 Liiketoimintariskit.....	5
<b>2.4 Riskienhallintaprosessi .....</b>	<b>6</b>
2.4.1 Riskien tunnistaminen.....	6
2.4.2 Riskianalyysi.....	7
2.4.3 Riskipolitiikka.....	9
2.4.4 Käytännön riskienhallinta .....	10
2.4.5 Seuranta ja jatkokehitys .....	12
<b>3. SÄHKÖMARKKINOIDEN ERITYISPIIRTEITÄ RISKIENHALLINNAN NÄKÖKULMASTA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Tuotannon ja kulutuksen tasapaino.....</b>	<b>14</b>
3.1.1 Kulutus.....	15
3.1.2 Tuotanto .....	17
3.1.3 Markkinahinnan muodostuminen sähköpörssissä.....	24
<b>3.2 Markkinoiden toimivuus .....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Keskittyneisyys .....	28
3.2.2 Kysynnän hintajousto.....	29
3.2.3 Siirtoverkon pullonkaulat.....	30
3.2.4 Sähköpörssin toimivuus .....	31
<b>3.3 Päästökaupan vaikutukset .....</b>	<b>32</b>
<b>4. SÄHKÖKAUPAN RISKIT .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Markkinariskit sähkökaupassa .....</b>	<b>35</b>
4.1.1 Hintariski.....	36
4.1.2 Basis- eli aluehintariski.....	36
4.1.3 Likviditeettiriski.....	38
4.1.4 Profiiliriski .....	39
4.1.5 Volyymiriski .....	40
4.1.6 Valuuttariski.....	41
4.1.7 Vastapuoliriski .....	42

4.1.8 Johdannaishintariski.....	43
<b>4.2 Muita sähkömarkkinoiden riskejä .....</b>	<b>44</b>
4.2.1 Poliittinen riski.....	44
4.2.2 Operationaalinen riski.....	44
4.2.3 Tuotanto- ja siirtoriski.....	45
<b>5. KÄYTÄNNÖN RISKIENHALLINTA SÄHKÖKAUPASSA .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 Riskianalyysi.....</b>	<b>46</b>
5.1.1 Riskimittareita.....	46
5.1.2 Tekninen analyysi .....	53
5.1.3 Herkkyysanalyysit.....	58
5.1.4 Markkinoiden mallintaminen.....	60
<b>5.2 Riskienhallinnan työkalut .....</b>	<b>61</b>
5.2.1 Sähköpörssin finanssituotteet.....	61
5.2.2 Suojautuminen johdannaisilla.....	70
5.2.3 Muita hallintamenetelmiä .....	74
<b>6. ESIMERKKI RISKITEKIJÖIDEN VAIKUTUKSISTA PÖRSSISÄHKÖN HANKINTAKUSTANNUKSIIN .....</b>	<b>78</b>
<b>6.1 Profiiliriskin muodostuminen .....</b>	<b>79</b>
6.1.1 Kulutusprofiili.....	79
6.1.2 Suojaustaso .....	80
6.1.3 Suojauksen hinta .....	81
6.1.4 Spot-hinta.....	82
6.1.5 Profiiliriskin yhteys pörssisähkön hankintakustannuksiin.....	82
<b>6.2 Profiiliriskin laskenta .....</b>	<b>83</b>
6.2.1 Profiiliriski ideaalitapauksessa.....	83
6.2.2 Profiiliriskin herkkyystarkastelu.....	84
<b>6.3 Mark-to-market ja PaR.....</b>	<b>88</b>
<b>7. YHTEENVETO .....</b>	<b>91</b>

## LÄHDELUETTELO

## LIITTEET

## KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

C	call	(osto-optio)
CfD	Contracts for Difference	(aluehintatuote)
CO <sub>2</sub>	hiilidioksidi	
D	day	
DK1	Länsi-Tanskan hinta-alue	
DK2	Itä-Tanskan hinta-alue	
D <sub>R</sub>	rahamääräisten kurssilaskujen keskiarvo	
ENO	electricity Nordic area	
FI	Suomen hinta-alue	
JUN	june	
K	sopimushinta	
KONTEK	Pohjois-Saksan hinta-alue	
M	month	
n	päivien lukumäärä	
NO1	Etelä-Norjan hinta-alue	
NO2	Pohjois-Norjan hinta-alue	
OTC	Over the counter	(pörssin ulkopuolinen kaupankäynti)
P	put	(myyntioptio)
PaR	Profit at Risk	
Q1	kvartaali 1	
RSI	Relative strength index	(suhteellisen vahvuuden indeksi)
SE	Ruotsin hinta-alue	
S <sub>t</sub>	spot-hinta	
SYS	Sähköpörssin systeemi- eli referenssihintaa	
U <sub>R</sub>	rahamääräisten kurssinousujen keskiarvo	
VaR	Value at Risk	
W	week	
X	option sopimushinta	
YR	year	
$\sigma$	volatiliteetti	
$\rho$	korrelaatiokerroin	

**Yksiköt:**

°C	celsiusaste
€	euro
h	tunti
MW	megawatti
MWh	megawattitunti
TWh	terawattitunti

**Yksiköiden kertoimet:**

M	mega, $10^6$
T	tera, $10^{12}$

**Kreikkalaiset:**

$\Gamma$	gamma (option arvon toinen derivaatta kohde-etuuden arvon suhteen)
$\Delta$	delta (option arvon muutos kohde-etuuden arvon muutoksen suhteen)
$\theta$	theeta (option arvon muutos kuluneen ajan suhteen)
$\Pi$	pii ( $\partial\Pi$ , option arvon muutos)
$\sigma$	sigma ( $\partial\sigma$ , kohde-etuuden volatiliteetin muutos)
$\rho$	rhoo (option arvon muutos riskittömän koron muutoksen suhteen)
$\partial S$	kohde-etuuden arvon muutos
$V$	Vega (option arvon herkkyys kohde-etuuden volatiliteetin muutoksille)
$\partial r$	riskittömän koron muutos
$\partial t$	ajan muutos
$\partial$	derivaatta



# 1. Johdanto

Tämän työn ensisijaisena tavoitteena on antaa yleiskuva riskienhallinnan tarpeesta ja toimintatavoista sähkökaupassa. Työssä käsitellään sähkökaupassa esiintyviä riskejä, näiden riskien syntymiseen vaikuttavia tekijöitä sekä sähkökaupan riskien analysointi- ja hallintamenetelmiä. Työ aineistona on käytetty aikaisempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia ja julkaisuja, yleistä riskienhallintakirjallisuutta sekä sähköpörssin markkinainformaatiota. Työssä käsitellään myös muutamia esimerkein johdannaisten käytön perustapauksia sekä paneudutaan lopuksi hieman tarkemmin pörssistä hankittavan sähkön hankintakustannusten muodostumiseen käytettäessä johdannaisia.

Työn alussa käsitellään riskienhallintaa yleisellä tasolla ja määritellään yritystoiminnassa yleisimmin esiintyvät riskit. Tämän jälkeen käydään läpi riskienhallintaprosessi vaiheittain. Kappaleessa kolme käydään läpi sähkön markkinahinnan muodostumisen periaatteita ja mietitään, mitkä tekijät vaikuttavat markkinahinnan muodostumiseen. Näiden asioiden ymmärtäminen luo pohjan sähkökaupan riskienhallinnan onnistuneelle toteuttamiselle. Kappaleessa neljä perehdytään sähkökaupan markkinariskeihin ja myös muihin sähkömarkkinoilla esiintyviin riskeihin. Tämän jälkeen käsitellään keinoja sähkökaupassa esiintyvien riskien hallitsemiseksi. Näitä ovat muun muassa riskianalyysi, sähköpörssin johdannaistuotteet ja riskipolitiikan luonti. Lopussa kootaan yhteen riskienhallinnan tarve sähkökaupassa.

## 2. Mitä riskienhallinta on?

Riskienhallinnan onnistuminen edellyttää riskin käsitteen selkeää ymmärtämistä ja riskien tunnistamista. Riskit ajatellaan varsin usein vain tappion uhkana, unohtaen niiden tuomat mahdollisuudet voittoon. Riskienhallinnan voidaan ajatella olevan riskien tunnistamista ja arviointia sekä päätösten tekemistä ja toimeenpanoa. Yksinkertaistettuna riskienhallinnassa on kyse siitä, että tiedetään mitä tehdään, kun jotain ryhdytään tekemään. Riskienhallinnan tarkoituksena ei siis ole välttää riskien ottamista, vaan muuttaa riskitaso ja riskin suunta oman yrityksen kestävävyyden ja taloudellisen näkemyksen mukaiseksi. (Juvonen 05, Kasanen 96)

Riskienhallinnan ensisijaisena tavoitteena voidaan pitää tappioiden välttämistä (tai minimoimista) ja liiketoiminnan jatkuvuuden varmistamista kaikissa olosuhteissa. Toinen tavoite on riskienhallintakustannusten optimointi ilman, että samalla estetään liiketoimintamahdollisuuksien ja riskinottamisen mukanaan tuoman voiton mahdollisuuden hyödyntäminen. Riskejä ei kannata hallita, mikäli hallitsemisen kustannukset ovat suuremmat kuin hallitsematta jättäminen. Aktiivisella riskienhallinnalla voidaan saada leikattua epävarmuudesta johtuvia kustannuksia sekä luoda mahdollisuudet hyödyntää esiintyvät voiton mahdollisuudet. (Juvonen 05, Kasanen 96)

### 2.1 Riskin määritelmä

Arkikielessä sanalla riski on yleensä varsin negatiivinen sävy, koska sillä kuvataan usein vaara tai uhkaa, joihin liittyy epätietoisuutta. Tarkastelunäkökulma, tilanne ja esimerkiksi maantieteellinen sijainti vaikuttavat suuresti siihen, millaisena riski koetaan. Myös eri henkilöiden tavat kokea riskit muuttuvat ajan ja paikan suhteen. (Kuusela 98)

Riskit ovat epävarmuutta tulevasta talouden kehityksestä ja ne voivat toteutua joko arvoa alentavasti tai nostavasti. Riski voidaan määritellä seuraavien kolmen tekijän perusteella (Juvonen 05):

- Tapahtumaan liittyvä epävarmuus
- Tapahtumaan liittyvät odotukset
- Tapahtuman vakavuus

Peruslähtökohtana riskeille voidaan pitää, että tapahtumaan tulee liittyä epävarmuutta. Jos tapahtuman lopputulos on negatiivinen, mutta täysin ennalta tiedossa, ei kyseessä ole riski. Epävarmuuden suuruutta kuvataan usein tapahtuman toteutumisen todennäköisyyden avulla. Tapahtumaan liittyvät odotukset vaikuttavat siihen, millaisena koemme riskin ja sen mahdollisen toteutumisen. Tapahtuman laajuus ja merkityksellisyys taas vaikuttavat siihen, kuinka vakavana riskin koemme.

## **2.2 Riskien jaottelu**

Riskien jaottelussa varsin yleispätevä tapa on luokitella riskit seurausten perusteella. Riskin toteutuessa pelkkää vahinkoa aiheuttavaa riskiä voidaan kutsua puhtaaksi riskiksi, jota yleisemmin kutsutaan vahinkoriskiksi. Niitä riskejä jotka sisältävät tappion lisäksi myös voiton mahdollisuuden, voidaan kutsua esimerkiksi liiketoiminta- tai markkinariskeiksi. (Suominen 03)

Riskit jaetaan edellisten periaatteiden mukaan usein myös yksipuolisiin eli staattisiin riskeihin sekä kaksipuolisiin eli dynaamisiin riskeihin. Yksipuoliset riskit sisältävät ainoastaan tappion mahdollisuuden, kun taas kaksipuolisissa riskeissä on myös voiton mahdollisuus. Vahinkoriskit ovat tyypillisiä yksipuolisia riskejä. Tulipalo on hyvä esimerkki vahinkoriskistä, jota vastaan voidaan suojautua vakuuttamalla. Markkinariskit ovat taas tyypillinen esimerkki kaksipuolisista riskeistä. Markkinariskillä tarkoitetaan esimerkiksi epävarmuutta sellaisten tuotantohyödykkeiden hinnoissa, jolla on aktiiviset markkinat. Aktiivisten markkinoiden perusedellytyksiä ovat riittävän suuret kaupankäyntimäärät ja se, että markkinoilla on riittävästi kauppaa käyviä markkinaosapuolia. Kaksipuolisia riskejä kutsutaan usein myös spekulatiivisiksi riskeiksi, koska useimmiten toimija pystyy itse toimillaan vaikuttamaan niiden toteutumiseen ja jossakin määrin myös suuruuteen. (Kasanen 96, Juvonen 05)

## **2.3 Yritystoiminnan riskit**

Riskinotto kuuluu oleellisena osana yritysten toimintaan. Ajan kuluessa yritystoiminnan kenttä on laajentunut ja samalla sen riskit ovat kasvaneet ja monimutkaistuneet. Riskienhallinnasta on tullut oleellinen osa yritysten toimintaa, mikäli ne haluavat menestyä markkinoilla. Seuraavaksi käydään hieman tarkemmin läpi yritystoiminnan riskejä sekä esitetään niille seuraavanlainen jako kolmeen osaan:

- Henkilöstöriskit
- Vahinkoriskit
- Liiketoimintariskit

### **2.3.1 Henkilöstöriskit**

Osaava henkilöstö on varmasti yksi yrityksen tärkeimmistä voimavaroista, mutta samalla henkilöstö luo yhden merkittävimmän yrityksen riskitekijän. Henkilöstöriskejä ovat muun muassa väärä rekrytointi, ammattitaidon puute, koulutustaso, työilmapiiri, ikääntyminen sekä irtisanoutuminen. (Juvonen 05)

Henkilöstö vastaa useimmiten myös yrityksen järjestelmistä, toimintatavoista ja valvontarutiineista. Täten henkilöstön toiminta voi aiheuttaa yritykselle operationaalisen riskin (Kasanen 96). Henkilöstö voi vaikuttaa toiminnallaan myös yrityksen vahinkoriskien ja liiketoimintariskien syntyyn. Puutteelliset toimintatavat sekä osaaminen voivat aiheuttaa esimerkiksi tuotantokoneiston rikkoontumisen tai tulipalon ja vastaavasti määräysten sekä toimintatapojen laiminlyönnistä saattaa aiheutua suuriakin liiketoimintariskejä. Esimerkiksi riskirajojen noudattamatta jättäminen saattaa aiheuttaa huomattavia tappioita pörssikaupassa.

### **2.3.2 Vahinkoriskit**

Vahinkoriskit ovat yksipuolisia riskejä, jotka realisoituvat toteutuessaan tappiona. Tyypillisiä vahinkoriskejä ovat esimerkiksi tulipalo, laiterikot, varkaudet ja erilaiset toiminnan vastuuvahingot. Paras tapa suojautua vahinkoriskeiltä on ennaltaehkäisy lisäksi vakuuttaminen. Vahinkoriskit ovat usein suuruudeltaan merkittäviä riskejä, jotka saattavat uhata toteutuessaan koko yrityksen liiketoiminnan jatkumista.

Vahinkoriskit voivat aiheuttaa tappion ohella yritykselle myös henkilöstö ja liiketoimintariskin. Henkilöstöriski voi ilmetä esimerkiksi koneen rikkoutumisen yhteydessä työtaturmana ja liiketoimintaan vahinkoriski voi vaikuttaa esimerkiksi imagon menetyksen muodossa. (Juvonen 05)

### **2.3.3 Liiketoimintariskit**

Kuten jo edellä mainittiin, niin riskit ja niiden ottaminen kuuluvat oleellisen osana yritystoimintaan. Liiketoimintariskit saavat alkunsa yrityksen sisäisistä prosesseista tai sen liiketoimintaympäristöstä (Juvonen 05). Yrityksen on oltava valmis ottamaan riskejä, mikäli se aikoo menestyä tai ylipäättään pystyä toimimaan markkinoilla vallitsevassa kovassa kilpailussa. Liiketoiminnassa piilee loputon määrä riskejä, jotka riippuvat muun muassa yrityksen toimialasta, yrityksen koosta, rahoituksesta, kilpailusta, poliittisista toimenpiteistä sekä lukemattomista muista asioista. (Suominen 03)

Liiketoimintariskit käsittelevät rahavirtoihin, strategiaan, operatiiviseen toimintaan, asiakkuuksiin, innovaatioihin ja liiketoimintaympäristöön liittyviä uhkia ja mahdollisuuksia. Liiketoimintariskit eivät yleensä aiheuta toteutuessaan muiden edellä kuvattujen pääriskilajien toteutumista, mutta ovat usein seurausta niiden toteutumisesta. (Juvonen 05)

Yleisesti ottaen yrityksen ei tulisi ajatella yritystoimintaansa liittyviä riskejä erillisinä osa-alueina, vaan kokonaisvaltaisesti yhtenä kokonaisuutena. Riskienhallinnan tulisi olla

integroitu osa yrityksen toimintaa, jotta kaikki toiminnan riskit tulisi huomattua, analysoitua ja hallittua.

## **2.4 Riskienhallintaprosessi**

Riskienhallinnan tulisi olla koko yrityksen elinkaaren läpi jatkuva prosessi. Seuraavaksi esitellään riskienhallintaprosessin tärkeimpiä päävaiheita, joita kirjallisuuden (Kuusela 98, Juvonen 05) mukaan ovat:

- Riskien tunnistaminen
- Riskianalyysi
- Riskipolitiikka
- Käytännön riskienhallinta
- Seuranta ja jatkokehitys

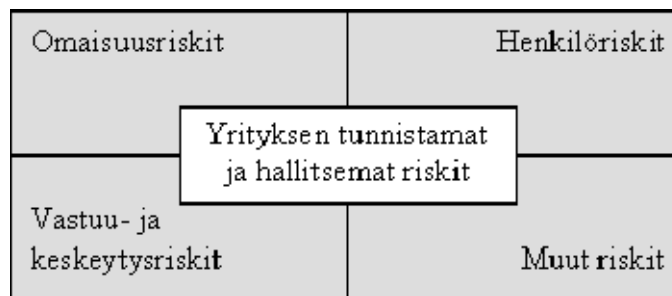
Riskienhallintaprosessin aluksi on oleellisinta tunnistaa yrityksen riskit. Ilman riskien tunnistamista on niiltä käytännössä mahdotonta suojautua. Tämän jälkeen suoritetaan riskianalyysi ja muodostetaan yritykselle riskipolitiikka. Riskianalyysissä arvioidaan riskien esiintymisen todennäköisyyksiä sekä riskien vakavuutta. Riskipolitiikassa määritellään riskienhallinnan tavoitteet, ohjeet toiminnalle sekä käytettävät hallintamenetelmät. Käytännön riskienhallinta toteutetaan riskipolitiikan mukaisesti valituilla hallintamenetelmillä ja annetuilla toimintaohjeilla. Kaiken tämän lisäksi on muistettava seurata jatkuvasti yrityksen riskien kehittymistä ja riskienhallinnan onnistumista. Tarpeen tullen yrityksen on kyettävä muuttamaan nopeasti riskienhallintaansa, mikäli esimerkiksi muuttunut markkinatilanne sitä vaatii. Seuraavaksi käydään hieman tarkemmin läpi riskienhallintaprosessin eri vaiheet.

### **2.4.1 Riskien tunnistaminen**

Riskienhallinta edellyttää riskien tunnistamista, sillä vain havaittuun riskiin voidaan varautua (Juvonen 05). Perimmäisiä syitä riskeille ovat useimmiten kontrollin, tiedon ja

ajan puute. Riskien tunnistamisella pyritään löytämään yrityksen mahdolliset uhat ja etsimään niiden syyt.

Riskienhallintaprosessin aloittamiseksi yritykselle riittää varsin yksinkertainenkin riskien tunnistamista ja arviointia helpottava malli, josta esimerkkinä voisi olla Suominen (03) esittelemä riski-ikkuna. Siinä eritellään yrityksen henkilöriskit, omaisuusriskit, vastuu- ja keskeytysriskit sekä muut riskit kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Yrityksen riski-ikkuna (Suominen 03)

Riski-ikkunan avulla yritys voi arvioida jokaisen ruudun kohdalta, kuinka hyvin sen riskit on tunnistettu ja miten hyvin ne ovat hallinnassa. Tummemmalle alueelle merkitään ne riskit, joita ei vielä tunneta riittävän hyvin. Vaaleampaan keskiosaan merkitään taas ne riskit jotka on tunnistettu ja otettu erilaisin toimenpitein hallintaan. Oleellisinta riskien tunnistamisvaiheessa olisikin saada riskienhallintaprosessi käynnistettyä ja saada yleiskäsitys siitä, millaisiin riskeihin yritys voi toiminnassaan törmätä.

## 2.4.2 Riskianalyysi

Usein riskien tunnistamista yhdessä riskien arvioinnin kanssa nimitetään riskianalyysiksi. Riskianalyysin avulla tunnistetaan eri riskit ja arvioidaan niiden suuruus ja sattumisen todennäköisyys. Riskien tunnistamisessa pyritään löytämään vaaran mahdollisuudet, etsimään niiden syyt ja arvioimaan niistä aiheutuvat seuraamukset. (Juvonen 05)

Uhkia ja mahdollisuuksia arvioitaessa riski määritellään usein sen todennäköisyyden ja vakavuuden perusteella. Tarkkojen riskianalyysien vaatimat todennäköisyydet ovat

tiedossa vain hyvin yleisille ja usein toistuville riskeille. Uusien ja tuntemattomien riskien todennäköisyyden arviointi on puolestaan hyvin vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Suurin osa liiketoimintaa liittyvistä riskeistä ovat juuri tällaisia riskejä. Riskien vakavuus riippuu aina riskinottajan riskinkantokyvystä. Esimerkiksi suurilla monikansallisilla yrityksillä on moninkertainen riskinkantokyky pieniin alueellisiin toimijoihin verrattuna. (Juvonen 05)

Taloudellisten riskien analysoinnissa ja mallintamisessa on varsin yleistä käyttää apuna matemaattisia menetelmiä. Jos riskien sattumisen todennäköisyydet ovat tiedossa, voidaan niiden avulla laskea monia riskiä kuvaavia tunnuslukuja. Riskien taloudellisen arvon mittarina voidaan käyttää tilanteesta riippuen esimerkiksi volatilitteettiä tai maksimitappiota tietyllä todennäköisyydellä. Riskien taloudellisen arvon mittaaminen voidaan jakaa kolmeen osaan seuraavasti: (Kasanen 96)

- Riskeille alttiina olevan taloudellisen arvon suuruus (positio)
- Taloudellisen arvon riippuvuus alla olevista riskitekijöistä (herkkyys)
- Alla olevien riskitekijöiden kehityksen epävarmuus (volatilitteetti)

Taloudelliseen arvoon sisältyvä riskin määrä saadaan kuvattua yhdistämällä yllä olevat kolme tekijää. Esimerkiksi sähkökaupassa riskialtis pääoma voi muodostua spot-hintaan sidotuista myyntisopimuksista saatavien tulojen kokonaismäärästä (positio). Saatavien tuleva euromääräinen arvo riippuu suoraan toteutuvasta spot-hinnasta (herkkyys). Spot-hintaan liittyvää epävarmuutta voidaan taas arvioida esimerkiksi spot-hinnan historiallisia heilahteluja tutkimalla (volatilitteetti). Muita varsin yleisesti käytettyjä matemaattisia menetelmiä ovat esimerkiksi riskien tapahtumisen todennäköisyyteen perustuva VaR, stressitestit, erilaiset herkkyysanalyysit ja teknisen analyysin eri menetelmät, kuten RSI ja liukuva keskiarvo. Tämän työn puitteissa riskienanalysointimenetelmistä käydään läpi yleisimpiä sähkömarkkinoiden analysoinnissa apuna käytettyjä analysointimenetelmiä.

On kuitenkin hyvä muistaa, että kaikki matemaattiset riskien määritelmät ovat kuitenkin vain osa totuudesta. Riskejä arvioitaessa on huomioitava, että suuri määrä pieniä merkityksettömiä riskejä voivat muodostua yhteisvaikutukseltaan merkittäviksi. Riskien



analysoinnissa tarvitaankin kokonaisvaltaista analyysia ja liiketoiminnan hyvää tuntemusta.

### **2.4.3 Riskipolitiikka**

Seuraavana riskienhallintaprosessin osana riskien tunnistamisen ja arvioinnin jälkeen voidaan pitää riskipolitiikan laatimista. Riskipolitiikassa määritellään ja dokumentoidaan riskienhallinnan tavoitteet, toimintarajat sekä käytettävät menetelmät.

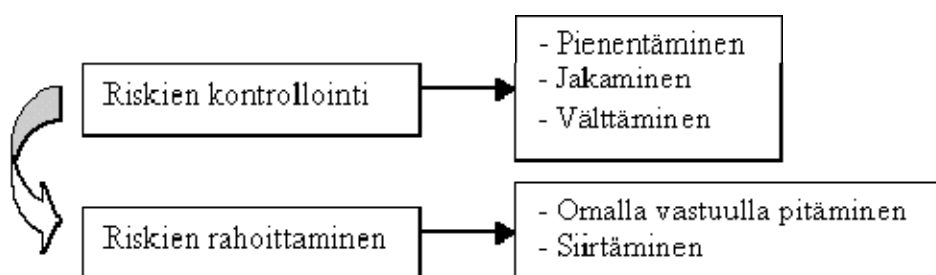
Riskipolitiikan luonnissa on hyvä lähteä liikkeelle määrittämällä perusteet riskienhallinnalle. Ensimmäiseksi on otettava kantaa, kuinka suuresta yksittäisestä vahingosta yritys pystyy selviytymään. Seuraavaksi pyritään määrittelemään, kuinka suuren yhteenlasketun menetyksen yritys voi tietyn ajan, esimerkiksi vuoden sisällä kantaa. Näiden pohjalta on hyvä lähteä liikkeelle sovittaessa riskienhallinnan tavoitteista sekä kattavuudesta. (Juvonen 05)

Perusteiden määrittämisen jälkeen siirrytään riskienhallintaorganisaation määrittämiseen. Riskienhallintapolitiikassa on otettava kantaa ainakin toiminnan organisoimiseen, päätöksentekovastuuihin, päätöksentekoprosesseihin ja toiminnallisiin vastuuihin. Riskienhallintaorganisaation määrittämisen yhteydessä voidaan päättää myös käytettävistä riskien tunnistamis- ja analysointimenetelmistä. Perusteiden määrittely ja toiminnan organisoiminen mahdollistavat riskienhallinnan aloittamisen. (Juvonen 05)

Riskienhallintapolitiikassa on hyvä kuvata ja kirjata ylös mahdollisimman tarkasti ainakin riskien analysointimenetelmät, yhtiön riskinkantokyky, käytettävät tavoite- ja maksimiriskitasot, riskienhallinnasta vastaavien henkilöiden vastualueet ja koulutus sekä raportointikäytännöt. Riskienhallintapolitiikka on myös hyvä päivittää riittävän usein vastaamaan käytäntöjä, koska riskienhallinta kehittyy tekemisen yhteydessä.

## 2.4.4 Käytännön riskienhallinta

Suomisen (03) ja Juvosen (05) mukaan käytännön riskienhallinta voidaan jakaa riskien kontrollointiin sekä riskien rahoittamiseen. Yleensä riskeihin varaudutaan yhdistämällä nämä molemmat tekijät. Ensisijaisesti pyritään vähentämään riskin todennäköisyyttä sekä seurauksia ja lopuksi rahoittamaan jäljelle jäänyt osuus riskistä. Kuvassa 2 on esitetty riskienhallintamenetelmien jako sekä mahdolliset toimenpiteet riskien kontrolloinnille ja rahoittamiselle.



Kuva 2. Riskien hallintamenetelmät. (Juvonen 05)

Riskien kontrollointi voidaan jakaa riskien pienentämiseen, jakamiseen ja välttämiseen. Riskejä pienentämällä pyritään vähentämään riskin toteutumisen todennäköisyyttä tai seurauksia. Riskejä voidaan pienentää esimerkiksi kouluttamalla henkilöstöä tai varautumalla tulipaloon asianmukaisella alkusammutusvälineistöllä. Vakavuudeltaan merkittäviä riskejä on pyrittävä pienentämään, mikäli niitä ei voida poistaa. Yleensä lähes kaikkia riskejä on mahdollista pienentää, mutta tietyn rajan jälkeen se ei ole enää taloudellisesti kannattavaa. Mietittäessä riskien pienentämisen kustannuksia, on hyvä ottaa huomioon, että pienentämisellä saatetaan saavuttaa tuottoja parantuneen tehokkuuden tai esimerkiksi palvelun laadun parantumisen myötä. (Juvonen 05)

Riskien jakamisella pyritään pilkkomaan merkittävä riski pienempiin osiin. Esimerkiksi rakennus voidaan jakaa palo-osastoihin tulipaloriskin pienentämiseksi. Puhuttaessa liiketoimintariskeistä, jakamisen sijaan puhutaan usein hajauttamisesta. Hajauttaminen onkin yksi keskeisin liikeriskien hallintamenetelmä. Sillä pyritään torjumaan yksipuoleisuudesta johtuvia riskejä. Varsin yleinen tapa hallita esimerkiksi vastapuoliriskiä, on hankinnan hajauttaminen useammalle toimittajalle. Tällöin

vähennetään yhden toimittajan mahdollisten toimitusvaikeuksien vaikutusta omaan liiketoimintaan. (Juvonen 05)

Riskejä on helpoin välttää pidättäytymällä toimista, jotka kohdistuvat riskialttiiseen toimintaan, henkilöön tai omaisuuteen. Etenkin yrityksen kannalta merkittäviä riskejä olisi hyvä pyrkiä välttämään. Riskien poistaminen on välttämisen ääritapaus, jossa riski pyritään poistamaan kokonaan. Usein riskin kokonaan poistaminen on mahdollista vain esimerkiksi luopumalla riskialttiista liiketoiminnasta. Tällainen riskienhallintakeino vaatii tarkkaa toiminnan kartoitusta, mutta saattaa oikeanlaisessa tilanteessa olla ainut järkevä toimintakeino riskien poistamiseksi. Liiketaloudellisten riskien osalla riskien välttäminen ja poistaminen ovat varsin yleisiä riskien hallintakeinoja. (Juvonen 05)

Riskejä voidaan hallita myös niitä rahoittamalla. Riskejä voidaan rahoittaa joko pitämällä ne omalla vastuulla tai siirtämällä ne erilaisin sopimuksin ja vakuutuksin muille osapuolille. Riskien omalla vastuulla pitäminen on joskus tietoista, mutta useimmiten tiedostamatonta toimintaa. Perusteina riskien tietoisesti omalle vastuulle jättämiselle on useimmiten taloudelliset syyt. Omalle vastuulle jätettävät riskit ovat useimmiten suuruudeltaan niin vähäisiä tai tapahtuvat niin harvoin, että niiden rahoittaminen tulee kalliimmaksi kuin omalla vastuulla pitäminen. (Juvonen 05)

Riskien rahoittamisella taas tarkoitetaan riskien siirtämistä sopimusteitse toisen osapuolen kannettaviksi. Perinteinen tapa siirtää riski toisen osapuolen kannettavaksi on vakuuttaminen. Vakuuttamalla riskiä saadaan pienennetty huomattavasti ja se on usein ainut taloudellisesti varteenotettava vaihtoehto suuruudeltaan merkittäviin riskeihin varautumiselle. Esimerkiksi palovakuutus tulee huomattavasti taloudellisemmaksi, kuin paloriskin poistamiseksi rakennettu toinen varastotila. Vakuuttaminen ei kuitenkaan ole aina mahdollista, mikäli vakuutuksen antaja kokee ottavansa liian suuren riskin saatuihin hyötyihin nähden. Jälleen kerran liiketoiminnan riskit ovat juuri tällaisia riskejä, joita varten on lähes mahdotonta saada vakuutuksia. Tällaiset riskit on rahoitettava erilaisin sopimuksin tai vaihtoehtoisesti riskien kontrolloinnin kautta. Pörssien johdannaistuotteet ovat hyvä esimerkki liiketoimintariskien hallitsemisesta rahoituksen keinoin.

### 2.4.5 Seuranta ja jatkokehitys

Varsin oleellinen osa koko riskienhallintaprosessia on sen eri vaiheiden seuranta ja jatkokehitys. Nykyisin yritystoiminnan riskikenttä on varsin laaja ja liiketoimintaympäristö nopeasti kehittyvä. Tämän seurauksena yritystoiminnan riskit saattavat muuttua nopeasti ja kerran määritellyt riskirajat voivat sallia liian suuret riskinotot. Täten riskienhallintaprosessin seurantaan, raportointiin ja jatkokehitykseen on panostettava jatkuvasti, jotta riskienhallinnassa käytetyt menetelmät ja toimintatavat pysyvät ajantasaisina.

Riskienhallinnan tulisi olla jatkuva prosessi, joten kerran tehty riskianalyysi yhdessä sen perusteella käyttöönotetun riskienhallintamenetelmän kanssa ei pelkästään riitä takaamaan onnistunutta riskienhallintaa yritykselle. Havaittuja ja hallittuja riskejä on tarkkailtava ja kontrolloitava säännöllisesti. (Juvonen 05)

Riskien jatkuvalla seurannalla voidaan havaita ajan myötä muuttuneet riskien todennäköisyydet ja suuruudet. Tarvittaessa riskienhallinnan tasot ja käytetyt keinot voidaan muuttaa vastaamaan uutta tilannetta. Riskien tarkkailulla saadaan myös arvokasta tietoa mahdollisesti toteutuneiden riskien todennäköisyydestä ja vakavuudesta. Toteutuneiden riskien avulla on helpompi arvioida uudelleen samantyyppisten riskien vakavuutta yritystoiminnalle. (Juvonen 05)

### 3. Sähkötömarkkinoiden erityispiirteitä riskienhallinnan näkökulmasta

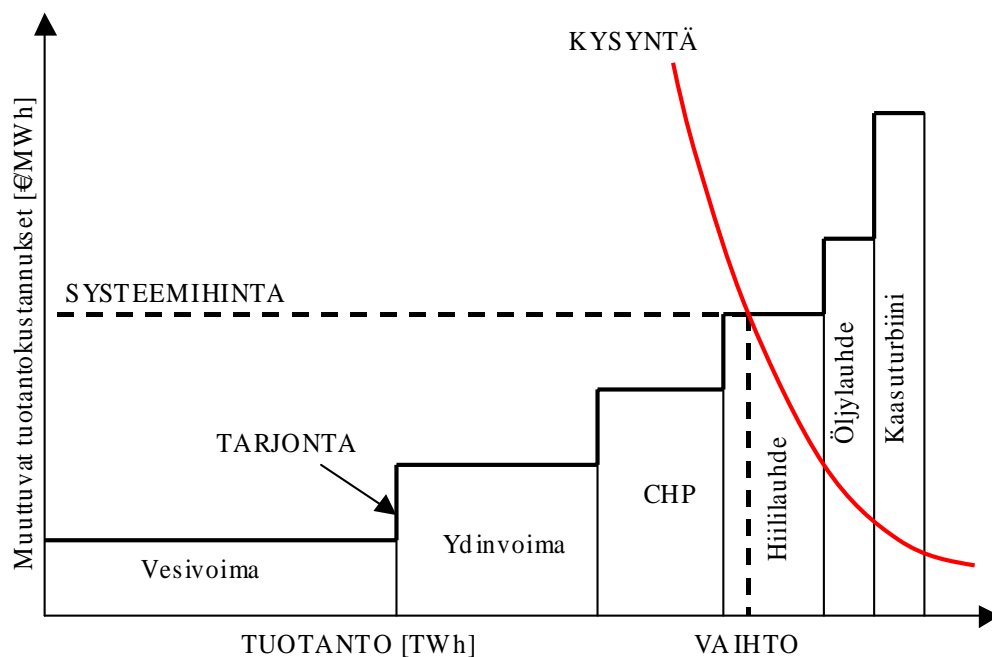
Pohjoismaiset sähkömarkkinat muodostavat riskienhallinnan näkökulmasta haasteellisen toimintaympäristön. Syitä tähän ovat etenkin sähkön hinnan muodostumiseen liittyvät epävarmuudet sekä sähkön hinnan suuret vaihtelut, kuten kuvasta 3 ja liitteestä 1 voimme nähdä. Hinnan vaihteluun vaikuttavat suuresti sähkön hintaa säätelevät perustekijät eli fundamentit. Myös sähköntuotantorakenteella on suuri merkitys muodostuvaan hintatasoon. Lopullinen sähkön hinta määräytyy sähköntuotannon ja kulutuksen perusteella ja välillisesti hintaan vaikuttavat muun muassa hydrologinen tilanne, vallitseva lämpötila, päästökauppa, markkinoiden toimivuus ja polttoaineiden hinnat. Tässä luvussa käydään läpi keskeisiä sähkön hintaan vaikuttavia tekijöitä sekä sähkön hinnanmuodostumismekanismi Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla.



Kuva 3. Systeemihinnan viikkokeskiarvo vuosilta 1997-2006, vuoden 2006 osalta viikkoon 34 asti. (Nord Pool)

### 3.1 Tuotannon ja kulutuksen tasapaino

Sähkön tuotannon on oltava joka hetki sama kuin sähkön kulutuksen, koska sähkön laajamittainen varastointi ei ole vielä taloudellisesti eikä teknisesti mahdollista. Tämän seurauksena tuotannon on vastattava jatkuvasti kulutuksen tarpeita. Periaatteessa sähkön markkinahinta määräytyy eri tuotantomuotojen muuttuvien kustannusten perusteella siten, että kulutus katetaan alkaen halvimmasta tuotantomuodosta ja siirtyen siitä kulutuksen kasvaessa kohti kalliimpia tuotantomuotoja kuvan 4 osoittamalla tavalla. Kuvan 4 tilanteessa sähkön hinta on hiililauhteen muuttuvien tuotantokustannusten suuruinen ja kyseisellä hetkellä marginaalisena tuotantomuotona oleva hiililauhde saa katetta vain tuotannon muuttuville kustannuksille. Kyseistä marginaalista tuotantomuotoa halvemmalla sähköä tuottavat osapuolet saavat katetta myös pääomakustannuksilleen. (Kara 05)



Kuva 4. Periaatteellinen kuva sähkön hinnan muodostumisesta. (Kara 05)

### 3.1.1 Kulutus

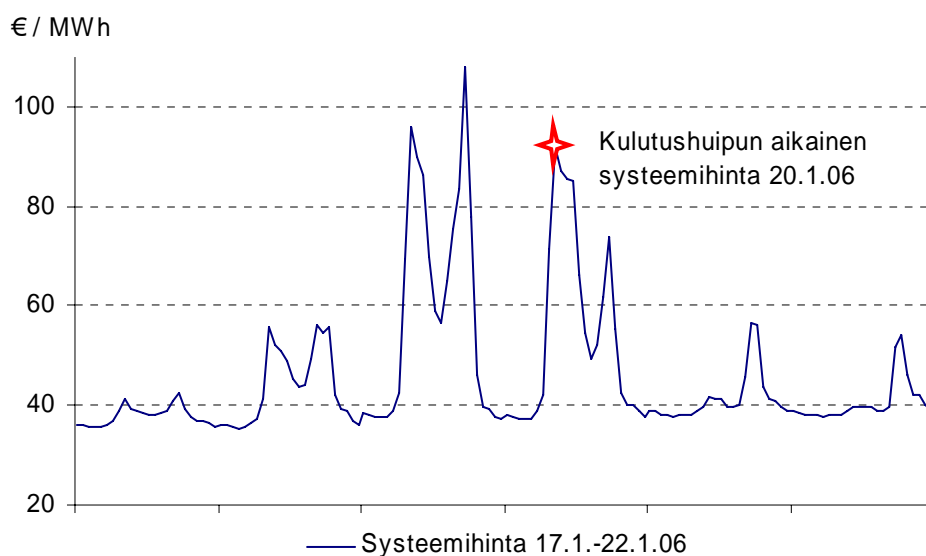
Pohjoismaissa kulutettiin vuonna 2005 sähköä noin 395 TWh ja vuotta aikaisemmin noin 390 TWh edestä (Nordel). Sähkönkulutuksen kasvu on ollut vuosien 1995-2004 välillä keskimäärin 1,3 % vuodessa (Kara 05). Nordelin (06) ennusteen mukaan sähkönkulutuksen kasvu tulee hieman hidastumaan jatkossa, ollen noin 1 % luokkaa vuodessa vuoteen 2009 asti.

Nykyinen järjestelmän huippukuorma saavutettiin talvella 2005-2006 ja se oli suuruudeltaan 67500 MWh/h. Hetkittäisen huippukuorman on ennustettu kasvavan talven 2009-2010 aikana suuruuteen 72000 MWh/h. Tässä kappaleessa käsitellään sähkön kulutuksen määrään vaikuttavia fundamentteja, joita ovat lämpötila, kulutuksen ajallinen vaihtelu ja taloudelliset suhdanteet. (Nordel 06)

#### Lämpötila

Suurin yksittäinen kulutukseen vaikuttava tekijä on lämpötila (Keskikallio 03). Etenkin talvisin lämpötilalla on suuria lyhyenajan vaikutuksia sähkön hintatasoon. Kovien pakkasten aikana sähkönkulutus voi kasvaa lähelle tuotantokapasiteetin maksimia ja tällöin sähkön hinta voi nousta hyvinkin suureksi. Kesäisin lämpötilalla ei ole yhtä suurta vaikutusta sähkön hintaan kuin talvella. (Laitinen 00)

Pohjoismaisen sähköjärjestelmän kaikkien aikojen kulutushuippu saavutettiin 20.1.2006, jolloin sähköä kulutettiin yhden käyttötunnin 8-9 aikana 67500 MW. Kyseisenä tuntina sähköpörssin systeemihinnaksi muodostui 92,05 €/MWh. Saman tunnin aikana Suomessa oli pakkasta paikasta riippuen -22 °C ja -32 °C välillä, Ruotsissa ja Norjassa pakkasta oli noin -10 °C ja Tanskassa muutaman asteen verran. Suomen lämpötilat tammikuulta 2006 on esitetty liitteessä 2. Kuvassa 5 on esitetty systeemihinta kyseiseltä päivältä, sekä kahdelta edelliseltä ja sen jälkeiseltä päivältä. Suomen kulutushuippu saavutettiin tuntia ennen järjestelmän kulutushuippua ja Ruotsissa kulutushuippu toteutui edellisen päivän iltapäivällä.



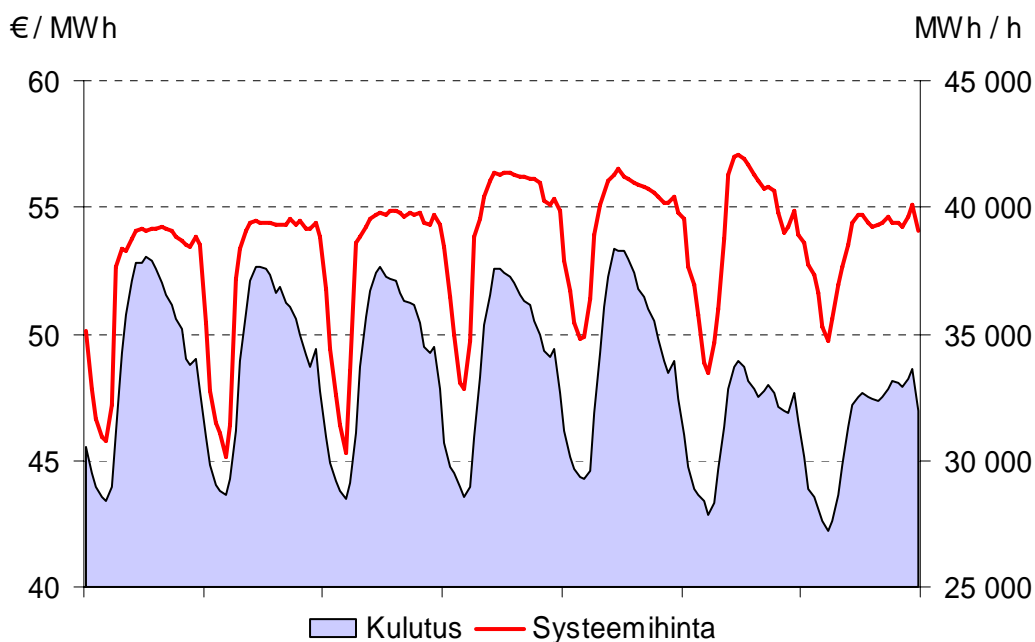
Kuva 5. Pohjoismaisen sähköjärjestelmän kulutushuipun aikainen systeemihinta. Kulutushuippu tapahtui 20.1.06, muutaman päivän kestäneen kovan pakkasjakson aikana.

### **Kulutuksen ajallinen vaihtelu**

Kulutuksen ajalliset vaihtelut vaikuttavat systeemihinnan muodostumiseen kulutuksen eli kysynnän määrän kautta. Kulutuksen määrä vaihtelee erilaisten ajallisten syklien mukaan, joita ovat muun muassa yö, päivä, viikonpäivä, viikko, kuukausi ja vuosi. Kulutuksen ajallinen vaihtelu on myös yritetty ottaa mahdollisimman hyvin huomioon pörssituotteiden pituuksia määriteltäessä. Kulutuksen ajallisen vaihtelun aiheuttaa pidemmällä aikavälillä pääasiassa kulutuksen kasvaminen ja lämpötilaerot kesän ja talven välillä. Lyhyemmällä aikavälillä kulutusta pienentävät yöt ja viikonloput.

Kuvassa 6 on esitetty pohjoismaiden tuntikohtainen sähkönkulutus viikon ajalta ja samalle ajalle muodostunut systeemihinta. Kuvasta huomaamme hyvin kulutuksen päivittäisen rytmin, joka on varsin samanlainen viiden ensimmäisen arkipäivän osalta ja pienentyy hieman viikonloppun ajaksi. Vastaavasti systeemihinnasta on havaittavissa kulutuksen mukainen rytmitys, etenkin yö ja päivä erottuvat kulutuksen muuttumisen seurauksena selkeästi myös systeemihinnassa.





Kuva 6. Sähkönkulutus pohjoismaissa ja systeemi hinta 24.7-30.7.2006 väliseltä ajalta. (Nord Pool)

### Taloudelliset suhdanteet

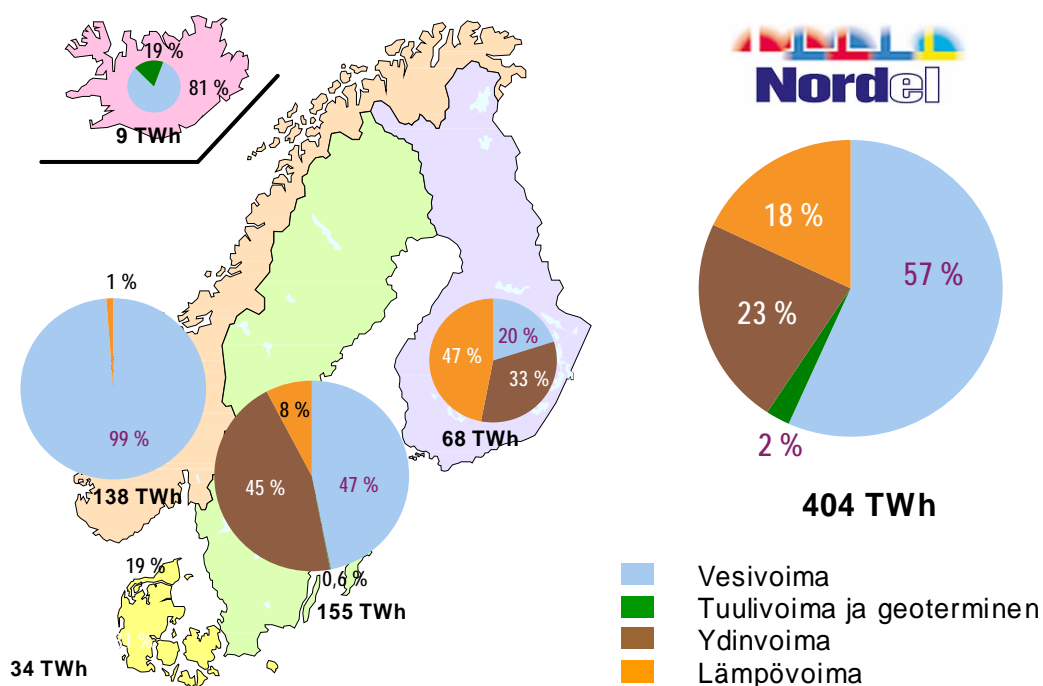
Myös taloudelliset suhdanteet vaikuttavat sähkön hintaan suoraan kysynnän muutoksina. Luonnollisesti nousukausien ja hyvien suhdanteiden aikana sähkönkulutus on suurta ja suunnaltaan kasvavaa, kun taas talouden laskusuhdanteet pienentävät kulutuksen kasvua. Vuonna 2005 Suomessa olleen metsäteollisuuden työseisauksen seurauksena Suomen vuotuinen sähkönkulutus pieneni edelliseen vuoteen nähden noin kahden terawattitunnin verran, näin ei ole tapahtunut kertaakaan ennen sähkömarkkinoiden avautumisen jälkeen. Kyseinen työseisaus ei kuitenkaan laskenut Suomen aluehintoja kysynnän vähentyessä, kuten liitteestä 3 voimme nähdä. Metsäteollisuus kattaa noin 25 TWh vuosittaisesta sähkönkulutuksestaan noin 10 TWh omalla tuotannolla ja loput tästä määrästä hankitaan muualta (Metsäteollisuus 06).

### 3.1.2 Tuotanto

Pohjoismaissa sähköä tuotetaan varsin monipuolisesti eri tuotantomuodoilla. Eniten sähköä tuotetaan vesivoimalla, jolla tuotetaan vuosittain noin puolet eli keskimäärin 200 TWh edestä sähköä. Vesivoimatuotannon määrä voi kuitenkin vaihdella jopa 80 TWh

edestä erittäin kuivan ja hyvin sateisen vuoden välillä. Tämä vaihteluväli vastaa lähes Suomen vuosittaista sähkönkulutusta. Ydinvoimalla tuotetaan noin neljäsos pohjoismaisesta sähköstä ja loput pääasiassa lämpövoimantuotannolla. (Hirvonen 03)

Kuvassa 7 on esitetty sähköntuotanto Pohjoismaissa vuonna 2005. Norjassa sähkö tuotetaan käytännössä katsoen lähes kokonaan vesivoimalla. Keskiwertovuotena Ruotsissa tuotetaan noin puolet sähköstään ydinvoimalla ja noin 40 % vesivoimalla. Suomessa sähköä tuotetaan vesivoimalla noin viidennes, ydinvoimalla noin neljäsos ja loput pääasiassa lämpövoimalla. Vuonna 2005 Suomeen tuotiin kuitenkin ennätysmäärä sähköä, nettotuontina noin 17 TWh:n edestä (Nordel). Tämän seurauksena ydinvoiman osuus omasta tuotannosta kasvoi noin kolmannekseen. Tanskan sähköntuotanto koostuu lämpövoimasta ja noin 10-15 % sähköä tuotetaan tuulivoimalla. (Nord Pool 06a)



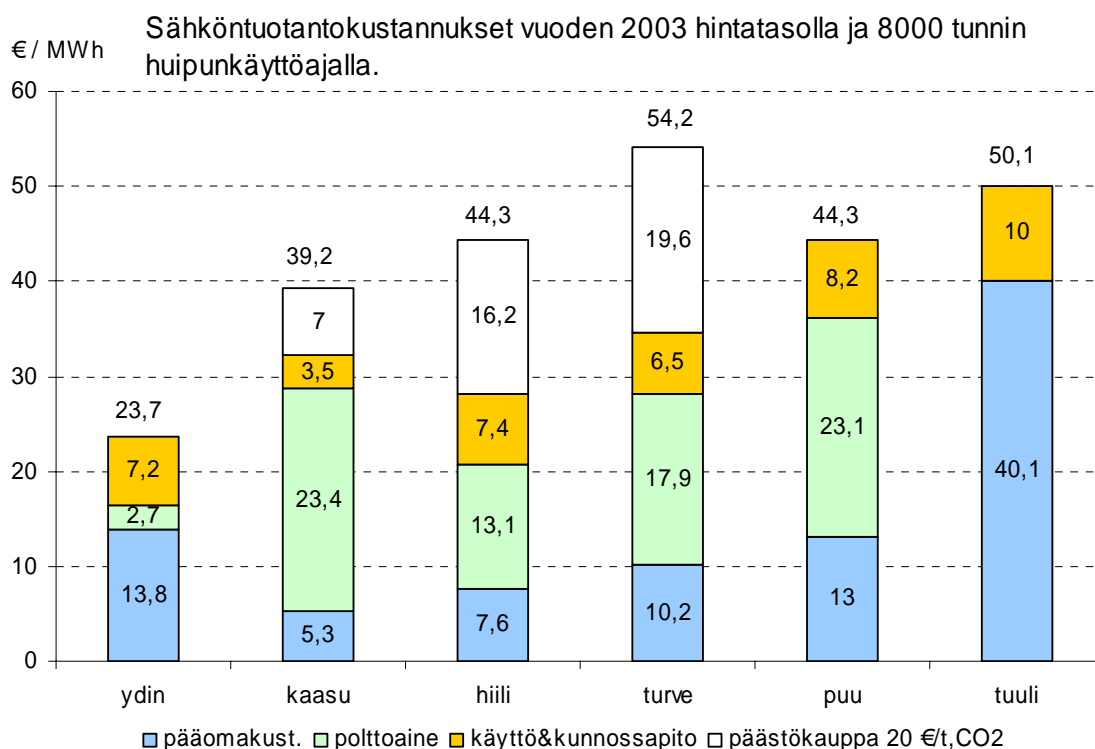
Kuva 7. Sähköntuotanto Pohjoismaissa vuonna 2005. (Energia 05)

Vuonna 2005 oli asennetun voimalaitoskapasiteetin määrä 91300 MW (Nordel). Toistaiseksi tällä kapasiteetilla on pystytty hoitamaan kulutuksen tarpeet, mutta sähkömarkkinoiden avautumisen jälkeen uutta kapasiteettia ei ole juurikaan syntynyt markkinaehtoisesti (Kara 05). Tulevaisuudessa etenkin huonojen vesivoimavuosien aikana sähkön markkinahinta voi hetkellisesti saavuttaa hyvinkin korkeita tasoja ja

yleinen hintataso tulee todennäköisesti pysymään korkeana, etenkin kun päästökauppa on korottamassa markkinasähkön hintaa.

Yksi tulevaisuuden haasteista on Ruotsissa vuonna 1980 kansanäänestyksellä tehty päätös luopua kokonaan ydinvoimasta vuoteen 2010 mennessä. Toistaiseksi aikataulu ydinvoimasta luopumiselle on vielä täysin avoinna. Ensimmäinen ydinvoimala, Barsebäck, suljettiin kuitenkin kesällä 2005. Periaatteessa ydinvoimalaitokset on tarkoitus sulkea niiden tullessa teknisen käyttöiän päähän. 80-luvulla teknisen käyttöiän ajateltiin olevan noin 30 vuotta, mutta nykyisin teollisuuden näkemykset ydinvoiman teknisestä käyttöiästä ovat jopa 60 vuoden luokkaa. Ruotsissa tuotetaan sähköä ydinvoimalla vuosittain noin 75 TWh edestä, joka vastaa lähes Suomen vuotuista sähkönkulutusta tai vesivoimatuotannon mahdollista vuotuista vaihteluväliä. Mikäli ydinvoimasta luovuttaisiin, niin nykyistä ydinvoimatuotantoa vastaava määrä sähköä olisi tuotettava muilla tuotantomuodoilla. Se taas johtaisi sähkön markkinahintatason nousuun, koska lähes kaikki mahdollinen vesivoima on jo Pohjoismaissa rakennettu ja uusien lupien saaminen vesivoiman rakentamiselle näyttäisi tällä hetkellä olevan miltei mahdotonta. Tämän seurauksena sähköä jouduttaisiin tuottamaan ydinvoimaa kalliimmilla tuotantomuodoilla.

Sähköntuotantomuotojen kustannuksia on tutkittu Tarjanteen (03) raportissa, jossa eri tuotantomuotojen tuotantokustannukset on määritelty vuoden 2003 hintatasolla ja 8000 h huipunkäyttöajalla kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. Sähköntuotantokustannukset, muuttuvat ja kiinteät, vuoden 2003 hintatasolla. (Tarjanne 03)

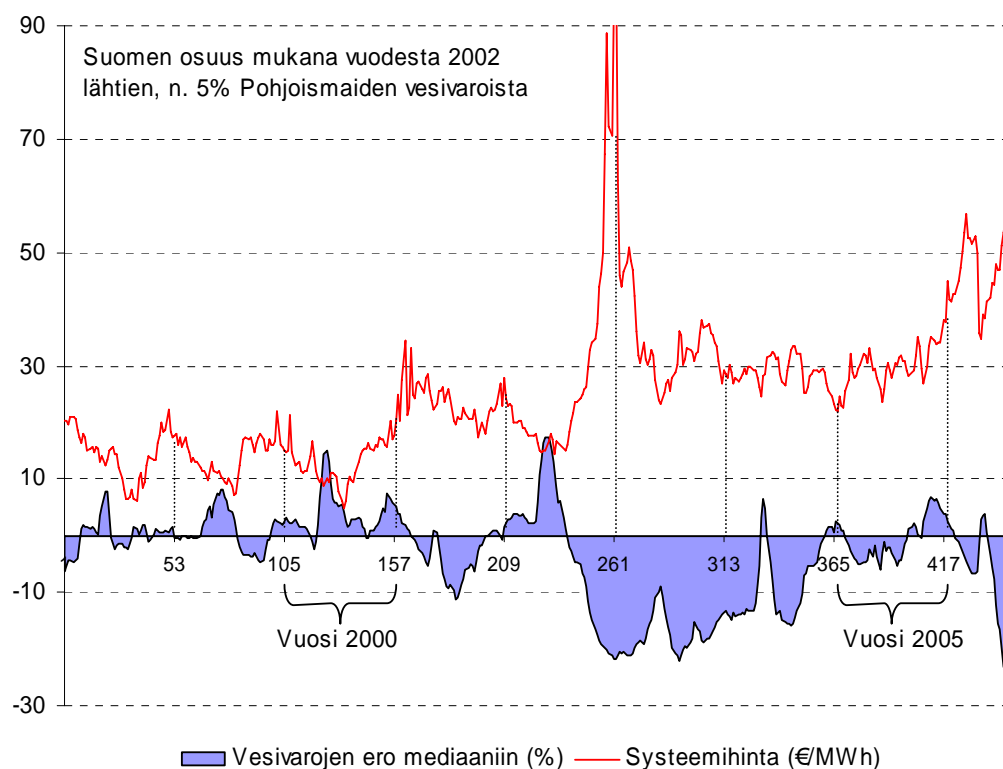
Kyseisissä kustannuksissa on mukana myös pääomakustannukset, joten sähköntuottaminen tulee kannattavaksi jo paljon edellä mainittuja hintoja alhaisemmalla sähkön hintatasolla, eli silloin kun markkinasähkön hinta ylittää tuotantomuotojen muuttuvat tuotantokustannukset.

Sähköä tuotetaan kysynnän tarpeen mukaisesti halvimmasta tuotantomuodosta alkaen ja periaatteessa sähkön hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan perusteella määräytyvän marginaalisen tuotantomuodon tuotantokustannusten suuruiseksi. Näin ollen eri tuotantomuotojen kapasiteetin riittävyys, vesivoimantuotannon kannalta oleellinen hydrologinen tilanne, polttoaineiden hinnat ja esimerkiksi voimalaitosten huoltoseisokit vaikuttavat sähkön markkinahinnan muodostumiseen. Seuraavissa luvuissa käsitellään näitä sähköntuotannon kautta markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä.

## **Hydrologinen tilanne ja vesivoimantuotanto**

Hydrologisella tilanteella tarkoitetaan tämänhetkisiä vesivarastoja ja odotettavissa olevaa lumen sulamista sekä sademäärää eli valumaa. Muun muassa näiden tekijöiden perusteella vesivoimantuottajat optimoivat tuotantoaan ja tarjoavat vesivoimalla tuotettua sähköä markkinoille. Noin puolet pohjoismaisesta sähköstä tuotetaan vesivoimalla ja vesivoiman vuosittaiset tuotantomäärät voivat vaihdella jopa 80 TWh verran huonon ja hyvän vesivoimavuoden välillä. (Hirvonen 03)

Vesivoima on kaikkein halvin sähköntuotantomuoto pohjoismaissa, joten sen osuudella kokonaistuotannosta on suuri vaikutus sähkön markkinahintatasoon. Kuvassa 9 on esitetty vesivarantojen ero niiden mediaaniin ja systeemihinta samalta ajalta. Mediaani on laskettu vuosien 1990-2003 väliseltä ajalta. Kuvasta nähdään, että systeemihinta on pysynyt alhaisena hyvinä vesivoimavuosina 98-01, kun taas talven 02-03 aikana systeemihinta nousi todella korkeaksi pitkään jatkuneen huonon hydrologisen tilanteen seurauksena. Vuoden 2005 korkea sähkönhinta selittyy hyvästä vesivoimatilanteesta huolimatta lähinnä päästökaupan alkamisella. Päästökaupan vaikutuksia sähkön markkinahintaan käsitellään myöhemmin luvussa 3.3.



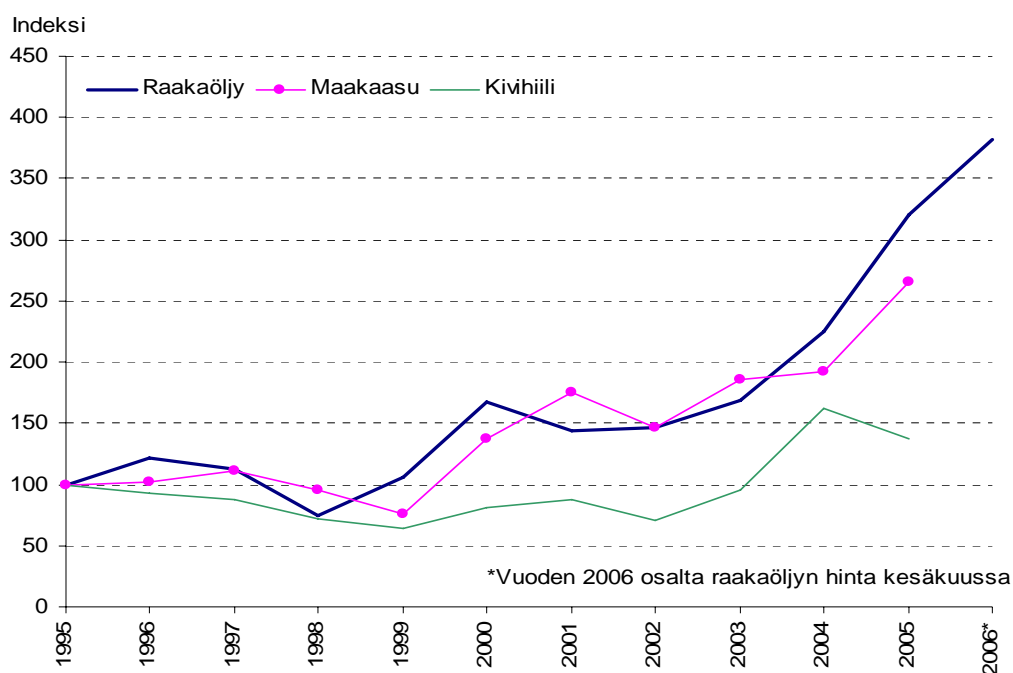
Kuva 9. Pohjoismaisten vesivarantojen ero mediaaniin ja systeemihinnan viikkokeskiarvo vuosilta 1998-2006, vuoden 2006 osalta viikkoon 34 asti. (Nord Pool)

Vesivoimantuotannon suuri määrä vaikuttaa siis ratkaisevasti sähkön hinnan muodostumiseen Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Suurimman yksittäisen merkityksen vesivoimantuotannon määrälle antaa talven aikana kertyneiden lumien sulamisvesien kokonaismäärä ja seuraavaksi eniten merkitsee syksyn aikaiset sateet. Osa veden valumasta voidaan varastoita luonnollisiin järviin tai padottuihin keinoaltaisiin ja käyttää myöhemmin vesivoimantuotantoon. Altaiden valuma, täyttöaste sekä pinnankorkeuteen ja juoksutukseen liittyvät ehdot määrittävät kuitenkin pienimmän sallitun ja mahdollisen juoksutuksen altaista. Täten koko altaiden kapasiteetti ei ole jatkuvasti tuotannon saavutettavissa. Osa vesivoimantuotannosta koostuu niin sanotuista jokivoimalaitoksista, joilla ei ole kooltaan merkityksellistä yläallasta. Tämän tyyppiset voimalaitokset tuottavat sähköä joen kunkin hetken virtaaman määrämällä tavalla. Jokivoimalaitosten tuotanto yhdessä altaiden veden minimijuoksutuksen kanssa muodostavat niin sanotun pakkovesivoimantuotannon, joka tarjotaan aina kokonaisuudessaan markkinoille. (Hirvonen 03)

Vesivoimalla tuotetun energian hinta määritellään veden varastoarvon eli vesi-arvon perusteella. Vesi-arvo riippuu pääasiassa olemassa olevista vesivarastoista, tulevaisuuden valumasta ja sähkön hinnan ennusteista. Mikäli sähkön markkinahinta ylittää vesi-arvon, kannattaa vesivoiman tuottajan myydä sähköä pörssiin. (Kara 04)

### Polttoaineiden hinnat

Karkeasti arvioiden noin neljäsosa pohjoismaisesta sähköstä ja noin puolet Suomen tuotannosta tuotetaan fossiililla polttoaineilla. Täten polttoaineiden hinnoilla on myös varsin suuri merkitys sähkön hintatasoon. Polttoaineiden hintojen noustessa nousevat samalla myös sähköntuotannon kustannukset. Kuvassa 10 on esitetty raakaöljyn, maakaasun ja kivihiilen maailmanmarkkinahintojen kehitys suhteutettuna vuoden 1995 hintatasoon nähden.



Kuva 10. Polttoaineiden hintojen kehitys suhteutettuna vuoden 1995 tasoon. (Bp 06)

### 3.1.3 Markkinahinnan muodostuminen sähköpörssissä

Sähköpörssissä fyysistä sähkökauppaa käydään Spot-markkinoilla, jotka kehitettiin markkinaosapuolten sähkön tilapäiskaupan tarpeen kattamista ja uskottavan referenssihinnan muodostumista varten. Fyysinen pörssisähkökauppa johtaa aina sähkön toimitukseen ja tämän takia fyysisten markkinoiden osapuolilla täytyy olla yhteys sähköverkkoon toimituksia varten (Nord Pool 06a). Spot-markkinoilla käydään kauppaa vuorokauden jokaisen tunnin osalta. Kaupankäynnin yhteydessä lasketaan systeemihinta, jota käytetään referenssihintana sähköpörssin finanssimarkkinoilla, tase- ja säätösähkökaupassa ja OTC-markkinoilla eli pörssin ulkopuolisilla markkinoilla. (Partanen 05)

Spot-markkinat on jaettu kahteen kaupankäyntimekanismiin, Elspot- ja Elbas-markkinoihin. Elspot-markkinoilla osto- ja myyntitarjoukset tehdään suljettuna kaupankäyntikierroksena kerran päivässä ja tämän kaupankäyntikierroksen perusteella muodostetaan yksi markkinahinta eli systeemihinta. Elbas-markkinat tarjoavat mahdollisuuden kaupankäyntiin vielä tuntia ennen käyttötuntia. Elbas-markkinat toimivat Suomessa, Ruotsissa ja Itä-Tanskassa ja niitä pitää yllä Nord Pool Finland.

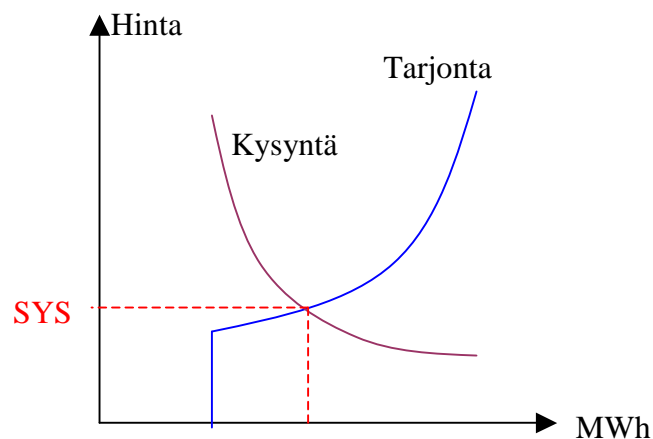
#### **Elspot**

Elspot-markkinoilla kaupankäynnin kohteena on 0,1 MWh:n kiinteä sähköntoimitus ja sen kerrannaiset koskien seuraavan päivän tunteja 01-24. Kaupankäynti Elspot-markkinoilla tapahtuu suljettuna kaupankäyntikierroksena, mikä tarkoittaa sitä, etteivät kaupankäynnin osapuolet tiedä toistensa tarjouksista. Tarjoukset on jätettävä päivittäin kello 13.00 mennessä, jonka jälkeen niiden perusteella muodostetaan systeemihinta ja tarvittaessa siirtokapasiteetti rajoitteiden seurauksena aluehintoja. Tarjoukset tehdään rajatarjouksina hinnan ja määrän suhteen. Tarjouksen tulee sisältää vähintään suurin mahdollinen osto- tai myyntivolyymi ja sille hinta, sekä myös pienin mahdollinen osto- tai myyntivolyymi ja sen rajahinta. Samalle tunnille on mahdollista tehdä ainoastaan osto- tai myyntitarjouksia. (Nord Pool 06a)



Tämän lisäksi markkinoilla on tarjolla blokkituotteita ja joustavia seuraavan vuorokauden kaikki tunnit kattavia tuotteita. Blokkituotteet on jaettu vuorokauden tuntien osalta seuraavanlaisiin osiin: 01-07, 08-18, 19-24, 8-24 ja 1-24. Blokkitarjoukset vaativat toteutuakseen hinta- ja volyymikriteerien täydellisen toteutumisen. (Partanen 05)

Tarjousten jättämisen jälkeen osto- ja myyntitarjoukset järjestetään suuruusjärjestykseen omiksi kysyntä- ja tarjontakäyriksi. Niiden perusteella lasketaan tuntikohtainen systeemihinta, jonka muodostumisessa ei oteta huomioon siirtoverkon rajoitteita. Päivittäinen systeemihinta on vuorokauden kaikkien tuntien systeemihintojen volyymipainottamaton keskiarvo. Kuvassa 11 on esitetty systeemihinnan muodostuminen kysyntä- ja tarjontakäyrien perusteella.

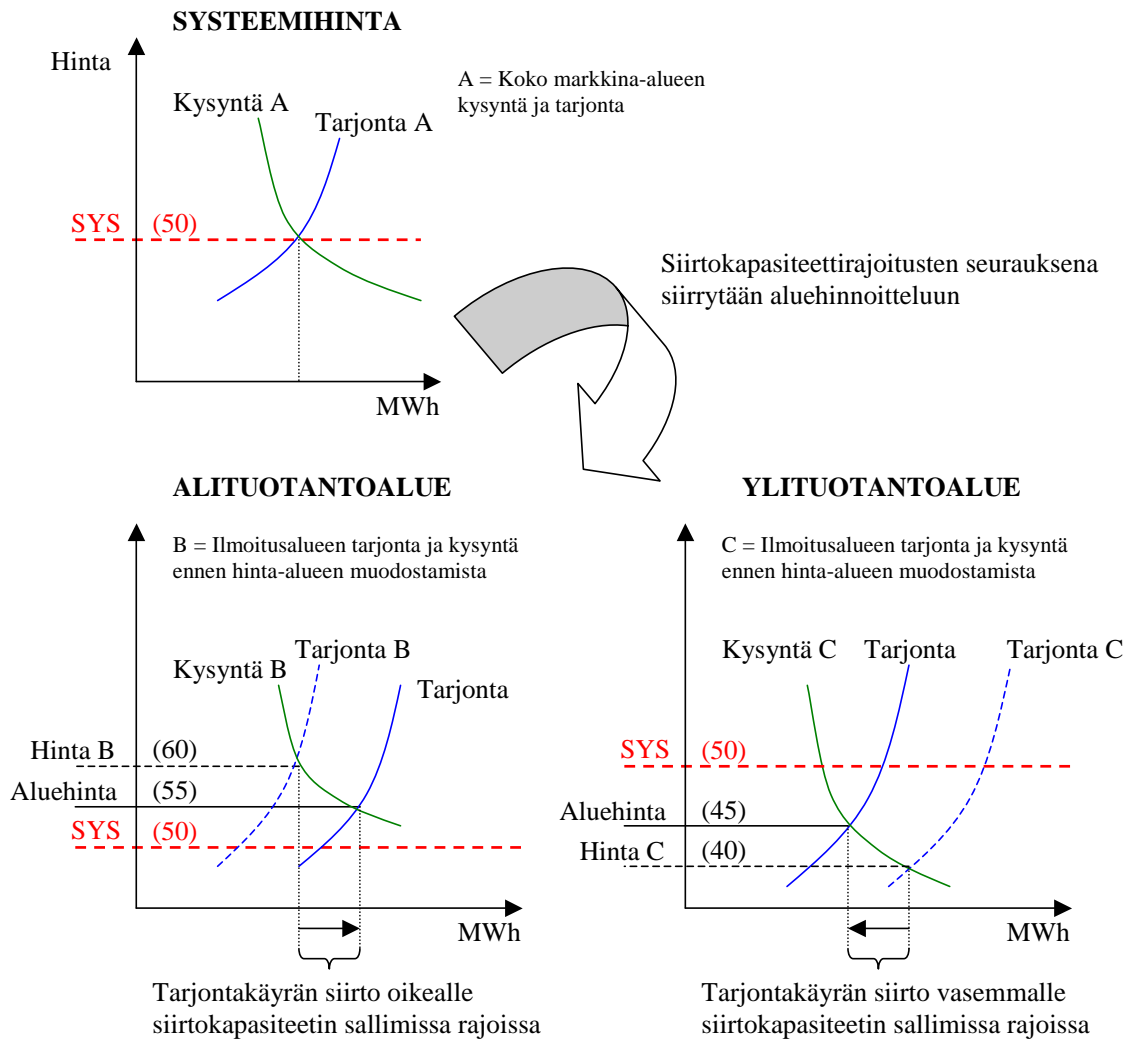


Kuva 11. Systeemihinta muodostuu kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteen määräämälle tasolle. (Nord Pool 06a)

Mikäli tarjolla oleva siirtokapasiteetti ei riitä kattamaan pörssikaupankäynnin tarpeita, selvittävät järjestelmävastaavat pullonkaulatilanteen joko vastaostoilla tai antamalla Nord Poolille tehtäväksi jakaa markkinat hinta-alueisiin. Maantieteellisesti pohjoismaiset sähkömarkkinat on jaettu kuuteen hinta-alueeseen, jotka ovat Suomi (FI), Ruotsi (SE), Etelä-Norja (NO1), Pohjois-Norja (NO2), Länsi-Tanska (DK1) ja Itä-Tanska (DK2). Tämän lisäksi Pohjois-Saksan KONTEK-ilmoitusalue huomioidaan systeemihinnan muodostamisessa siirtokapasiteetin sallimissa rajoissa. (Mattila 06, Kara 05)

Vastaostotilanteessa tarvittava teho pyritään ostamaan säätösähkömarkkinoilta, mikäli tämä ei onnistu niin järjestelmävastaava pyytää pullonkaulan eri puolilla olevia osapuolia vähentämään sähkön tuotantoa tai kulutusta annettujen tarjousten perusteella. Järjestelmävastaava maksaa vastaostot ja näin ollen pullonkaulat eivät näy sähkön markkinahinnassa. Aiheutuvat kustannukset kerätään kantaverkon asiakkailta osana muita maksuja. (Kara 05)

Jos pullonkaula selvitetään hinta-alueella, Nord Pool laskee aluehinnan, joka on ylituotantoalueella systeemihintaa matalampi ja alituotantoalueella systeemihintaa korkeampi. Aluehintatilanteessa siirtokapasiteettirajoituksesta aiheutuvat kustannukset siirtyvät sähkön markkinahintaa ja näin ollen markkinaosapuolten maksettaviksi. Kuvassa 12 on esitetty aluehinnan muodostuminen yli- ja alituotantoalueilla. Alituotantoalueen tarjontakäyrää siirretään oikealle olemassa olevan siirtokapasiteetin verran ja tämän seurauksena alituotantoalueen hinta laskee ollen kuitenkin systeemihintaa korkeampi. Ylituotantoalueen hinta vastaavasti nousee tarjontakäyrän siirron verran, mutta on kuitenkin systeemihintaa matalampi. Kuvassa 12 pelkkä tarjonta tarkoittaa siis tilannetta, jossa sekä yli- että alituotantoalueiden kysyntä ja tarjonta on tasapainotettu siirtämällä tarjontakäyrää siirtokapasiteetin verran. (Kara 05, Mäkelä 05)



Kuva 12. Aluehinnan muodostuminen hinta-alueiden välisten siirtokapasiteettirajoitusten seurauksena. Ylituotantoalueen hinta laskee ja alituotantoalueen hinta nousee systeemihiintään nähden.

Pääperiaatteena pullonkaulojen selvittämiseksi on, että hinta-alueita käytetään kun pullonkaula on rakenteellinen ja esiintyy ennalta määrättyjen alueiden välillä. Eli käytännössä maiden välisten pullonkaulojen hoitamiseen, sekä sisäisesti muutamien alueiden välillä Norjassa. Vastaostoja käytetään kun pullonkaulat esiintyvät hinta-alueiden sisällä tai käyttötunnin aikana. (Kara 05)

## Elbas

Elbas-markkina on Elspot-markkinan jälkimarkkina, joka tarjoaa mahdollisuuden jatkuva-aikaiseen kaupankäyntiin 24 tuntina päivässä ympäri vuoden. Elbas markkinoilla

käydään kauppaa fyysisestä sähkötoimituksesta tunneille, jotka ovat jo olleet Elspot kaupankäynnin kohteina. Kaupankäyntiyksikkönä Elbas-markkinoilla on 1 MWh ja sen kerrannaiset. Seuraavan päivän tunnit avautuvat kaupankäynnille kello 15.00, minkä seurauksena kaupankäynnin kohteena ovat aina vähintään seuraavat 8 ja enintään seuraavat 32 tuntia. Kaupankäynti on mahdollista vielä tuntia ennen toimitustunnin alkua. (Mäkelä 05, Nord Pool 06a)

Elbas-markkinoita pitää yllä Nord Pool Finland Oy ja markkinoilla on hieman yli 30 osapuolta Suomesta, Ruotsista ja Itä-Tanskasta. Pohjois-Saksan KONTEK alue liitettiin elbas-kaupan piiriin 25.9.2006. Kauppaa käydään reaaliaikaisen kaupankäyntijärjestelmän kautta ja kaupat syntyvät aina osto- ja myyntitarjousten kohdatessa. Mikäli siirtoalueiden välillä ei ole siirtorajoitteita, ovat kaikkien kolmen alueen nimettöminä tehdyt tarjoukset kaikkien markkinaosapuolten ulottuvilla. (Nord Pool 06a)

### **3.2 Markkinoiden toimivuus**

Tässä kappaleessa käsitellään sähkömarkkinoiden toimivuutta ja mietitään vaikuttaako markkinoiden toimivuus sähkön hinnan muodostumiseen ja esiintyykö markkinoilla markkinavoiman käyttöä. Markkinavoiman käytöllä tarkoitetaan tilannetta, jossa yritys joko vähentää tuotantoaan tai nostaa tarjontahintojaan tarkoituksena korottaa markkinahintatasoa (Hirvonen 03).

#### **3.2.1 Keskittyneisyys**

Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden suurimpia ongelmia on keskittyneisyys, sillä muutamat suuret toimijat hallitsevat sähkömarkkinoita (Kara 05). Mitä suuremman markkinaosuuden jokin yksittäinen yhtiö omistaa, niin sitä helpompi sen on toimillaan vaikuttaa markkinoiden hintatasoon.

Taulukossa 1 on esitetty neljän suurimman sähköntuottajan osuudet pohjoismaiden tuotannosta vuodelta 2004 sekä tuotannon osuudet maiden sisäisestä tuotannosta vuodelta

2003. Kaksi suurinta yhtiötä omistavat noin 40 % pohjoismaisesta tuotantokapasiteetista ja neljä suurinta yhdessä yli puolet tuotantokapasiteetista. Keskittyneisyys ei ole kuitenkaan ongelma silloin, kun pohjoismaat toimivat yhtenä hinta-alueena (Mathess 05).

Keskittyneisyys on suurempi ongelma silloin, kun pörssin alueella esiintyy erillisiä hinta-alueita. Esimerkiksi omana hinta-alueena toimittaessa Ruotsin markkinat ovat huomattavan keskittyneet (Matthes 05). Vattenfallin lisäksi kaksi seuraavaksi suurinta tuottajaa, Fortum ja Sydkraft, omistavat molemmat noin 20 % tuotantokapasiteetista, joten Ruotsissa kolme suurinta tuottajaa omistavat noin 90 % tuotantokapasiteetista.

Taulukko1. Suurimpien sähkötuottajien markkinaosuudet pohjoismaisesta sähköntuotannosta vuonna 2004 (Kara 05) sekä osuus maiden sisäisestä tuotannosta vuodelta 2003 (Amundsen 05).

Yhtiö (maa)	%-osuus maan sisäisistä markkinoista (2003)	%-osuus pohjoismaisista sähkömarkkinoista (2004)
Vattenfall (Ruotsi)	47	24
Fortum (Suomi)	29	15
Statkraft (Norja)	27	9
E.ON	-	9

### 3.2.2 Kysynnän hintajousto

Kysynnän hintajoustavuus on myös yksi markkinavoimien käytön mahdollistavista tekijöistä. Mikäli kysyntä on hyvin hintajoustavaa, eli reagoi herkästi hinnanmuutoksiin, niin hintojen nostamisella tai tarjonnan vähentämisellä ei välttämättä saavuteta tulojen kasvua, koska menetetyt myyntitulot ovat suuremmat kuin markkinahinnan noususta aiheutuva hyöty. (Hirvonen 03)

Hirvosen (03) mukaan sähkön kysyntä Pohjoismaissa on hyvin hintajoustamatonta keskipitkällä aikavälillä ja lyhyellä aikavälillä se on lähes täysin hintajoustamatonta. Etenkin huippukysyntätilanteissa yritykset, joilla on varakapasiteettia voivat nostaa markkinahintaa rajoittamalla tuotantoaan ilman, että korotus toisi lisätarjontaa markkinoille muiden yritysten toimesta. Toisaalta pitää muistaa, että hyötyväthän

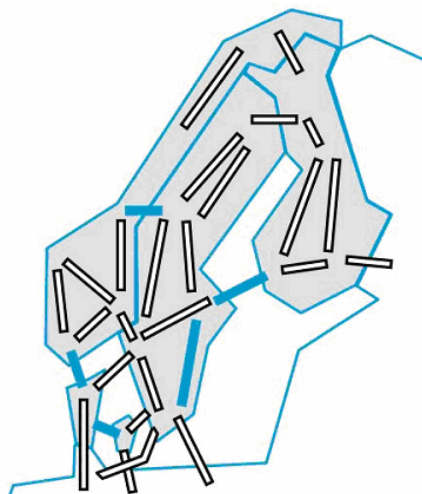
muutkin yritykset tästä markkinahinnan noususta vastaavasti kuin hintoja nostanut yritys, joten lisätarjontaa ei välttämättä esiintyisi vaikka siihen olisi edellytyksiä.

Kysynnän määrällinen joustamattomuus on pitkälti seurausta loppuasiakkaiden sähköhinnoittelusta. Kiinteähintaiset sähkö sopimukset ovat varsin yleisiä, eikä niiden omistajalla ole tarvetta vähentää kulutustaan korkeiden pörssihintojen aikana. (Keskikallio 03) Tämä taas tarkoittaa sitä, että korkeatkaan pörssihinnat eivät vähennä kulutusta, joten pörssikauppaa on käytävä myös korkeilla hinnoilla kulutuksen kattamiseksi. Yksi keino kysynnän hintajoustoparantamiseksi, on spot-hinnoitellut sähkö sopimukset. Ne vaativat kuitenkin toimiakseen reaaliaikaisen kulutusmittauksen sekä myös tiedot sähkön pörssihinnan kehityksestä asiakkaille, jotta niillä voitaisiin vaikuttaa kulutuksen määrään.

### **3.2.3 Siirtoverkon pullonkaulat**

Pohjoismaisessa sähkönsiirtoverkossa on niin sanottuja pullonkauloja, eli eräänlaisia nykytilanteeseen alimitoitettuja siirtoverkon osia, jotka rajoittavat sähkönsiirtoa eri hinta-alueiden välillä. Nämä maiden väliset pullonkaulat selvitetään aluehinnoittelulla. Aluehinnoittelutilanteissa yksittäisten toimijoiden markkinaosuudet kasvavat taulukon 1 mukaisesti merkittäviksi, joka taas mahdollistaa markkinavoiman käytön.

Kuvassa 13 on esitetty sähkönsiirtoverkon siirtoyhteydet, joissa esiintyy ajoittain kapasiteettirajoituksia. Tummennetut siirtoyhteydet ovat pahimpia ongelmakohtia, joiden parantamiselle on jo tehty aikataulut Nordelin toimesta. Nämä kohdat ovat Suomen ja Ruotsin välinen Fenno-Skan 2, Ruotsin ja Norjan välinen Nea-Järpströmmen, Ruotsin sisäinen Snitt 4, Norjan ja Tanskan välinen Skagerrak IV sekä Itä- ja Länsi-Tanskan välinen Great Belt. Siirtoyhteyksien vahvistusten pitäisi olla valmiit nykyisen aikataulun puitteissa seuraavasti: Fenno-Skan vuoden 2010 aikana, Nea-Järpströmmen vuoden 2009 kesällä, Snitt 4 vuoden 2012 loppuun mennessä, Skagerrak IV aikaisintaan vuoteen 2012 mennessä ja Great Belt vuoteen 2010 mennessä. (Nordel cs 06)



Kuva 13. Pohjoismaisen sähkösiirtoverkon pullonkaulat. Tummallalla on merkitty ne kohdat, joiden vahvistamiselle on olemassa aikataulut. (Nordel cross-section 06)

Nämä siirtoverkon vahvistukset tulevat parantamaan sähkömarkkinoiden toimivuutta, sillä vahvistusten seurauksena sähköä voidaan siirtää vapaammin hinta-alueiden välillä. Tämän seurauksena aluehinnoittelun tarve tulee vähentymään ja näin ollen markkinavoimien käytön mahdollisuus pienenee.

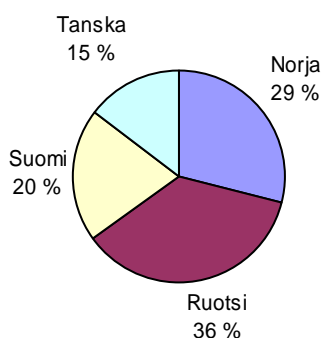
### 3.2.4 Sähköpörssin toimivuus

Hyvin toimivat sähkömarkkinat tarvitsevat hyvin toimivan sähköpörssin, jollaisena pohjoismaista sähköpörssiä Nord Poolia yleisesti pidetään. Nord Poolin systeemihintaa käytetään referenssihintana myös pörssin ulkopuolisessa kaupankäynnissä. (Kara 05)

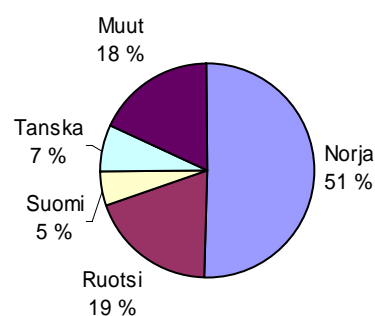
Sähköpörssissä käydään sekä fyysistä sähkökauppaa että myös kauppaa finanssituotteilla. Finanssituotteiden kaupankäynnin hoitaa Nord Pool ASA, jonka omistavat puoliksi Norjan ja Ruotsin kantaverkkoyhtiöt, Statnett SF ja Svenska Kraftnät AS. Nord Pool Spot AS hoitaa fyysisen sähkön kaupankäynnin ja sen omistajuus on jaettu pohjoismaisille kantaverkkoyhtiöille seuraavasti: Svenska Kraftnät 30 %, Statnett 30 %, Fingrid 20 % ja Energinet.dk 20%. (Kara 05)

Yhtenä pörssin toimivuuden mittarina voidaan pitää pörssin kaupankäyntivolyymeja. Kuvassa 14 on esitetty pörssin fyysisen kaupankäynnin volyyymi sekä finanssikaupankäynnin volyyymi vuoden 2005 osalta.

Fyysinen sähkökauppa 176 TWh



Finanssikauppa 786 TWh



Kuva 14. Nord Poolin fyysisen sähkökaupan sekä finanssikaupankäynnin volyymit vuodelta 2005. (Nord Pool annual report 05)

Fyysisen sähkökaupan volyyymi oli 176 TWh, joka vastaa noin 45 % koko pohjoismaiden kyseisen vuoden 2005 sähkönkulutuksesta. Finanssikaupankäynnin volyyymi oli noin kaksinkertainen alueen sähkönkulutukseen nähden. Tämän lisäksi pörssissä on noin 300 toimijaa, joista valtaosa tulee pohjoismaista. Pörssin osapuolina on myös toimijoita useista Euroopan maista ja jopa Yhdysvalloista. (Nord Pool)

### 3.3 Päästökaupan vaikutukset

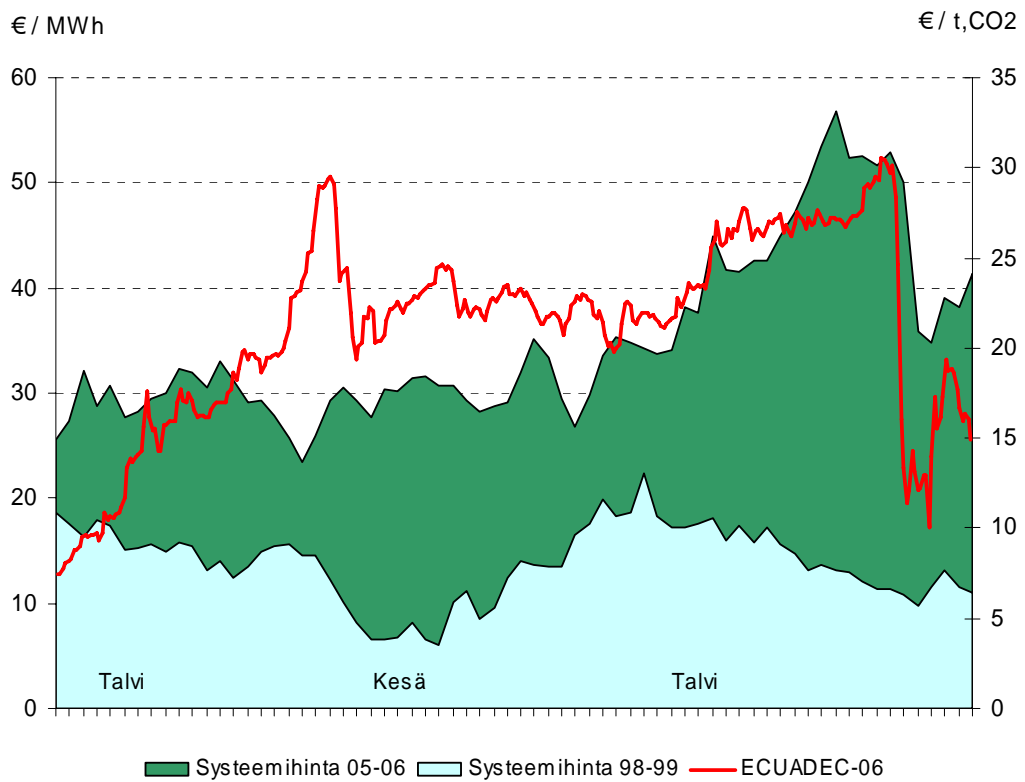
Vuoden 2005 alussa alkanut hiilidioksidin päästökauppa on tuonut sähkömarkkinoille uuden sähkön hintaan vaikuttavan tekijän. Päästökaupan perusajatuksena on muuttaa hiilidioksidipäästö kustannukseksi päästön aiheuttajalle ja tuoda siten konkreettinen taloudellinen kannuste päästöjen vähentämiseksi. Eri maissa, eri toimijoilla ja eri sektoreilla mahdollisuudet päästöjen vähentämiseen ja siten myös vähennystoimien kustannukset vaihtelevat suuresti. Päästöoikeuksien kaupattavuuden avulla kustannuksia voidaan tasata ja siten päästä mahdollisimman edulliseen tapaan saavuttaa tietty kokonaisvähennys. (Kara 04)



Päästökauppa on alettuaan nostanut markkinasähkön hintaa selvästi, mutta vaikutuksen suuruutta on vaikea sanoa tarkasti. Keskimääräisen sähkön hinnan nousun on arvioitu olevan vuoden jokaiselle tunnille noin 0,74 €/MWh jokaista päästöoikeuden hiilidioksidin hinnan 1 €/t kohden. Tällä hinnannousun arviolla päästöoikeuden hinnan ollessa 5-30 €/t, nousee sähkön keskihinta noin 5-20 €/MWh. Myös kuvassa 8 esitetyissä sähköntuotantokustannuksissa on laskettu arvio päästökaupan vaikutuksista tuotantokustannuksiin. (Koljonen 04)

On kuitenkin hyvä muistaa, että suurin osa pohjoismaisesta sähköstä tuotetaan vesi- ja ydinvoimalla, jotka ovat päästöttömiä tuotantomuotoja. Niillä tuotettuun sähköön päästökaupan alkaminen ei ole tuonut lisäkustannuksia. Sen lisäksi suurin osa jaettavista, Suomessa kaikki päästökauppalaain 15§:n perusteella, päästöoikeuksista jaetaan toimijoille ilmaiseksi. Syy ilmaiseen päästöoikeuksien alkujakoon on se, että jos hiilidioksidipäästöt muuttuisivat maksullisiksi vain EU:n alueella, aiheutuisi tästä EU:n kansainväliselle kilpailukyvyille ja siten koko EU-alueen kansantaloudelle erittäin suuria haitallisia vaikutuksia. (Kara 05; Kara 04)

Kuvassa 15 on esitetty vuoden 2006 päästöoikeuden hintakehitys päästökaupan alkamisesta vuoden 2006 kesäkuuhun asti, sekä systeemihinta samalta ajanjaksolta. Vertailun vuoksi kuvassa on myös systeemihinta samanmittaiselta ajanjaksolta ennen päästökaupan alkamista vuosilta 1998-1999, joiden aikana hydrologinen tilanne vastasi suunnilleen tarkastelujakson 2005-2006 tilannetta. Ensimmäisiä merkkejä päästökaupan korottamasta sähkön hintatasosta antoivat kesän 2005 pörssihinnat. Tällöin korkeat päästöoikeuksien hinnat pitivät pörssihinnan lähes edellisen talven tasolla. Päästöoikeuksien hintojen romahtaminen keväällä 2006 muutaman päivän aikana yli 30 €/t, CO<sub>2</sub> hintatasosta lähelle 10 €/t, CO<sub>2</sub> euron hintatasoa kansallisten päästöoikeuksien käyttötilastojen julkaisun yhteydessä osoittaa päästöoikeus markkinoiden olevan vielä varsin epäkypsät. Kuvasta 15 huomaamme myös, että päästöoikeuksien hintojen romahtamisen jälkeen myös systeemihinta tippui yli 50 €/MWh tasolta hetkellisesti jopa 35 €/MWh hintatasolle.



Kuva 15. Päästöoikeuksien hintojen kehitys vuoden 2005 alusta vuoden 2006 kesäkuulle, sekä systeemihinta vastaavalta ajalta ja vertailun vuoksi systeemihinta saman pituiselta ajanjaksolta vuosilta 1998-1999. (Nord Pool)

Varsin yleinen mielipide päästökaupasta näyttäisi vielä olevan, että päästöoikeusmarkkinat ovat vasta kehittymässä ja varsinaisten johtopäätösten tekeminen on vielä liian varhaista (Mattila 06).

## 4. Sähkökaupan riskit

Tässä kappaleessa pyritään tunnistamaan ja tarkastelemaan sähkömarkkinoilla ja sähkökaupassa esiintyviä yleisimpiä riskejä ja käymään läpi niiden hallintamahdollisuuksia. Sähkömarkkinoiden riskit voidaan jakaa sähkökaupassa esiintyviin markkinariskeihin ja muihin riskeihin kuvan 16 mukaisesti.



Kuva 16. Sähkömarkkinoilla esiintyviä riskejä.

### 4.1 Markkinariskit sähkökaupassa

Markkinariskit voidaan jaotella edelleen kuvan 16 mukaisesti hinta-, aluehinta-, profiili-, likviditeetti-, volyymi-, vastapuoli-, valuutta- ja termiinhintariskeihin. Markkinariskit ovat seurausta sähkömarkkinoilla käytävän kaupanteon epävarmuuksista. Osa riskeistä liittyy tuotteiden kysynnän sekä tarjonnan epävarmuuksiin ja osa itse kaupankäynnin puitteisiin sekä toimintatapoihin. Markkinariskit ovat kaksipuolisia riskejä, eli ne sisältävät tappion uhan lisäksi aina myös voiton mahdollisuuden. (Rinta-Runsala 99)

### 4.1.1 Hintariski

Suurin yksittäinen riskitekijä sähkömarkkinoilla on sähkön markkinahinnan epävarmuus (Rinta-Runsala 99). Sähkön hinnan volatilitteetti, eli hinnan heilahtelu, on ollut varsin suurta sähkömarkkinoiden vapauttamisen jälkeen. Mikäli sähkön myyntiä ja hankintaa ei suojata oikein, voivat hinnanmuutokset aiheuttaa suuria tappioita. Toisaalta hinnanmuutokset eli hintariski voi kehittyä myös toimijan kannalta edulliseen suuntaan ja toteutua toimijan kannalta positiivisena tuloksena.

Markkinahinnan heilahtelut johtuvat useista eri asioista kuten esimerkiksi säätilasta, päästökaupasta, polttoaineiden hinnoista ja markkinaosapuolten odotuksista. Sähkön markkinahinnan heilahtelut voivat olla suuria sekä varsin lyhyellä aikavälillä että myös vuosittaisella tasolla. Hintariski voi siis olla sekä lyhyt- että pitkäaikaista. Lyhytaikainen hintariski muodostuu sähkökaupan yhteydessä markkinahinnan suurista päivittäisistä ja jopa päivän sisällä tuntitasolla tapahtuvista hinnanvaihteluista. Lyhytaikainen hintariski kohdistuu toimijoiden avoimeen positioon, joka on se osa sähkön toimituksesta, jolle ei ole ennalta määritelty hintaa erilaisten sopimusten kuten kiinteiden sähköntoimitussopimusten tai johdannaisten avulla. Pitkäaikainen hintariski taas muodostuu juuri näiden pitkäaikaisten kiinteähintaisten toimitussopimusten sekä johdannaissopimusten vaikutuksesta.

Hintariskiltä voidaan suojautua sähköpörssin johdannaissopimuksilla tai OTC-markkinoilla tarjolla olevilla kahdenkeskeisillä sähkö- ja johdannaiskaupoilla. Edellä mainittuja suojautumistapoja käsitellään tarkemmin käytännön riskienhallintaa käsittelevässä kappaleessa 5.

### 4.1.2 Basis- eli aluehintariski

Basis-riskillä tarkoitetaan tilannetta, jossa suojaustuote ei täysin suojaa suojattavaa kohdetta (Hull 03). Termiinimarkkinoilla basis-riskillä tarkoitetaan käytettävän referenssihinnan ja toteutumishinnan välistä erotusta (Mäkelä 05). Basis-riski voi

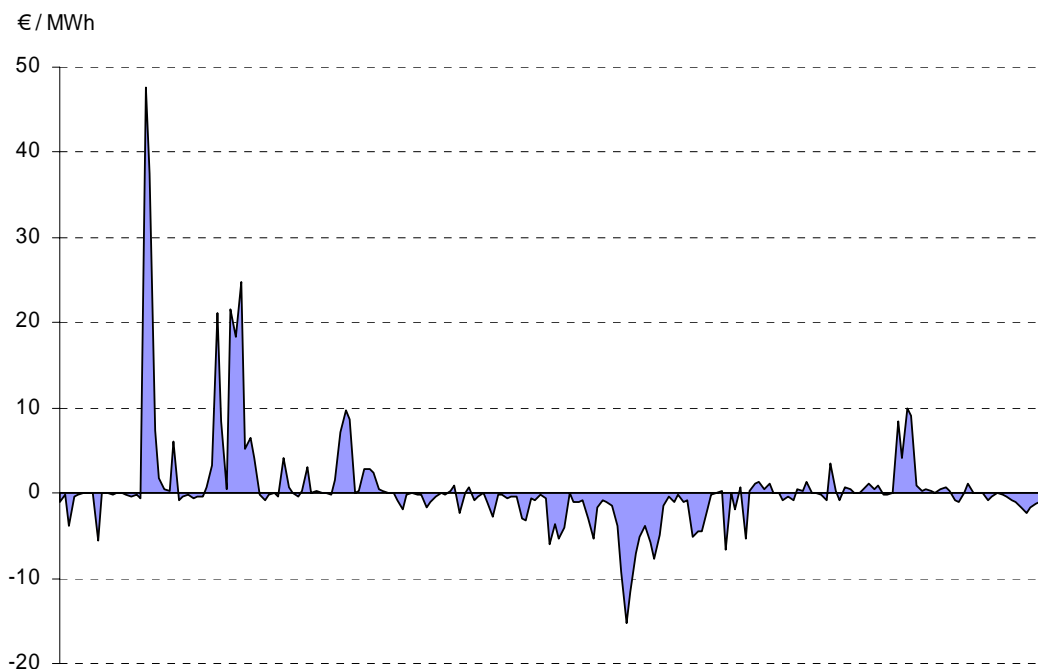
aiheutua suojausinstrumentin ja suojattavan tuotteen eroavuuksista tai aikaan ja paikkaan liittyvistä eroavuuksista.

Suojausinstrumentin ja suojattavan tuotteen eroavuuksilla tarkoitetaan sitä, etteivät niiden ominaisuudet vastaa täysin toisiaan. Tällaisia eroavuuksia voi syntyä tilanteessa, jossa suojaustuotteen likviditeetti eli markkinauskottavuus on heikko. Ongelmia suojaustuotteen toimivuudessa aiheuttaa myös se, jos suojaustuotteen ja suojattavan tuotteen markkinahinnat kehittyvät toisistaan riippumattomina. Ajalliset eroavaisuudet johtuvat suojausinstrumentin ja suojattavan tuotteen ajallisesta poikkeavuudesta toisiinsa nähden. Tällainen tilanne voi syntyä, mikäli suojataan eri ajanjakson suojausinstrumentilla toisen ajanjakson tuotetta ja oletetaan, että eri aikajaksojen markkinahinnat korreloituvat keskenään. Mikäli näin ei kuitenkaan käy, altistutaan basis-riskille. (Anttalainen 01)

Basis-riskin yleisin ilmenemismuoto sähkökaupan yhteydessä on aluehintariski. Aluehintariski on seurausta sähköpörssin siirtoalueiden välisistä riittämättömistä siirtokapasiteeteista ja se liittyy kaupankäyntiin sähköpörssissä (Rinta-Runsala 99). Kaupankäynnin seurauksena sähköä voidaan haluta siirtää verkkoalueiden välillä enemmän, kuin mitä käytössä olevan siirtokapasiteetti sallii. Tällaiset tilanteet johtavat joko kantaverkkoyhtiöiden vastaostoihin tai pörssissä hinta-alueisiin siirtymiseen. Aluehinnoittelussa ylituotantoalueen hintaa lasketaan ja alituotantoalueen hintaa vastaavasti nostetaan, jotta kysyntä ja tarjonta saadaan tasapainotettua.

Kuvassa 17 on esitetty Suomen hinta-alueen hinnan ero systeemihintaan vuoden 2006 alusta heinäkuun loppupuolelle asti. Kuvasta nähdään, että Suomen aluehinta on ollut alkutalven aikana useampaan otteeseen huomattavasti systeemihintaa korkeampi. Tällaisina hetkinä aluehintariski konkretisoituu niille toimijoille, jotka ovat tehneet sähkönhankinnan johdannaissuojaukset systeemihintaisina. Fyysinen sähkönhankinta pörssistä toteutetaan aina aluehintaisena, joten systeemihintaiset suojaukset eivät kata koko sähkökauppaa silloin, kun aluehinta eroaa systeemihinnasta. Toisaalta ne toimijat jotka ovat varmistaneet myyntihintansa systeemihintaisilla johdannaissuojauksilla

hyötyvät kyseisistä tilanteista, koska Suomen aluehinnan ollessa systeemihintaa korkeampi, saavat myyjät enemmän myyntituottoja suojattuun myyntihintaan nähden.



Kuva 17. Suomen aluehinnan ero systeemihintaan nähden ajalta 1.1.-27.7.2006. (Nord Pool)

Aluehintariskiltä voidaan suojautua käyttämällä pörssin siihen tarkoitukseen kehitettyä johdannaistuotetta, joista kerrotaan enemmän johdannaistuotteita käsittelevässä kappaleessa 5.2.1. Toinen vaihtoehto aluehintariskiltä suojautumiselle, on sen välttäminen. Mikäli suojaukseen ei käytetä systeemihintaan sidottuja tuotteita vaan kaikki kaupat tehdään aluehintaisten, ei aluehintariskiä synny lainkaan. Tällainen kaupankäynti on mahdollista OTC-markkinoilla.

#### 4.1.3 Likviditeettiriski

Likviditeettiriskillä tarkoitetaan sähkömarkkinoilla tilannetta, jossa sähkön hinta ei muodostu markkinaehtoisesti. Likviditeettiriskiä esiintyy markkinoilla, mikäli suuret kaupat voivat vaikuttaa sähkön yleiseen hintatasoon. Lisäksi suurten toimijoiden väliset mahdolliset äänettömät sopimukset voivat vaikuttaa markkinoilla vallitsevaan

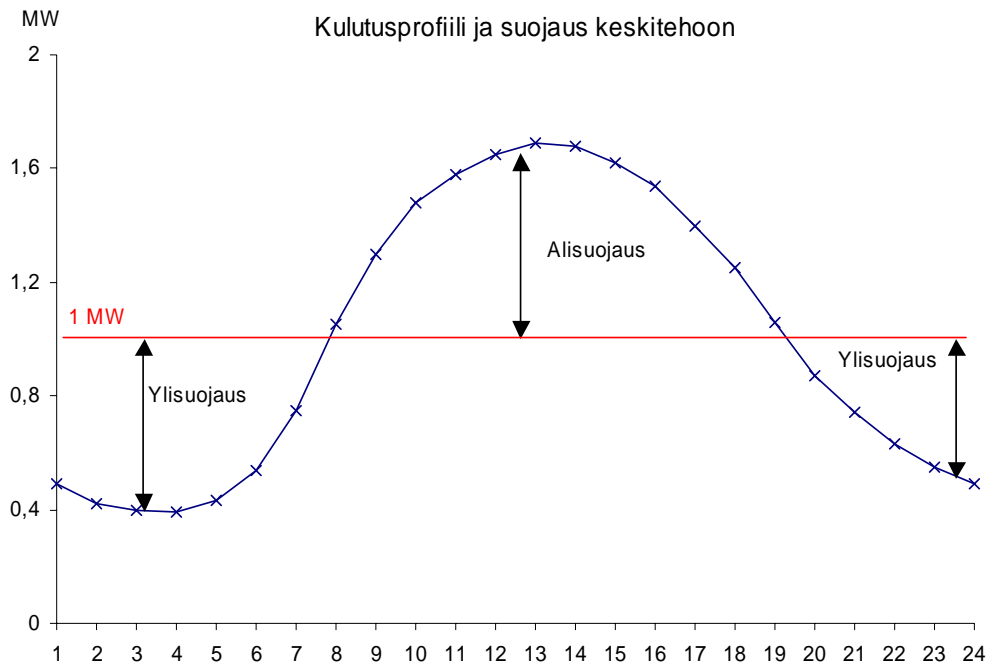
hintatasoon. Tämä taas vaikuttaa siihen, etteivät toimijat välttämättä pysty toteuttamaan haluamiansa suojauksia ilman, että niistä aiheutuu kohtuuttomia kustannuksia. Markkinoiden ohuus näkyy usein myös myynti- ja ostotarjousten välisen hinnan suurena erona.

Hull (03) määrittelee likviditeettiriskin riskiksi, joka toteutuu jos markkinoilta ostettua tuotetta ei ole mahdollista myydä takaisin markkinoille sen teoreettisella hinnalla. Eli käytännössä likviditeettiriski toteutuu, mikäli pörssituotteiden hinnanmuodostumien ei tapahdu markkinaehtoisesti eli markkinoilla ei käydä tarpeeksi kauppaa, eikä siellä ole riittävästi kauppaa käyviä osapuolia.

Nord Poolissa tuotteiden likviditeettiä on pyritty takaamaan erityisten markkinatakaajien avulla. Markkinatakaajat tekevät tuotteista joka hetki osto- ja myyntitarjouksia tiettyjen rajojen sisällä. Markkinatakaajat hyötyvät toiminnastaan alennettujen pörssimaksujen vaikutuksesta. Markkinatakaajien käyttö varmistaa tuotteiden kaupattavuuden milloin tahansa kohtuulliseen hintaan, tämän seurauksena esimerkiksi epäsuotuisan johdannaistuotteen voi sulkea milloin tahansa kohtuullisella hinnalla. Nord Poolissa ei kuitenkaan ole yhtään Suomalaista markkinatakaajaa (Nord Pool).

#### **4.1.4 Profiiliriski**

Toinen basis-riskin ilmenemismuoto sähkökaupassa on profiiliriski, joka esiintyy suojattaessa profiililtaan epätasaisia sopimuksia. Useimmiten loppukäyttäjien kulutusprofiilit vaihtelevat ajan suhteen, ollen eritehoisia esimerkiksi arkipäivällä tai viikonloppuyönä ja myös päivän sisällä tuntien väliset vaihtelut voivat olla suuria. Tämän seurauksena myyntimäärät eroavat toisistaan profiilin muutosten mukaisesti. Pörssin tarjoamat suojausinstrumentit ovat kuitenkin vakioitehoisia, joten niillä ei pystytä suojaamaan täydellisesti epätasaista kulutusprofiilia. Näin ollen suojaustuotteiden rakenteen ja muuttuvan profiilin seurauksena osa kulutusprofiilista on aina ali- tai ylisuojattua ja täten altistuu profiiliriskille. (Vesanto 01)



Kuva 18. Muuttuvasta kulutusprofiilista aiheutuva yli- ja alisuojaus, joiden aiheuttamat kustannukset muodostavat profiiliriskin.

Kuvassa 18 on havainnollistettu muuttuvasta kulutusprofiilista ja suojaustuotteen joustamattomuudesta aiheutuvat ali- ja ylisuojaukset. Profiiliriski voi toteutua alisuojatun kulutusprofiilin osalta hankintahinnan noustessa ja ylisuojatun profiilin osalta suojauksen aiheuttamista kustannuksista hankintahinnan laskiessa.

Profiiliriskin suuruuteen vaikuttaa siis suojauksen tehotaso ja hinta sekä toteutuvan sähköntoimituksen kulutusprofiili ja sähkön markkinahinta. Arvioitaessa profiiliriskin suuruutta, suojauksen tehotaso ja hinta ovat tiedossa heti kun suojaus toteutetaan, mutta toteutuva kulutus ja systeemi hinta on mallinnettava ennustuksiin perustuen. Näin ollen todellinen profiiliriski voidaan määrittellä vasta jälkikäteen, kun profiiliriski on jo toteutunut.

#### 4.1.5 Volyymiriski

Hankinnan ja myynnin määrät ja niiden pysyvyys muodostavat volyymiriskin sähkömarkkinaosapuolille. Volyymiriski toteutuu silloin kun hankinnan ja myynnin



määrät eroavat toisistaan, eli kun toteutunut hankinta ja myynti eivät ole tasapainossa. Sähkön hankinnan ja myynnin tulisikin olla joka hetki samoja, jottei volyyimiriskiä esiintyisi. (Rinta-Runsala 99)

Volyyimiriski voi toteutua myynnin määrän pienenemisenä asiakkaiden vaihtaessa toimittajaa. Sähkönkäyttäjän sopimuksen irtisanomisaika on nykyään kaksi viikkoa (Sähkömarkkinalaki), joten periaatteessa liian korkeat hinnat saattavat johtaa suurienkin asiakasmäärien menetykseen pienen ajan sisällä. Myynnin volyyimiriski toteutuu myynnin tuoton laskuna ja lisääntyneenä fyysisen sähkön myyntinä. Hankinnan kannalta volyyimiriski toteutuu yleensä jonakin muuna riskinä, kuten hintariskinä, sillä sähköä saadaan aina tarvittaessa ostettua lisää pörssistä.

Toteutunut volyyimiriski selviää vasta sähkön toimituksen jälkeen, kun todellinen kulutus on tiedossa (Lepistö 03). Toteutuneen kulutuksen ja hankinnan välinen fyysinen epätasapaino korjataan tasesähköllä, joten volyyimiriskin toteutuminen aiheuttaa aina myös tasesähköriskin. Tasesähkö on aina vähintään volyyimimaksun verran spot-sähköä kalliimpaa.

Volyyimiriskiltä voidaan suojautua tarkentamalla kulutus- ja myyntiennusteita lähestyttäessä toimitushetkeä. Ennusteiden ongelmana on kuitenkin niiden luotettavuus. Mitä pidempiaikaisia ennusteita tehdään, niin sitä epäluotettavampia ne ovat. Juuri ennen toimitushetkeä tapahtuvat suuret muutokset sähkön hinnassa voivat realisoitua ikävällä tavalla, mikäli volyyimiriskin toteutumisen seurauksena sähköä joudutaan hankkimaan kovaan hintaan tai vastaavasti myymään alle omien tuotanto- tai hankintakustannusten.

#### **4.1.6 Valuuttariski**

Valuuttariski aiheutuu valuuttakurssien heilahteluista. Pörssikauppaa voidaan käydä Norjan, Tanskan ja Ruotsin kruunuilla sekä euroilla. Sähkömarkkinoiden valuuttariski poistui suomalaisilta toimijoilta pörssikaupan osalta 1.1.2006, jolloin Nord Poolin kaupankäyntivaluutaksi vaihtuivat eurot. Muilla pohjoismaisilla toimijoilla valuuttariski

on kuitenkin edelleen olemassa. Nord Poolin kautta on kuitenkin mahdollista hankkia valuuttasuojaus käytettävän valuutan ja Norjan kruunun välille tarvittaessa (Nord Pool 06a).

Toisaalta lähes puolet Suomen sähköntuotannosta perustuu fossiilisiin polttoaineisiin, joiden kaupankäyntivaluuttana ovat pääasiassa dollarit. Näin ollen dollarien ja eurojen väliset valuuttakurssien muutokset aiheuttavat valuuttariskin suomalaisille tuottajille tuotannon kustannuksiin vaikuttavana tekijänä. Tältä valuuttariskiltä voidaan suojautua valuuttajohdannaisten avulla. (Keskikallio 03)

#### **4.1.7 Vastapuoliriski**

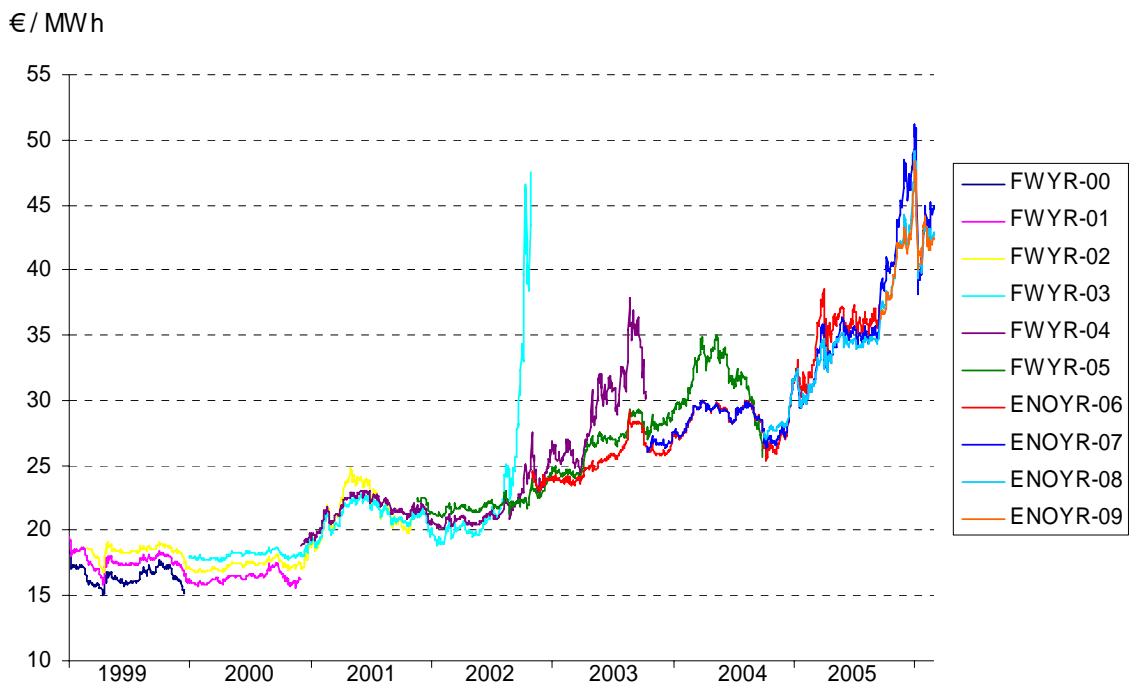
Vastapuoliriski esiintyy aina tehtäessä kauppaa suoraan muiden markkinaosapuolten kanssa. Tällöin syntyy riski siitä, että pystyykö kaupan toinen osapuoli suoriutumaan sopimusvelvoitteistaan.

Vastapuoliriski on suurempi finanssikaupassa, kuin fyysisiä sähkön toimituksia tehtäessä, koska finanssikaupankäynti ei vaadi sen osapuolilta yhtä suuria pääomia kuin fyysisen kaupan kävijöiltä. Vastapuolen konkurssin yhteydessä sähkön fyysinen toimitus loppuu, mutta finanssisopimukset tulee suorittaa loppuun myös konkurssipesän kanssa, vaikka sopimuksen toinen osapuoli ei enää täytä omia sopimusvelvoitteitaan. (Sjöblom 03)

Vastapuoliriskiltä vältetään tekemällä kaupat Nord Poolissa, jossa selvitystalon toimiva Nord Pool Clearing ASA vaatii vastapuolilta vakuudet kattamaan vastapuoliriskin. Myös OTC-kaupat voidaan selvittää pörssin välityksellä, mutta selvitettävien tuotteiden tulee olla identtisiä pörssin tuotteiden kanssa. Hyvä tapa vähentää vastapuoliriskiä on myös suurten sopimusten hajauttaminen useammalle osapuolelle. Näin tehtäessä yhden osapuolen aiheuttama vastapuoliriski ei kasva liian suureksi. OTC-markkinoiden vastapuoliriskiä voidaan pienentää myös toimimalla suurten ja luotettavien sopimuskumppanien kanssa.

#### 4.1.8 Johdannaishintariski

Johdannaisten hintojen muodostuminen markkinoilla aiheuttaa johdannaishintariskin sähkökauppaan. Esimerkiksi epäsuotuisan markkinatilanteen aikana tehdyt termiinkaupat ja myös muut finanssikaupat saattavat aiheuttaa suuriakin taloudellisia tappioita. Termiinien hinnat muodostuvat pörssissä kysynnän ja tarjonnan kohdatessa. Termiinien hinnat kuvastavat sähköpörssin osapuolien näkemyksiä sähkön hintatasosta tulevaisuudessa. Toisaalta on hyvä muistaa, että yksittäiseen termiinkauppaan tarvitaan aina kaksi eriävää näkemystä tulevaisuuden hintatasosta. Kuvassa 19 on esitetty vuosiforwardien hintakehitykset 4.1.99-21.6.06 väliseltä ajalta.



Kuva 19. Nord Poolin vuosiforwardien hintakehitys ajalta 4.1.1999-21.6.2006. (Nord Pool)

Suojaustuotteiden hintojen heilahtelun mukanaan tuomalta riskiltä voidaan suojautua hajauttamalla kaupat eri ajankohdille ja välttämällä suuria kertakauppoja. Tämän lisäksi kauppajen oikeassa ajoituksessa auttaa muun muassa laadukas markkinainformaatio, sen analysointi ja markkinoiden seuranta.

## **4.2 Muita sähkömarkkinoiden riskejä**

Sähkömarkkinoilla esiintyy myös monia muita riskejä kuin suoranaisesti markkinariskeiksi luettavia riskejä. Tässä kappaleessa käsitellään muutamia yleisimpiä sähkömarkkinoiden riskejä, jotka voivat muodostaa merkittäviäkin riskejä sähkömarkkinoilla toimiville osapuolille.

### **4.2.1 Poliittinen riski**

Poliittinen riski toteutuu useimmiten lainsäädäntötoimenpiteiden seurauksena, joiden vaikutuksesta markkinatilanne muuttuu odottamatta. Tällaisia lainsäädännöllisiä toimenpiteitä ovat esimerkiksi polttoaineiden verotuksen muutokset, valtiovallan päätökset lisädinvoiman rakentamisesta, erilaiset energiaverot ja tuet sekä ympäristösopimukset. Poliittiset riskit ovat usein kaksipuolisia riskejä, ne joko parantavat tai huonontavat toimijoiden kilpailutilannetta toimijoiden toimenkuvasta riippuen. Päästökaupan alkaminen vuoden 2005 alussa on hyvä esimerkki lainsäädäntöriskin toteutumisesta, jolla on ollut suuri merkitys sähkön hintatason nousuun.

### **4.2.2 Operationaalinen riski**

Operationaalinen riski aiheutuu yritysten puutteellisesta sisäisestä valvonnasta, toimintatavoista ja järjestelmistä. Henkilöstö vastaa yleensä kaikista edellä mainituista toiminnoista yrityksessä, joten operationaalinen riski syntyy useimmiten henkilöstön toiminnan seurauksena. Myös yritysten hallinnon ongelmat voivat johtaa operationaalisten riskien toteutumiseen. Jos yritysjohto on kykenemätön tekemään päätöksiä nopeasti muuttuvassa markkinatilanteessa, ei hyvinkään toteutetusta riskienhallintajärjestelmästä ole juuri hyötyä. (Rinta-Runsala 99)

Operationaalista riskiä voidaan pienentää määrittelemällä yhtiölle selkeä riskipolitiikka ja myös toimimalla sen mukaisesti. Riskienhallintapolitiikassa on hyvä kuvata ja kirjata ylös mahdollisimman tarkasti ainakin riskien analysointimenetelmät, yhtiön riskinkantokyky,

käytettävät tavoite- ja maksimiriskitasot, riskienhallinnasta vastaavien henkilöiden vastualueet ja koulutus sekä raportointikäytännöt. Yhtiön määrittelemää riskipolitiikkaa noudattamalla vähennetään huomattavasti operationaalisen riskin uhkaa.

### **4.2.3 Tuotanto- ja siirtoriski**

Tuotantoriskit ovat sähkön tuotantoon liittyviä riskejä. Muutamia yleisimpiä tuotantoriskejä ovat tuotantolaitteiston rikkoutuminen ja ongelmat polttoaineiden saatavuudessa. Tuotantoriskin toteutuminen aiheuttaa sähköntuotannon vähentymistä ja johtaa ongelmiin sähkön riittävässä saannissa. Tuotantoriskien toteutumisen seurauksena aiheutuu myös lisäkustannuksia tuotannon palauttamisesta entiselle tasolle. (Rinta-Runsala 99)

Siirtoriski muodostuu sähkönsiirtoverkossa tapahtuvista ongelmatilanteista, joiden seurauksena sähköntoimitus katkeaa tai estyy osittain. Katkosten merkittävimpiä aiheuttajia ovat luonnonilmiöt, kuten ukkonen. Myös laiterikot aiheuttavat merkittävän osan siirtoriskistä. (Rinta-Runsala 99)

Molemmat edellä mainitut riskit voivat myös aiheuttaa hinta- ja aluehintariskien toteutumisen. Mikäli jokin suuri voimalaitos poistuu yllättäen käytöstä vian seurauksena tai vastaavasti siirtoverkossa esiintyy vika jossakin sähkönsiirron kannalta kriittisessä kohdassa, voi tuotannon väheneminen tai sähkönsiirron rajoittuminen näkyä sähkön hinnan nousuna.

Molemmat edellä mainitut riskilajit ovat yksipuolisia riskejä, joita vastaan voidaan suojautua vakuuttamalla. Polttoaineiden saatavuus voidaan varmistaa esimerkiksi varastoinnilla tai vaihtoehtoisten polttoaineiden käytöllä. Siirtoriskin hallinnan oleellinen osa on siirtoverkon kunnossapito ja vikojen nopea korjaaminen niiden sattuessa. On kuitenkin hyvä muistaa, ettei vakuuttamien useimmiten kata tuotannon pysähtymisestä tai riittävän useiden vikojen aiheuttamista asiakkaiden menetyksistä johtuvia tulojen menetyksiä.

## **5. Käytännön riskienhallinta sähkökaupassa**

Tässä kappaleessa käsitellään sähkökaupan riskienhallinnan keinoja, joita ovat muun muassa riskianalyysi, sähköpörssin johdannaistuotteet ja erilaiset riskienhallintamenetelmät.

### **5.1 Riskianalyysi**

Riskienhallintaan kuuluu olennaisena osana riskien mallintaminen, mittaaminen ja analysointi. Sopivien mittarien avulla voidaan arvioida esimerkiksi markkinoiden tulevaisuuden kehitystä, sopivia ajankohtia suojaustoimenpiteille ja suurimpia mahdollisia riskiskenaarioita. Analysoinnin avulla voidaan myös määrittää mahdolliset taloudelliset tappiot, joista yrityksen tulee selviytyä. Tässä kappaleessa käydään läpi yleisimpiä riskimittareita, teknisen analyysin menetelmiä sekä markkinoiden mallinnusmenetelmiä.

#### **5.1.1 Riskimittareita**

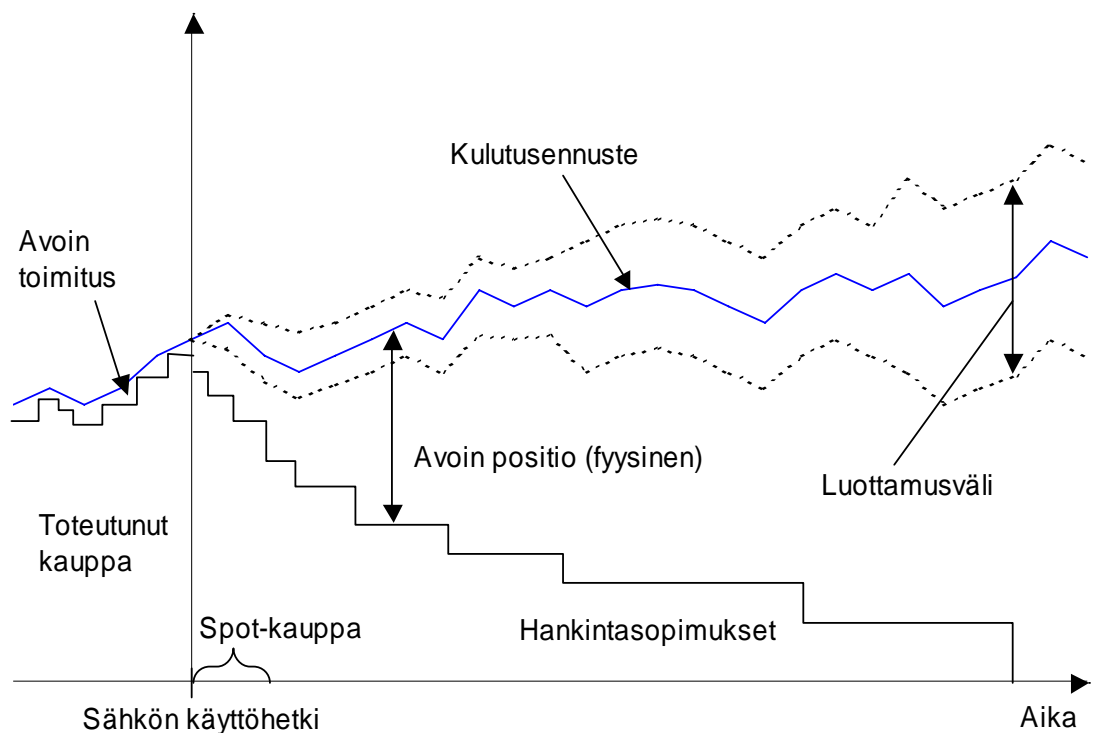
Yksi tehokkaan riskienhallinnan edellytyksistä on tuottojen ja epävarmuuksien mittaaminen. Riskien mittaamiseen on kehitetty valtava määrä erilaisia menetelmiä, joista käydään seuraavaksi läpi muutamia yleisimmin sähkömarkkinoilla käytetyistä menetelmistä.

#### **Avoin positio**

Sähkömarkkinoilla avoin positio muodostuu tulevaisuudessa tapahtuvista transaktioista, eli sähkön fyysisestä toimituksesta tai taloudellisista kauppaeristä. Yksinkertaisimmillaan sähkökauppa sisältää sähkön hankintaa ja sen myyntiä. Avoin fyysinen positio muodostuu juuri tästä sähkön sovitun hankinnan ja ennustetun myynnin välisestä erotuksesta.

Taloudellinen positio taas muodostuu tulevaisuudessa saatavasta tai maksettavasta taloudellisesta erästä, jonka arvo riippuu ulkoisista riskitekijöistä. Toisin sanoen avoin taloudellinen positio syntyy aina, kun hankinta- ja myyntisopimuksilla on erimittaiset hintasidonnaisuusajat. Avoin fyysinen positio realisoituu viimeistään käyttöhetkellä taloudelliseksi positioksi tasepoikkeamana, eli tasesähkönä. (Rinta-Runsala 99)

Nykytilanteessa asiakassopimusten epävarma jatkuminen vaikeuttaa kulutuksen ennustamista ja sitä kautta hankinnan ja suojautumisen suunnittelua. Sähkön fyysinen positio on edelleen hyödyllinen epävarmuuden mittari. Kuvassa 20 on esitetty sähkönmyyjän avoimen fyysisen position kehitys. Sähkön fyysisen toimitushetken lähestyessä pyritään avoimen position määrää pienentämään hankintasopimuksilla ja lopulta juuri ennen toimitushetkeä avoin positio katetaan mahdollisimman tarkasti spot-sähköllä. Hankinnan ja kulutuksen välinen lopullinen ero katetaan avoimena toimituksena eli tasesähkönä. (Rinta-Runsala 99)



Kuva 20. Sähkönmyyjän fyysisen position kehitys. (Rinta-Runsala 99)

Avoin positio voi olla joko positiivinen tai negatiivinen riippuen hankinnan ja kulutuksen määrästä. Mikäli positio on negatiivinen, hyötyy toimija markkinahintojen laskusta ja vastaavasti hankinnan ollessa oletettua myyntiä suurempi, hyödytään markkinahintojen noususta. (Rinta-Runsala 99)

Avoin fyysinen positio ei kuitenkaan riitä sähkökauppaan liittyvien riskien mittaamiseen sellaisenaan, vaan position fyysinen sähkömäärä on arvostettava rahaksi. Avoin fyysinen positio voidaan arvostaa rahaksi termiinkurssien avulla, koska niiden avulla voidaan varmistaa tulevaisuuden hintataso. Termiinkurssia voidaan pitää markkinaperusteisena ennusteena tulevaisuuden spot-hintatasosta (Kasanen 99). On kuitenkin hyvä muistaa, että termiinien hintoihin liittyy aina suuri epävarmuus. Fyysisiä sopimuksia helpommin hallittavat finanssisopimukset ovat selkeämpiä käyttää mitattaessa toimijan taloudellista positiota. Finanssijohdannaiset voidaan aina sulkea ostamalla vastakkainen johdannainen, jolloin kaikki johdannaiseen liittyvät oikeudet ja velvoitteet siirtyvät pois toimijalta. Sulkemiskustannuksia voidaan käyttää finanssiposition riskin mittaamiseen ja menetelmää kutsutaan yleisesti Mark-to-market menetelmäksi. Tällainen toimenpide ei ole yhtä helposti toteutettaessa fyysiselle sähkö sopimukselle. (Rinta-Runsala 99)

### **Historiallinen volatilitteetti**

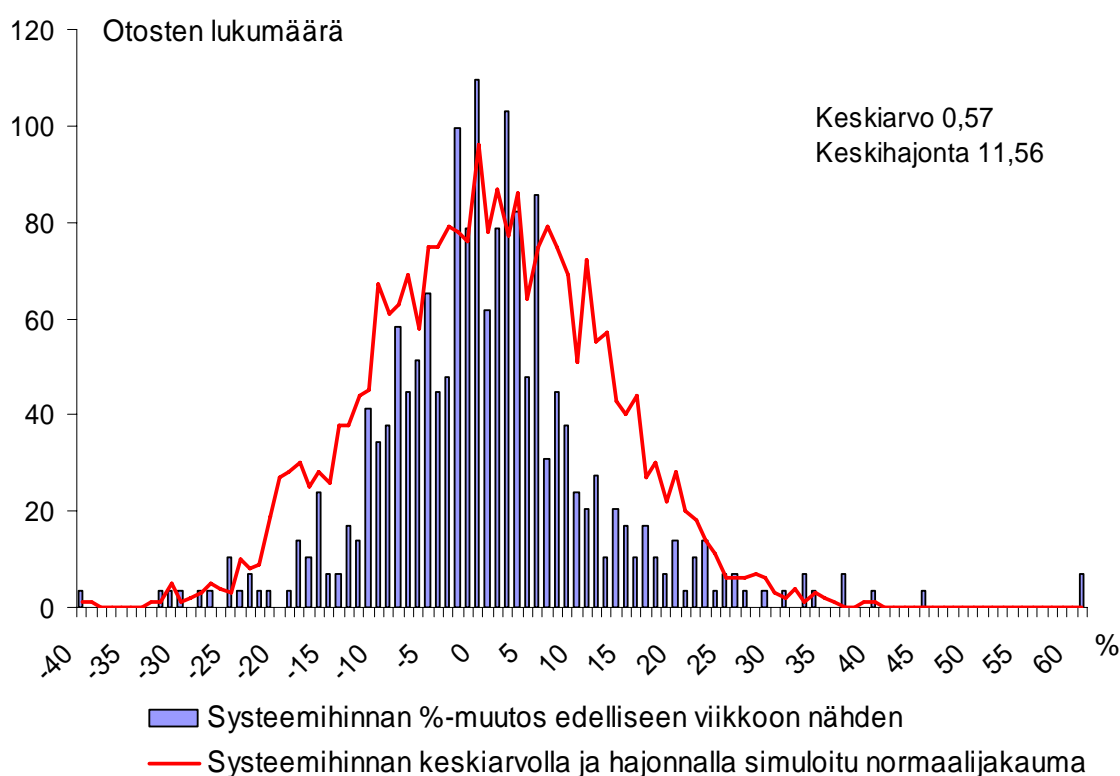
Yksi yleisesti käytetty ja selkeä tapa lähestyä taloudellisten riskien mittaamista on laskea, kuinka paljon riskitekijä on historiassa heilahdellut, eli mikä on sen historiallinen volatilitteetti. Markkinoilla noteerattuja riskitekijöitä ovat esimerkiksi raaka-aineiden, sähkön ja johdannaistuotteiden hinnat. Toimivilla markkinoilla näiden hintojen ennustaminen on todella vaikeaa ja mitä enemmän riskitekijän arvo on historiassa poikennut keskiarvostaan, niin sitä vaikeampaa on myös tulevaisuuden arvon ennakointi (Kasanen 96). Mikäli markkinat eivät toimi täydellisesti, on näiden tekijöiden ennustaminen vielä paljon vaikeampaa.

Useassa tapauksessa historialliset tiedot voidaan esittää jakaumien muodossa. Jakaumissa voidaan esittää esimerkiksi suoraan riskitekijän hintojen historiallisia muutoksia tai laskea kuukausittaiset prosentuaaliset muutokset riskitekijälle. Talousteoreettisten perustelujen ja käytännön laskujen helpottamisen vuoksi havainnot oletetaan usein



normaalijakautuneiksi. Tällöin havaintoaineiston lähtötiedoiksi riittää keskiarvo sekä keskihajonta eli volatilitteetti. Keskiarvo ilmoittaa jakauman sijainnin ja keskihajonta sen leveyden. Mitä suurempi on havaintoaineiston volatilitteetti, niin sitä suurempia ovat sen historialliset heilahtelut olleet. Tarvittavat laskut voidaan tehdä olettaen, että havaintoaineisto olisi normaalisti jakautunut. (Kasanen 96, TiMa 05)

Kuvassa 21 on esitetty jakaumana vuosien 1997-2006 hintatietojen perusteella laskettuna pohjoismaisen sähköpörssin systeemihinnan viikkokeskiarvon prosentuaaliset muutokset edelliseen viikkoon nähden jakaumana sekä systeemihinnan keskiarvolla ja keskihajonnalla simuloitu normaalijakauma. Kuvasta huomaamme, että systeemihinnan viikoittaiset muutokset eivät ole täysin normaalijakautuneita, mutta ne kuitenkin noudattavat suhteellisen tarkasti normaalijakauman muotoa. Se, että kuinka hyvin tulevaisuuden hinnat noudattavat kyseistä jakaumaa, jää aikanaan nähtäväksi. Historiallinen jakauma tarjoaa kuitenkin faktoja riskienhallintaa varten, kun tiedämme mittauksiin perustuen mitä suurusluokkaa muutokset ovat olleet.



Kuva 21. Systeemihinnan viikkokeskiarvon prosentuaalinen muutos edelliseen viikkoon nähden vuosilta 1997-2006.

Tehtyämme oletuksen, että riskitekijän muutokset ovat normaalisti jakautuneita, voimme laskea helposti erilaisia riskin suuruuteen liittyviä tunnuslukuja. Jo edellä mainittu volatiliteetti kuvaa siis otosten poikkeamien suuruutta. Karkeana muistisääntönä volatiliteetille voidaan pitää, että 95 % todennäköisyydellä seuraavan otoksen arvo ei eroa keskiarvosta enempää kuin 1,65 volatiliteettia. (Kasanen 96, TiMa 05)

### **Value at Risk**

Value at Risk eli VaR-luku perustuu tilastollisten tietojen avulla laskettuun todennäköisyyteen ja se on alun perin kehitetty rahoitusmarkkinoille. VaR-mallissa tarkasteltava aineisto sovitetaan yleensä normaalijakaumaan, vaikka muutokset havaintoaineistossa eivät ole täysin normaalijakautuneita. VaR kuvaa maksimiarvoa, jota suurempaa arvonmuutosta emme joudu kokemaan annetulla todennäköisyydellä tietyn ajan sisällä. Kuvan 21 perusteella 95 % todennäköisyydellä seuraavan viikon systeemihinnan keskiarvo eroaa maksimissaan 1,65 kertaa volatiliteetin verran keskiarvosta, eli prosentuaalinen arvonmuutos on 95 % todennäköisyydellä maksimissaan 19,1 % historialliseen keskiarvoon nähden. Tämä 95 % todennäköisyys kertoo samalla myös käänteisesti 5 % VaR luvun, eli sen muutoksen suuruuden, jonka alittuminen tai ylittyminen toteutuu kerran kahdestakymmenestä kerrasta. Toisin sanoen vain yhtenä viikkona kahdestakymmenestä hinta muuttuu edelliseen viikkoon nähden enemmän kuin 19,1 % historialliseen keskiarvoon nähden. Nyt on kuitenkin hyvä huomioida, että oletusarvona on 0,57 %. Tämä tarkoittaa sitä, että muutos on ollut keskimäärin hieman todennäköisempää ylös kuin alaspäin. 95 % todennäköisyyttä tuleekin verrata tähän arvoon, joten hinnan nousu pysyy 95 % todennäköisyydellä  $(0,57+19,1)\%=19,7\%$  sisällä ja lasku  $(19,1-0,57)\%=18,5\%$  sisällä tarkasteluajankohdan sähkönhinnan viikkokeskiarvosta seuraavalla viikolla.

VaR-luku voidaan laskea myös salkulle, joka sisältää useampia positioita. Silloin on aluksi selvitettävä jokaisen position keskihajonta halutulle ajanjaksolle. Aluksi tiedossa oleva volatiliteetti on suhteutettava yhdelle päivälle, mikäli tiedossa olevan volatiliteetin aika on eri kuin haluttu tarkastelu aika. Esimerkiksi edellisessä kappaleessa esitelty sähkön

hinnan historiallinen viikkovolatiliteetti voidaan muuntaa päivävolatiliteetiksi seuraavalla kaavalla (JI&RH 06):

$$\sigma_{\text{päivä}} = \frac{\sigma_{\text{viikko}}}{\sqrt{t}} = \frac{11,56\%}{\sqrt{7}} = 4,37\% , \quad (1)$$

jossa  $t$  on tarvittava muuntosuhde viikon muuntamiseksi päiviksi. Samalla periaatteella voidaan kaikki eri aikajaksojen volatiliteetit muuntaa päivävolatiliteetiksi. Oletetaan nyt, että meillä on positio  $A=100000$  € Position A päivittäinen keskihajonta on nyt  $100000€ \cdot 4,37\% = 4369,26$  € Mikäli haluamme tietää, kuinka paljon position arvo voi laskea yhden päivän aikana, voimme laskea arvonmuutoksen VaR-analyysin avulla seuraavasti (JI&RH 06):

$$VaR_{99\%} = N(0,99) \cdot 4369,26€ \approx 10180€ \quad (2)$$

Kyseisen position A arvonmuutos on siis maksimissaan yhden päivän ajalta 99%-todennäköisyydellä 10180€ eli vain yhtenä päivänä sadasta arvonmuutos on kyseistä summaa suurempi.

Mikäli salkussa on useampia eri positioita, voidaan niille laskea VaR vastaavasti kuin edellä on tehty ja sen jälkeen salkun keskihajonta voidaan laskea kaavalla (JI&RH 06):

$$VaR_{SALKKU} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + 2\rho\sigma_A\sigma_B} , \quad (3)$$

$\rho$  on positioiden välinen korrelaatiokerroin.

VaR-analyysin hyviä puolia ovat sen selkeys ja tiivis esitystapa, koska koko position riski voidaan esittää yhtenä lukuna. Toisaalta mallin käytössä tehdään suuria kompromisseja, joten osa informaatiosta jää käyttämättä. Analyysi ei esimerkiksi huomioi jakauman muotoa. Mallin avulla ei pyritä ennustamaan tulevaisuuden markkinamuutoksia, vaan tulevaisuuteen liittyvää epävarmuutta ja rinnalla on hyvä käyttää esimerkiksi stressitestejä arvioitaessa pahimpia mahdollisia tappioita. (Rinta-Runsala 99)

## **Profit at Risk**

Profit at Risk eli PaR on sähkömarkkinoiden tarpeisiin VaR-menetelmästä kehitetty menetelmä riskin numeerista kuvaamista varten. Siinä riskitasoa kuvataan PaR-luvulla, joka kertoo avoimesta positiosta aiheutuvan kustannuseron huonoimman mahdollisen markkinatilanteen toteutuessa verrattuna avoimen position suojaamiseen vertailuajankohdan suojaustuotteiden markkinahinnoilla. PaR-luku saadaan laskettua aluksi määrittämällä avoimesta positiosta aiheutuvat kustannukset, mikäli huonoin mahdollinen markkinatilanne tapahtuisi. Tämän jälkeen lasketaan, kuinka paljon avoimen position suojaus maksaisiin tämän hetkisillä johdannaistuotteiden hinnoilla. PaR saadaan vähentämällä huonoimman tilanteen aiheuttamat tappiot position suojaamisesta aiheutuvista kustannuksista. PaR-luku on siis toteutuva kustannus, jos huonoin mahdollinen markkinatilanne tapahtuukin suojaamalla päästäviin kustannuksiin nähden. (Ukkonen 05)

## **Stressitestit**

Stressitestit perustuvat katastrofiskenaarioihin ja niillä pyritään selvittämään, miten äkilliset ja yllättävät muutokset markkinoilla voivat vaikuttaa yrityksen toimintaan. Sähkömarkkinoilla tällaisia äkillisiä muutoksia voivat olla esimerkiksi voimalaitoksen rikkoutuminen, suurasiakkaan sopimuksen katkeaminen tai sähkön hintojen raju nousu. Tyypillistä näille kaikille on, että ne tapahtuvat odottamatta ja niitä ei voida ennustaa historiatietoon perustuvissa menetelmissä. (Rinta-Runsala 99)

Stressitestien skenaarioissa määritellään riskienhallintaa varten erilaisia skenaarioita ja niiden aiheuttamat tappiot. Riskienhallintapäätöksiä tehtäessä näitä katastrofiskenaarioita vertaillaan vaihtoehtoihin ja näin varmistetaan, ettei ennalta määritelty maksimitappio ylitä. Erityisesti optioluontoisten instrumenttien kohdalla stressitestit ovat tarpeen, sillä niiden herkkyys riskitekijän muutoksille voi olla epälineaarisuuden takia valtava (Kasanen 96).

### 5.1.2 Tekninen analyysi

Teknisellä analyysillä tarkoitetaan tutkimuksen kohteena olevan arvopaperin kurssikehityksen tai siinä tapahtuvan muutoksen ennakoimista ainoastaan historiallisen kurssinkehityksen tai kaupankäyntimäärien perusteella. Sen perusteet kehitettiin 1900-luvun alkupuolella ja se perustuu niin sanottuun Dow-teoriaan, joka kehitettiin mallintamaan osakemarkkinoiden käyttäytymistä. Edellä mainitun teorian mukaan osakkeiden hinnat seuraavat markkinatrendejä kulloinkin vallitsevan markkinatilanteen mukaisesti. Teknisellä analyysillä tutkitaan markkinoiden käyttäytymistä, mutta itse markkinahyödykkeisiin ja niiden fundamentaalsiin ominaisuuksiin siinä ei puututa. (Papinniemi 00)

Tekninen analyysi on varsin kiistanalainen analyysimuoto, joka on kehitetty osakemarkkinoille, mutta se on kuitenkin saavuttanut vakiintuneen aseman myös sähkömarkkinoilla. Sähkömarkkinoilla sitä sovelletaan etenkin johdannaistuotteiden kaupankäynnin yhteydessä. Tekniseen analyysiin liittyy kolme perusolettamaa, joiden on toteuduttava, jotta teknisen analyysin hyödyntäminen on mahdollista. Nämä perusolettamat ovat (Nord Pool 03b):

1. Markkinat diskonttaavat hintoihin kaiken relevantin tiedon
2. Hinnat ja indeksien pisteluvut muuttuvat trendeissä
3. Historia toistaa itseään

Ensimmäisen oletuksen mukaan kaikki osakkeeseen vaikuttava informaatio heijastuu osakkeen hintaan. Tämä oletama luo perustan teknisen analyysin käytölle. Käytännössä oletettaman mukaan osakkeen kurssikehitykseen vaikuttavat syyt ovat merkityksettömiä teknisen analyysin käytön kannalta, eli kurssimuutoksia pystytään ennustamaan ilman että muutoksien syitä olisi välttämätöntä tietää. (Papinniemi 00)

Toisen oletettaman mukaan osakkeiden kurssikehitys tapahtuu trendeissä ja trendin oletetaan ennemmin jatkuvan kuin kääntyvän. Teknisen analyysin menetelmillä pyritään ennustamaan trendin suunnanmuutoksia ja ovatko trendit vahvoja tai heikkoja. Trendien

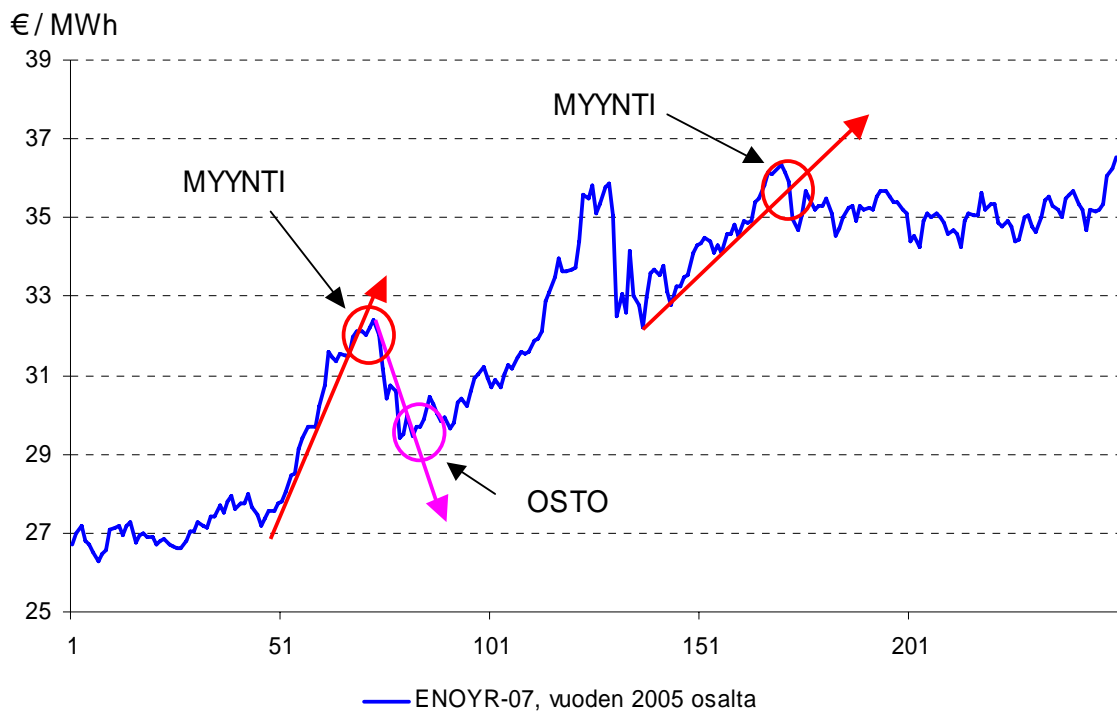
tutkimisella pyritään ajoittamaan ostot ja myynnit mahdollisimman hyvin. (Papinniemi 00)

Tarkasteltaessa osakkeiden tai sähköpörssituotteiden historiatietoja, voidaan havaita että kurseissa esiintyy toistuvasti erilaisia hintakuvioita. Kolmannen oletaman mukaan näitä hintakuvioita tulee esiintymään myös tulevaisuudessa. (Papinniemi 00)

Teknisellä analyysillä ei pystytä kuitenkaan ennustamaan odottamattomia markkinoiden muutoksia, joita voivat tuoda tullessaan esimerkiksi poliittiset päätökset tai poikkeuksellisen kuiva vuosi, joka vaikuttaa vesivoimantuotannon vähentymisen kautta oleellisesti sähkön markkinahintatasoon. Teknisen analyysin käyttäjän olisi hyvä pystyä myös luomaan kokonaisvaltainen käsitys markkinoiden toiminnasta, jotta analyysin antamat turhat signaalit voitaisiin karsia pois. Oikein käytettynä teknisellä analyysillä saadaan kuitenkin varmasti lisänäkemystä markkinoiden luonteesta ja markkinahintojen trendeistä. Seuraavaksi käydään läpi muutama yleisimmin sähkömarkkinoilla hyödynnetty teknisen analyysin menetelmä.

### **Trendit**

Perinteinen klassinen menetelmä on yrittää tunnistaa kurssin muutosten avulla syntyviä trendejä. Trendejä voidaan yrittää tunnistaa kurssin huippujen ja pohjien perusteella. Nouseva trendi voidaan piirtää nousevien kurssipohjien mukaan ja laskeva trendi taas laskevien kurssihuippujen mukaan. Kaupankäyntisignaali syntyy kurssikäyrän leikatessa trendiviivan. Kuvassa 22 on esitetty vuosiforwardin 2007 kurssikehitys vuoden 2005 osalta ja merkitty muutama kurssikehityksessä esiintynyt trendi.



Kuva 22. Kurssimuutoksien tunnistaminen trendien avulla. Vuoden 2007 forwardin kurssikäyrä on esitetty vuoden 2005 osalta (Nord Pool).

### Liukuva keskiarvo

Yksi käytetyimmistä teknisen analyysin menetelmistä on liukuva keskiarvo, jossa verrataan keskenään tarkkailtavan tuotteen hintaa ja siitä tietyllä ajanjaksolla laskettua keskiarvoa tai useampaa erimittaista liukuvaa keskiarvoa. Liukuvan keskiarvon avulla pyritään tunnistamaan alkavat ja päättyvät trendit. Yksinkertaisimmillaan liukuva keskiarvo saadaan laskettua keskiarvon määrittämisessä käytetystä ajanjaksosta siten, että vanhin havainto korvataan uusimmalla ja tämän jälkeen lasketaan keskiarvo uudelleen. Liukuvassa keskiarvossa käytettävä ajanjakso voi vaihdella tarpeen mukaan päivän sisäisten trendien tunnistamiseen vaadittavasta muutaman tunnin ajasta jopa satoihin päiviin, jotta pitkäaikaiset primääritrendit tunnistettaisiin.

Kurssi on nousutrendissä liukuvan keskiarvon ollessa nousussa ja kurssikäyrän ollessa sen yläpuolella. Laskutrendin aikana kurssikäyrä on liukuvan keskiarvon alapuolella ja molemmat käyrät ovat laskussa. Liukuvan keskiarvon antama yksinkertainen ostosignaali saadaan, kun kurssikäyrä nousee liukuvan keskiarvon yläpuolelle ja myyntisignaali, kun

kurssikäyrä laskee liukuvan keskiarvon alapuolelle. Käytettäessä useampaa erimittaista liukuvaa keskiarvoa, esimerkiksi 7 ja 14 päivän, kaupankäyntisignaali saadaan lyhyemmänliukuvan keskiarvon leikatessa pidemmän liukuvan keskiarvon.



Kuva 23. Vuosi forwardin 2007 kurssi vuodelta 2005 ja 14 päivän liukuva keskiarvo samalta ajalta. (Nord Pool)

Kuvassa 23 on esitetty vuoden 2007 forwardin kurssikehitys vuoden 2005 ajalta ja kurssista laskettu liukuva keskiarvo 14 päivän ajalta. Kuvaan on myös merkitty alkuvuodelle osto- ja myyntisignaali, jotka ovat varsin selkeitä silloin vallinneessa nousevassa trendissä. Ongelmallisempia kohtia ovat lyhytaikaiset trendin muutokset keskellä suurempaa trendiä. Niiden tunnistamista varten olisikin hyvä käyttää useampaa erimittaista liukuvaa keskiarvoa tai vähintään odottaa, että myös liukuvan keskiarvon suunta muuttuu ennen kaupan toteuttamista. Samalla tavalla ongelmalliseksi muodostuvat sivuttaissuuntaisen trendin aikana esiintyvät osto- ja myyntisignaali, joita esiintyi kuvan mukaan useita vuoden loppupuoliskolla.

Liukuvasta keskiarvosta ei saada yksiselitteisiä ja oikeita osto- ja myyntisignaaleja, mutta se on hyvä apuväline trendien tunnistamisessa ja päätöksenteon apuna. Liukuva keskiarvo



on myös yksi eniten tutkituista teknisen analyysin menetelmistä. Sen on todettu antavan ennustearvoa kaupankäynnille, mutta jo suhteellisen matalat transaktiokustannukset riittävät eliminoimaan analyysin perusteella tehtyjen kauppojen aiheuttamat taloudelliset hyödyt. (Papinniemi 00)

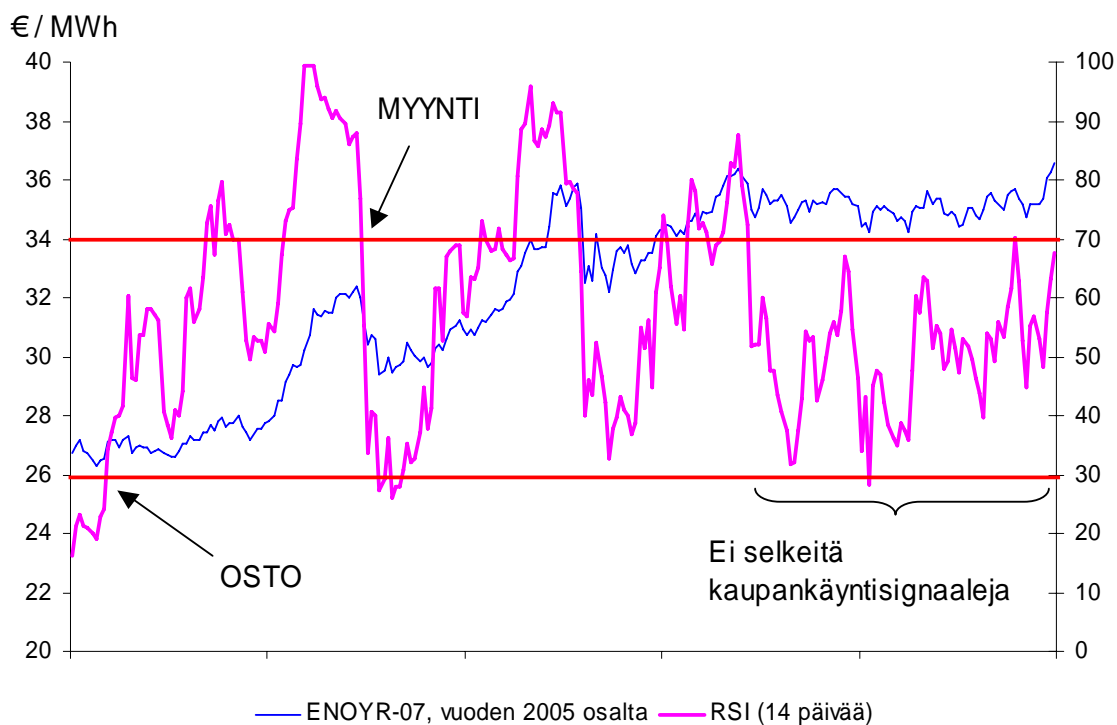
## RSI

RSI eli relative strength index (suhteellisen vahvuuden indeksi) on tunnusluku joka on kehitetty kuvaamaan markkinoiden liikkeitä. RSI:n laskenta tapahtuu seuraavalla kaavalla:

$$RSI(n) = 100 - \frac{100}{1 + \frac{U_R}{D_R}}, \quad (4)$$

missä  $U_R$  on rahamääräisten kurssinousujen keskiarvo  $n$  päivän ajalta ja  $D_R$  vastaavasti kurssilaskujen keskiarvo vastaavalta ajalta. Laskennalla saadaan jokaiselle päivälle oma arvonsa, joka on nollan ja sadan välillä. Näistä arvoista voidaan RSI:lle piirtää kuvaaja, jonka perusteella osto- ja myyntisignaalit saadaan. Osto- ja myyntisignaalit syntyvät RSI:n liikkua etukäteen määriteltujen indeksitasojen yli tai ali. Yleisimmin käytetty indeksitaso ostolle on 30 ja myynnille 70. (Ahtosalo 01)

Kuvassa 24 on esitetty vuoden 2007 forwardin kurssikehitys vuoden 2005 ajalta ja RSI laskettuna 14 päivän ajalla. Verrattaessa kuvia 24 ja 23, huomaamme RSI:n antaneen osto ja myyntisignaalit suurin piirtein samassa kohdassa kuin liukuva keskiarvo. Tämän lisäksi loppuvuoden aikana vallinneen sivuttaissuuntaisen trendin aikana RSI ei ole antanut kaupankäyntisignaaleja. Tästä voidaan päätellä se tosiasia, että on kannattavampaa uskoa useamman eri menetelmän antamiin samanaikaisiin kaupankäyntisignaaleihin, kuin luottaa sokeasti yhden analyysin antamiin tuloksiin. On myös hyvä muistaa, että suurimmassa osassa teknisen analyysin menetelmissä valittu aikaperiodi vaikuttaa huomattavasti analyysin herkkyyteen.



Kuva 24. Vuosi forwardin 2007 kurssi vuodelta 2005 ja RSI laskettuna 14 päivän ajalta. (Nord Pool)

### 5.1.3 Herkkyysanalyysit

Herkkyysanalyysijä käytetään eritoten optiopositioiden herkkyuden mittaamiseen ja tärkeimpien riskitekijöiden etsimiseen. Näitä mittareita kutsutaan usein ”kreikkalaisiksi” ja niillä pyritään selvittämään, miten option hinta muuttuu, jos jokin option arvoon vaikuttava tekijä markkinoilla muuttuu. (Nord Pool 03b)

Yksi yleisimmin käytetyistä kreikkalaisista on delta  $\Delta$ , joka kuvaa option arvon muutosta  $\partial\Pi$  suhteessa kohde-etuuden arvon muutokseen  $\partial S$ . Delta saadaan laskettua kaavalla:

$$\Delta = \frac{\partial\Pi}{\partial S} \quad (5)$$

Mitä suurempi delta on, niin sitä herkempi optio on kohde-etuuden muutoksille. Delta kuvaa sitä todennäköisyyttä, että optiolla on perusarvoa sen päättymispäivänä. (Rinta-Runsala 99)

Vega  $V$  kuvaa option arvon herkkyyttä kohde-etuuden volatiliteetin muutoksille. Se määritellään option arvon muutoksen  $\partial\Pi$  ja kohde-etuuden volatiliteetin muutoksen suhteena  $\partial\sigma$  seuraavasti (Rinta-Runsala 99):

$$V = \frac{\partial\Pi}{\partial\sigma} \quad (6)$$

Rho  $\rho$  kuvaa option arvon muutosta riskittömän koron  $\partial r$  muutoksen suhteen seuraavasti (Rinta-Runsala 99):

$$\rho = \frac{\partial\Pi}{\partial r} \quad (7)$$

Theeta  $\theta$  kuvaa option arvon muutosta suhteessa kuluneeseen aikaan  $\partial t$  seuraavan kaavan mukaisesti (Rinta-Runsala 99):

$$\theta = \frac{\partial\Pi}{\partial t} \quad (8)$$

Gamma  $\Gamma$  on deltan muutoksen  $\partial\Delta$  suhde kohde-etuuden arvon  $\partial S$  muutoksen suhteeseen nähden, eli se on option arvon toinen derivaatta kohde-etuuden hinnan suhteen seuraavasti (Rinta-Runsala 99):

$$\Gamma = \frac{\partial\Delta}{\partial S} = \frac{\partial^2\Pi}{\partial S^2} \quad (9)$$

Herkkyysanalyysit ovat varsin toimivia menetelmiä riskitekijöiden löytymiselle, mikäli muuttujien riippuvuudet ovat lähes lineaarisia ja volatiliteetti suhteellisen pientä. Näin ei kuitenkaan aina ole sähkömarkkinoilla, sillä markkinahinta riippuu hyvin epälineaarisesti eri tuotantotapojen rajakustannuksista kulloisenkin kulutustilanteen mukaisesti. Tämän seurauksena herkkyyssanalyysia pitää tehdä aina vallitsevan tilanteen mukaan ja päivittää riittävän usein, jotta niistä olisi merkittävää hyötyä. (Rinta-Runsala 99)

### 5.1.4 Markkinoiden mallintaminen

Markkinoiden käyttäytymistä voidaan pyrkiä selvittämään myös erilaisten skenaariomallien avulla, kuten historiaperusteisilla tai stokastisilla malleilla. Näiden mallien avulla voidaan laskea ennusteita ja mallintaa muuttujien jakaumia muita riskimittareita varten. (Rinta-Runsala 99)

Historiaperusteisten mallien ideana on käyttää hyväksi aikaisemmista tapahtumista kerättyä dataa erilaisten skenaarioiden luontiin. Tällaista dataa ovat muun muassa markkinahinnat ja sademäärät, joiden perusteella pyritään mallintamaan tarkasteltavan muuttujan käyttäytymistä. Tällaisten mallien hyvä puoli on se, että niissä ei tarvitse ottaa huomioon datan jakaumaa, vaan niissä käytetään vanhoja tapahtumia ikään kuin ne tapahtuisivat nykytilanteessa uudestaan ja tämän lisäksi data perustuu oikeisiin mitattuihin tuloksiin. Toisaalta ongelmaksi muodostuu helposti relevanttien havaintojen vähyys. (Rinta-Runsala 99)

Esimerkiksi ennen päästökaupan alkamista sähkömarkkinoilta vallitsi varsin erilainen markkinatilanne kuin nykyisin, joten on varsin perusteltua miettiä, voidaanko aikaisemmin kerättyä dataa käyttää sellaisenaan nykytilanteen mallintamiseen ja ennusteiden tekoon.

Yksi monipuolisimmista markkinoiden mallintamismenetelmistä on stokastinen Monte Carlo simulaatio. Siinä tapahtumia mallinnetaan stokastisilla prosesseilla ja satunnaiskuluilla. Muuttujien odotusarvot ja jakaumat lasketaan suuresta määrästä simulointeja, mutta tästä huolimatta se on numeerisesti varsin tehokas simulaatio. Stokastisessa simulaatiossa laskenta-aika kasvaa lineaarisesti satunnaismuuttujien määrän mukana, kun taas useimmissa muissa menetelmissä kasvu on eksponentiaalista. Stokastisen simulaation vahvin puoli on sen mukautuvuus eri malleihin ja instrumentteihin. Halvan laskentakapasiteetin yleistymisen ja simulaation tarkentumisen nopeuttamiseksi kehitetyt tekniikat ovat tehneet stokastisesta simulaatiosta laajalti käytetyn menetelmän johdannaisten ja portfolioiden hinnoittelussa. (Rinta-Runsala 99)

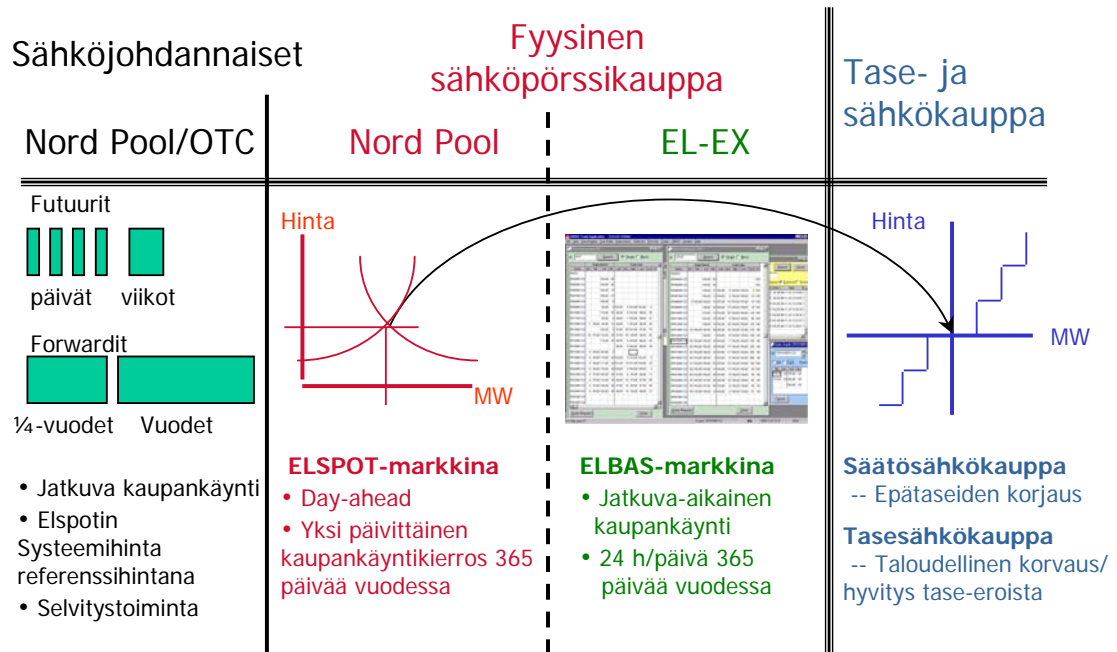
## **5.2 Riskienhallinnan työkalut**

Käytännön riskienhallinta voidaan jakaa riskien rahoittamiseen ja kontrollointiin (Juvonen 05). Tässä kappaleessa käydään läpi sähkökaupan riskien rahoitusmahdollisuuksia sähköpörssin johdannaistuotteilla ja muutamia menetelmiä riskien kontrolloimiseksi.

### **5.2.1 Sähköpörssin finanssituotteet**

Sähköpörssi on avoin, keskitetty ja neutraali markkinapaikka, jossa Pohjoismaisen sähkön markkinahinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella. Pörssin tuotteet ovat standardituotteita ja kaupankäynti tapahtuu anonymisti. Pörssi toimii aina vastapuolena kauppajien molemmille osapuolille ja vaatii tarvittavat vakuudet, minkä seurauksena pörssikaupoissa ei ole vastapuoliriskiä. Pörssissä on mahdollista käydä kauppaa finanssisopimuksilla ja sähkön fyysiseen toimitukseen johtavilla sopimuksilla. Tämän lisäksi pörssissä muodostuva Suomen aluehinta toimii referenssihintana Suomen tase- ja säätösähkökaupassa. (Partanen 05)

Kuvassa 25 on esitetty sähkökaupan eri tuotteet ja toimintaperiaatteita aikajanelle sijoitettuna siten, että toimitusajankohta on pystyviivan kohdalla ja sen oikealla puolella on toteutunut aika ja siihen liittyvät toiminnot ja vasemmalla puolella on sähkökaupan tuleva aika tuntitasolta aina vuositasolle pörssituotteiden kera. Tässä kappaleessa käsitellään sähköpörssissä tarjolla olevia finanssituotteita.



Kuva 25. Sähköpörssin tuotteet. (Mäkelä 05)

Sähköpörssin finanssimarkkinoilla käydään kauppaa sähköjohdannaisilla, päästöoikeuksilla ja vihreillä sertifikaateilla. Ne ovat kaikki finanssisopimuksia, jotka selvitetään sähköntoimituksen sijasta nettoarvon tilityksenä. Sopimuksen nettoarvo lasketaan sopimuksen toteutushinnan ja netoituksen aikaisen kohde-etuuden markkinahinnan erotuksena. Johdannaistuotteet voidaan jakaa futuureihin ja forwardeihin eli termiineihin, optioihin ja CfD-tuotteeseen, jolla voidaan suojautua aluehintariskiä vastaan.

Johdannaiset ovat sopimuksia, joiden arvo perustuu niiden kohde-etuuden arvonmuutoksiin. Johdannaismarkkinoita tarvitaan riskienhallintaan eri riskitasoilla ja ajanjaksoilla. Johdannaistrumenttien avulla sijoittajat voivat valita erilaisia tuottovaatimus- ja riskitasoja. Johdannaisilla voi käydä kauppaa sähköpörssissä ja OTC-markkinoilla. (Opi optiot 96)

Sähköpörssin johdannaistuotteet tunnistetaan kirjain- ja numeroyhdistelmien perusteella. Kaikki pörssin tuotteet alkavat lyhenteellä ENO, jossa E tarkoittaa sähköä (Electricity) ja

NO tarkoittaa Pohjoismaita (Nordic area). Lyhenteen loppuosa ilmaisee tuotteen tyypin ja toteutusajankohdan.

### **Futuurit ja forwardit**

Nord Poolissa tarjolla olevia futuureita ja forwardia kutsutaan usein myös termiineiksi. Termiinit ovat sopimuksia kohde-etuutena olevan tuotteen kaupasta tulevaisuudessa. Toimitusaikana kohde-etuutta eli sähköpörssissä termiinin sopimushintaa verrataan systeemihintaan ja erotus netotetaan sopimusosapuolten kesken, näin saadaan varmistettua pörssisähkölle tietty hintataso sopimusehtojen mukaiselle määrälle ja ajalle. Termiinisopimus velvoittaa molempia sopimusosapuolia tekemään kaupan.

Ostettua termiiniä käytetään, kun uskotaan kurssien nousevan. Kurssien laskun ollessa todennäköistä, käytetään myytyä termiiniä. Termiinin ostaja haluaa kaupalla varmistaa sähköpörssistä hankittavalle sähkölle tietyn hankintahintatason ja myyjä vastaavasti tietyn myyntihintatason.

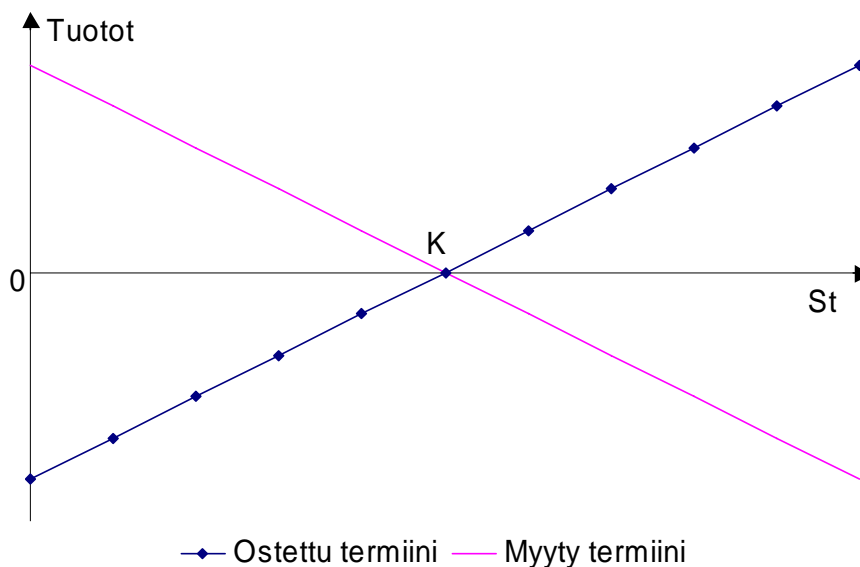
Termiinin ostaja ottaa niin sanotun pitkän position ostaessaan termiinin ja myyjä vastaavasti lyhyen position myydessään termiinin. Ostetun termiinin netotus tapahtuu seuraavasti:

$$S_T - K, \quad (10)$$

missä  $K$  on sopimushinta ja  $S_T$  spot-hinta. Termiinin myynnistä aiheutuva netotus tapahtuu päinvastaisesti:

$$K - S_T \quad (11)$$

Sekä pitkästä että lyhyestä positioista aiheutuva netotus voi olla joko positiivinen tai negatiivinen riippuen spot-hinnan kehityksestä. Kuvassa 26 on esitetty termiinikauppojen aiheuttamat tuotot ja kustannukset. (Hull 03)



Kuva 26. Termiinkauppojen aiheuttamat tuotot. (Hull 03)

Nord Poolissa on tarjolla päivä- ja viikkofutuuureja. Päiväfutuuureja on tarjolla 3-9 kappaletta ja viikkofutuuureja liukuvasti seuraaville kuudelle viikolle. Seuraavan viikon päivätuotteet listataan viimeisenä toimitusviikkoa edeltävänä pörssipäivänä. Futuurit voidaan tunnistaa taulukon 2 mukaisista merkinnöistä.

Taulukko 2. Futuurien selitteet.

ENOD0405-06	Päivätuote, jossa D tarkoittaa päivää (Day) ja 0405-06 tarkoittaa päivämäärää (04.05.2006).
ENOW20-06	Viikkotuote, jossa W tarkoittaa viikkoa (Week) ja merkintä 20-06 tarkoittaa viikkoa 20 vuodelle 2006.

Futuurit toteutetaan nettoarvon tilityksenä, joka tehdään päivittäin heti sopimuksen tekohetkestä lähtien. Nettoarvon tilitys jaetaan kahteen osaan, ennen toimitusajankohtaa tehtävään ja toimitusaikana tehtävään tilitykseen. Nettoarvon tilitys ennen toimitusajankohtaa aloitetaan sopimuskäytönpäivänä vähentämällä kyseisen tuotteen päivän päätöskurssista sopimushinta. Tämän jälkeen nettoarvon tilitys tehdään sopimusajankohtaan asti vähentämällä päivän päätöskurssista edellisen päivän päätöskurssi. Ennen toteutusajankohdan alkua nettoarvon tilitys tehdään päivittäin koko sopimusajan eli kaikkien sopimustuntien osalta. Toimitusaikana nettoarvon tilitys tehdään päivän systeemihinnan ja netotushinnan välillä. Netotushintana käytetään viimeisenä



toteutusaikaa edeltävänä pörssipäivänä kyseiselle tuotteelle tehtyjen kauppojen volyympainotteista keskiarvohintaa. Toteutusaikana nettoarvon tilitys suoritetaan päivittäin kyseisen päivän tuntien osalta.

Forwardeja Nord Poolissa on tarjolla kuukausi-, vuosineljännes eli kvartaali- ja vuosituotteina. Kuukausituotteita on tarjolla liukuvasti seuraaville kuudelle kuukaudelle, kvartaaleja on tarjolla 8-11 kappaletta ja vuosituotteita liukuvasti seuraaville kolmelle vuodelle. Forwardit merkitään taulukon 3 mukaisella tavalla.

Taulukko 3. Forwardien selitteet.

ENOMJUN-06	Kuukausituote, jossa M tarkoittaa kuukautta (Month), JUN-06 tarkoittaa kesäkuuta (June) vuonna 2006.
ENOQ3-06	Kvartaali, jossa Q3-06 tarkoittaa 3. vuosineljänneestä (Quarter) vuonna 2006.
ENOYR-07	Vuosituote, jossa YR-07 tarkoittaa vuotta 2007 (Year).

Forward sopimuksen nettoarvon tilitys toteutetaan vasta toimitusaikana. Tällöin nettoarvon tilitys tehdään päivittäin vertaamalla sopimushintaa päivän systeemihintaan. Nettoarvon tilitys suoritetaan kyseisen päivän tuntien osalta.

## Optiot

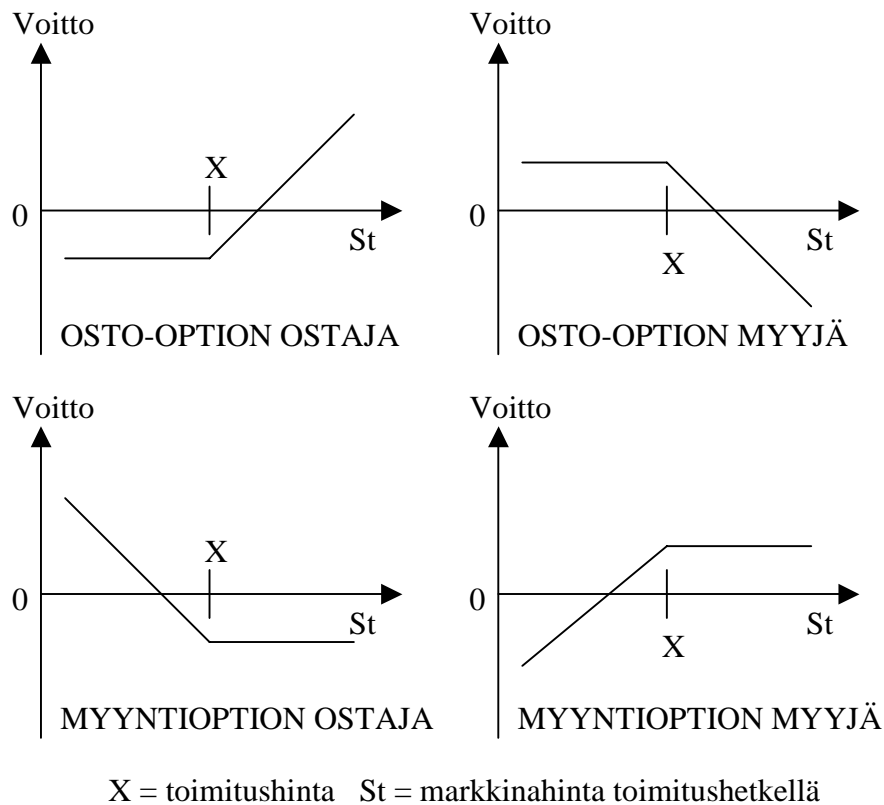
Optiot kohdistuvat termiinien tavoin kohde-etuuden kauppaan tulevaisuudessa, mutta optiossa toisella sopimusosapuolella on mahdollisuus jättää halutessaan kauppa toteuttamatta. Optioiden kohde-etuutena sähköpörssissä toimivat vuosi- ja kvartaaliforwardit, joten optioiden käytön yhteydessä on varsin oleellista ymmärtää, mitkä tekijät vaikuttavat termiinien hintojen muodostumiseen. Optiot jaetaan osto- ja myyntioptioihin, joita molempia voidaan joko ostaa tai myydä. Näistä oikeuksista option ostaja maksaa option myyjälle rahallisena korvauksena premion eli option hinnan. Option myyjällä on velvollisuus tehdä kauppa, mikäli option ostaja käyttää optio-oikeuttaan. Edellä mainitut optiosopimuksiin liittyvät oikeudet ja velvollisuudet on esitetty taulukossa 4. (Opi optiot 96)

Taulukko 4. Optiosopimuksiin liittyvät oikeudet ja velvollisuudet. (Opi optiot 96)

	Ostaja (preemio - )	Myyjä (preemio + )
Osto-optio (Call)	Oikeus ostaa kohde-etuus	Velvollisuus myydä kohde-etuus
Myynti optio (Put)	Oikeus myydä kohde-etuus	Velvollisuus ostaa kohde-etuus

Optioiden ostajalla suurin mahdollinen tappio on aina preemion suuruinen, kun taas optioiden myyjä ottaa suuremman riskin ja saa tästä korvauksena preemion. Osto-option ostajalla voitto voi periaatteessa kasvaa äärettömäksi kurssien nousun myötä ja vastaavasti osto-option myyjällä tappion mahdollisuus on ääretön. Myyntioption ostajalla voitot kasvavat kohde-etuuden kurssin laskiessa, joten voitto saavuttaa maksiminsa kurssien lähestyessä nollaa. Myyntioption myyjällä taas tappio saavuttaa maksiminsa kohde-etuuden kurssin lähestyessä nollaa.

Osto-option ostajalla on siis oikeus toteuttaa optio sopimushinnalla sen päättymispäivänä. Tästä oikeudesta ostaja maksaa osto-option myyjälle preemion. Ostettua osto-optiota käytetään, kun uskotaan option kohde-etuuden kurssin nousevan. Vastaavasti osto-optio myydään, jos uskotaan kohde-etuuden kurssin pysyvän lähes ennallaan tai laskevan hieman. Myyntioption ostajalla oikeus toteuttaa optio sopimushinnalla sen päättymispäivänä. Tästä oikeudesta ostaja maksaa myyntioption myyjälle preemion. Ostettua myyntioptiota käytetään, kun uskotaan kohde-etuuden kurssin laskevan tulevaisuudessa. Myyntioption myyjä taas uskoo kohde-etuuden kurssin pysyvän lähes ennallaan tai nousevan hieman tulevaisuudessa. Kuvassa 27 on esitetty optioiden tuottokäyrät markkinahinnan funktiona ja se selvittää optioiden ostamisesta ja myymisestä aiheutuvia voittoja ja tappioita.



Kuva 27. Optioiden tuottokäyrät markkinahinnan funktiona. (Hull 03)

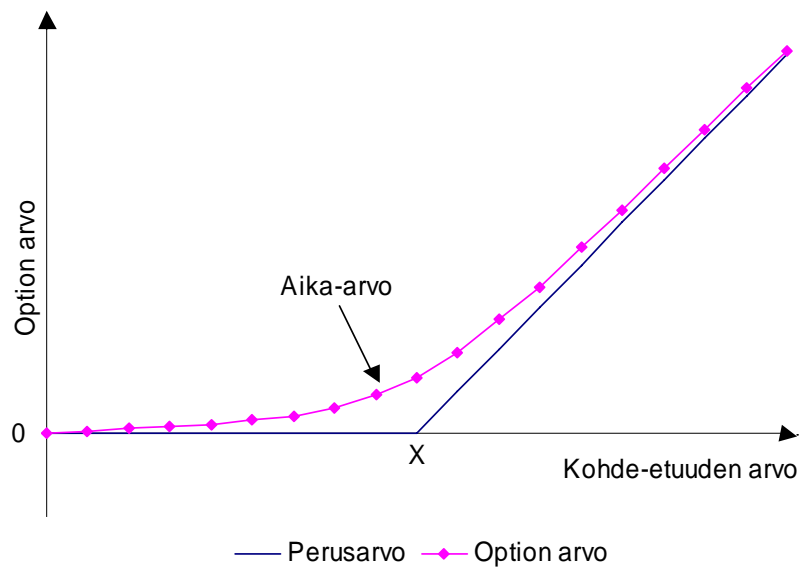
Nord Poolissa on tarjolla eurooppalaisia optioita, joiden kohde-etuutena on kvartaali- ja vuosiforwardoja. Eurooppalaiset optiot voidaan toteuttaa ainoastaan sopimuksen päättymispäivänä. Optiot merkitään taulukon 5 mukaisella tavalla.

Taulukko 5. Optioiden selitteet.

ENOC40Q3-06	Osto-optio, jossa C tarkoittaa ostoa (Call) ja 40 option hintaa. Q3-06 tarkoittaa 3. kvartaalia vuonna 2006.
ENOP40Q4-06	Myyntioptio, jossa P tarkoittaa myyntiä (Put) ja 40 option hintaa. Q3-06 tarkoittaa 4. kvartaalia vuonna 2006.
ENOC35YR-07	Osto-optio, jossa YR-07 tarkoittaa vuotta 2007 (Year). Vastaavassa myyntioptiossa C:n tilalla on P.

Option arvoksi määräytyy markkinoilla se preemio eli hinta, joka optiosta ollaan valmiita maksamaan. Option hinta muodostuu perusarvosta ja aika-arvosta. Perusarvo on se osa option arvosta, joka muodostuu markkinahinnan ja option lunastushinnan erotuksena.

Option perusarvo toteutuu option erääntymispäivänä. Myyntioptiolla on perusarvoa, jos sen toteutushinta on korkeampi kuin kohde-etuuden arvo ja osto-optiolla kun sen toteutushinta alittaa kohde-etuuden arvon. Option aika-arvo on seurausta kohde-etuuden hinnan volatilitteetista ja se vähenee voimassaoloajan kuluessa ollen päättymispäivänä nolla. Aika-arvo saadaan option hinnan ja perusarvon erotuksena. Kuvassa 28 on esitetty option arvon muodostuminen markkinahinnan funktiona. Option sopimushinta on merkitty X:llä. (Rinta-Runsala 99)



Kuva 28. Option arvon muodostuminen markkinahinnan funktiona. (Rinta-runsala 99)

Määriteltäessä optioiden teoreettista arvoa on huomioitava tekijöitä, jotka vaikuttavat option perus- ja aika-arvoon. Perusarvoon vaikuttavat kohde-etuuden arvo sekä option toteutushinta. Kohde-etuuden arvon noustessa osto-option ostajalla on edelleen oikeus ostaa kohde-etuus ennalta sovittuun hintaan. Tämä tekee osto-optiosta arvokkaamman, eli sen perusarvo kasvaa. Kohde-etuuden arvon nousu vaikuttaa myyntioption päinvastaisesti. Myyntioption ostajalla on oikeus myydä kohde-etuus ennalta sovittuun hintaan. Kohde-etuuden hinnan nousu aiheuttaa siis myyntioption arvon alenemista. Myös toteutushinta vaikuttaa erisuuntaisesti osto- ja myyntioptioiden arvoihin. Alhaisemman toteutushinnan osto-optio on vastaavaa saman kohde-etuuden korkeamman hinnan osto-optiota arvokkaampi, koska molemmat optiot oikeuttavat ostamaan saman tuotteen, mutta alhaisemman toteutushinnan optiolla sen saa halvemmalla. Korkeamman toteutushinnan

myyntioptio antaa ostajalleen oikeuden myydä kohde-etuuden korkeampaan hintaan kuin saman tuotteen alhaisemman hinnan myyntioptio, täten se on arvokkaampi. (Opi optiot 96)

Aika-arvoon vaikuttavia tekijöitä ovat jäljellä oleva voimassaoloaika ja kohde-etuuden volatilitteetti. Mitä pidempi aika on jäljellä option päättymispäivään, niin sitä suurempi on option aika-arvo ja option markkinahinta. Tämä johtuu siitä, että kohde-etuuden suotuisten hinnanmuutosten todennäköisyys pienenee lähestyttäessä päättymispäivää. Volatilitteetti on kohde-etuuden arvon muutoksien mittari. Suuri kohde-etuuden kurssin volatilitteetti tarkoittaa suuria kurssin muutoksia, ja tämän seurauksena niin osto- kuin myyntioptioiden arvo kasvaa. Tämä on seurausta siitä, että suotuisien sattumien, eli onnistuneiden optiokauppojen määrä osto- ja myyntioptiolle kasvaa kohde-etuuden kurssin volatilitteetin kasvaessa.

### **CfD eli aluehintatuote**

Forwardien ja futuurien referenssihintana käytetään sähköpörssin systeemihintaa, joten näillä tuotteilla voidaan suojautua systeemihinnan muutoksia vastaan. Fyysinen sähkökauppa pörssissä käydään kuitenkin aluehintaisten, joten aluehinnan erotessa systeemihinnasta muodostuu fyysiselle sähkökaupalle avoin positio, jota kutsutaan aluehintariskiksi.

Aluehintatuote eli Contracts for Difference on kehitetty kattamaan se osa johdannaisuojauksesta, joka jää avoimeksi aluehinnan erotessa systeemihinnasta. Aluehintatuotteella voidaan siis suojautua aluehintariskiä vastaan. Täydellinen suojautuminen aluehintariskiltä voidaan toteuttaa seuraavien kolmen vaiheen mukaisesti:

1. Suojataan tarvittava tehomäärä forward-sopimuksella
2. Suojataan aluehintaero samalle tehomäärälle aluehintatuotteella
3. Suoritetaan fyysinen sähkönhankinta oman toimitusalueen aluehinnalla

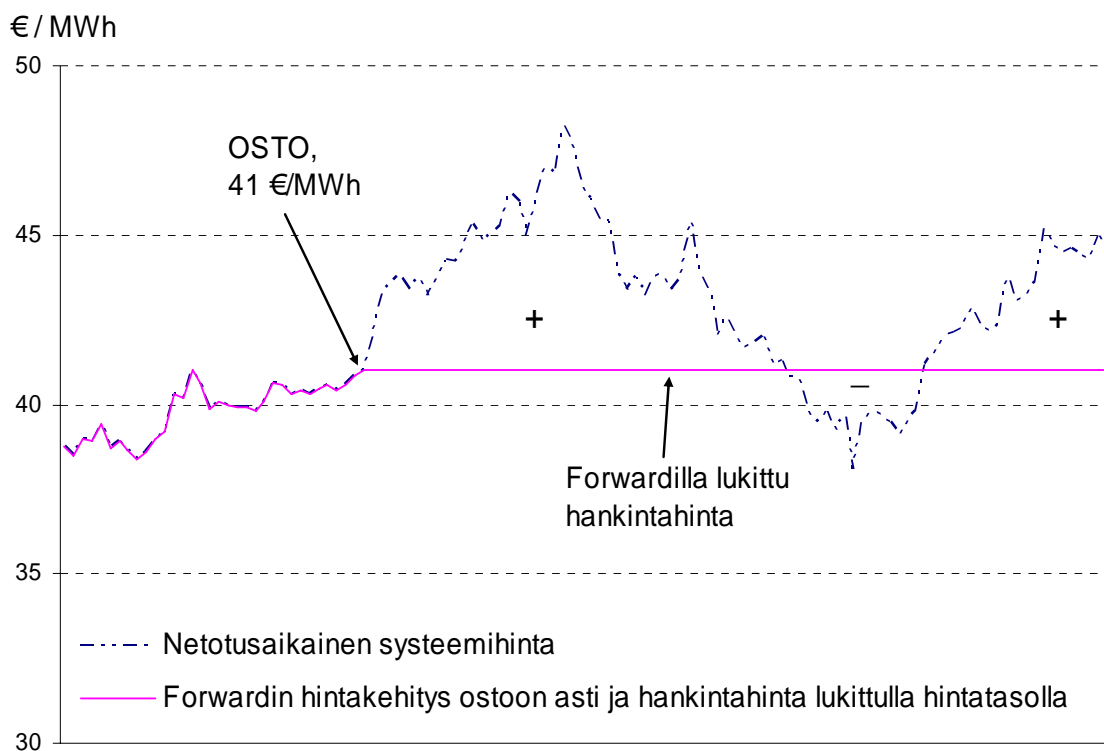
## 5.2.2 Suojautuminen johdannaisilla

Johdannaiset on kehitetty takaamaan tietty markkinahinta tuotteille, joiden markkinahinta on liian epävakaata markkinaosapuolten mielestä. Niiden suojaava vaikutus perustuu siihen, että tuotteen myymisen tuottaessa odotettua vähemmän, tuottaa johdannainen voittoa ja päinvastoin (Rinta-Runsala 99). Tämän seurauksena johdannaistuotteilla saadaan sidottua tuotot ennalta määritetylle tasolle riippumatta markkinahinnan heilahteluista.

Seuraavaksi käydään läpi muutamia esimerkkejä johdannaistuotteiden käytöstä. Esimerkeissä ei huomioida veroja eikä transaktiokustannuksia ja tuotteiden hinnat ovat kuvitteellisia.

### **Esimerkki 1: Forwardin vaikutus hankintakustannuksiin**

Tässä esimerkissä käydään läpi sähköpörssistä ostetun forward-sopimuksen vaikutus sähkön hankintakustannuksiin. Forward-sopimuksella voidaan suojata hankinta- tai myyntihinta halutulle tehomäärälle vain, jos sähkökauppa tapahtuu systeemihintaisena. Mikäli pörssisähkön ostohetkellä aluehinta eroaa systeemihinnasta, ei forward-sopimus kata tätä aluehinnan ja systeemihinnan välistä eroa. Tässä esimerkissä oletetaan hankinnan tapahtuvan kuitenkin systeemihintaisena.

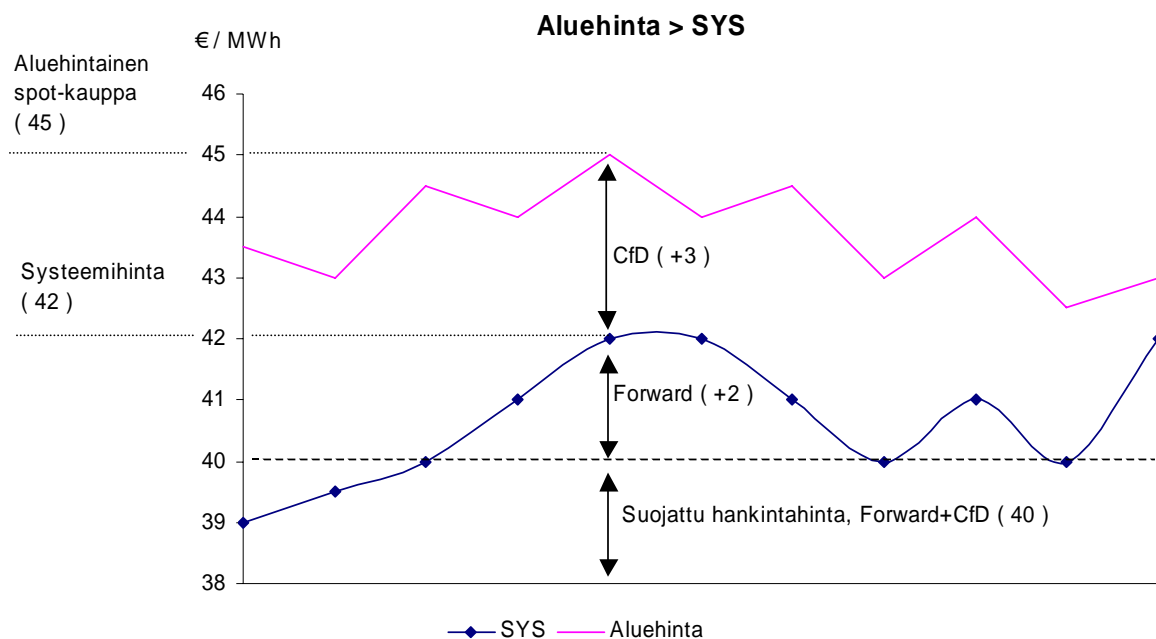


Kuva 29. Forward-sopimuksen vaikutus systeemihintaisen sähkön hankintakustannuksiin.

Kuvassa 29 on esitetty forwardin hintakehitys osto hetkeen asti ja osto hinnalla 41 €/MWh. Ostohetken jälkeen kuvassa on esitetty netotusaikainen systeemihinta ja forward-sopimuksella lukittu hankintahintataso. Kun systeemihinta on sopimushintaa korkeampi, saa sopimuksen ostaja kyseisen eron verran tuloja netotuksen yhteydessä, esimerkiksi  $45 \text{ €/MWh} - 41 \text{ €/MWh} = 4 \text{ €/MWh}$ . Tämän seurauksena pörssistä ostettu sähkö maksaa  $45 \text{ €/MWh} - 4 \text{ €/MWh} = 41 \text{ €/MWh}$ , aivan kuten forward-sopimuksessa määriteltiin. Systeemihinnan ollessa sopimushintaa alempi, joutuu forwardin ostaja maksamaan systeemi- ja sopimushinnan erotuksen verran nettoarvon tilityksen yhteydessä. Molemmissa tapauksissa hankintahinnaksi muodostuu forward-sopimuksen hinta 41 €/MWh.

### Esimerkki 2: Suojautuminen aluehinteriskiltä

Seuraavaksi käydään läpi yksinkertainen esimerkki aluehintatuotteen käytöstä hankintahinnan suojaamisessa. Kuvassa 30 on esitetty forwardilla ja aluehintatuotteella tehdyn hankinnan suojauksen toteutuminen aluehinnan ollessa systeemihintaa suurempi.



Kuva 30. Aluehintariskiltä suojautuminen forwardin ja aluehintatuotteen avulla, aluehinnan ollessa systeemi hintaa suurempi.

Jos hankintahinta suojataan forwardilla esimerkiksi tasolle 38 €/MWh ja sen lisäksi hankitaan aluehintatuote hinnalla 2 €/MWh, muodostuu pörssistä hankittavalle sähkölle hinnaksi 40 €/MWh aluehinnan ja systeemi hinnan erosta riippumatta. Sähkö ostetaan aluehinta isena pörssistä (45 €/MWh), CfD kattaa aluehinnan ja systeemi hinnan eron (+3 €/MWh) ja forwardi systeemi hinnan ja forwardin+CfD hinnan välisen eron (+2 €/MWh). Tämän jälkeen sähkön hankintahinnaksi jää 40 €/MWh (-45+3+2).

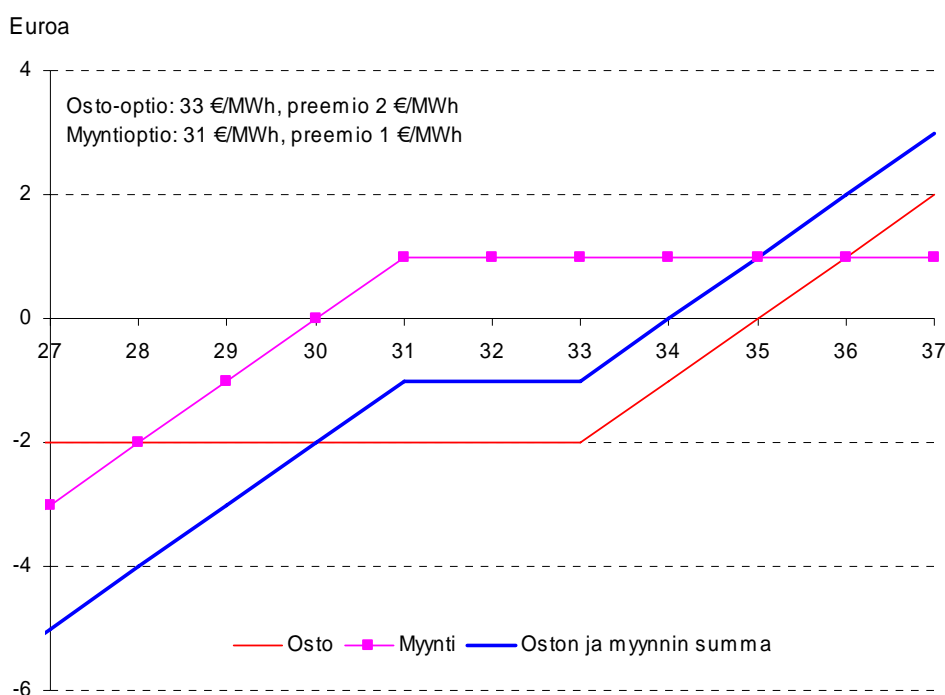
### Esimerkki 3: Sylinterisuojaus optioilla

Optioiden avulla voidaan varmistaa tietty hintataso ennalta alla olevalle tuotteelle vastaavasti, kuin termiineillä voidaan varmistaa tietty hintataso fyysiselle sähkökaupalle. Optioiden netotus tapahtuu kuitenkin yhtenä ennalta määriteltynä ajanhetkenä, option päättymispäivänä ja tässä suhteessa optiot eroavat termiineistä. Mikäli optiokauppa ei toteudu, ei myöskään suunniteltua avoimen position suojausta tapahdu automaattisesti, mikä on hyvä muistaa toimittaessa optioiden kanssa. Tässä esimerkissä havainnollistetaan



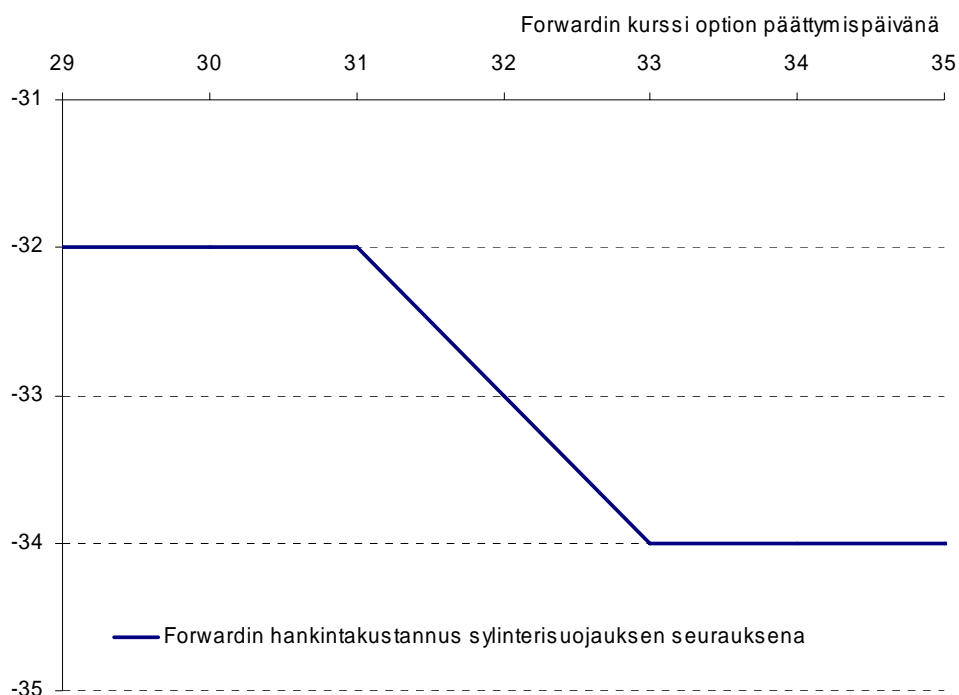
optiosuojauksen vaikutusta termiin hankintahinnan rajaamiseen ennalta tietylle hintavälille.

Optioilla tehdyllä sylinterisuojuksella tarkoitetaan ostetun osto-option ja sitä toteutumishinnaltaan alemman myyntioption myynnin yhdistelmää. Eli sylinterisuojaus saadaan aikaiseksi esimerkiksi ostamalla toteutumishinnaltaan 33 €/MWh osto-optio, josta maksetaan 2 euron preemio ja myymällä esimerkiksi 31 €/MWh myyntioptio, jonka preemio on yhden euron suuruinen. Kyseistä strategiaa käytetään, kun uskotaan kurssien nousevan. Sylinterisuojuksella voidaan pienentää preemion osuutta verrattuna pelkkään ostettuun osto-optioon nähden, mutta samalla luovutaan mahdollisen termiinikurssin laskun mukanaan tuomasta hankintahinnan alenemisesta. Kuvassa 31 on esitetty osto- ja myyntioptioiden tuottokäyrät ja niiden summakäyrä.



Kuva 31. Ostetun osto-option ja myydyin myyntioption avulla muodostettu sylinterisuojaus.

Edellinen kuva ei kuitenkaan kerro suoraan optiokaupalla saavutetuista hyödyistä termiin hankinnassa. Kuvassa 32 on esitetty edellisen sylinterisuojuksen vaikutukset option päättymispäivänä toteutettuun termiinikauppaan.



Kuva 32. Sylinterisuojausvaikutus forwardin hankintakustannuksiin.

Haluttu termiini saadaan siis hankittua option päättymispäivänä minimissään 32 €/MWh ja maksimissaan 34 €/MWh hinnalla. Kyseisen esimerkin laskentatulokset on esitetty liitteessä 4. Muita varsin yleisesti käytettyjä optioyhdistelmiä ovat muun muassa ostetut ja myydyt haarat, jotka muodostetaan ostamalla tai myymällä saman hintaiset osto- ja myyntioptiot. Myös joko osto- tai myyntioptioilla muodostettavat hintaportaat ovat varsin yleisiä yhdistelmiä. Hintaporras on laskeva, jos myydyt option hinta on ostettua optiota matalampi. Optioyhdistelmistä löytyy lisätietoa esimerkiksi Heikkisen (99) diplomityössä, Vakiodut optiot sähkökaupassa.

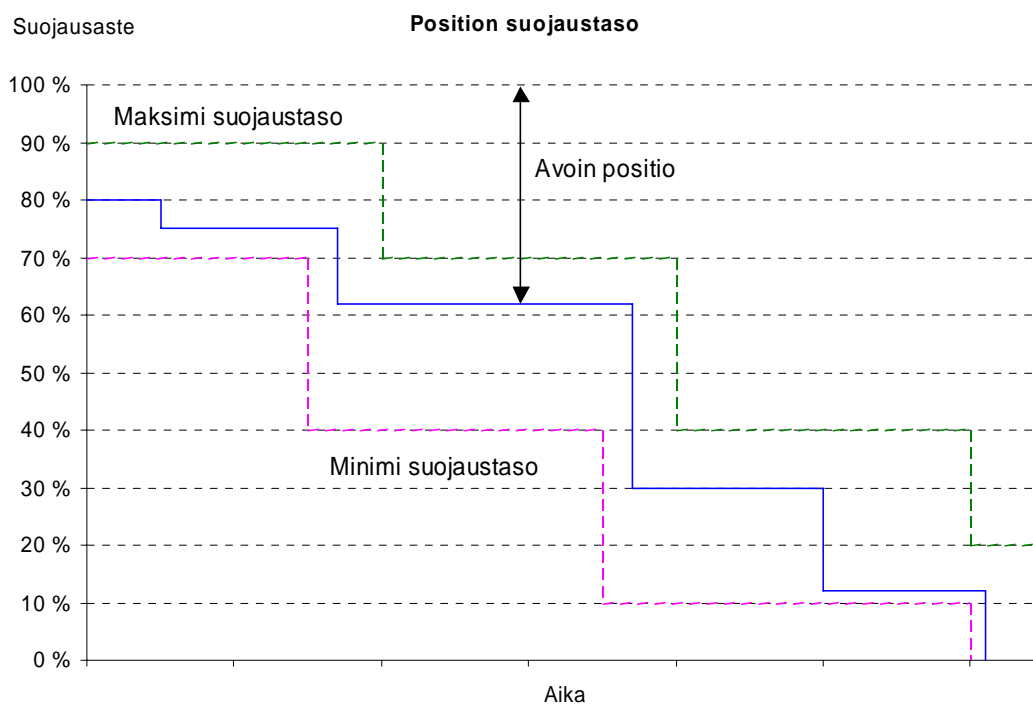
### 5.2.3 Muita hallintamenetelmiä

Tässä kappaleessa käsitellään muita riskienhallintamenetelmiä, joilla voidaan suojautua sähkökaupan mukanaan tuomilta riskeiltä. Käytännössä nämä menetelmät perustuvat hajauttamiseen ja erilaisten toimintarajojen asettamiseen sekä noudattamiseen.

## Suojaustasot

Suojaustaso on selkeytensä ja luotettavuutensa vuoksi yksi käytetyimmistä riskienhallintamenetelmistä. Sillä voidaan hallita avoimen position mukanaan tuomaa hintariskiä. Suojaustasolla tarkoitetaan avoimen position suuruutta, eli varmistetun hankinnan osuutta ennustetusta sähkön kulutuksesta tai myynnistä.

Suojaustasolle määritellään yleensä ylä- ja alarajat sekä aikajaksot. Tyypillinen aikajaksojen jako on seuraavat liukuvat 12 kuukautta, 13-24 kuukautta ja 25-36 kuukautta. Jokaiselle aikajaksolle määritellään myös omat ylä- ja alarajat. Ylärajat määritellään estämään spekulatiivinen ylisuojaus ja varmistamaan, että suojaukset tehdään riittävän monessa osassa pitkällä aikavälillä. Alarajojen avulla määritetään minimiraja hankinnalle, joka tulee suojata spot-hinnan vaihtelusta johtuvalta hintariskiltä. Suojaustasot voivat olla esimerkiksi lähimmälle 12 kuukauden aikajaksolle 70-90 %, seuraavalle 40-70% ja viimeiselle 25-36 kuukauden aikajaksolle 10-40% position suuruudesta. Kuvassa 33 on esitetty suojaustasojen liikkuvuus ajan suhteen. (Sjöblom 03)



Kuva 33. Suojaustasot avoimen position hallinnassa.

Suojaustasot voidaan asettaa liikkumaan myös vallitsevan markkinahintatason mukaisesti. Suojaustasot nousevat markkinahinnan laskiessa ja päinvastoin. Hintarajat pitää pystyä asettamaan realistiselle tasolle ajatellen historiallisia hintoja sekä fundamenttien sallimaa hintatasoa. Esimerkiksi jos sähkön hinta on halvimillaan 3 kuukauteen, nostetaan alempaa suojaustasoa 10% ja jos hinta on halvimillaan 6 kuukauteen, niin nostetaan alempaa suojaustasoa 25%. (Sjöblom 03)

### **Stop loss**

Stop loss-rajoja käytetään yleisesti teknisen analyysin yhteydessä. Niillä pyritään estämään huonon kurssikehityksen aiheuttamia tappioita. Perusoletuksena on, että alkanut trendi jatkuu todennäköisemmin kuin loppuu. Tämän pohjalta voidaan ajatella, että tietyn rajan jälkeen on viisasta sulkea huonoon suuntaan kehittyvä kauppa riittävän ajoissa ja näin estää suurempien tappioiden syntyminen. (Papinniemi 00)

Stop loss-rajat voidaan asettaa Mark-to-market menetelmälle, jossa verrataan hankintahintaa tähänhetkiseen markkinahintaan. Mikäli hintojen ero on kehittynyt tappiolliseen suuntaan yli määritellyn rajan, suljetaan kauppa suurempien tappioiden estämiseksi.

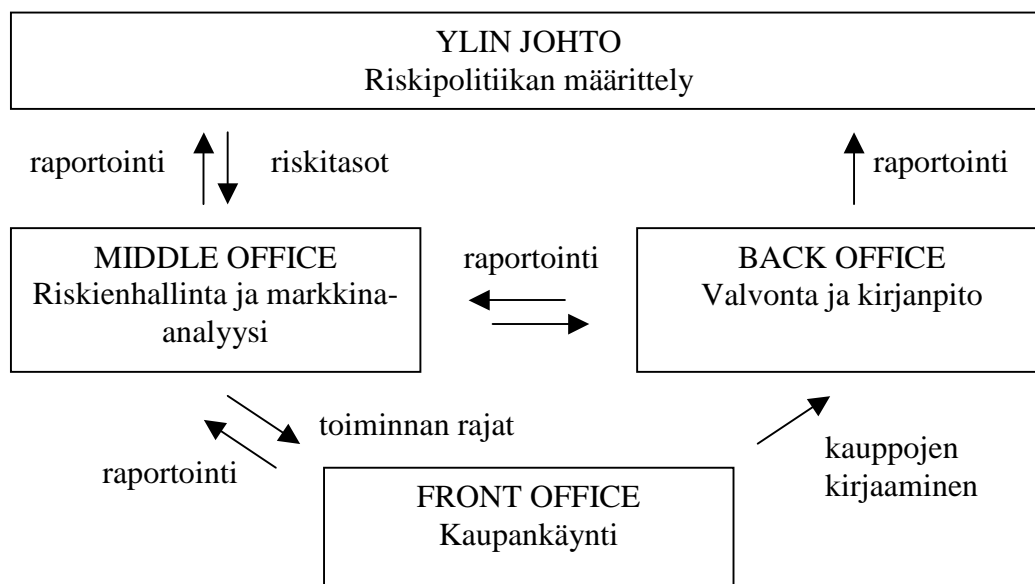
Stop loss-menetelmän suurimpana ongelmana on oikeansuuruisten rajojen asettaminen. Liian tiukat rajat aiheuttavat turhia kauppojen sulkemisia ja liian väljät rajat taas voivat sallia suurtenkin tappioiden syntymisen. Rajat olisikin hyvä asettaa kurssikehityksen mukaan liikkuviksi ja niitä tulisi seurata jatkuvasti.

### **Sähkökaupan toiminnallinen toteuttaminen**

Hyvä lähtökohta sähkökaupan riskienhallinnan aloittamiseksi, on riskienhallintastrategian luonti. Strategiassa määritellään riskienhallintaprosessin vaiheet ja toteuttamisperiaatteet. Riskienhallintaprosessin vaiheet ovat riskien tunnistaminen, riskianalyysi, riskipolitiikka, käytännön riskienhallinta ja prosessin seuranta. Tässä kappaleessa käsitellään

riskipolitiikassa määriteltävää sähkökaupan toiminnallista toteutusta, joka on osa riskienhallinnan käytännön toteutusta.

Toiminnallisella toteutuksella tarkoitetaan sähkökauppaan liittyvien toimintojen eriyttämistä kolmeen eri vastuutasoon, joita ovat front, middle ja back office. Back office valvoo riskirajoja ja kaupankäyntilimiiteissä pysymistä. Tämän lisäksi kirjanpidolliset tehtävät, vakuudet, laskutus ja muut sopimuksiin liittyvät asiat kuuluvat back officen tehtäviin. Middle officen vastuualueisiin kuuluu kaupankäynnin suunnittelu ja markkina-analyysien teko. Front officen vastuulla on kaikki suoranaiseen kaupankäyntiin liittyvät toiminnot ja se vastaa middle officen kaupankäynti- ja suojaussuunnitelmien toteuttamisesta. Kuvassa 34 on esitetty sähkökaupan toimintojen eriyttäminen näihin kolmeen edellä mainittuun vastuutasoon. (Anttalainen 01)



Kuva 34. Sähkökaupan toimintojen eriyttäminen. (Rinta-Runsala 99)

Sähkökaupan toiminnallisen toteuttamisen jakamisella näihin kolmeen edellä mainittuun osaan yksinkertaistaa sähkökaupan raportointia ja valvontaa. Samalla vähennetään huomattavasti sähkökauppaan liittyvää operationaalista riskiä, koska samat henkilöt eivät esimerkiksi vastaa sähkökaupan suunnittelusta tai toteutuksesta ja sähkökaupan valvontaa hoitavat eri henkilöt kuin kaupankäynnin toteuttajat.

## 6. Esimerkki riskitekijöiden vaikutuksista pörssisähkön hankintakustannuksiin

Tässä kappaleessa pohditaan sähkökaupassa esiintyvien riskien vaikutuksia ja merkittävyyttä pörssisähkön hankinnan kannalta. Asiaa havainnollistetaan esimerkin avulla kuvitteellisen kulutusprofiilin mukaisen hankintaposition suojauksella. Samalla sovelletaan eri riskimittareita pohdittaessa sähkökaupassa esiintyvien riskien merkittävyyttä ja huomataan, että pörssisähkön hankintahinta voidaan mallintaa etukäteen suojaustuotteita käytettäessä suojaustuotteiden hinnalla ja profiiliriskillä. Profiiliriski kattaa ali- ja ylisuojauksen aiheuttamat kustannukset ja sen avulla voidaan laskea ennalta tietyin oletuksin hinta- ja volyymiriskin toteutumisesta aiheutuvat kustannukset.

Suojauksella tarkoitetaan tässä esimerkissä sähkön hankintahinnan kiinnittämistä pörssin tarjoamilla termiinituotteilla, joiden kanssa on käytetty pörssin tarjoamaa aluehintatuotetta. Näin helpotetaan ja yksinkertaistetaan tämän esimerkin läpikäyntiä. Todellisuudessa on kuitenkin hyvä muistaa, että aluehinta pörssisähkön hinta voi olla hetkellisesti huomattavasti systeemihintaa suurempi. Esimerkiksi 19.01.2006 tunnin 19 osalta Suomen aluehinta oli yli 200 €/MWh systeemihintaa korkeampi (Nord Pool). Onkin varsin selvää, miten vastaavanlainen tilanne tulevaisuudessa vaikuttaa sähkönhankintakustannuksiin, ellei hankintaa ole suojattu aluehentariskiltä. Lisäksi on hyvä muistaa, että aluehintasuojaus toimii vastaavasti kuin suojaus esimerkiksi forwardeilla, eli se kattaa vain sopimustehon suuruisen energiamäärän. Tämän seurauksena myös aluehentariski aiheuttaa profiiliriskiä suojauksen tehon erotessa hankinnan keskituntitehosta, mutta tätä osuutta profiiliriskistä ei kuitenkaan huomioida tässä esimerkissä.

Esimerkissä käydään aluksi läpi profiiliriskin muodostuminen ja siihen vaikuttavat tekijät. Tämän jälkeen käydään läpi profiiliriskin muodostuminen suojauksen kannalta eräänlaisessa ideaalitapauksessa. Sitten pohditaan, miten oikea maailma poikkeaa ideaalisesta ja tutkitaan samalla näiden poikkeamien vaikutusta profiiliriskin muodostumisen kannalta.

## 6.1 Profiiliriskin muodostuminen

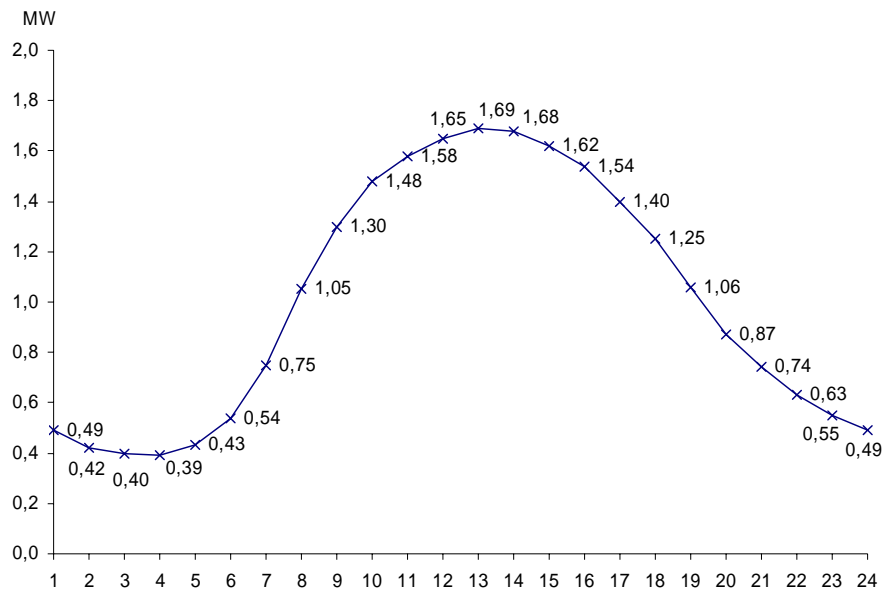
Profiiliriski kertoo ali- ja ylisuojauksesta aiheutuvat kustannukset tai voitot. Profiiliriskin suuruuteen vaikuttavat suojauksen tehotaso ja hinta sekä kulutusprofiili ja spot-hinta. Näistä tekijöistä suojauksen teho ja hinta ovat tiedossa ja mallinnettavissa heti kun suojaus on tehty, mutta kulutusprofiili ja spot-hinta perustuvat arvioihin aina toteutumiseensa saakka. Niiden mallintamisen oikeellisuudesta aiheutuu siis epätarkkuutta profiiliriskiä etukäteen määriteltäessä. Vesanto (01) on esitellyt työssään profiiliriskin laskennalle seuraavanlaisen kaavan:

$$\text{Profiiliriski} = (A-B)(C-D), \quad (12)$$

missä  $A$  on kulutusprofiili (MW),  $B$  on suojauksen teho (MW),  $C$  on sähkön hankintahinta pörssistä (€/MWh) ja  $D$  on suojauksen hinta (€/MWh). Profiiliriski muodostuu siis yli- ja alisuojauksen aiheuttamista kustannuksista, jotka ovat seurausta suojauksen hinnan ja spot-hinnan erosta. Seuraavaksi tarkastellaan hieman näitä tekijöitä ja niiden merkitystä profiiliriskin muodostumisessa.

### 6.1.1 Kulutusprofiili

Etukäteen kulutusprofiilia mallinnettaessa oletetaan, että tulevasta kulutusprofiilista on olemassa jonkinlainen ennuste. Tämä ennuste voi pohjautua esimerkiksi historiatietoihin. Tuleva kulutus on kuitenkin vain ennuste toteutumiseensa saakka, joten todellinen kulutusprofiili selviää vasta sähkönkulutuksen jälkeen. Siihen asti ennustettu kulutus voi muuttua volyyimiriskin toteutuessa esimerkiksi suuren teollisuusyrityksen vaihtaessa sähköntoimittajaa tai säätilan aiheuttamien kulutusmuutosten seurauksena. Kuvassa 35 on esitetty tässä esimerkissä käytettävä kulutusprofiili yhden vuorokauden tuntien osalta.



Kuva 35. Kulutusprofiili.

Volyyimiriskin toteutumisen todennäköisyyttä voidaan arvioida historiatietojen perusteella, mikäli sellaisia on saatavilla. Tämän lisäksi volyyimiriskin toteutumisen vaikutuksia on varsin yksinkertaista arvioida stressitestauksen avulla, esimerkiksi tutkimalla miten suurimman yksittäisen kulutusprofiiliin vaikuttavan asiakkaan poistuminen vaikuttaa kulutusprofiilin muuttumisen kautta hankintatilanteeseen.

Toinen merkittävä kulutuksen suuruuteen vaikuttava tekijä on kulutushetkellä vallitseva lämpötila. Etenkin talvella kovien pakkasten aiheuttama lämmitystarpeen kasvu voi lisätä kulutusta huomattavasti. Jälleen kerran saatavilla olevat historiatiedot sekä stressitestaustoimivat hyvin pohdittaessa kulutuksen kasvun suuruutta ja todennäköisyyttä.

### 6.1.2 Suojaustaso

Seuraavaksi pohditaan oletetulle kulutusprofiilille tarvittavaa suojausta. Oletettua kulutusprofiilia voidaan myös kutsua lähtöpositioksi. Ennen suojauksen tekoa lähtöpositio on kokonaisuudessaan avoin, eli sen hankintahinta riippuu täysin toteutuvasta pörssisähkön hinnasta. Sähkön pörssihinta vaihtelee kuitenkin huomattavan paljon ja siihen vaikuttavat monet eri riskitekijät, kuten tässä työssä on aiemmin todettu. Tämän



seurauksena koko lähtöposition suojaamatta jättäminen on liian suuri riski liiketoiminnalle.

Yksinkertaisin tapa position suojaukselle on suojata kulutusprofiili sen keskituntiteholla. Keskituntiteholla suojattaessa yhtä suuri osa kulutusprofiilista tulee ali- ja ylisuojattua ja tämän seurauksena myös ali- ja ylisuojauksen kustannukset ovat yhtä suuret, mikäli spot-hankintahinta on sama kaikille tunneille. Näin ei tietenkään käytännössä ole, mutta keskituntiteholla suojautuessa tehdään kuitenkin eräänlainen optimiratkaisu, jossa otetaan vähiten näkemystä tulevaisuuden hintatasosta. Suojaus pystytään kuitenkin vain harvoin tekemään juuri keskituntitehoisena, koska pörssin suojaustuotteet ovat kiinteätehoisia ja tällöin osa positiosta tulee aina ali- tai ylisuojatuksi.

### **6.1.3 Suojauksen hinta**

Position suojauksella lukittu hankintahintataso riippuu suurimmaksi osaksi suojaustuotteiden hinnoista. Periaatteessahan pörssin suojaustuotteet ovat eräänlainen ennuste tulevaisuuden hintatasosta, mutta on hyvä muistaa että jokaiseen pörssikauppaan tarvitaan aina kaksi eriävää näkemystä tulevasta hintakehityksestä. Suojaustuotteita käytettäessä altistutaan siis aina johdannaishintariskille, mikä on seurausta johdannaisten hetkisestä hinnasta ja tulevaisuuden markkinahintatasosta. Myös johdannaisten hinnoittelu ja niiden likviditeetti, altistavat osapuolet johdannaishintariskille.

Yksi varsin toimiva ja yleisesti käytössä oleva menetelmä johdannaishintariskin määrittämiselle on Mark-to-market menetelmä. Siinä johdannaisten riski määritellään sen sulkemiskustannusten perusteella. Sulkemiskustannus saadaan, kun nykyisestä johdannaisten markkinahinnasta vähennetään jo tehdyn suojauksen sopimushinta. Kun kyseinen ero kasvaa yhtiön riskipolitiikassa määritellylle maksimitasolle, niin kyseinen suojaus suljetaan vastakkaisella kaupalla ja näin estetään suurempien tappioiden syntyminen.

Toinen johdannaistuotteiden hintoja seuraava riskin mittari on PaR-menetelmä. Siinä arvioidaan avoimen eli suojaamattoman position mukanaan tuomaa riskiä. PaR-luku saadaan laskettua, kun vähennetään hankinnan kustannukset pahimmassa mahdollisessa markkinatilanteessa avoimen position suojauskustannuksista nykyisellä suojaushinnalla. PaR kertoo siis suojauksen mukanaan tuoman kustannussäästön huonoimman suojaamattoman hankintatilanteen kustannuksiin verrattuna. Myös PaR-luvulle voidaan määrittää maksimitaso riskipolitiikassa. Tämän tason ylittämisestä seuraa suojaustoimenpiteiden toteuttaminen. Edellä mainittuja menetelmiä sovelletaan myöhemmin tässä esimerkissä.

#### **6.1.4 Spot-hinta**

Pörssin hinta hankintahetkellä vaikuttaa käytännössä myös aina hankintakustannuksiin, vaikka hintataso olisikin lukittu tietylle tasolle suojaustuotteiden avulla. Syynä tähän on kulutusprofiilista eroava suojauksen teho. Esimerkiksi alisuojatulle kulutusprofiilin tunnille voidaan joutua hankkimaan sähköä pörssistä huomattavasti suojaushintaa kalliimmalla ja näin ollen alisuojaus aiheuttaa hankintakustannuksen nousun.

Profiiliriskin laskennassa käytetty spot-hinta on myös aina arvio tulevasta hinnasta sen toteutumishetkeen saakka. Yksinkertaisimpia tapoja spot-hinnan ennustamiselle lienee tässä työssä jo esitelty historiallinen volatilitieetti. Volatilitieetin avulla voidaan taas laskea VaR-analyysin avulla erilaisia todennäköisyyksiä tulevalle hintatasolle. Näin tehtäessä on kuitenkin hyvä olla tietoinen laskennan tarkkuudesta ja siitä tosiasiaista, ettei historia aina välttämättä toista itseään.

#### **6.1.5 Profiiliriskin yhteys pörssisähkön hankintakustannuksiin**

Pörssisähkön hankintakustannukset voidaan varmistaa systeemihinnan osalta johdannaistuotteilla etukäteen. Todellinen hankinta tehdään kuitenkin aluehintaisten ja tämä osuus on myös mahdollista suojata etukäteen. Näin ollen suojauskustannukset muodostuvat systeemihinnan ja aluehinnan suojaamisesta. Mikäli suojaustuotteet

kattaisivat hankinnan täydellisesti, olisi hankintakustannus suojauskustannusten suuruinen. Näin ei kuitenkaan yleensä ole, vaan osa hankinnasta on aina ali- ja ylisuojattua. Tästä ali- ja ylisuojatusta energiasta aiheutuu joko kustannuksia tai voittoja riippuen pörssin hintatason suhteesta suojauksen hintatasoon. Profiiliriskillä pyritään mallintamaan juuri näitä ali- ja ylisuojauksesta aiheutuvia kustannuksia, jotta hankintahinta pystyttäisiin määrittelemään etukäteen mahdollisimman tarkasti. Mitä tarkemmin hankintakustannus on etukäteen tiedossa, niin sitä varmemmin pystytään tekemään kannattavia myyntitarjouksia asiakkaille. Pörssisähkön hankintakustannus voidaan siis ajatella muodostuvan suojausten kustannuksista ja profiiliriskistä.

## **6.2 Profiiliriskin laskenta**

Seuraavassa esimerkissä käsitellään yhden vuorokauden ajalle muodostuvaa profiiliriskiä taulukossa 6 esitetyle kulutusprofiilille. Aluksi lasketaan profiiliriski eräänlaisessa ideaalitapauksessa, laskenta on esitetty taulukossa 6 ja profiiliriskin kuvaaja on esitetty liitteessä 5. Tässä esimerkissä suojaus on tehty kulutusprofiilin keskituntitehon suuruisena ja suojaushinta on onnistuttu toteuttamaan systeemihinnan keskiarvoisena. Systeemihintana käytetään Nord Poolin systeemihintaa perjantailta 13.10.2006.

### **6.2.1 Profiiliriski ideaalitapauksessa**

Edellä esiteltyjen lähtötietojen johdosta profiiliriskin suuruuteen ei vaikuta yksittäisten tekijöiden muutokset, mikäli seuraavat ehdot täyttyvät:

- kulutus on suojattu aina keskituntiteholla
- suojauksen hinta on aina systeemihinnan keskiarvon suuruinen

Liitteessä 6 on esitetty eri profiiliriskiin vaikuttavien tekijöiden vaikutukset profiiliriskiin, mikäli edellä mainitut ehdot täyttyvät. Systeemihinnan muutoksen tulee kuitenkin tapahtua hintatason muutoksena siten, että systeemihinnan profiili säilyy. Näin ollen kyseisen kaltaisella suojauksella pystyttäisiin määrittämään ennalta profiiliriskin suuruus,

eli ali- ja ylisuojauksesta aiheutuvat kustannukset, jos vain yksi siihen vaikuttavista tekijöistä muuttuisi.

Taulukko 6. Profiiliriskin laskenta ideaalitapauksessa.

						Profiiliriski:	1,13	€/MWh
A	B	(A-B)	C	D	(C-D)			(A-B)(C-D)
MW	MW	MW	€/MWh	€/MWh	€/MWh			€
Kulutusprofiili	Suojaustaso	ero	Systemihinta	Suojaushinta	ero2			Profiiliriski
0,49	1,00	-0,51	55,41	58,59	-3,18			1,62
0,42	1,00	-0,58	54,77	58,59	-3,82			2,22
0,40	1,00	-0,60	54,28	58,59	-4,31			2,59
0,39	1,00	-0,61	54,28	58,59	-4,31			2,63
0,43	1,00	-0,57	54,94	58,59	-3,65			2,08
0,54	1,00	-0,46	56,53	58,59	-2,06			0,95
0,75	1,00	-0,25	58,99	58,59	0,40			-0,10
1,05	1,00	0,05	62,32	58,59	3,73			0,19
1,30	1,00	0,30	62,90	58,59	4,31			1,29
1,48	1,00	0,48	62,92	58,59	4,33			2,08
1,58	1,00	0,58	62,67	58,59	4,08			2,37
1,65	1,00	0,65	61,99	58,59	3,40			2,21
1,69	1,00	0,69	61,65	58,59	3,06			2,11
1,68	1,00	0,68	60,24	58,59	1,65			1,12
1,62	1,00	0,62	59,71	58,59	1,12			0,69
1,54	1,00	0,54	58,52	58,59	-0,07			-0,04
1,40	1,00	0,40	58,14	58,59	-0,45			-0,18
1,25	1,00	0,25	58,53	58,59	-0,06			-0,02
1,06	1,00	0,06	59,06	58,59	0,47			0,03
0,87	1,00	-0,13	62,00	58,59	3,41			-0,44
0,74	1,00	-0,26	58,49	58,59	-0,10			0,03
0,63	1,00	-0,37	56,80	58,59	-1,79			0,66
0,55	1,00	-0,45	56,18	58,59	-2,41			1,08
0,49	1,00	-0,51	54,82	58,59	-3,77			1,92
24,00								27,09

Valitettavasti todellisuus poikkeaa kuitenkin merkittävästi tästä ideaalitapauksesta, joten sen antamat tulokset pätevät vain kyseisessä tapauksessa. Seuraavaksi käsitelläänkin profiiliriskiä tilanteessa, jossa profiiliriskiin vaikuttavista tekijöistä useampi muuttuu samanaikaisesti.

## 6.2.2 Profiiliriskin herkkyytarkastelu

Seuraavaksi tarkastellaan profiiliriskiin vaikuttavien tekijöiden muutoksen vaikutusta profiiliriskin suuruuteen. Lähtötilanteessa erona edelliseen tapaukseen on, että suojausta ei pystytäkään tekemään systemihinnan keskiarvon mukaisesti. Tarkoituksena on suojata perjantaina seuraavan maanantain hankintahinta ja arvioida profiiliriskin suuruutta.

Lopuksi perjantaina tehtyä suojausta ja profiiliriskin arviota verrataan maanantain toteutuneeseen systeemihintaa ja sen perusteella muodostuneeseen todelliseen profiiliriskiin.

Suojaus toteutetaan perjantain 13.10.2006 Nord Poolin suojaustuotteilla siten, että suojaukseen käytetään seuraavan viikon forwardia, jonka hinnaksi muodostuu perjantain päätöskurssi, ja CfD-aluehintatuotetta, joka oletetaan hankitun jo aikaisemmin. Viikko 42 forwardin päätöskurssi perjantaina 13.10.2006 on 59,62 €/MWh ja aluehintatuotteen sopimushinnaksi oletetaan 0,75 €/MWh (vastaa kyseisen tuotteen marraskuun hintaa). Tehdyillä oletuksilla suojauksen kokonaishinnaksi muodostuu 60,37 €/MWh. Viikkoforwardin käyttö on perusteltua sen halvemman hinnan ja paremman likviditeetin puolesta verrattuna päiväfutuuriin. Forwardilla suojataan tietenkin pidempi aika, kun mitä tarkastelu-aika on, mutta samalla forwardi kattaa kuitenkin kyseisen maanantain tunnit. Todellisuudessa on melko oletettavaa, että myös kulutus jatkuu maanantain jälkeen, joten viikkoforwardilla suojataan samalla koko viikon muutkin päivät.

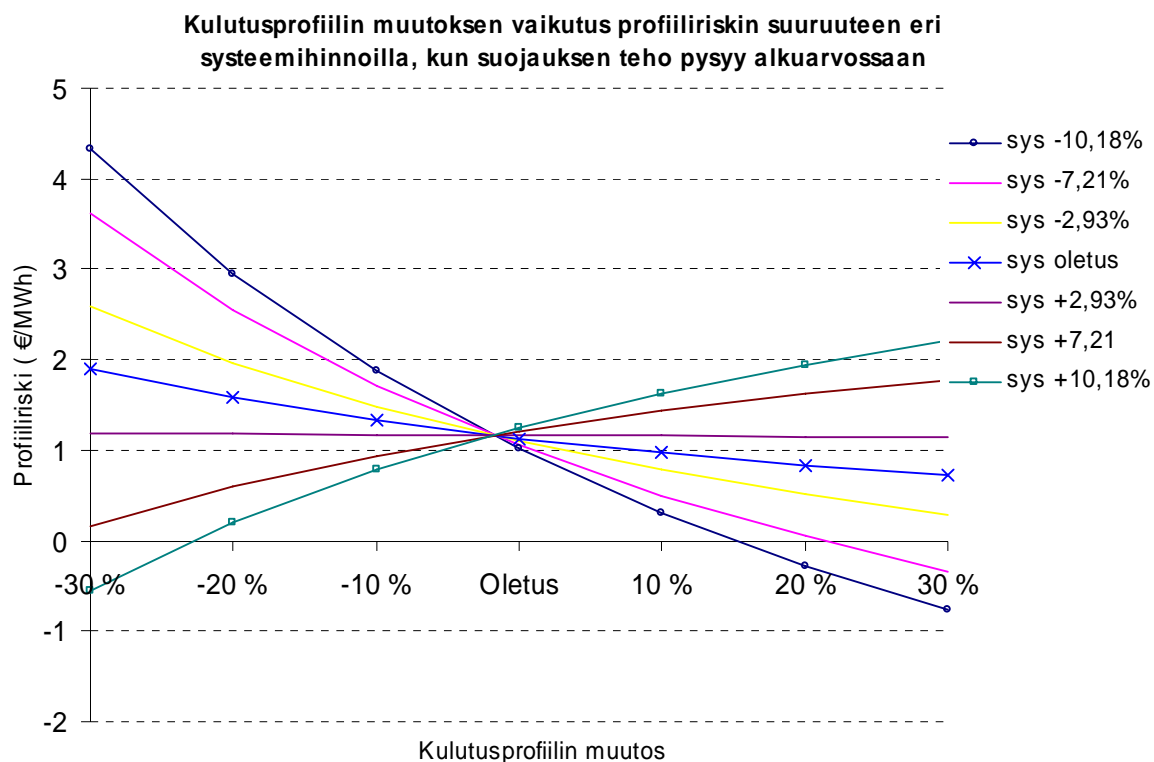
Systeemihinnan muutokset on valittu kuvassa 21 esitetyn sähkön hinnan historiallisen volatilitietin perusteella siten, että viikkovolatiliteetista on aluksi laskettu päivittäisen hinnanmuutoksen suuruus. Tämän perusteella on VaR-analyysin avulla laskettu 99 %, 95 % sekä 75 % todennäköisyyksiä vastaavat arvot, eli prosentuaaliset sähkönhinnan muutokset annetuilla todennäköisyyksillä. Esimerkissä käytetyt systeemihinnan muutokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Herkkyystarkastelussa käytetyt systeemihinnan prosentuaalisen muutoksen määrittely historiallisen volatilitietin ja VaR-analyysin avulla.

Tod.näk.	N(x)	Päivämuutos	VaR-%
99 %	2,33	0,0437	10,18
95 %	1,65	0,0437	7,21
75 %	0,67	0,0437	2,93

Seuraava oletus tässä esimerkissä on, että suojaus onnistutaan tekemään keskituntitehoisena (1MW), mutta toteutuva kulutus muuttuukin kuvan 36 mukaisesti. Suojauksen teho pysyy samana kulutuksen muutoksista huolimatta, joten samalla

kulutusuutoksen kanssa muuttuu position suojaustasokin. Kuvassa 36 on esitetty profiiliriskin muodostuminen eri kulutusprofiilin ja systeemihinnan arvoilla.



Profiiliriski (€/MWh)	Suojaus 1 MW teholla							
	Sys muutos tod.näk.	99 %	95 %	75 %	pe 13.10.	75 %	95 %	99 %
Kulutusprof. muutos	sys -10,18%	sys -7,21%	sys -2,93%	sys oletus	sys +2,93%	sys +7,21	sys +10,18%	
-30 %	4,33	3,62	2,59	1,89	1,19	0,16	-0,55	
-20 %	2,95	2,55	1,97	1,59	1,18	0,60	0,20	
-10 %	1,87	1,71	1,48	1,33	1,17	0,94	0,78	
Oletus	1,01	1,05	1,10	1,13	1,16	1,21	1,24	
10 %	0,31	0,50	0,78	0,97	1,16	1,43	1,62	
20 %	-0,28	0,05	0,51	0,83	1,15	1,62	1,94	
30 %	-0,77	-0,34	0,29	0,72	1,15	1,77	2,21	

Kuva 36. Profiiliriskin muutos, kun kulutusprofiili ja samalla suojaustaso muuttuvat. Tarkastelu on tehty eri systeemihinnan arvoilla.

Kuva 36 havainnollistaa hyvin, että profiiliriski on lähes sama riippumatta toteutuvasta systeemihinnasta suojaustason ollessa lähellä kulutuksen keskituntitehoa. Kun kulutus pienenee, niin ylisuojauksen määrä kasvaa tässä esimerkissä, koska suojaustaso pysyy ennallaan. Tämän seurauksena systeemihinnan laskiessa profiiliriski kasvaa, koska systeemihinta on suojaushintaa matalampi. Vastaavasti kulutuksen kasvaessa

alisojauksen osuus kasvaa ja tämän seurauksena systeemihinnan noustessa profiiliriskikin nousee, koska tällöin systeemihinta on suojaushintaa korkeampi.

Jos nyt ajattelemme hankintahinnan muodostuvan suojauskustannuksista ja profiiliriskistä, voisimme esimerkiksi soveltaa stressitestausta arvioidessamme tulevaa hankintahintaa. Otetaan, että meille riittää systeemihinnan arviosta tapaus, jonka sisällä pysytään 19 päivänä 20:stä. Eli profiiliriskin suuruus valitaan kuvan 36 taulukosta 95 % kohdasta, jolloin systeemihinnan muutoksen oletetaan olevan maksimissaan 7,21 %. Seuraavaksi oletetaan, että kulutus muuttuu maksimissaan  $\pm 20$  %. Tämän seurauksena suurimmaksi mahdolliseksi profiiliriskiksi muodostuu 2,55 €/MWh. Näin ollen hankintahinnan voidaan olettaa pysyvän edellä mainituilla ehdoilla alle  $(60,37+2,55)\text{€/MWh} = 62,92 \text{ €/MWh}$ . Kyseistä hintaa voitaisiin käyttää maanantaina asiakkaille myytävän sähkön hinnoittelun perusteena, siihen on tietenkin lisättävä haluttu kate ja muut kaupankäyntikustannukset.

Tarkastellaan seuraavaksi tilannetta maanantain jälkeen tilanteessa, jossa volyyimiriski toteutui -20 % kulutuksen laskuna. Systeemihintana taulukossa 8 on maanantain 16.10.2006 Nord Poolin systeemihinta, joka toteutui keskimäärin -0,38 % perjantain hintaa halvempana. Tämän seurauksena todelliseksi profiiliriskiksi muodostui 1,98 €/MWh, joka jäi aikaisemmin tehtyä 2,55 €/MWh oletusta alemmaksi. Tämän seurauksena asiakastarjousten hinnoittelulle saatiin jopa hieman odotettua suurempi kate.

Taulukko 8. Toteutunut profiiliriski kulutusprofiilille.

						Profiiliriski:	1,98	€/MWh
A	B	(A-B)	C	D	(C-D)			
MW	MW	MW	€/MWh	€/MWh	€/MWh			
Kulutusprofiili	Suojaustaso	ero	Systeemihinta	Suojaushinta	ero2		(A-B)(C-D)	
							€	
							Profiiliriski	
0,39	1,00	-0,61	54,37	60,37	-6,00		3,65	
0,34	1,00	-0,66	52,65	60,37	-7,72		5,13	
0,32	1,00	-0,68	50,65	60,37	-9,72		6,61	
0,31	1,00	-0,69	50,76	60,37	-9,61		6,61	
0,34	1,00	-0,66	53,93	60,37	-6,44		4,22	
0,43	1,00	-0,57	54,56	60,37	-5,81		3,30	
0,60	1,00	-0,40	58,15	60,37	-2,22		0,89	
0,84	1,00	-0,16	62,25	60,37	1,88		-0,30	
1,04	1,00	0,04	61,73	60,37	1,36		0,05	
1,18	1,00	0,18	61,78	60,37	1,41		0,26	
1,26	1,00	0,26	61,96	60,37	1,59		0,42	
1,32	1,00	0,32	61,80	60,37	1,43		0,46	
1,35	1,00	0,35	61,17	60,37	0,80		0,28	
1,34	1,00	0,34	61,81	60,37	1,44		0,50	
1,30	1,00	0,30	61,45	60,37	1,08		0,32	
1,23	1,00	0,23	59,50	60,37	-0,87		-0,20	
1,12	1,00	0,12	58,77	60,37	-1,60		-0,19	
1,00	1,00	0,00	59,20	60,37	-1,17		0,00	
0,85	1,00	-0,15	61,68	60,37	1,31		-0,20	
0,70	1,00	-0,30	63,10	60,37	2,73		-0,83	
0,59	1,00	-0,41	61,01	60,37	0,64		-0,26	
0,50	1,00	-0,50	58,52	60,37	-1,85		0,92	
0,44	1,00	-0,56	55,97	60,37	-4,40		2,46	
0,39	1,00	-0,61	54,07	60,37	-6,30		3,83	
19,20							37,92	

Edellä mainittujen asioiden lisäksi profiiliriskiä määriteltäessä on hyvä huomioida, että kulutusprofiilin muoto ja systeemihinnan vaihtelu päivän sisällä vaikuttavat suuresti tuntikohtaisen profiiliriskin muodostumiseen. Esimerkiksi sähkön hinta on yleensä kalliimpaa päivällä kuin yöllä kulutuksen määrästä johtuen, tämän seurauksena kulutuksen alisuojaus päivällä aiheuttaa suuremman hankintakustannuksen, kuin kulutuksen alisuojaus yöllä.

### 6.3 Mark-to-market ja PaR

Tässä kappaleessa käymme vielä läpi Mark-to-market ja PaR menetelmien soveltamisen edellisen esimerkin tapauksessa, vaikka esimerkin ajanjakson onkin hieman lyhyt niiden käyttämiselle.

Tarkastellaan aluksi johdannaisista aiheutuvan johdannaishintariskin seuraamista Mark-to-market menetelmällä. Kyseisessä menetelmässä seurataan suojauksessa käytettyjen johdannaisten päivittäistä hintakehitystä. Mikäli johdannaisten hinnat kehittyvät yli



ennalta määritellyn rajan, suljetaan jo tehty suojaus vastakkaisella johdannaissopimuksella. Näin estetään liian suurien tappioiden syntyminen johdannaissuojauksen yhteydessä. Taulukossa 9 on esitetty edellisen esimerkin viikkoforwardin hintakehityksen vaikutusta Mark-to-market arvoon stressitestauksen avulla, käytännössä jo toteutetun suojauksen hintaa verrattaisiin suojaustuotteen päivittäiseen pörssihintaan. Taulukossa on siis laskettu kyseisen forwardin sulkemiskustannukset ilman kapankäyntikuluja yhden vuorokauden tuntien osalta 1 MW teholla.

Taulukko 9. Mark-to-market menetelmän käyttö.

Forwardin hinta (€/MWh)	MtM-arvo (€)	MtM (%)
50,00	-230,90	-16,14
55,00	-110,90	-7,75
59,62	0,00	0,00
65,00	129,10	9,02
70,00	249,10	17,41

Taulukossa 9 esitetty MtM-arvo on saatu laskemalla alkuperäisen suojauksen kustannukset, jotka ovat  $(1\text{MW} \cdot 59,62\text{€/MWh} \cdot 24\text{h}) = 1430,9 \text{ €}$ . Tästä arvosta vähennetään vastaavasti laskettu sulkemiskustannus eri forwardin hinnoilla ja näin saadaan laskettua sulkemiskustannukset eli Mark-to-market arvo. Kun MtM-arvoa käytetään osana riskienhallintaa, voidaan sille määrittää ennalta yhtiön riskipolitiikassa suurin sallittu arvo, joka voisi olla esimerkiksi edelliselle esimerkille -200 €tai -10 %.

Seuraavaksi käydään vielä läpi PaR-luvun laskenta edellisen esimerkin tapaukselle. PaR-luku ilmoittaa siis kustannuseron, joka aiheutuu huonoimman mahdollisen hankintatilanteen avoimen position hankintakustannuksista verrattuna avoimen position suojauksen tämänhetkisiin kustannuksiin. Taulukossa 10 on esitetty PaR-luvun laskenta koko edellisen esimerkin kulutusprofiilille perjantaina 13.10.2006. Huonoimmaksi odotettavaksi tilanteeksi hankinnan kannalta oletettiin historiallisen volatilitteen ja VaR-analyysin perusteella tapaus, jossa hinnannousu on maksimissaan 95 % todennäköisyydellä 1,65 kertaa keskihajonnan suuruinen. Tämän jälkeen PaR-luku saadaan vähentämällä suojauksen kustannuksista huonoimman tilanteen aiheuttamat kustannukset. Tässä tapauksessa hankintakustannukset olisivat huonoimmassa tilanteessa aluehintaisten hankintana 235,17 € suuremmat kuin suojatun position

hankintakustannukset. Suojaamisella päästäisiin siis noin 14 % kustannussäästöihin verrattuna huonoimmassa tilanteessa tapahtuvaan hankintaan nähden, näin ollen suojaaminen voisi olla hyvinkin perusteltua.

Taulukko 10. PaR-luvun laskentaesimerkki.

MW	13.10.2006		Huonoin mahdollisuus:	1	2	=2-1
	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€	€	€
Kulutusprofiili	Suojaushinta	Suomen alue:	13.10.06 +19,1% (95%tod.näk)	Hankintakust.	Suojauskust.	PaR
0,49	60,37	49,32	58,74	28,78	60,37	31,59
0,42	60,37	45,77	54,51	22,90	60,37	37,47
0,40	60,37	45,31	53,96	21,59	60,37	38,78
0,39	60,37	45,34	54,00	21,06	60,37	39,31
0,43	60,37	49,61	59,09	25,41	60,37	34,96
0,54	60,37	56,90	67,77	36,59	60,37	23,78
0,75	60,37	58,97	70,23	52,67	60,37	7,70
1,05	60,37	62,32	74,22	77,93	60,37	-17,56
1,30	60,37	62,90	74,91	97,39	60,37	-37,02
1,48	60,37	62,92	74,94	110,91	60,37	-50,54
1,58	60,37	62,67	74,64	117,93	60,37	-57,56
1,65	60,37	61,99	73,83	121,82	60,37	-61,45
1,69	60,37	61,65	73,43	124,09	60,37	-63,72
1,68	60,37	60,24	71,75	120,53	60,37	-60,16
1,62	60,37	59,71	71,11	115,21	60,37	-54,84
1,54	60,37	58,52	69,70	107,33	60,37	-46,96
1,40	60,37	58,14	69,24	96,94	60,37	-36,57
1,25	60,37	58,53	69,71	87,14	60,37	-26,77
1,06	60,37	59,06	70,34	74,56	60,37	-14,19
0,87	60,37	61,69	73,47	63,92	60,37	-3,55
0,74	60,37	58,52	69,70	51,58	60,37	8,79
0,63	60,37	56,12	66,84	42,11	60,37	18,26
0,55	60,37	55,34	65,91	36,25	60,37	24,12
0,49	60,37	50,40	60,03	29,41	60,37	30,96
				1684,05	1448,88	-235,17

## 7. Yhteenveto

Yritystoiminnassa esiintyy luonteeltaan hyvin erilaisia riskejä. Toiset riskit toteutuvat yksipuolisina aiheuttaen ainoastaan vahinkoa, kun taas toiset riskit tarjoavat myös voiton mahdollisuuden. Riskienhallinnassa on kyse näiden voitonmahdollisuuksien hyödyntämisestä ja toisaalta myös muiden tappioita aiheuttavien riskien tiedostamisesta ja niihin varautumisesta. Ehkäpä helpoin tapa lähestyä riskienhallintaa onkin riskienhallinnan käsitteleminen monesta osasta koostuvana riskienhallintaprosessina. Näitä riskienhallintaprosessin osia ovat riskien tunnistaminen ja analysointi, riskipolitiikan luonti, käytännön riskienhallinnan toteuttaminen sekä prosessin seuranta ja jatkokehitys. Varsin oleellista onkin integroida riskienhallinta osaksi yrityksen jokapäiväistä toimintaa ja koko yrityksen elinkaaren läpi kestäväksi prosessiksi.

Hyvä lähtökohta sähkökaupan riskien tunnistamiselle on tutkia sähkön markkinahintaan vaikuttavia tekijöitä. Sähkön hinnan muodostumiseen vaikuttavien tekijöiden tunteminen luokin vahvan perustan sähkökaupan riskien onnistuneelle hallinnalle. Sähkön markkinahinta muodostuukin periaatteessa kysynnän volyymin määrittämän marginaalisen tuotantomuodon muuttuvien sähköntuotantokustannusten suuruiseksi. Tämän seurauksena sähkön markkinahinta muodostuu kysynnän määrään ja tuotannon kustannuksiin vaikuttavien tekijöiden perusteella. Kysynnän määrään vaikuttavat pääasiassa lämpötila ja aika. Tuotannon kustannuksiin vaikuttavat muun muassa vesivoimalla tuotetun sähkön määrä ja polttoaineiden hinnat. Myös hiilidioksidin päästökaupalla on ollut suuri vaikutus sähkömarkkinoiden hintatasoon. Muita sähkön markkinahintatasoon vaikuttavia tekijöitä ovat markkinoiden keskittyneisyys, siirtoverkon pullonkaulat ja kysynnän hintajouston puute.

Edellä mainitut sähkön hintaan vaikuttavat tekijät luovat suurimman osan sähkökaupan markkinariskeistä, joita ovat sähkön hinnan volatiliteetista aiheutuva hintariski, siirtoverkon rajoitusten seurauksena syntyvä aluehinteriski, hankinnan ja kulutuksen määrästä muodostuva volyyimiriski, suojaustuotteiden joustamattomuudesta aiheutuva profiiliriski, markkinoiden toimimattomuuden aiheuttama likviditeettiriski ja johdannaisten markkinahintojen muodostumisesta aiheutuva johdannaishinteriski. Muita

sähkökaupassa esiintyviä riskejä ovat poliittiset riskit, valuuttariski, henkilöstön toiminnan aiheuttama operationaalinen riski sekä sopimusvastapuolen aiheuttama vastapuoliriski.

Sähkökaupassa käytetään varsin yleisesti päätöstenteon apuna erilaisia riskianalyysin menetelmiä. Riskianalyysin avulla pyritään määrittelemään riskin esiintymistiheys ja arvioimaan riskin vakavuutta. Näiden tietojen avulla voidaan määrittellä tarve riskeiltä suojautumiselle. Myös teknisen analyysin menetelmät antavat tärkeää lisäinformaatiota sähkökaupan riskienhallintaa varten. Teknisen analyysin menetelmillä pyritään ennustamaan ja tutkimaan markkinoiden käyttäytymistä ja ajoittamaan kaupankäynnin ajoitukset oikeiksi ilman, että puututaan markkinahyödykkeen hintaan vaikuttaviin fundamentaalsiin tekijöihin. Riskianalyysin ensisijaisena tehtävänä onkin tuottaa informaatiota käytännön riskienhallinnan tarpeeseen.

Riskienhallinnan työkaluja sähkökaupassa ovat sähköpörssin finanssituotteet ja riskien kontrollointi eli jakaminen, pienentäminen sekä välttäminen. Sähköpörssin finanssituotteilla eli johdannaisilla voidaan suojautua hinta- ja aluehintariskeiltä. Johdannaistuotteiden pörssikaupassa ei esiinny vastapuoliriskiä, koska pörssi toimii kauppajien välisenä ja vaatii osapuolilta tarvittavat vakuudet. Volyymiriskiltä voidaan suojautua tarkentamalla ennusteita ja pörssin likviditeetti paranee pörssin kaupankäyntimäärien kasvaessa. Työssä esitellään muutamia esimerkinomaisia perustapauksia johdannaistuotteiden käytöstä ja tämän jälkeen käydään vielä läpi perusteet läpissähkökauppaa käyvän toimijan kaupankäyntitoimintojen eriyttämiselle.

Pörssisähkön hankintakustannukset voidaan mallintaa ennalta profiiliriskin ja suojauskustannusten avulla. Mitä tarkemmin sähkön hankintakustannukset pystytään etukäteen mallintamaan, niin sitä tehokkaammin asiakastarjoukset voidaan hinnoitella. Hankintakustannusten mallintamisessa voidaan hyödyntää varsin helposti stressitestausta ja historiallisen volatiliteetin ja VaR-analyysin avulla muodostettuja spot-hinta skenaarioita arvioitaessa profiiliriskin suuruutta.

Lopuksi onkin hyvä todeta, että sähkökaupassa on olemassa todellinen tarve riskienhallinnalle. Sähkön markkinahinnassa tapahtuu usein suuria muutoksia. Näiden muutosten mukanaan tuomien riskien hallinta vaatii riskien sekä niiden analysointi- ja hallintamenetelmien hyvää tuntemista. Myös markkinoiden erityispiirteiden vaikutukset on hyvä tiedostaa. Sähkökaupan onnistunut riskienhallinta vaatii siis kokonaisvaltaista sähkökaupan ja sähkömarkkinoiden tuntemista, sekä järjestelmällisesti toteutettua sähkökaupan riskienhallintaa.

**LÄHDELUETTELO**

- (Ahtosalo 01) Ahtosalo M. Trading-toiminnon kehittäminen sähkömarkkinoilla. Diplomityö, 2001, LTY.
- (Anttalainen 01) Anttalainen J. Tuotantopainotteisen energiayhtiön riskienhallinta avautuneilla sähkömarkkinoilla. Diplomityö, 2001, LTY.
- (Bp 06) Statistical Review of World Energy 2006. 2006. BP. [Viitattu 15.7.2006]. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=91&contentId=7017990>
- (Energia 05) Energiateollisuus, Energiavuosi 2005 kalvosarja. [Viitattu 21.9.2006]. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.energia.fi/page.asp?Section=3219&Item=15593>
- (Hirvonen 03) Hirvonen R., Sulamaa P., Tamminen E. Kilpailu sähkömarkkinoilla – Sähkömarkkinoiden keskeiset piirteet ja toiminta. 2003. ETLA. ISSN 0781-6847
- (Heikkinen 99) Heikkinen A. Vakioidut optiot sähkökaupassa. Diplomityö, 1999, LTY.
- (Hull 03) Hull J. Options, futures, & other derivatives. 5. Edition. 2003. Prentice Hall. ISBN 0-13-046592-5
- (JI&RH 06) Kurssin Johdannaisinstrumentit ja riskienhallinta luentomoniste, Ka6520200. 2006. Kauppatieteiden osasto, LTY.
- (Juvonen 05) Juvonen, Korhonen, Ojala, Salonen, Vuori. 2005. Suomen vakuutusalan koulutus ja kustannus Oy. ISBN 952-9770-90-1

- (Kara 04) Kara, M. Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan. [Viitattu 3.1.2006]. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.ktm.fi/files/15111/KARAloppurap071004.pdf>
- (Kara 05) Kara, M. Sähkö- ja päästöoikeusmarkkinat Suomen näkökulmasta. [Viitattu 20.7.2006]. Saatavilla www-muodossa:  
[http://www.ktm.fi/files/15867/kara\\_sahkomarkkinoiden\\_toimivuus\\_2005.pdf](http://www.ktm.fi/files/15867/kara_sahkomarkkinoiden_toimivuus_2005.pdf)
- (Kasanen 96) Kasanen, Lundström, Puttonen, Veijola. 1996. SVH Coopers & Lybrand Oy. ISBN 951-97461-0-2
- (Keskikallio 03) Keskikallio J., Lindholm J. The Nordic Electric Power Market. 2003. Kauppa- ja Teollisuusministeriö.
- (Koljonen 04) Koljonen, Kekkonen, Lehtilä, Hongisto, Savolainen. Päästökaupan merkitys energiasektorille ja terästeollisuudelle Suomessa. [Viitattu 3.1.2005]. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2259.pdf>
- (Kuusela 98) Kuusela, Ollikainen. Riskit ja riskienhallinta. 1998. Tampereen yliopisto. ISBN 951-44-4303-9
- (Laitinen 00) Laitinen K., Hovila, Mannila, Korppinen. The Influences of Climatic Factors on Electricity Prices in Liberalized Market in Finland. 2000. TTY. IEEE Xplore.
- (Lepistö 03) Lepistö M. Salkkumuotoisen sähkönhankinnan riskien mallintaminen ja ennustaminen. Diplomityö, 2003, TTY.

- (Mattila 06) Mattila H., Häkli J-P., Laaksonen H., Nordblad K-H., Renvall A., Vaajoensuu O-P., Mäkelä K., Salomaa P., Aaltonen P. Nord Poolin ja pörssitoiminnan kehittäminen, työryhmäraportti 22.2.2006. Energiateollisuus. [Viitattu 20.7.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.energia.fi>
- (Matthes 05) Matthes F., Poetzsch S., Grashoff K. Power Generation Market Concentration in Europe 1996-2004. 2005. Öko-Institut.
- (Metsäteollisuus) Metsäteollisuus ry:n internetsivut. <http://www.forestindustries.fi>
- (Metsäteollisuus 06) Metsäteollisuuden tilastokirja 2006 – Vuoden 2005 tiedot. [Viitattu 5.9.2006] Saatavilla www-muodossa: <http://www.forestindustries.fi/files/julkaisut/pdf/8tilastokirja2006.pdf>
- (Mäkelä 05) Mäkelä K. Sähkömarkkinat kurssin opintomateriaalit, Sähköpörssi. 2005. EL-EX Nord Pool. [Viitattu 26.7.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.ee.lut.fi/fi/opi/kurssit/Sa2710400/materiaalit.html>
- (Nordel) Nordel Annual Reports 1997-2005. Nordel. [Viitattu 20.6.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.nordel.org>
- (Nordel 06) Energy Balances 2009 and Power Balances 2009/10. 2006. Nordel. [Viitattu 20.6.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.nordel.org>
- (Nordel cs 06) Prioritised cross-sections Reinforcement measures within the Nordic countries. 2006. Nordel. [Viitattu 20.7.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.nordel.org>



- (Nord Pool) Nord Poolin internetsivut. <http://www.nordpool.com>
- (Nord Pool 06a) Trade at the Nordic Spot Market. 2006. Nord Pool Spot AS. [Viitattu 20.6.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.nordpool.com>
- (Nord Pool 03b) Strategia- ja riskienhallintakurssin luentomateriaalit 26.-27.11.2003. Nord Pool.
- (Opi optiot 96) Opi optiot – Itseopiskeluaineisto. 1996. SOM, Arvopaperi- ja johdannaispörssi Selvitysyhtiö.
- (Papinniemi 00) Papinniemi S. Teknisen analyysin menestyksellisyys suomalaisilla osakemarkkinoilla. Pro gradu-tutkielma, 2000, TTY.
- (Partanen 05) Partanen J., Viljainen S., Lassila J., Honkapuro S., Tahvanainen K. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. 2005, LTY. ISBN 951-764-819-9. [Viitattu 15.6.2006]. Saatavilla www-muodossa: <http://www.ee.lut.fi/fi/opi/kurssit/Sa2710400/materiaalit.html>
- (Sjöblom 03) Sjöblom T. Sähkökaupan riskien- ja salkunhallinta. Diplomityö, 2003, TTY.
- (Suominen 03) Suominen A. Riskienhallinta. 2003. WSOY. ISBN 951-0-26878-X
- (Sähkömarkkinalaki) Sähkömarkkinalaki 386/1995. [Viitattu 26.7.2006]. Saatavilla www-muodossa: [http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/sahkomarkkinalaki\\_386-1995.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/sahkomarkkinalaki_386-1995.pdf)

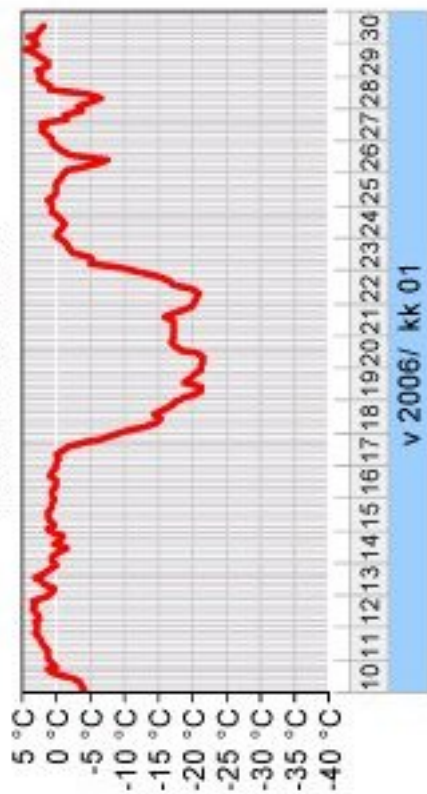
- (Tarjanne 03) Tarjanne R., Luostarinen K. Sähkötuotantovaihtoehtojen taloudellinen vertailu (Hintataso 3/2003). Tutkimusraportti B-155. Energia- ja ympäristötekniikan osasto, LTY. ISBN 951-764-894-4
- (TiMa 05) Kurssin Tilastomatematiikka 1 luentomoniste, Ti5413500. 2005. Tietotekniikan osasto, LTY.
- (Ukkonen 05) Ukkonen E. Metsäteollisuusyrityksen keskitetyn sähkönhankintajärjestelmän kehittämistarpeiden määrittäminen. Diplomityö, 2005, LTY.
- (Vesanto 01) Vesanto J. Markkinaehtoinen hinnoittelu ja loppuasiakasmyynnin mallintaminen sähkökaupan riskienhallinnassa. Diplomityö, 2001, LTY.

Liite 1. Tuntikohtainen systeemi hinta ajalta 15.5.-21.5.2006. (Nord Pool)

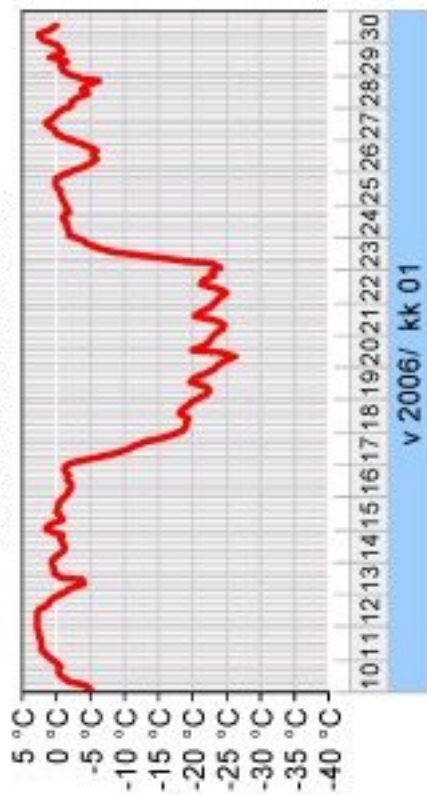


Liite 2. Lämpötila Suomessa tammikuussa 2006. (Ilmatieteenlaitos)

Nopea lauhtuminen 22.-23.1.2006  
PORI LENTOASEMA



ANJALANKOSKI ANJALA



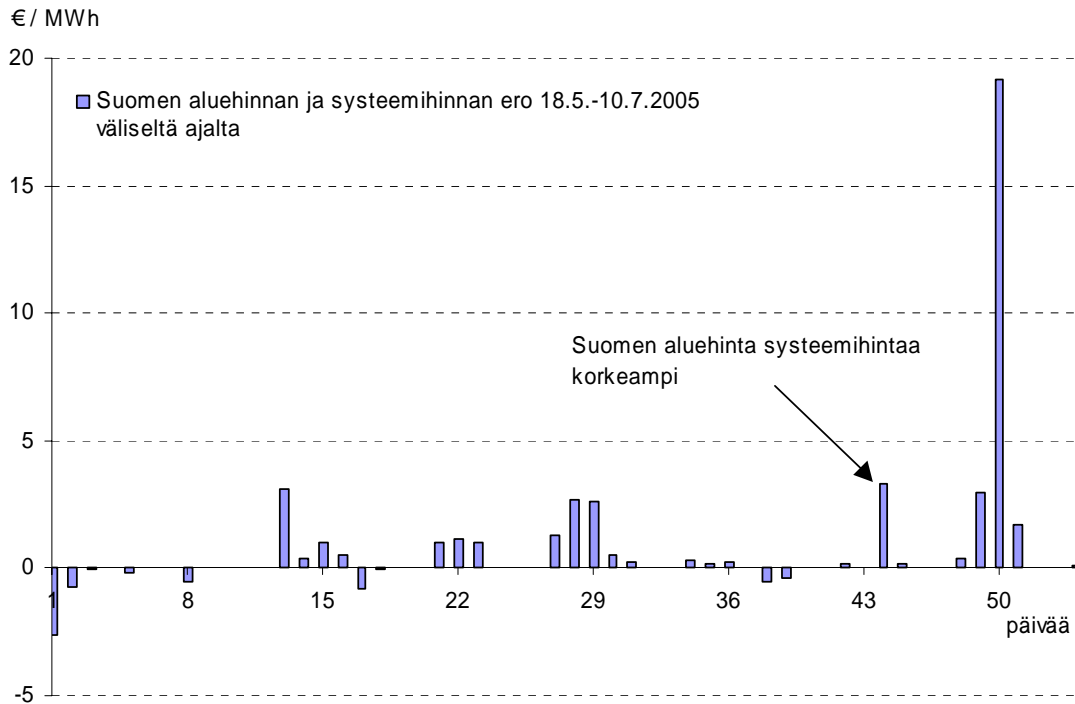
TOHOLAMPI LAITALA



SALLA NARUSKA



Liite 3. Suomen aluehintojen ero systeemihintaan nähden metsäteollisuuden työnseisauksen aikana (18.5.-1.7.2005) ja noin viikon ajalta työnseisauksen loputtua, jolloin metsäteollisuuden tuotantolaitoksia käynnistettiin. (Nord Pool, Metsäteollisuus)



## Liite 4. Sylinterisuojaus optioilla.

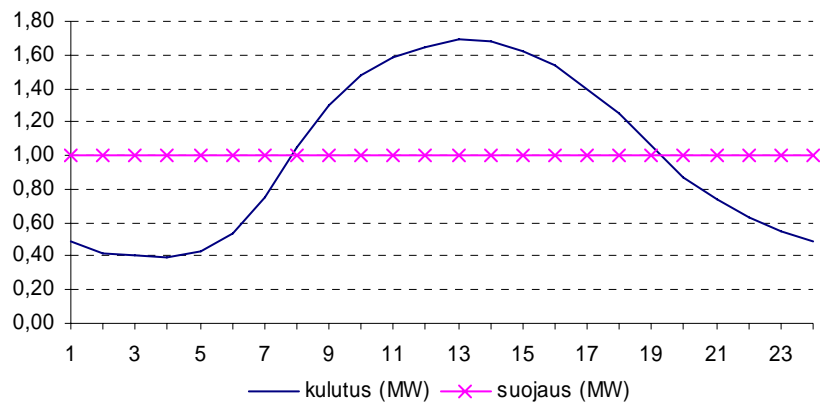
Ostetaan osto-optio 33 €/MWh, preemio 2 €/MWh

Myydään myynioptio 31 €/MWh, preemio 1 €/MWh

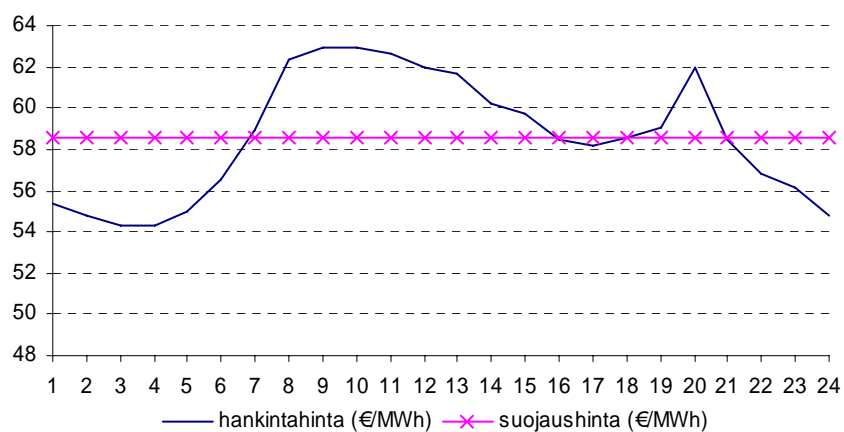
Forwardin hinta päättymispäivänä	Osto netotus	Myyti netotus	Summa	Forw.hankintakustannus
26	-2	-4	-6	-32
27	-2	-3	-5	-32
28	-2	-2	-4	-32
29	-2	-1	-3	-32
30	-2	0	-2	-32
31	-2	1	-1	-32
32	-2	1	-1	-33
33	-2	1	-1	-34
34	-1	1	0	-34
35	0	1	1	-34
36	1	1	2	-34
37	2	1	3	-34

## Liite 5. Profiiliriskin muodostuminen ideaalitapauksessa.

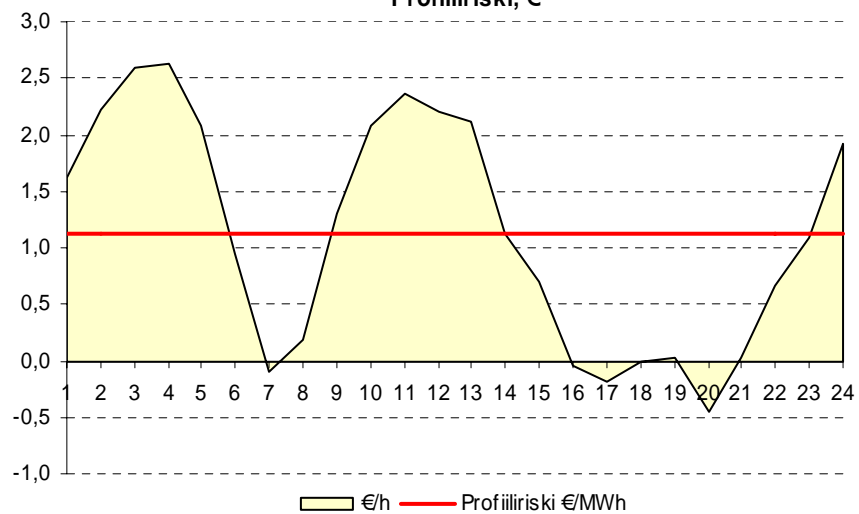
Kulutusprofiili ja suojaustaso, MW



Systemihintahinta ja suojaushinta, €/MWh



Profiiliriski, €



Liite 6. Profiiliriskin yksittäisen tekijän muutoksen vaikutus profiiliriskiin ideaalitapauksessa, muutokset toteutuvat samalla tavalla kaikkien vuorokauden tuntien osalta.

	Muutos	Vaikutus profiiliriskiin
Kulutusprofiili	-20 %	-
	-10 %	-
	+10%	-
	+20%	-
Suojaustaso	-20 %	-
	-10 %	-
	+10%	-
	+20%	-
Systeemihinta	-20€/MWh	-
	-10€/MWh	-
	+10€/MWh	-
	+20€/MWh	-
Suojauksen hinta	-20€/MWh	-
	-10€/MWh	-
	+10€/MWh	-
	+20€/MWh	-