



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

**JYRKI SCHWARTZ**

**USA:N SÄHKÖMARKKINOIDEN KEHITTYMINEN**

Diplomityö

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekuntaneu-  
voston kokouksessa 3. helmikuuta 2010

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

**SCHWARTZ, JYRKI:** USA:n sähkömarkkinoiden kehittyminen

Diplomityö, 59 sivua

Helmikuu 2010

Pääaine: Sähkövoimatekniikka

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta

Avainsanat: sähkömarkkinat, USA, Yhdysvallat, solmupistehinnoittelu, Smart Grids, Kalifornian energiakriisi

USA:n sähkömarkkinat ovat käyneet läpi monia isoja muutoksia viimeisen parin vuosikymmenen aikana. Lisäksi useita muutosprosesseja on edelleen käynnissä tai vasta alkamassa. Olennaisimpana esimerkkinä voidaan mainita sähkömarkkinoiden avautuminen useassa osavaltiossa sekä tukkusähkö- että vähittäissähkökaupan osalta. Pyrkimykset kohti mahdollisimman omavaraista energiataloutta ja ympäristömääräysten tiukentuminen vähentävät tuntuvasti perinteistä fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa energiantuotantoa tulevaisuudessa. Tämän seurauksena uusiutuvan energiantuotannon käyttö lisääntyy huomattavasti seuraavien vuosien aikana USA:ssa. Sähkön kulutuksen kasvu, sähkövoimajärjestelmän infrastruktuuriin viime vuosikymmeninä tehdyt vähäiset investoinnit sekä nopeasti lisääntyvä uusiutuvan ja hajautetun energiantuotannon hyödyntäminen aiheuttavat jo seuraavan vuosikymmenen aikana vaikeita ongelmia järjestelmän tuotanto- ja siirtokapasiteettien riittämättömyyden kanssa. Vuosituhannen vaihteessa syntynyt energiakriisi Kalifornian osavaltiossa oli ensimmäinen vakava varoitus tulevista ongelmista, joita syntyy ilman tehokkaita sähkövoimajärjestelmän tuotanto- ja siirtokapasiteettien kasvuun johtavia toimenpiteitä.

Tämän diplomityön tarkoituksena on luoda hyvä yleiskuva USA:n sähkömarkkinoista. Työn alkuosiossa, luvuissa kaksi ja kolme, tutkitaan USA:n sähkömarkkinoiden rakennetta, markkinamekanismeja, sähkövoimajärjestelmän infrastruktuuria sekä sähkön markkinahinnan kehitystä ja muodostumista. Työn keskiosiossa, luvussa neljä, keskitytään USA:n sähkömarkkinoiden vielä kesken olevaan avautumiseen. Tässä yhteydessä käydään läpi myös tärkeimpiä sähkömarkkinoiden toimintaa säänteleviä lakeja ja säädöksiä sekä esitellään merkittävimmät markkinoiden valvontaa suorittavat viranomaislaitokset. Työn loppuosiossa, luvuissa viisi ja kuusi, tutkitaan USA:n sähkömarkkinoiden kohtaamia ongelmia. Lisäksi luodaan katsaus siihen, minkälaisia tulevaisuuden näkymiä markkinoilla on odotettavissa. Suurimman huomion tässä saavat nopeasti lisääntyvä uusiutuvan energiantuotannon hyödyntäminen sekä vähitellen jo toteutusasteella olevat Smart Grids -visiot.

Työ on toteutettu kirjallisuusselvityksenä, joka on luonteva valinta työn aiheesta johtuen. Lähdemateriaali koostuu pääosin USA:n sähkömarkkinoilla toimivien viranomaisten ja alan asiantuntijoiden sähköisistä julkaisuista.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

**SCHWARTZ, JYRKI:** The development of the electricity markets in the USA

Master of Science Thesis, 59 pages

February 2010

Major: Electric Power Engineering

Examiner: Professor Pertti Järventausta

Keywords: electricity markets, USA, United States of America, nodal pricing, Smart Grids, California's electricity crisis

Electricity markets in the USA have gone through many significant changes over the past two decades. In addition, there are still many changes in process or just beginning. The most fundamental example of these changes is the opening of the retail and wholesale electricity markets in many states. Tendency towards self-sufficient energy economy and tightening of environmental protection regulation will reduce fossil-fuel-based energy production in the near future. Consequently renewable energy production will increase substantially in the USA in the following years. Increasing electricity consumption, insufficient investments on the electric power system in recent decades, and fast increasing exploitation of renewable and distributed energy will cause difficult problems with inadequacy of transmission and production capacity during the next decade. California's electricity crisis at the beginning of the millennium was the first serious warning of problems to come without very efficient measures to increase the capacity of the electric power system.

The purpose of this thesis is to create an overview on the electricity markets in the USA. Market structure, market mechanisms, electric power system's infrastructure, and electricity price forming mechanisms are studied in chapters two and three. Chapter four is devoted to the ongoing opening of the electricity markets. The most important laws and regulations concerning electricity markets and all notable regulating authorities are presented in the same chapter. Approaching problems and future prospects are discussed in chapters five and six. Fast increasing exploitation of renewable energy and the Smart Grids visions and implementation will be the most essential issues in the near future

The research method of this thesis is literature research which is a natural selection considering the topic. The source material consists mainly of electronic publications published by authorities and experts of the U.S. electricity markets.

## **ALKUSANAT**

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston sähköenergiatekniikan laitokselle. Työn ohjaajana ja tarkastajana laitokselta toimi professori Pertti Järventausta, jolle haluankin esittää kiitokseni saamastani rakentavasta ja uusia näkökulmia avaavasta palautteesta työn eri vaiheissa. Lisäksi haluan esittää kiitokset vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet opiskeluni alusta loppuun asti.

Tampereella 16. huhtikuuta 2010

Jyrki Schwartz

# SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	1
2. SÄHKÖNTUOTANTO JA -SIIRTO.....	3
2.1 Verkkoyhtiöt ja sähköntuottajat .....	3
2.2 Siirtoverkko.....	4
2.2.1 Siirtoverkon rakenne .....	4
2.2.2 Siirtoverkon ongelmia ja tulevaisuuden suuntauksia.....	6
2.2.3 Siirtoverkon kehitykseen liittyviä haasteita .....	7
2.3 Sähköntuotanto.....	8
2.3.1 Yleisimmät sähköntuotantomuodot .....	10
2.3.2 Sähköntuotantoon liittyviä haasteita .....	11
3. TUKKU- JA VÄHITTÄISSÄHKÖMARKKINAT .....	14
3.1 Tukkusähkömarkkinat ja sähköpörssit.....	14
3.2 Solmupistehinnoittelumalli .....	15
3.2.1 Esimerkki solmupistehinnan määrittämisestä.....	16
3.3 Vähittäissähkömarkkinat.....	17
4. SÄHKÖMARKKINOIDEN AVAUTUMINEN .....	20
4.1 Sähkömarkkinoiden toimintaa valvovat viranomaiset.....	20
4.1.1 U.S. Department Of Energy .....	20
4.1.2 Federal Energy Regulatory Commission .....	21
4.1.3 National Rural Electric Cooperative Association .....	21
4.1.4 Edison Electric Institute .....	22
4.1.5 North American Electric Reliability Corporation .....	22
4.2 Sähkömarkkinoiden vapautuminen .....	23
4.2.1 Säännellyt sähkömarkkinat .....	23
4.2.2 Sähkömarkkinoiden vapautumisen taustaa .....	24
4.2.3 Sähkömarkkinoiden vapautumisen nykytila .....	25
4.2.4 Vapaasti kilpailtujen sähkömarkkinoiden tuomia muutoksia .....	26
4.3 Sähkömarkkinoita koskeva lainsäädäntö .....	29
4.3.1 Public Utility Holding Company Act 1935.....	29
4.3.2 Public Regulatory Policy Act 1978.....	30
4.3.3 Energy Policy Act 1992 .....	31
4.3.4 FERC:n asetus 888.....	31
4.3.5 FERC:n asetus 2000.....	31
4.3.6 Energy Policy Act 2005 .....	32

5. SÄHKÖMARKKINOIDEN TOIMINNAN ONGELMIA .....	34
5.1 Vanheneva sähköverkko ja tuotantokapasiteetin riittämättömyys .....	34
5.2 Kalifornian energiakriisi .....	36
5.2.1 Sähkömarkkinoiden avautuminen Kaliforniassa.....	36
5.2.2 Kriisiin johtaneita syitä .....	37
5.2.3 Kalifornian energiakriisin opetukset muille osavaltioille .....	40
6. TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ.....	41
6.1 Uusiutuvan energiantuotannon markkinat .....	41
6.1.1 Uusiutuva energiantuotanto USA:ssa .....	41
6.1.2 Energy Policy Act 2005 - vaikutukset uusiutuvaan .....	43
energiantuotantoon .....	43
6.1.3 Uusiutuvan energiantuotannon haasteet USA:ssa.....	44
6.2 Smart Grids .....	45
6.2.1 Smart Gridsin hyötyjä .....	46
6.2.2 Smart Gridsin haasteita .....	48
7. YHTEENVETO .....	51
7.1 Sähkömarkkinoiden rakenne ja toimijat.....	51
7.2 Uudistuvat sähkömarkkinat ja tulevaisuuden haasteita.....	53
LÄHTEET.....	55

## LYHENTEET

AMR	Automatic Meter Reading
ATC	Available Transmission Capacity Pool
CAISO	California Independent System Operator
CHP	Combined Heat and Power
Co-op	Rural Electric Cooperative
CPUC	California Public Utility Commission
CTC	Compensation Transition Charge
DOE	Department of Energy
ECAR	East Central Area Reliability Coordination Agreement
EEl	Edison Electric Institute
EERE	Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
EESA 2008	Emergency Economic Stabilization Act of 2008
EIA	Energy Information Administration
EISA 2007	Independence and Security Act of 2007
EM	Office of Environmental Management
EPA 1992	Energy Policy Act of 1992
EPA 2005	Energy Policy Act of 2005
ERCOT	Electric Reliability Council of Texas
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
FRCC	Florida Reliability Coordinating Council
IOU	Investor Owned Utility
ISO	Independent System Operator
JCSP	Joint Coordinated System Plan
MAAC	Mid-Atlantic Area Council
MAIN	Mid-America Interconnected Network
MAPP	Mid-Continent Area Power Pool
NERC	North American Electric Reliability Corporation (North American Electric Reliability Council)
NNSA	National Nuclear Security Administration
NPCC	Northeast Power Coordinating Council
NRECA	National Rural Electric Cooperative Association
OST	Office of Secure Transportation

OSTI	Office of Scientific and Technical Information
POU	Publicly Owned Utility
PP	Power Pool
PUC	Public Utility Commission
PUHCA	Public Utility Holding Company Act
PURPA	Public Regulatory Policy Act
PX	Power Exchange
QF	Qualifying Facilities
RTO	Regional Transmission Organization
SEC	Securities and Exchange Commission
SERC	South-eastern Electric Reliability Council
SPP	Southwest Power Pool
WSCC	Western Systems Coordinating Council



# 1. JOHDANTO

Yhdysvaltojen sähkömarkkinat ovat lähes ainutlaatuiset maailmassa niiden valtavan maantieteellisen koon ja monimutkaisen rakenteen vuoksi. USA:n vuosittainen sähkönkulutus on yli 4000 TWh, joka on enemmän kuin koko Euroopan alueella yhteensä. Tämän diplomityön tavoitteena on luoda lukijalle yleiskuva USA:n sähkömarkkinoiden toiminnasta, rakenteista ja markkinamekanismeista. Lisäksi työssä esitetään tekijöitä, jotka ovat johtaneet USA:n sähkömarkkinoiden avautumiseen ja nykyiseen tilanteeseen sekä pohditaan tulevaisuuden näkymiä. Työ on luonteeltaan kirjallisuusselvitys. Lähdeaineistona käytetään pääasiassa sähköisiä julkaisuja, jotka ovat peräisin muun muassa IEEE Xplore -artikkelitietokannasta sekä USA:n sähkömarkkinoiden toimintaa valvovien ja sääntelevien viranomaisten internetsivustoilta.

Työ alkaa luvussa kaksi luotavalla katsauksella USA:n sähköntuotantoon ja -siirtoon. Luvun aluksi esitellään eri sähköyhtiötyypit, jonka jälkeen käsitellään siirtoverkon rakennetta sekä lisääntyvän sähkönsiirron ja uuden teknologian tuomia haasteita siirtoverkon toiminnalle. Luvun loppuosiossa käsitellään USA:n sähköntuotantoa, käydään läpi yleisimmät käytössä olevat sähköntuotantomuodot ja tuodaan esiin sähköntuotantoon liittyviä ongelmakohtia. Tarkoituksena ei ole tuottaa kaiken kattavaa esitystä kyseisestä aihealueesta, vaan luoda hyvä yleiskuva.

Sähkön hinta on ollut viime aikoina paljon keskustelua herättänyt aihe USA:ssa, koska sekä tukku- että vähittäissähkön hinnan trendi on ollut totuttua jyrkemmin nouseva, ja lisäksi hinnoissa on esiintynyt suurtakin volatiliteettia. Keskustelua on aiheuttanut myös suuret erot vähittäissähkön hinnoissa osavaltioiden välillä. Luvussa kolme tarkastellaan USA:n vähittäissähkömarkkinoita sekä vähittäissähkön hinnan ja myynnin kehitystä tilastojen valossa. Myös tukkusähkömarkkinoiden rakenteeseen ja markkinamekanismeihin luodaan tässä luvussa lyhyehkö katsaus. Luvun lopuksi esitellään lisäksi niin sanottu solmupistehinnoittelumalli, jonka ymmärtämistä pyritään helpottamaan esimerkiksi avulla.

USA:n sähkömarkkinat alkoivat avautua 1990-luvun loppupuolella. Luvussa neljä käsitellään sähkömarkkinoiden avautumiseen liittyviä kysymyksiä. Ensin esitellään USA:n sähkömarkkinoiden toimintaa valvovia ja säänteleviä viranomaisia. Tämän jälkeen käydään läpi sähkömarkkinoiden asteittain tapahtunutta kilpailun vapautumista, joka alkoi tukkusähkömarkkinoista edeten vähittäissähkömarkkinoihin. Kilpailun vapautuminen on tapahtunut suhteellisen hitaalla vauhdilla osavaltiokohtaisesti ja joissakin osavaltioissa vähittäissähkömarkkinat ovat edelleen tiukasti säänneltyjä.

Luvussa viisi käsitellään Yhdysvaltojen sähkömarkkinoiden toiminnan ongelmia. Aluksi käsitellään sähköenergian siirto- ja tuotantokapasiteetin riittämättömyyttä sekä teknologialtaan vanhenevaa sähkövoimajärjestelmää. Lisäksi esitetään syitä siihen, mik-

si ja miten sähköverkko on päässyt vanhenemaan ja mitä seurauksia sillä voi olla. Tämän jälkeen käydään läpi vuosituhanen vaihteessa Kaliforniassa syntynyttä energia-kriisiä, jonka aikana sähkön hinta kipusi ennen näkemättömän korkealle aiheuttaen useita eri ongelmia alueen sähkömarkkinoiden toiminnassa.

Uusiutuva energiantuotanto on ollut nopeassa kasvussa USA:ssa viime vuosien aikana. Tähän on ollut syynä muun muassa raakaöljyn hinnan nousu ja saatavuuden heikkeneminen sekä ympäristölainsäädännön ja -määräysten tiukentuminen. Lisäksi USA:ssa on tehty periaatepäätös energiantuotannon omavaraisuusasteen parantamisesta. Luvun kuusi alkupuolella käsitellään uusiutuvan energiantuotannon markkinoita USA:ssa, käytössä olevia uusiutuvia energiantuotantomuotoja sekä uusiutuvan energiantuotannon kohtaamia haasteita ja ongelmia.

USA:n siirtoverkko ja suuri osa sähköntuotantolaitoksista ovat vanhoja ja jääneet pahoin ajastaan jälkeen. Lisäksi uutta sähköntuotantokapasiteettia ei ole rakennettu kylliksi, jotta se olisi pysynyt jatkuvasti kasvavan kysynnän tahdissa. Yhtenä merkittävänä ratkaisuna näihin ongelmiin on USA:ssa aloitettu mittavat investoinnit niin kutsutun Smart Gridsin rakentamiseksi. Luvun kuusi loppuosassa esitellään Smart Gridsin perusteita sekä käydään läpi sen avulla saavutettavia hyötyjä. Smart Gridsin toteuttamiseen liittyy myös omat haasteensa ja ongelmansa, joita käsitellään lopuksi.

## 2. SÄHKÖNTUOTANTO JA -SIIRTO

### 2.1 Verkkoyhtiöt ja sähköntuottajat

USA:ssa toimii kolmen tyyppisiä sähköyhtiötä. Yhtiöiden koko vaihtelee useita miljoonia asiakkaita palvelevista toimijoista vain muutamaa sataa palveleviin pienimpiin yhtiöihin. Ensimmäisen ryhmän muodostavat Investor Owned Utilityt (IOU). Noin 220 IOU:ta palvelevat 102 miljoonaa kuluttajaa, joka on yli kaksi kolmasosaa kaikista kuluttajista. IOU:t ovat osakkeenomistajien omistamia ja hallitsemia, ja ne toimivat voittoa tavoittelevien yksityisten yritysten tavoin. IOU:iden vähittäissähkökauppaa sääntelee osavaltiotasolla Public Utility Commissionit (PUC), kun taas tukkusähkökaupan osalta valvova elin on Federal Energy Regulatory Commission (FERC). [1]

Noin 930 Rural Electric Cooperative -yhtiötä (Co-op) muodostavat toisen ryhmän. Co-op -yhtiöt palvelevat yhteensä 17 miljoonaa sähkönkuluttajaa. Yhtiöiden omat asiakkaat omistavat ne, ja toisin kuin IOU:t, ne eivät varsinaisesti tavoittele voittoa toiminnallaan. Co-op:ien toiminta on myös vähemmän säänneltyä julkisen vallan toimesta kuin IOU:iden. [1]

Kolmannen ryhmän muodostavat reilut kaksituhatta Public Power Systemiä, jotka palvelevat noin 20 miljoonaa kuluttajaa. Näistä yhtiöistä käytetään myös nimitystä Publicly Owned Utility (POU). Ne ovat osavaltioiden tai muiden julkisten tahojen omistamia ja johtamia sähköyhtiötä. Niiden toiminta ei perustu liikevoiton tavoittelulle, ja ne sääntelevät hyvin pitkälle omaa toimintaansa. Näihin kolmeen edellä esiteltyyn ryhmään kuuluvat sähköyhtiöt omistavat noin 52 % kaikesta sähköntuotantokapasiteetista USA:ssa. [1]

Taulukossa 2.1 on esitetty, miten USA:n sähkömarkkinat ovat jakaantuneet edellä esiteltyjen kolmen eri sähköyhtiötyypin kesken, kun tarkastellaan tiettyjä parametreja koskien yhtiöiden kokoa ja markkinaosuutta. IOU:ita on lukumäärällisesti melko vähän verrattuna kahteen muuhun ryhmään, mutta hyvin suuren keskimääräisen kokonsa vuoksi ne hallitsevat noin kolmea neljäsosaa koko USA:n sähkömarkkinoista myydyn sähkön ja asiakaskunnan osalta. Co-op -yhtiöiden markkinaosuus on hieman Public Power System -yhtiöitä pienempi, mutta niiden keskimääräinen koko on taas selvästi suurempi. Nämä kaksi jälkimmäistä ryhmää yhdessä edustavat noin yhtä neljäsosaa markkinoista.

**Taulukko 2.1. Erityyppisten sähköyhtiöiden osuudet USA:n sähkömarkkinoista [2].**

	<b>Investor Owned Utility</b>	<b>Public Power System</b>	<b>Rural Electric Cooperatives</b>
<b>Organisaatioiden lukumäärä</b>	220	2000	930
<b>Asiakkaiden lukumäärä yhteensä [milj.]</b>	102	20	17
<b>Asiakkaiden lukumäärän mediaani</b>	400000	2000	12500
<b>Osuus kaikista asiakkaista</b>	73 %	15 %	12 %
<b>Osuus kaikesta myydystä sähköstä</b>	76 %	14 %	10 %
<b>Myyty sähkö vuodessa [mrd. kWh]</b>	2683	564	372

Vanhanaikainen käsitys on, että sähköyhtiö omistaa omaan sähköntuotantoon, -siirtoon ja -jakeluun tarvitsemansa fasiliteetit. Todellisuudessa kuitenkin pieni osa USA:ssa toimivasta yli kolmesta tuhannesta sähköyhtiöstä edes toimii näillä kaikilla kolmella alalla, puhumattakaan siitä, että omistaisivat itse kaikki niiden toteuttamiseen tarvittavat laitokset ja verkon. Esimerkiksi suurimmat IOU:t omistavat sähköntuotantoa sekä siirto- ja jakeluverkkoa, mutta harvoin nekään silti omistavat sähköntuotantoa riittävästi tyydyttääkseen kaikkien omien asiakkaidensa kysynnän. Sähkömarkkinat ovat vapautuneet USA:ssa vähitellen, mikä on vaikuttanut merkittävästi sähköyhtiöiden toimintaan monella eri tavalla. Kilpailun vapautumista ja sen vaikutuksia käsitellään laajemmin luvussa 4.2. [3]

## 2.2 Siirtoverkko

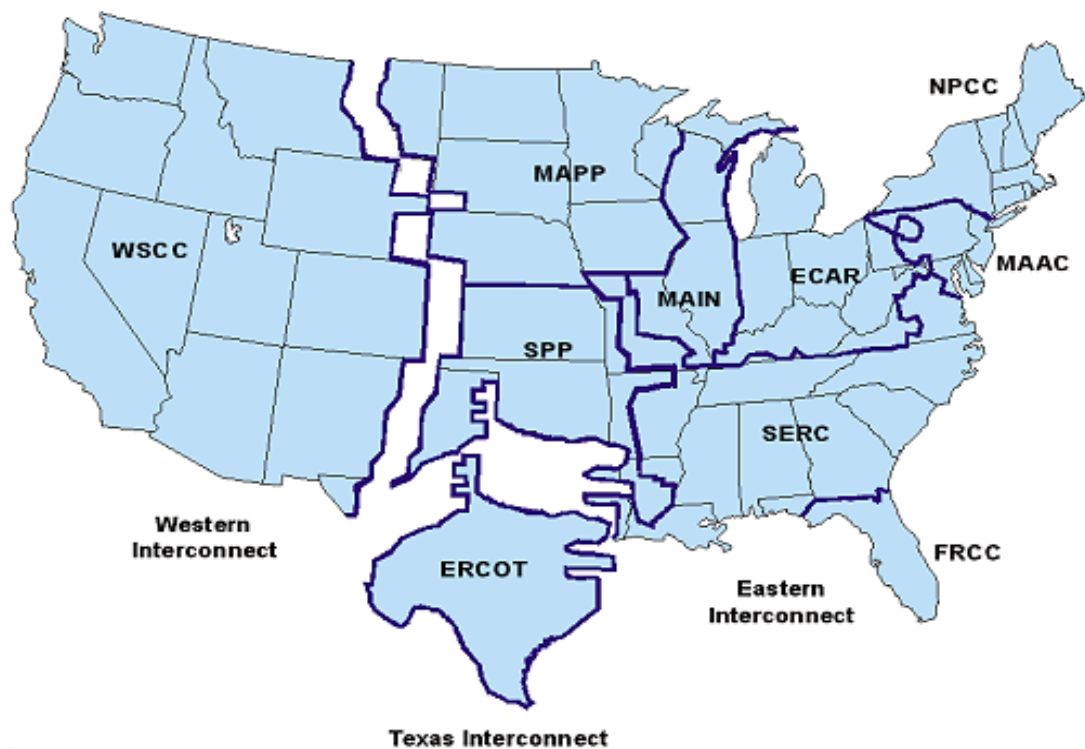
### 2.2.1 Siirtoverkon rakenne

Yhdysvalloissa ei ole yhtä yhtenäistä siirtoverkkoa, jota operoisi ja hallinnoisi yksi toimija, kuten esimerkiksi Suomessa ja useissa muissa Euroopan maissa. Sitä vastoin USA:n siirtoverkko jakautuu kolmeen osaan, jotka ovat Eastern Interconnect, Western Interconnect ja Texas Interconnect. Nämä kolme siirtoverkkoa ovat yhteydessä toisiinsa vain heikosti. Western Interconnect ja Texas Interconnect ovat yhteydessä Meksikon siirtoverkkoon, kun taas Eastern Interconnect ja Western Interconnect ovat yhteydessä vahvasti Kanadan siirtoverkkoon. Suurimman osan USA:n siirtoverkosta omistavat IOU:t, joiden omistuksessa on noin 73 %. Liittovaltion ja osavaltioiden omistuksessa on noin 21 % ja Co-op -yhtiöiden omistuksessa noin 6 % siirtoverkosta. [4,5]

Edellä kuvatun siirtoverkon jaottelun lisäksi verkko voidaan jakaa niin sanottujen North American Electric Reliability Council -alueiden eli NERC-alueiden perusteella. USA:n sähkövoimajärjestelmän luotettavuuden parantamiseen ja ylläpitoon pyrkivä North American Electric Reliability Organization (myös tästä käytetään lyhennettä NERC), jota käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.5, toimii jakautuneena näihin alueneuvostoihin. Jokainen NERC-alue käsittää useita osavaltioita lukuun ottamatta ERCOT:n luotettavuusalueetta, joka kattaa vain Teksasin osavaltion. Suurin luotettavuusalueista on WSCC, joka käsittää koko Western Interconnectin, kaksi Kanadan eteläistä provinssia

ja pienen osan pohjoista Meksikoa. NERC:t pyrkivät kukin omalta osaltaan parantamaan alueensa sähkövoimajärjestelmän toiminnan luotettavuutta. Alla on lueteltu kaikki USA:n kymmenen NERC:tä. Lisäksi kuvassa 2.1 on esitetty NERC-alueiden ja siirtoverkkojen maantieteellinen jakautuminen. [5]

- ECAR - East Central Area Reliability Coordination Agreement
- ERCOT - Electric Reliability Council of Texas
- FRCC - Florida Reliability Coordinating Council
- MAAC - Mid-Atlantic Area Council
- MAIN - Mid-America Interconnected Network
- MAPP - Mid-Continent Area Power Pool
- NPCC - Northeast Power Coordinating Council
- SERC - South-eastern Electric Reliability Council
- SPP - Southwest Power Pool
- WSCC - Western Systems Coordinating Council



**Kuva 2.1.** USA:n siirtoverkot ja NERC-alueet [5].

Yhdysvaltojen siirtoverkon laajuus ja pirstaleisuus tekevät siitä lähes ainutlaatuisen maailmassa verrattuna useimpiin muiden valtioiden siirtoverkkoihin. Tämä tuo luonnollisesti paljon haasteita koskien muun muassa sähkön siirron suunnittelua, verkon käyttöä, investointipäätöksiä, lainsäädäntöä ja siirtoverkkoon liittymistä.

USA:n siirtoverkko käsittää noin 265000 km:ä yli 230 kV:n sähkölinjaa. USA:n siirtoverkossa on käytössä monia jännitetasoja, jotka vaihtelevat 138 kV:sta 765 kV:iin.

Seuraavan kymmenen vuoden aikana siirtoverkon pituuden ennustetaan kasvavan noin kymmenen prosenttia. Tämä kasvunopeus ei kuitenkaan ole riittävä säilyttämään verkon luotettavaa toimintaa. Yksi syy tähän on sähkön kulutuksen nopea lisääntyminen. Toinen syy on se, että USA:n siirtoverkko on suurelta osin melko vanhaa, minkä vuoksi sitä tulisi uusia erittäin paljon. Lisäksi tulevaisuudessa sähköntuotanto sijoittuu yhä enenevässä määrin syrjäisille seuduille. Tähän on syynä esimerkiksi lisääntyvä tuuli-voiman hyödyntäminen. Näitä ongelmia käsitellään tarkemmin luvussa 5.1. [1]

Siirtoverkon luotettava toiminta, uusien linjojen rakentaminen ja verkon käyttöoikeuksien myöntäminen on perinteisesti ollut USA:ssa pääasiassa osavaltioiden omistamien sähköyhtiöiden vastuulla. Jatkuvasti koveneva kilpailu on kuitenkin muuttanut jonkin verran tätä tilannetta. Joissakin osavaltiossa, kuten Kaliforniassa ja Teksasissa, on jo siirrytty erilaiseen toimintamalliin. Näissä osavaltioissa vastuu siirtoverkon toiminnasta ja kehityksestä on siirretty pääasiassa yksityisomisteisille yhtiöille, joista käytetään nimitystä Independent System Operator. ISO-mallia käsitellään tarkemmin luvuissa 4.2 ja 5.2. [1]

Jaottelu siirto- ja jakeluverkon välillä on ollut paikoin häilyvä USA:n sähköyhtiöiden keskuudessa. Alalla onkin pyritty saamaan aikaiseksi selvä raja näiden kahden välille, mutta suhteellisen heikolla menestyksellä. Tarkka raja olisi tärkeätä olla olemassa, koska niitä hallinnoi ja valvoo juridisesti eri viranomaiset. Monissa yhteyksissä siirtoverkkona pidetään 115 kVA:n, 230 kVA:n, 500 kVA:n ja 750 kVA:n linjoja, ja vastaa- vasti 13 kVA:n, 34 kVA:n ja 69 kVA:n linjoja jakeluverkkona. Tämä jaottelu ei kuitenkaan aina päde, sillä syrjäisillä seuduilla käytetään alle 115 kVA:n linjoja sähkönsiirrossa, koska näillä alueilla sähköä ei tarvitse siirtää niin suuria määriä. Toisen jaottelun mukaan siirtoverkko palvelee tukkusähkömarkkinoiden tarpeita ja jakeluverkko taas vähittäissähkömarkkinoiden tarpeita. Tämäkään ei päde aina, sillä esimerkiksi jotkut teollisuusasiakkaat voivat liittyä suoraan siirtoverkkoon, vaikka ostavat sähkönsä vähittäissähkömarkkinoilta. Epäselvyys on aiheuttanut joitakin kertoja ristiriitaa FERC:n ja osavaltioiden viranomaisten välillä. Tämä on tyypillistä tilanteissa, joissa samoja sähkölinjoja käytetään sekä tukkusähkömarkkinoiden että vähittäissähkömarkkinoiden siirtotarpeisiin. [3]

### **2.2.2 Siirtoverkon ongelmia ja tulevaisuuden suuntauksia**

Paine nykyisen siirtoverkon parantamiselle ja laajentamiselle lisääntyy koko ajan. Syitä tähän ovat muun muassa sähkön kysynnän jatkuva kasvu, nykyisen verkon vanheneminen, yleinen kiinnostus Smart Grids -teknologiaa kohtaan ja uusiutuvan energian hyödyntäminen enenevässä määrin. Näiden lisäksi siirtoverkon kehittämiseksi on kaksi tärkeää syytä. Ensinnäkin, se auttaa takaamaan jatkuvan ja luotettavan sähkönjakelun sekä estää siirtokapasiteetin riittämättömyydestä johtuvaa sähkön hinnan nousua ja volatiliiteettia. Toiseksi, uusiutuvan energiantuotannon merkittävä lisääminen on mahdollista vain siinä tapauksessa, että siirtoverkon infrastruktuuria vahvistetaan, koska uusiutuvalle energialle sähköä tuottavat voimalaitokset sijaitsevat usein kaukana kuormituspisteistä. [1]

Monissa osavaltioissa on tiedostettu sähköverkon heikohko tilanne ja niissä on jo ryhdytty toimenpiteisiin tilanteen parantamiseksi. FERC kannustaa kaikkia siirtoverkon omistajia ja toiminnasta vastaavia tahoja avoimeen yhteistyöhön ongelmien ratkaisemiseksi. Esimerkki hyvästä proaktiivisesta toiminnasta on käynnissä oleva tutkimus Joint Coordinated System Plan (JCSP), jonka tavoitteena on valmistella suunnitelma siirtoverkkoon tehtävistä investoinneista. Näiden investointien tarkoituksena on mahdollistaa merkittävän määrän tuulivoimaa liittämistä verkkoon. Tällä hetkellä on meneillään useita vastaavia USA:n hallituksen ja osavaltioiden tukemia projekteja, joiden tavoitteena on tukea siirtoverkon luotettavaa toimintaa tulevaisuudessa. [1]

USA:n sähköverkko on paikoin pahasti ruuhkautunut, ja pullonkaulatilanteiden hallinta onkin noussut viimeisen vuosikymmenen aikana merkittävään osaan siirtoverkon toiminnan kannalta. Siirtoverkon pullonkaulojen sijainti vaihtelee paljon riippuen esimerkiksi satunnaisista verkon häiriötilanteista ja vuodenaikasta. Uudet kehittyneet teknologiat ja palvelut auttavat tehostamaan nykyisen sähköverkon käyttöä, mutta ne eivät poista sitä tosiasiaa, että siirtoverkon kapasiteetti on monilla alueilla riittämätön jo tällä hetkellä. [1]

Kiinnostus siirtoverkon investointeihin on kuitenkin lisääntynyt viime aikoina jossain määrin. Rural Electric Cooperative- ja Public Power System -yhtiöt ovat perinteisesti olleet vain siirtoverkon käyttäjiä, mutta viime aikoina juuri niiden kiinnostus siirtoverkon omistamiseen on herännyt. Uusia tulokkaita houkuttavat siirtoverkon murrosvaiheen luomat mahdollisuudet haastaa perinteiset verkon omistajat kilpailussa. Lisäksi uudet teknologiat, liiketoimintamallit ja ajattelutavat luovat monia kasvumahdollisuuksia uusille toimijoille. [1]

### **2.2.3 Siirtoverkon kehitykseen liittyviä haasteita**

USA:n siirtoverkon laajennus- ja kehitystyö kohtaa useita eri haasteita. Seuraavassa käsitellään niistä joitakin ongelmallisimpia.

Siirtoverkon rakennuslupien myöntäminen on tällä hetkellä hajaantunut laajalle hallituksen, osavaltioiden ja paikallisten viranomaisten välillä. Nykyiset rakennuslupien myöntämismenettelyt ovat paljon aikaa vieviä ja vaikeasti ymmärrettävissä. Lupien saamista hankaloittaa ja pitkittää usein myös se, että joissakin tapauksissa rakennusprojektille tarvitaan hyväksyntä usealta eri viranomaiselta. Tämä vaikeuttaa etenkin osavaltioiden rajat ylittävien siirtoverkon rakennushankkeiden toteuttamista. Samalla kasvavat myös taloudelliset riskit. [1]

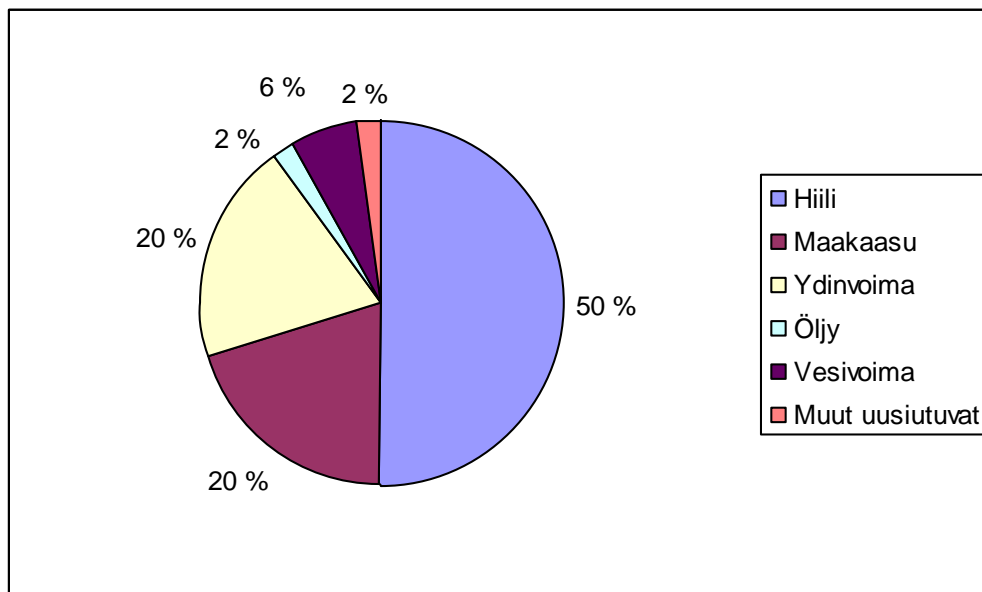
Uuden siirtoverkon rakentaminen ja vanhan verkon vahvistaminen hyödyttää monia tahoja pitkällä aikajänteellä. Ongelmaksi on kuitenkin osoittautunut määrittellä, keiden tulisi maksaa rakentamisesta aiheutuvat suuret kustannukset. Joillakin alueilla USA:ssa kustannusten kohdistamisesta päättää paikallinen Regional Transmission Organization (RTO), kun taas joissakin tapauksissa päätöksen tekee osavaltio tai yksittäinen sähköyhtiö. Epäselvyys kustannusten jakamisesta hidastaa ja monimutkaistaa siirtoverkon uudistamista merkittävästi. [1]

Suuria summia siirtoverkon rakentamiseen investoivat sijoittajat odottavat yleensä tuottoa investoinniltaan ainakin pitkällä aikavälillä. Tieto investoinnista palautuvista tuloista on usein jopa merkittävin tekijä päätöstä tehtäessä. Tämä luonnollisesti pätee etenkin yksityisiin sijoittajiin. Jos siirtoverkon rakennuskustannusten kohdistaminen on epäselvää USA:ssa, niin sama koskee myös investoinneista saatavia tuottoja ja hyvityksiä. Tosin viime aikoina myös tähän asiaan on kiinnitetty huomiota, ja asiaa koskevia käytäntöjä ja sääntelyä on pyritty selventämään ja yhtenäistämään. [1]

Kuten aikaisemmin todettiin, murrosvaiheessa oleva siirtoverkko houkuttelee alalle monia uusia toimijoita ja sijoittajia, jotka tuovat alalle muun muassa uutta pääomaa mittaviin investointeihin. Siirtoverkkoliiketoimintaan pätee kuitenkin sama totuus kuin useimpiin muihin toimialoihin: markkinoilla jo pitkään toimineet sähköyhtiöt haluavat estää ja jarruttaa uusien tulokkaiden pääsyä markkinoille. Syynä tähän voi olla esimerkiksi pelko oman markkinaosuuden pienenemisestä. [1]

## 2.3 Sähköntuotanto

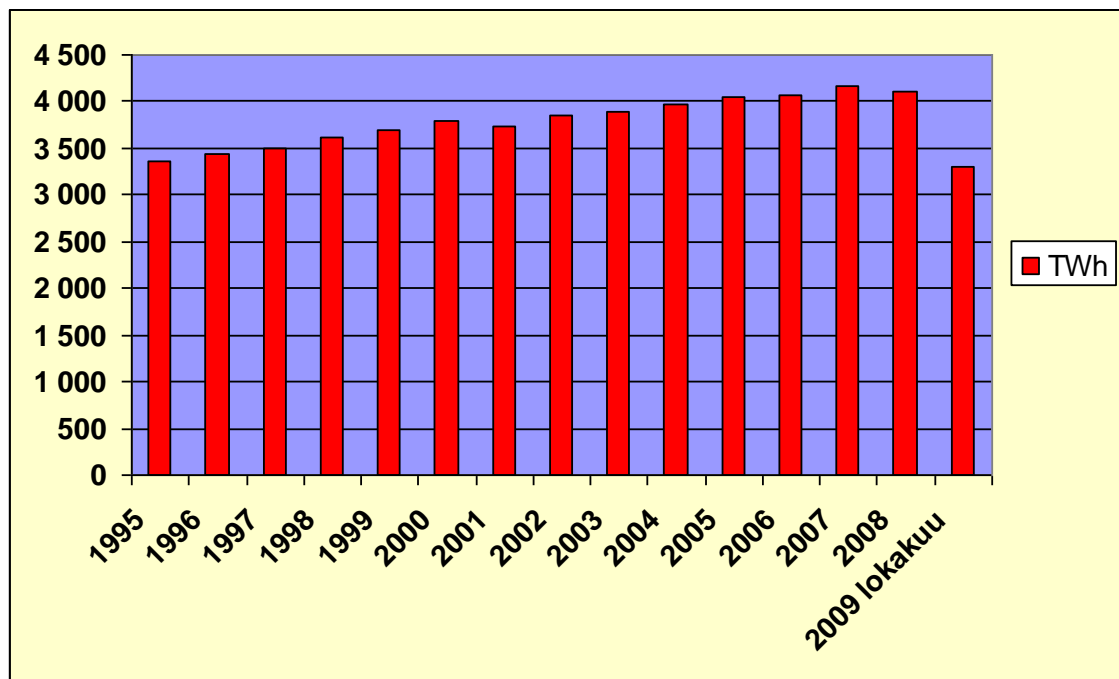
Sähkö tuotetaan Yhdysvalloissa tällä hetkellä suurelta osin uusiutumattomilla energianlähteillä. Hiilellä, maakaasulla ja ydinvoimalla tuotettiin 90 % kaikesta USA:ssa käytetystä sähköstä vuonna 2007. Uusiutuvaa energiantuotantoa kaikesta sähköntuotannosta oli vain noin kahdeksan prosenttia. Se on suhteellisen vähän, jos sitä vertaa esimerkiksi Suomen vastaavaan lukuun, joka oli 36 % vuonna 2008 [6]. Onkin ennustettavissa, että juuri vesivoimalla, tuulivoimalla ja muulla uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön osuus kasvaa merkittävästi USA:ssa jo seuraavan vuosikymmenen aikana. Kuvassa 2.2 on esitetty, mitä energianlähteitä ja kuinka paljon USA:ssa käytettiin sähköntuotantoon vuonna 2007. [1]



**Kuva 2.2.** Energianlähteiden osuudet koko USA:n sähköntuotannosta vuonna 2007 [1].



Kuvassa 2.3 on esitetty sähkön nettokokonaistuotanto aikavälillä 1995–2009 lokakuu. Vuosittainen tuotantomäärä on kasvanut suhteellisen tasaista tahtia noin 100 TWh vuodessa. Poikkeuksen jokavuotiseen kasvuun tekevät vuodet 2001, 2008 ja 2009. Sähköntuotannon vähenemisen selittää maailman talouden heikko tilanne kyseisinä vuosina. Vuosituhannen vaihteen laskusuhdanne oli seurauksiltaan huomattavasti pienempi kuin mitä on nyt käsillä oleva koko maailmaa koskeva talouden taantuma. Vuoden 2009 sähkön kokonaisnettotuotanto päättyi hieman alle 4000 TWh:iin, eikä vuodelle 2010 ennusteta vielä merkittävää kasvua. Sähköntuotannon kasvutrendi kuitenkin jatkunee maailman talouden tilanteen jälleen parantuessa.



**Kuva 2.3.** Sähkön nettotuotannon kehitys USA:ssa vuosina 1995–2009 lokakuu [7].

USA:n sähköntuotantolaitokset jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään. Peruskuorman kysynnän tyydyttämiseen käytettävät laitokset tuottavat sähköä käytännössä jatkuvasti maksimitehollaan. Tästä ryhmästä hyvä esimerkki on ydinvoimalat ja suuret hiilivoimalat, joiden pysäyttäminen ja käynnistäminen on hidasta ja kallista. Toisen ryhmän muodostavat voimalat, joita käytetään vain huippukuormituksen aikana. Tällaisten voimaloiden käyttökustannukset ovat yleensä kaikkien korkeimmat, mutta ne ovat käynnistettävissä ja sammutettavissa nopeasti ja edullisesti. Huippukuormitukseen käytettävästä tuotantotavasta esimerkkinä on usein kaasuturbiinivoimalat. Kolmas ryhmä sijoittuu näiden kahden ryhmän välille. Tämän ryhmän voimaloiden tuotantoa käytetään vastaamaan peruskuorman yli menevän kysynnän tyydyttämiseen, kun ei vielä kuitenkaan olla lähellä huippukuormitustilannetta. Esimerkiksi CHP-voimaloita voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. [5]

### 2.3.1 Yleisimmät sähköntuotantomuodot

Hiili on ollut perinteisesti merkittävin USA:n sähköntuotannon energianlähde matalan hintansa ja hyvän saatavuutensa vuoksi. Sen osuus oli noin puolet kaikesta sähköntuotannosta vuonna 2007. Hiilivoimaloiden huono puoli on se, että ne tuottavat paljon hiilidioksidi-, rikki- ja typpipäästöjä. Tämän lisäksi hiilivoimaloiden tarvitsema jäähdytysvesi aiheuttaa ympäristöhaittoja. Muun muassa nämä ovat syitä siihen, miksi hiilen osuus USA:n sähköntuotannon energianlähteenä on vähenemässä merkittävästi tulevaisuudessa. Lisäksi hiilen saatavuus heikkenee vähitellen sen suuren kulutuksen takia. [1]

Maakaasun käyttö Yhdysvaltojen sähköntuotannossa on lisääntynyt lähes seitsemän prosenttia vuosivauhdilla viimeisen kymmenen vuoden ajan. Maakaasu onkin nykyään maan toiseksi merkittävin sähköntuotantomuoto noin 20 %:n osuudellaan. Maakaasuvoimalat vapauttavat haitallisia yhdisteitä alle puolet hiilivoimaloihin verrattuna, mikä tekee maakaasusta huomattavasti hiiltä ympäristöystävällisemmän energianlähteen. [1]

Uusia ydinvoimaloita ei ole rakennettu USA:ssa vuoden 1977 jälkeen, mutta ydinvoimalla tuotetaan silti edelleen noin viidennes maan kaikesta sähköstä. Ydinvoimalat eivät vapauta ympäristölle haitallisia päästöjä, ja ne toimivat erittäin hyvällä käyttöasteella. Niiden käyttöä kuitenkin vähentää radioaktiivisen materiaalin loppusijoittamiseen liittyvät ongelmat sekä yleinen pelko ydinvoimalassa tapahtuvan onnettomuuden seurauksista. [1]

Öljyn käyttö USA:n sähköntuotannon energianlähteenä lakkaa vähitellen lähes kokonaan. Syitä tähän on muun muassa öljyn saatavuuden heikkeneminen ja hinnan kohoaminen, sekä ympäristölainsäädännön tiukkeneminen. USA pyrkii lisäksi nostamaan energiantuotantonsa omavaraisuutta, mikä on myös yksi syy öljyn käytön vähentämiseen. Öljyä käytetäänkin sähköntuotantoon tulevaisuudessa enää erikoistapauksissa. [1]

Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto (CHP) voi olla yksi merkittävä tekijä ratkaisessa Yhdysvaltojen sähköntuotannon ongelmia. CHP-voimalat toimivat erittäin korkealla hyötysuhteella, koska niiden tuotantoprosessissa syntyy sekä lämpö- että sähköenergiaa. CHP-voimaloiden käyttö on keino parantaa energiatehokkuutta ja vähentää ympäristöhaittoja. CHP:n hyödyntämistä kuitenkin rajoittaa jossakin määrin se, että voimaloiden on järkevää sijaita lähellä kohteita, joissa lämpövoima voidaan hyödyntää tehokkaasti. Vain tällöin CHP:n edut on mahdollista hyödyntää täysipainoisesti. [1]

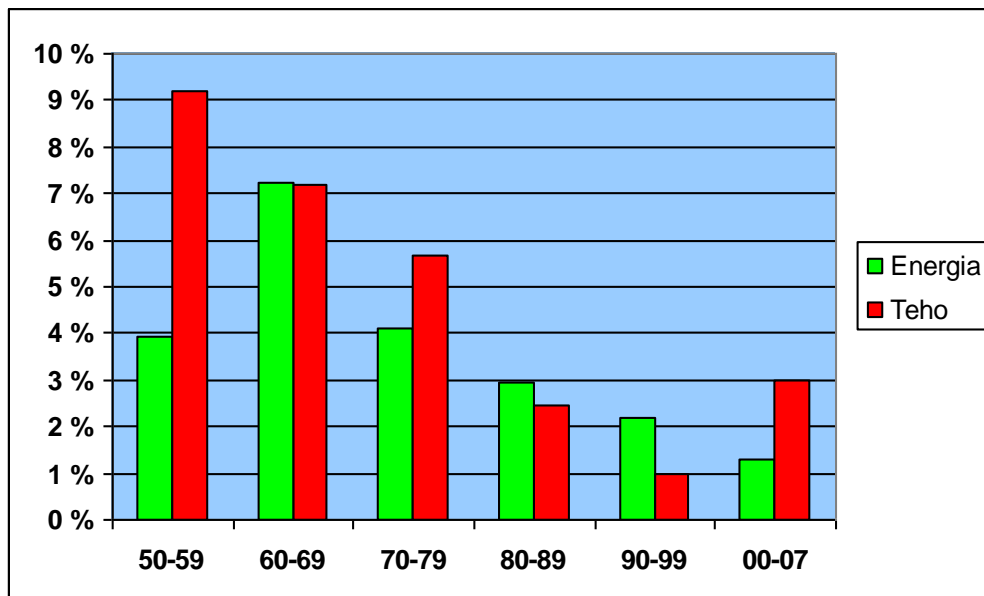
Edellä todettiin, että uusiutuva energiantuotanto lisää tulevaisuudessa nopeasti osuuttaan sähköntuotannosta. Tällä hetkellä merkittävin uusiutuva energianlähde USA:ssa on vesivoima, jonka osuus kaikesta sähköntuotannosta vuonna 2007 oli noin kuusi prosenttia. Saatavilla oleva vesivoiman määrä on hyvin riippuvainen siitä, kuinka sateinen tai kuiva vuosi on. Vesivoimaa käytetään suurelta osin peruskuormituksen tarpeisiin, mutta se sopii hyvin myös säätösähkön tuotantoon. Vesivoima on tuotantomuotona lähes saasteetonta. Huonoja puolia ovat patojen aiheuttama esteettinen ympäristövaikutus sekä häiriö kalojen normaalille elinympäristölle. [1]

### 2.3.2 Sähköntuotantoon liittyviä haasteita

North American Electricity Corporation (NERC) ennustaa, että USA:n sähkön huippu-tehon tarve kasvaa 16,6 % seuraavan kymmenen vuoden aikana. Vaikka tämä ennuste osoittautuisi kysynnän kasvua liioittelevaksi, niin siitä huolimatta Yhdysvalloissa tarvitaan merkittävästi uutta sähköntuotantoa. Tämän hetkinen taloudellinen tilanne asettaa omat haasteensa uuden tuotantokapasiteetin ja sähköverkon rakentamiselle, sillä suuria investointeja pyritään välttämään niin yksityisellä kuin julkisellakin puolella. Tiukentuvat ympäristövaatimukset, polttoaineiden ja rakentamisen kallistuminen sekä poliittisen tilanteen epävarmuus lisäävät omalta osaltaan suurien rakennushankkeiden riskitasoa. Monellakaan sähköyhtiöllä ei ole resursseja yksinään merkittävään sähköntuotannon lisäämiseen, vaan julkisen rahoituksen osuus on lähes välttämätön. [1]

USA:n sähköenergian kulutuksen kasvunopeus on pienentynyt huomattavasti 1960- ja 1970-lukujen huippuajoista, jolloin kymmenen vuoden kasvun keskiarvo oli korkeimmillaan yli 7 %. Nyt 2000-luvulla sähköenergian kulutuksen kasvunopeus on pudonnut reiluun yhteen prosenttiin. Ongelmaa aiheuttaa kuitenkin se, että uuden tuotantokapasiteetin rakentaminen on myös vähentynyt rajusti.

Kuvassa 2.4 on esitetty energiantuotannon ja tehokapasiteetin kasvunopeuksien kehitys 1950-luvulta vuoteen 2007 asti. Kuvasta nähdään, että tuotantokapasiteetin kasvunopeus on pudonnut tasaisesti 1950-luvun 9 %:n huippulukemista aina 1990-luvun noin 1 %:iin. Kasvunopeus on kääntynyt hieman nousuun 2000-luvulla, mutta uutta tuotantokapasiteettia on rakennettava nykyistä huomattavasti nopeammalla tahdilla, koska 1980- ja 1990-luvuilla uusien voimaloiden rakentaminen oli erittäin vähäistä. Nykyisellä vauhdilla sähköntuotannon infrastruktuuri vanhenee nopeammin kuin uutta rakennetaan. Sähköyhtiöiden omistamien tuotantolaitosten keskimääräinen ikä vuonna 2007 oli 37 vuotta. [1]



**Kuva 2.4.** Energiantuotannon (MWh) ja tuotantokapasiteetin (MW) kasvunopeudet 1950–2007 [1].

Kohonneet kustannukset ovat omalta osaltaan hidastaneet uuden tuotantokapasiteetin rakentamista USA:ssa. Tiukentuneet ympäristömääräykset ja rakennusprojektissa tarvittavien resurssien hintojen nousu ovat aiheuttaneet sen, että uusien voimalaitosten rakennuskustannukset ovat jopa kaksinkertaistuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana. Esimerkiksi maakaasuvoimalaitoksen rakennuskustannus on voimalan tyypistä riippuen noin 500000-700000 €/MW. Kun tähän lisätään vielä polttoaineiden, kuljetusten ja varastoinnin jatkuvasti kohonneet hinnat, niin uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentaminen ja ylläpito vaatii sijoittajilta erittäin suuria investointeja. [1]

Taulukossa 2.2 on esitetty energianlähteittäin aikavälillä 2009–2013 valmistuva uusi tuotantokapasiteetti vuoden 2008 lopussa tiedossa olleiden tietojen perusteella. Öljyä polttoaineenaan käyttävän uuden tuotantokapasiteetin rakentaminen vähenee nopeasti vuoteen 2011 asti, minkä jälkeen uutta kapasiteettia ei ole lainkaan suunnitteilla. Tämä johtuu luonnollisesti öljyn saatavuuden heikkenemisestä, hinnan noususta ja ympäristölainsäädännön tiukkenemisestä. Uusiutuvan energiantuotannon osuus alkaa olla merkittävä kaikesta uudesta tuotantokapasiteetista. Erityisesti tuulivoima nousee suureen osaan, ja esimerkiksi vuonna 2009 tuulivoimaa rakennetaan toiseksi eniten heti maakaasun jälkeen. Myös aurinkoenergiaa käyttävän uuden tuotantokapasiteetin rakentaminen lisääntyy nopeasti. Vuonna 2012 aurinkoenergiakapasiteettia valmistuu peräti 950 MW. Lisäämällä uusiutuvaa energiantuotantoansa USA pyrkii muun muassa parantamaan sähköntuotantonsa omavaraisuusastetta ja vähentämään kasvihuonekaasujen määrää. Uusiutuvaa energiantuotantoa käsitellään laajemmin luvussa 6.1. Tarkasteltavalla aikavälillä valmistuu eniten maakaasua energianlähteenä käyttävää uutta kapasiteettia. Maakaasun suosio perustuu muun muassa sen hyvään saatavuuteen ja edulliseen hintaan, mikä on seurausta hyvin toimivista vapaista maakaasumarkkinoista. Maakaasumarkkinat vapautuivat USA:ssa jo vuonna 1992. Myös hiili säilyttää edelleen merkittävän roolin, mutta uudet hiilivoimalat pyritään rakentamaan mahdollisimman vähän kasvihuonekaasuja vapauttaviksi nykyaikaisen teknologian avulla.

**Taulukko 2.2.** *Suunniteltu uusi tuotantokapasiteetti [MW] vuosille 2009–2013 energianlähteittäin [7].*

	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Hiili</b>	4785	5932	2837	7156	630
<b>Raakaöljy</b>	748	568	200	0	0
<b>Maakaasu</b>	11388	9950	8804	10208	5191
<b>Muut kaasut</b>	78	0	0	720	0
<b>Ydinvoima</b>	0	0	0	1270	0
<b>Vesi</b>	25	26	7	70	245
<b>Tuuli</b>	9459	2559	1591	25	16
<b>Aurinko</b>	145	468	375	950	0
<b>Puu</b>	139	103	61	178	36
<b>Maalämpö</b>	64	168	0	0	156
<b>Muu biomassa</b>	269	66	117	164	20
<b>Yhteensä</b>	27099	19841	13991	20741	6294

Jatkuva epävarmuus tulevista poliittisista ja lainsäädännöllisistä energia-alaa koskevista toimenpiteistä on osaltaan hidastanut uusien sähkövoimalaitosten rakennushankkeita. Alan verotusta ja avustuksia koskevat käytännöt ja lainsäädäntö ovat olleet viime aikoina jatkuvassa muutostilassa, mikä on aiheuttanut epävarmuutta uusien voimalainvestointien tekemiseen. Epävarmuutta on vielä lisännyt lopullista muotoaan hakeva päästökauppa ja asteittain vapautuvat sähkömarkkinat. [1]

Merkittäviksi ongelmiksi USA:ssa on nousemassa sähköntuotannon lisäämiseen tarvittavien laitteistojen heikko saatavuus ja pula osaavasta työvoimasta. Kehitysmaissa rakennetaan paljon uutta sähköntuotannon infrastruktuuria, mikä kasvattaa esimerkiksi generaattoreiden ja turbiinien hintoja ja toimitusaikoja. Kokenutta ja osaavaa työvoimaa jää eläkkeelle USA:n sähköyhtiöistä nopeampaa tahtia kuin uutta saadaan tilalle. Maan yliopistoista ja muista koulutuslaitoksista ei valmistu kylliksi uutta koulutettua työvoimaa, mikä on johtanut pitkällä aikavälillä työvoimapulan syntyyn. [1]

Uuden tuotantolaitoksen liittäminen sähköverkkoon tulee tapahtua ennen kaikkea turvallisella ja luotettavalla tavalla. Tästä syystä siirtoverkon omistajat ja sen toimintaa valvovat viranomaiset vaativat laajan ja tarkan selvityksen siitä, että uusi tuotantolaitos täyttää asetetut turvallisuus- ja luotettavuusvaatimukset. Selvitysprosessien yksinkertaistaminen ja nopeuttaminen olisikin tärkeää uuden sähköntuotannon rakentamisen edistämiseksi. [1]

## 3. TUKKU- JA VÄHITTÄISSÄHKÖMARKKINAT

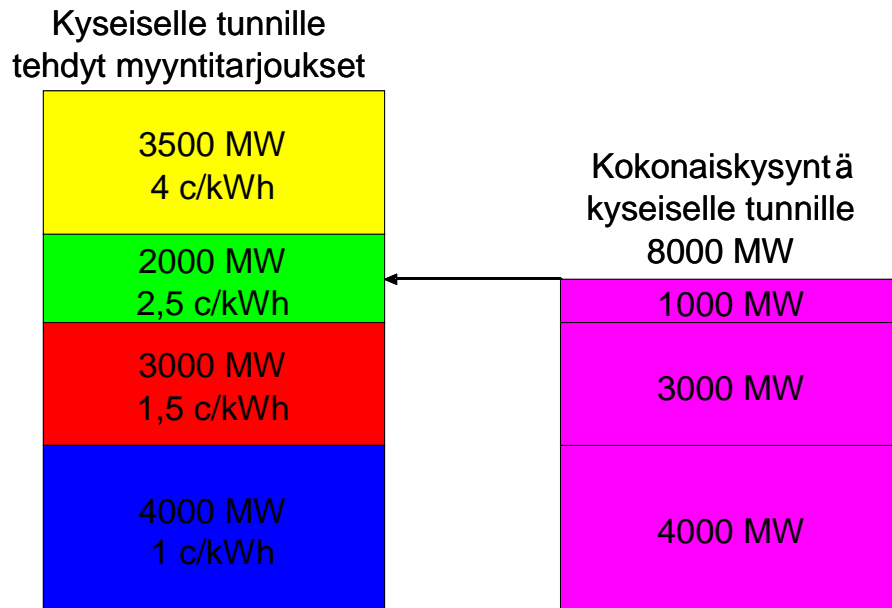
### 3.1 Tukkusähkömarkkinat ja sähköpörssit

Tukkusähkömarkkinoiden kilpailun vapautuminen alkoi USA:ssa vuonna 1997. Tällä oli monia suuria vaikutuksia koko USA:n sähkömarkkinoiden toimintaan. Sähkömarkkinoiden vapautumista käsitellään tarkemmin myöhemmin, mutta tässä luvussa keskitytään vapaasti kilpailtujen tukkusähkömarkkinoiden markkinamekanismeihin ja sähköpörssien toimintaan.

Sähkön kysynnän tyydyttämiseen käytettävien voimalaitosten käyttöjärjestys muuttui tukkusähkömarkkinoiden vapautumisen seurauksena. Perinteisesti sähköyhtiöt kytkivät kysynnän lisääntyessä verkkoon käyttökustannuksiltaan seuraavaksi edullisimman omassa omistuksessa olevan voimalan. Ulkopuolisten toimijoiden sähköntuotantoa ei siis tällöin otettu huomioon, vaikka se olisi ollut halvempi vaihtoehto. Vapailla markkinoilla tuotantolaitosten kytkentä- ja käyttöjärjestys määräytyy sähköpörssissä osto- ja myyntitarjousten perusteella. [3]

Ennen USA:n sähkömarkkinoiden vapautumista sähköyhtiöt kävivät kauppaa tukkusähköllä pääasiassa suoraan toistensa kanssa keskinäisiin sopimuksiin perustuen. Toinen vaihtoehto oli, että tukkusähkö ostettiin tai myytiin niin kutsuttujen Power Poolien toimiessa välikätenä. Power Pool ei ollut sähköpörssi sanan varsinaisessa merkityksessä. Varsinaisia sähköpörssijä alkoi syntyä sähkömarkkinoiden vapautumisen yhteydessä, ja niistä käytetään nimitystä Power Exchange. USA:ssa toimii tällä hetkellä muutamia sähköpörssijä ja niiden määrä on kasvussa markkinoiden vapautumisen edetessä.

USA:n sähköpörssissä on tyypillisesti käytössä niin kutsuttu hollantilainen huutokauppa. Sähkönmyyjät ilmoittavat sähköpörssiin, kuinka paljon tarjoavat sähköä myyntiin ja millä hinnalla. Myyntitarjoukset asetetaan järjestykseen halvimasta ja kalleimpaan. Tukkusähkön markkinahinta määräytyy kalleimman myyntitarjouksen mukaan, jolla saadaan tyydytettyä kaikki kysyntä. Mekanismia on havainnollistettu kuvassa 3.1. Kuvassa esitetyssä tilanteessa kyseisen tunnin kokonaiskysyntä sähkölle on 8000 MW, jonka voidaan ajatella muodostuvan esimerkiksi vähittäissähkökauppioiden tekemistä ostotarjouksista. Ostotarjouksista on kuvassa esitetty vain tehomäärät, koska hinta määräytyy myyntitarjousten pohjalta sähkökulutuksen erittäin vähäisen hintajoukon vuoksi. Vasemmalla kuvassa on kyseiselle tunnille tehdyt myyntitarjoukset halvin alimpana ja kallein ylimpänä. Nuoli osoittaa myyntitarjousta, jolla koko kysyntä saadaan tyydytettyä. Kaikesta nuolen alle jäävästä tarjotusta sähköstä maksetaan sama 2,5 c/kWh.



*Kuva 3.1. Tukkusähkön hinnan määräytyminen sähköpörssissä [3].*

Sähköpörssistä välitetään tiedot suoritetusta huutokaupasta ja sen tuloksesta alueen Independent System Operatorille (ISO), jotta se voi varmistaa huutokaupan tuloksen yhteensopivuuden sen hetkisen siirtoverkon tilanteen kanssa. Jos esimerkiksi siirtoverkon kapasiteetti ei ole riittävä jollakin siirtovälillä toteuttamaan huutokaupassa määräytynyttä voimaloiden tuotantosunnitelmaa, niin ISO ilmoittaa sähköpörssiin, että huutokaupan tulosta täytyy muokata. ISO kertoo huutokaupassa voittaneille sähköntuottajille, milloinka niiden tulee aloittaa ja pysäyttää tuotantonsa. ISO huolehtii siis sähköntuotannon aikataulutuksesta muiden tehtäviensä ohella. Sähkömarkkinoiden kilpailun vapautuminen siirsi valtaa ja vastuuta sähköyhtiöiltä kyseisen alueen ISO:lle ja sähköpörssille. Mitkä voimalat tuottavat sähkön ja paljonko sähkö maksaa määräytyvät sähköpörseissä, kun taas siirtoverkon operoinnista ja toiminnasta vastaa ISO:t. [3]

### 3.2 Solmupistehinnoittelumalli

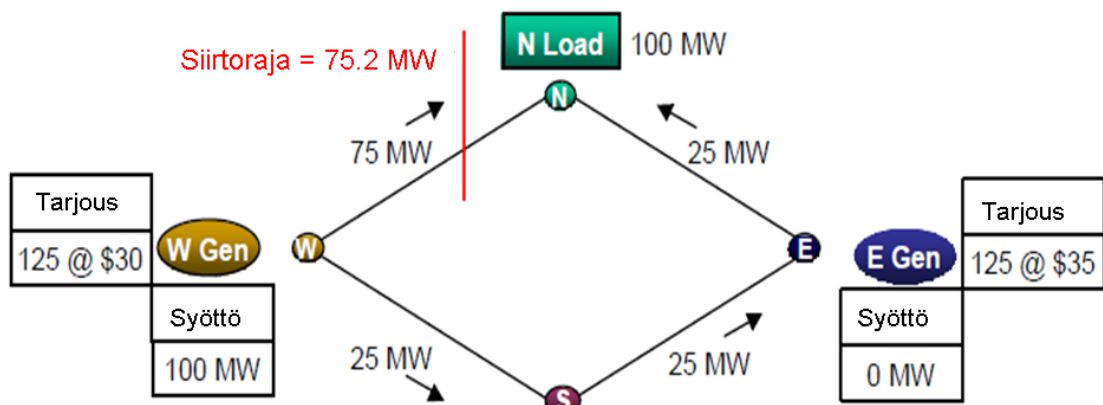
Monissa USA:n sähköpörseissä sähkön markkinahinnan määrittämiseen ja taseselvityksen tekemiseen siirtoverkon tasolla käytetään niin sanottua solmupistehinnoittelumallia. Lisäksi solmupistehinnoittelumallia hyödynnetään sähkövoimajärjestelmän säädön ja käytön optimoinnissa. Mallia sovelletaan muun muassa New Yorkin, Pennsylvania-New Jersey-Marylandin ja New Englandin sähköpörseissä.

Solmupistehinnoittelumallissa lasketaan verkon jokaiselle solmupisteelle sen sijainnista riippuva energian arvo eli kyseisen solmupisteen solmupistehinta. Solmupistehinta muodostuu kolmesta eri komponentista: sähköntuotannon rajakustannuksesta, häviöiden rajakustannuksesta ja verkon ruuhkautumisen (l. pullonkaulatilanteiden) aiheuttamasta rajakustannuksesta. Rajakustannuksella tarkoitetaan yhden megawatin tehon lisäyksestä aiheutuvaa lisäkustannusta. Solmupistehinta on siis toisin sanoen tuotanto- ja siirtokustannus seuraavalle megawatille kyseisessä solmupisteessä. [8]

### 3.2.1 Esimerkki solmupistehinnan määrittämisestä

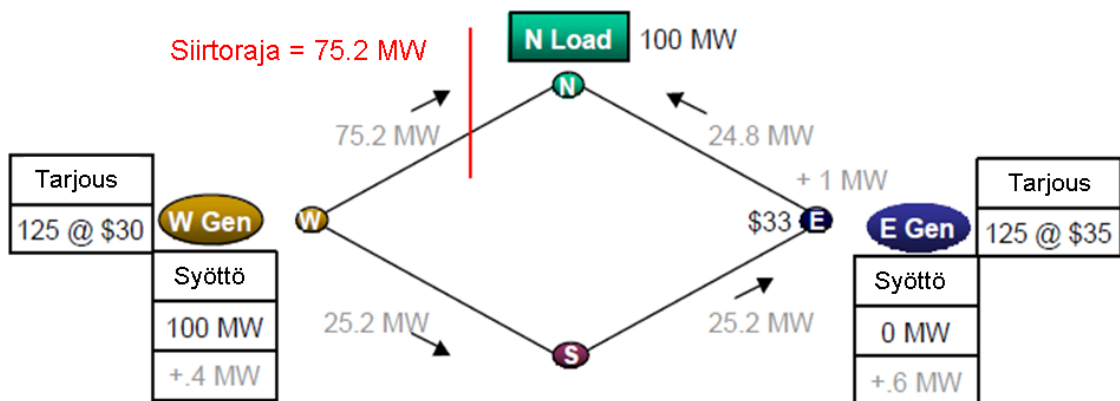
Kuvassa 3.2 on kuvitteellinen siirtoverkon osa, jossa on neljä solmupistettä W, S, E ja N. Solmupisteessä W on tarjottu 125 megawattia tuotantokapasiteettia (WGen) hintaan 30 \$/MW. Solmupisteessä E on tarjottu yhtä paljon tuotantokapasiteettia (EGen), mutta sen hinta on 35 \$/MW. Solmupisteessä N taas on 100 MW:aa kuormaa NLoad. Pisteiden W ja N välinen suurin mahdollinen siirtokapasiteetti on 75,2 megawattia. Tämä siirtoväli edustaa esimerkissä niin sanottua pullonkaulakohtaa. Kaikkien solmupisteiden välinen impedanssi on oletettu yhtä suureksi, eikä häviöitä ole huomioitu.

Kuvan 3.2 mukaisessa lähtötilanteessa on edullisinta syöttää kaikki kuorman NLoad tarvitsema 100 MW:n teho solmupisteestä W, jolloin teho siirtyy kuormalle suhteessa siirtoteiden impedansseihin. Siirtovälillä W-S-E-N on kolme kertaa suurempi impedanssi kuin siirtovälillä W-N.



*Kuva 3.2. Esimerkkiverkon lähtötilanne [8].*

Kuvassa 3.3 on havainnollistettu yksinkertaisella esimerkillä solmupisteen E solmupistehinnan laskemista. Esimerkissä on siis huomioitu siirtovälin W-N 75,2 megawatin siirtoraja, mutta ei monia muita todellisessa solmupistehintojen laskennassa huomiotavia asioita, kuten siirrossa syntyviä häviöitä ja verkon stabiiliuteen liittyviä seikkoja.



*Kuva 3.3. Solmupisteen E solmupistehinnan laskeminen [8].*



Kuten edellä todettiin, yhden megawatin lisätehon tuottaminen mahdollisimman pienin kustannuksin solmupisteessä E on kyseisen solmupisteen solmupistehinta. Koska solmupisteessä W on edullisinta (30 \$/MW) tuottaa sähköä lisää, niin siellä kannattaa tuottaa 0,4 megawattia solmupisteessä E tarvitusta lisämegawatista. Tämän osuuden hinnaksi tulee tällöin 12 dollaria ( $0,4 \times 30\$$ ). Siirtovälin W-N 75,2 megawatin maksimi-siirtokapasiteetti aiheuttaa sen, että loput 0,6 megawattia täytyy tuottaa kalliimmalla hinnalla (35\$/MW) solmupisteessä E. Tällä tavoin solmupisteen E solmupistehinnaksi saadaan yhteensä 33 dollaria ( $0,4 \times 30\$ + 0,6 \times 35\$$ ).

Muiden solmupisteiden solmupistehintojen laskeminen tapahtuisi samalla logiikalla kustannukset aina minimoiden. Esimerkiksi yhden megawatin kysyntä solmupisteessä W voidaan tyydyttää kokonaisuudessaan tuotantokapasiteettia WGen käyttäen, jolloin solmupisteen W solmupistehinnaksi saadaan 30 \$/MW. WGen:in kokonaistuotanto tässä tilanteessa on tällöin 101 MW.

### 3.3 Vähittäissähkömarkkinat

Sähkön hintaan vaikuttaa monta eri tekijää, joista esimerkkeinä voidaan mainita polttoaineiden hintataso, voimalaitosten rakennus-, ylläpito- ja käyttökustannukset, sähkönsiirto- ja jakeluverkon käyttö- ja ylläpitokustannukset, sääolosuhteet sekä sähkömarkkinoita koskeva lainsäädäntö. Vaikka sähkön tuotantokustannukset vaihtelevat käytännössä joka minuutti, niin silti suurin osa USA:n vähittäissähköasiakkaista maksaa sähköenergiastaan yleensä tietyn aikaa vakiona pysyvän hinnan kilowattia kohden. On kuitenkin melko tyypillistä, että esimerkiksi yöaikaan sähköenergia on hieman edullisempaa kuin päiväaikaan. USA:ssa on myös tyypillistä, että vähittäissähkön hinta pyrkii nousemaan kesällä sähkön kysynnän kasvaessa johtuen pitkälti laajamittaisesta ilmastointilaitteiden käytöstä. Kotitalousasiakkaan sähköenergiastaan maksama summa muodostuu USA:ssa keskimäärin seuraavasti: sähköntuotanto 68 %, sähkönjakelu 24 % ja sähkönsiirto 8 %. [9]

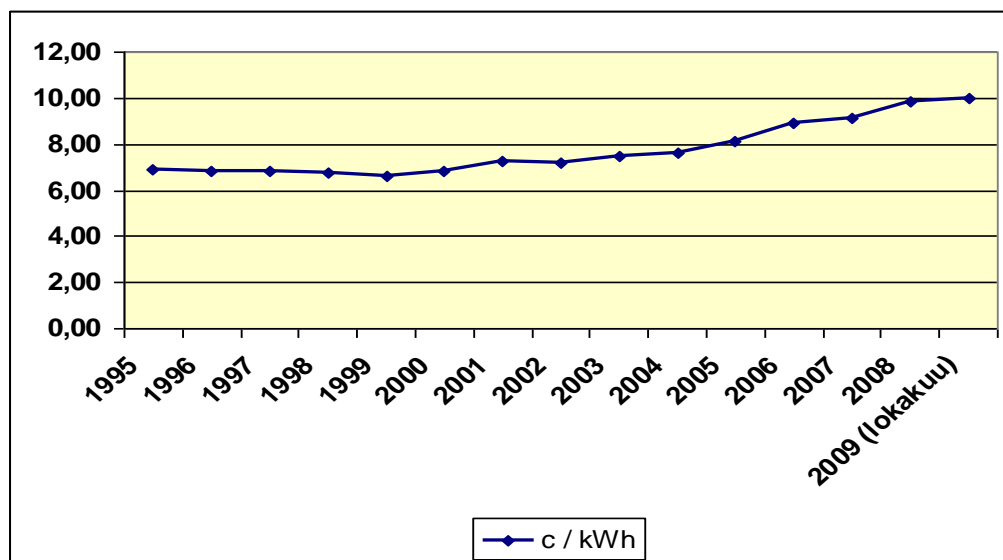
USA:n vähittäissähkömarkkinat ovat vapautuneet kilpailulle hitaammin kuin tukusähkömarkkinat. Nykyisin vähittäissähkömarkkinat ovat vapautuneet hieman yli puolessa USA:n osavaltioista. Osavaltioissa, joissa vähittäissähkön myynti on vapaasti kilpailtua, on loppuasiakkaalla mahdollisuus valita keneltä sähkönsä ostaa. Sähköenergia ostetaan kuitenkin käytännössä joltakin omassa osavaltiossa toimivista sähkön myyjistä. Kalifornian energiakriisi, jota käsitellään myöhemmin tarkemmin, hidasti jossain määrin vähittäissähkömarkkinoiden avautumista, kun muut osavaltiot halusivat välttää samanlaisen kriisitilanteeseen ajautumisen. Parin viime vuoden aikana on kuitenkin ollut huomattavissa, että vähittäissähkömarkkinoiden avautuminen on jatkunut lyhyen tauon jälkeen. [1]

PUC:t vastaavat oman osavaltionsa vähittäissähkömarkkinoiden regulaatiosta. PUC:t muun muassa määrittelevät hintakaton vähittäissähköasiakkaalle myytävälle sähköenergialle sekä myöntävät sähköntuotantolaitoksille rakentamisluvat. PUC:iden määrittelemä vähittäissähkön hintakatto on pitkälti kuluperusteinen. Tämä tarkoittaa sitä,

että kyseisellä myyntihinnalla sähkön myyjien tulisi pystyä kattamaan kaikki omat kulusensa sekä kyllin tehokkaasti toimiessaan tekemään myös jossain määrin liikevoittoa. Sähkön myyjille aiheutuu kuluja muun muassa tukkusähkön hankinnasta, sähkönsiirrosta ja -jakelusta, sähkövoimajärjestelmän ylläpidosta sekä veroista. Vapaasti kilpailluilla vähittäissähkömarkkinoilla hintataso määräytyy kuitenkin viime kädessä markkinaperusteisesti kysynnän ja tarjonnan mukaan. [4]

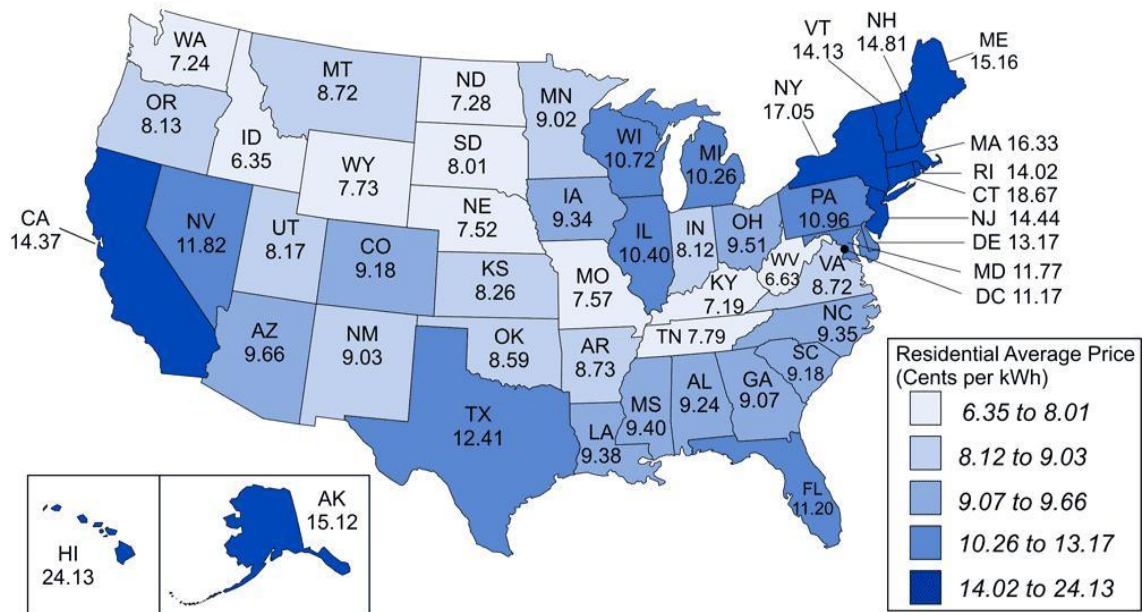
Kaiken kaikkiaan USA:n vähittäissähkömarkkinat ovat vielä suhteellisen kehittymättömät verrattuna esimerkiksi pohjoismaisiin vähittäissähkömarkkinoihin. Muun muassa AMR-teknologian hyödyntäminen on vasta kokeiluasteella USA:ssa. Vaikka FERC ja monien osavaltioiden PUC:t ovat viime aikoina osoittaneet pyrkimyksiä eri osavaltioiden vähittäissähkömarkkinoiden toimintamallien yhtenäistämisen suuntaan, niin silti vallitseva piirre USA:n vähittäissähkömarkkinoille on edelleen yhtenäisten käytäntöjen puuttuminen muun muassa tariffien osalta. Yhteisenä piirteenä voidaan kuitenkin mainita, että vähittäissähköasiakas maksaa yleensä samassa laskussa sekä sähköenergian että sähkönsiirron osuuden. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkön myyjä sisällyttää myyntihintaan kaikki sille itselleen koituneet kulut, jotka kuvattiin juuri edellä. Sähköä myyvä organisaatio esimerkiksi maksaa alueen siirtoverkon omistajalle tai omistajille sähkönsiirrosta ja veloittaa sen edelleen omassa laskussaan vähittäissähköasiakkaalta.

Vähittäissähkön hintataso on perinteisesti ollut suhteellisen alhainen USA:ssa verrattuna esimerkiksi suurimpaan osaan Euroopan ja Aasian maita. Sähkön kysynnän kasvu sekä polttoaineiden saatavuuden niukkeneminen ja niiden hintojen nousu on kuitenkin pakottanut sähkön hinnan nousuun myös USA:ssa. Kuvassa 3.4 on esitetty vähittäissähkön loppuasiakashinnan keskiarvon kehitys USA:ssa aikavälillä 1995–2009 lokakuu. Vuosina 1995–1999 hinnan trendi oli jopa lievästi laskeva, mutta vuodesta 2000 eteenpäin vähittäissähkön hinta on kohonnut melko tasaista tahtia 6,81 c/kWh:sta 10,02 c/kWh:iin.



**Kuva 3.4.** Vähittäissähkön hinnan kehitys USA:ssa vuosina 1995–2009 lokakuu [7].

Kuvassa 3.5 on esitetty kotitalousasiakkaan vähittäissähkön keskihinta osavaltioittain vuonna 2007. Koko maan keskiarvo kyseisenä vuonna oli 10,64 c/kWh. USA:n vähittäissähkön hintataso on useimmissa osavaltioissa jonkin verran alhaisempi kuin Suomessa. Kerrostalohuoneiston vähittäissähkön keskihinta Suomessa vuonna 2007 oli 12,46 snt/kWh (rahayksikkönä euro) [10]. Huomion arvoista on, että monissa osavaltioissa, joissa vähittäissähkön keskihinta on yli 10 c/kWh, ovat sähkömarkkinat vapautuneet tai vapautumassa. Vähittäissähkön myynnin vapaalla kilpailulla pyritäänkin ajamaan vähittäissähkön hintatasoa alemmaksi.



**Kuva 3.5.** Kuluttajien vähittäissähkön keskihinta osavaltioittain vuonna 2007 [11].

## 4. SÄHKÖMARKKINOIDEN AVAUTUMINEN

### 4.1 Sähkömarkkinoiden toimintaa valvovat viranomaiset

USA:n energia- ja sähkömarkkinoilla toimii suuri joukko viranomaisia ja organisaatioita, joiden tehtävänä on valvoa, säännellä, edesauttaa ja kehittää markkinoiden toimintaa. Näiden organisaatioiden iso määrä johtuu luonnollisesti USA:n markkina-alueen poikkeuksellisen suuresta maantieteellisestä koosta ja väkiluvusta. Tässä luvussa esitellään tärkeimpiä näistä viranomaisista ja organisaatioista, sekä kuvaillaan niiden vastuualueita, tehtäviä ja tavoitteita.

#### 4.1.1 U.S. Department Of Energy

U.S. Department Of Energy (DOE) on Yhdysvaltojen ministeriö, jonka vastuualueeseen kuuluu maan ydinaseohjelma, ydinreaktorien tuotanto merivoimien käyttöön, energian säästöohjelmat, energia-alaa koskeva tutkimus, radioaktiivisten jätteiden loppusijoittaminen ja hävitys sekä USA:n rajojen sisällä tapahtuva energiantuotanto. DOE perustettiin 4.8.1977 presidentti Jimmy Carterin allekirjoittaman lain myötä. Varsinaisen toimintansa se aloitti 1.10.1977. Tosin DOE:n syntyhistoria juontaa aina toisen maailmansodan aikaan, jolloin USA kamppaili kehittääkseen ydinaseen ennen muita valtiota. [12]

DOE käsittää seuraavat yksitoista osastoa:

- Office of Science
- Energy Information Administration (EIA)
- National Nuclear Security Administration (NNSA)
- Office of Secure Transportation (OST)
- Federal Energy Regulatory Commission (FERC)
- Office of Scientific and Technical Information (OSTI)
- Office of Environmental Management (EM)
- Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE)
- Office of River Protection
- Office of Nuclear Energy
- Office of Transportation Energy. [12]

EIA on itsenäinen virasto DOE:n sisällä. Se tuottaa USA:n hallituksen osalta viralliset energia-alaa koskevat tilastot. EIA kerää, analysoi ja julkaisee tietoa tavoitteenaan edistää markkinoiden tehokasta toimintaa ja lisätä yleistä tietämystä energia-alasta. [12]

NNSA:n tavoitteena on ylläpitää ja parantaa kansallista turvallisuutta sotilaskäyttöön tarkoitettujen ydinenergiasovellusten avulla. NNSA myös huolehtii ydinaseiden varastoinnin turvallisuudesta ja luotettavuudesta sekä ylläpitää maan kykyä suunnitella, tuottaa ja testata ydinaseita. [12]

OST vastaa ydinaseiden ja radioaktiivisten materiaalien kuljetuksiin liittyvästä turvallisuudesta. Vuodesta 1974 lähtien OST:n vastuulla on ollut kehittää ja johtaa mahdollisimman korkeaan turvallisuuteen tähtäävää järjestelmää, jonka tarkoituksena on toteuttaa kaikki vähänkään merkittävämmät valtion omistamien radioaktiivisten materiaalien, mukaan lukien ydinaseet, kuljetukset ja siirrot. [12]

#### **4.1.2 Federal Energy Regulatory Commission**

Federal Energy Regulatory Commission (FERC) on DOE:hen kuuluva itsenäinen ja riippumaton viranomaislaitos, jonka tärkein tehtävä on valvoa ja säännellä osavaltioiden rajat ylittävää sähkön ja maakaasun siirtoa ja kauppaa. Öljyn osalta FERC:n vastuu rajoittuu vain osavaltioiden rajat ylittävään siirtoon. Tämän lisäksi FERC myöntää luvat uusien vesivoimaloiden rakentamiselle, kuten myös osavaltioiden rajat ylittävien maakaasuputkiyhteyksien ja maakaasun varastointiin tarkoitettujen tilojen rakentamiselle. Lisäksi laki Energy Policy Act 2005 (EPA 2005) määritteli pääpiirteet muille FERC:n vastuualueille. [13]

EPA 2005 lisäsi FERC:n vastuualueisiin muun muassa siirtoverkon hyvän toimintavarmuuden ylläpidon sekä energiamarkkinoiden jatkuvan valvonnan ja tutkimusten tekemisen. Laki myös valtuutti FERC:n rankaisemaan sakoin tai muulla keinoin energiayhtiöitä, jotka toimivat markkinoilla vastoin sen asettamia sääntöjä ja määräyksiä. FERC:n vastuulle tuli niin ikään valvoa ympäristömääräysten noudattamista koskien isoja maakaasu- ja vesivoimarakennushankkeita. Huomion arvoista on kuitenkin, että esimerkiksi sähkön ja maakaasun vähittäiskaupan sääntely ei kuulu FERC:lle. FERC ei myöskään ole luvan antava viranomainen osavaltioiden sisällä toteutettavien sähkövoimaloiden, sähköasemien sekä siirto- ja jakeluverkon rakennushankkeiden osalta. [13]

FERC:n itse määrittelemät strategia ja missio pohjautuvat paljon edellä mainittuun lakiin EPA 2005. FERC:n missio on auttaa sähkökuluttajia saamaan luotettavia, tehokkaita ja kannattavia energiapalveluita kohtuulliseen hintaan ja asianmukaisen sääntelyn keinoin. Tämän mission toteuttamiseksi FERC:n strategiassa on nostettu kaksi asiaa ylitse muiden. Ensimmäinen näistä on varmistaa, että energiamarkkinoiden hinnat ja ehdot ovat kohtuulliset, asianmukaiset ja syrjimättömät. Toinen on edistää turvallisen, luotettavan, tehokkaan ja yleistä etua palvelevan energiainfrastruktuurin kehittämistä. [13]

#### **4.1.3 National Rural Electric Cooperative Association**

Vuonna 1942 perustettu National Rural Electric Cooperative Association (NRECA) on organisaatio, jonka tärkein tehtävä on edustaa Rural Electric Cooperative -yhtiöiden (Co-op) intressejä maanlaajuisesti, sekä valvoa Co-op -yhtiöiden asiakkaiden etuja. NRECA perustettiin alun alkaen kolmesta syystä: toisen maailmansodan aiheuttaman

sähkövoimajärjestelmän infrastruktuurin rakennustarvikepulan kuriin saattamiseksi, helpottamaan sähkön tukkukaupan ongelmia sekä turvaamaan juuri syntyneen Co-op-järjestelmän ja sen jäsenten etua. [14]

NRECA:an kuuluu nykyisin noin 930 jäsenyhtiötä, jotka palvelevat yhteensä noin 17 miljoonaa asiakasta. Järjestön hallitukseen kuuluu 47 henkilöä, yksi edustaja jokaisesta osavaltiosta, jossa toimii jäsenyhtiötä. [14]

#### **4.1.4 Edison Electric Institute**

Edison Electric Institute (EEI) on vuonna 1933 perustettu organisaatio, joka edustaa osakkeenomistajien omistamia sähköyhtiöitä eli käytännössä jo aikaisemmin esillä olleita Investor Owned Utilityjä. Noin 95 % kaikista osakeyhtiön tavoin toimivista sähköyhtiöistä ovat EEI:n jäseniä. EEI:n jäsenyhtiöt edustavat noin 70 %:a koko USA:n sähköenergiateollisuudesta. [15]

EEI toimii läheisessä yhteistyössä jäsenyhtiöidensä kanssa. Sen päätehtävänä on ajaa jäsentensä etuja eri yhteyksissä. EEI muun muassa pyrkii valvomaan ja vaikuttamaan siihen, että sen omien jäsenten toimintaan vaikuttavat uudet lait ja säädökset olisivat mahdollisimman oikeudenmukaisia jäseniä kohtaan. EEI tarjoaa omille jäsenilleen myös neuvontaa, hyödyllisiä tilastoja, markkinamahdollisuuksia ja konferensseja, joissa jäsenet saavat ajantasaista tietoa energiateollisuuden ajankohtaisista asioista. [15]

EEI:hin kuuluu varsinaisten jäsenyhtiöiden lisäksi niin sanottuja liikekumppanijäseniä (associate member). Tällaiset jäsenyhtiöt ovat yrityksiä, joilla on syystä tai toisesta intressejä pyrkiä edistämään sähköenergiateollisuuden kehitystä. Nämä yritykset tarjoavat tietoaan ja palveluitaan sähköenergiateollisuuden käyttöön, mutta eivät osallistu varsinaiseen sähköntuotantoon, -siirtoon, -myyntiin tai -jakeluun. Liikekumppanijäsenet taas hyötyvät itse EEI:n jäsenyydestä siten, että niiden tieto ja ymmärrys koskien kyseistä teollisuuden alaa ja sen asiakysymyksiä lisääntyy. [15]

#### **4.1.5 North American Electric Reliability Corporation**

North American Electric Reliability Corporation (NERC) on vuonna 1968 perustettu voittoa tavoittelematon ja itsenäinen organisaatio, jonka tärkein tavoite on auttaa ylläpitämään ja parantaa USA:n sähkövoimajärjestelmän luotettavuutta. NERC kehittää ja pyrkii saattamaan voimaan uusia säädöksiä ja protokollia, jotka edistävät verkon luotettavuuden paranemista. [16]

Vuonna 1965 tapahtunut lähes koko New Yorkin osavaltion pimentänyt sähkökatkos oli alkusysäys NERC:n perustamiselle. Kyseinen sähkökatkos oli laajuudessaan ensimmäinen laatuaan USA:ssa. Tapaus muutti merkittäväällä tavalla sähköyhtiöiden suhtautumista sähköntuotannon ja -siirron luotettavuuden hallintaan. New Yorkin sähkökatkoksen perimmäinen syy oli se, että suurin osa osavaltion sähköstä tuli sen rajojen ulkopuolelta, pääasiassa Kanadasta. Tällainen tilanne oli päässyt syntyään vähitellen useiden vuosien kuluessa. Useat New Yorkin sähköyhtiöt olivat lisäksi kutistaneet sähköntuotannon reservinsä minimiin luottaen siihen, että osavaltion muilla sähköyhtiöillä on reservejä tarpeen vaatiessa. Niinpä Kanadan puolella tapahtunut siirtoverkon häiriöti-

lanne aiheutti siirtoyhteyden katkeamisen New Yorkin puolelle, mikä taas synnytti epätasapainon tuotannon ja kysynnän välille. Tämä aiheutti edelleen ketjureaktion omaisen siirtoyhteyksien katkeamisen koko osavaltion alueella ja johti lopulta päivän kestäneeseen koko osavaltion pimenemiseen. [3]

Selvät ja tehokkaat sähkövoimajärjestelmää koskevat luotettavuusstandardit muodostavat pohjan koko NERC:n toiminnalle. Luotettavuusstandardit ovat suunnittelu- ja toimintasääntöjä, joita sähköyhtiöt noudattavat varmistaakseen sähkövoimajärjestelmän mahdollisimman korkean toimintavarmuuden. Eri alan asiantuntijat, kuten sähkövoimatekniikan ja standardoinnin ammattilaiset, osallistuvat standardien kehitysprosessiin, jotta niistä saataisiin kaikkia kohtaan mahdollisimman tasapuoliset ja toimivat. Ensimmäinen ryhmä standardeja, joiden toteuttamista valvotaan, hyväksyttiin 15.3.2007. Tällöin FERC hyväksyi 83 NERC:n ehdottamasta 102 standardista. [16]

NERC tuottaa lisäksi palveluita ja antaa ohjeita, joiden tarkoituksena on auttaa sähkövoimajärjestelmän omistajia, käyttäjiä ja asiakkaita toimimaan tavalla, joka edesauttaa järjestelmän hyvän toimintavarmuuden ylläpitämistä ja parantamista. Palveluista esimerkkeinä ovat apu sähkövoimajärjestelmän ongelmien tunnistamiseen ajoissa ennen niiden kehittymistä kriittisiksi, parhaiksi koettujen toimintamallien jakaminen, sähkövoimajärjestelmän luotettavuutta koskevien ennusteiden tekeminen ja hyödyllisen koulutuksen tarjoaminen. [16]

## 4.2 Sähkömarkkinoiden vapautuminen

USA:n sähkömarkkinoilla ja sähköenergia-alalla liikkuu rahaa vuositasolla noin 200 miljardia dollaria, mikä tekee siitä merkittävän koko maan taloudelle. Sähkömarkkinoiden kilpailun vapauttamisen yksi tärkeimmistä syistä onkin tuottavuuden ja kannattavuuden parantaminen alalla. Kustannustason aleneminen auttaa lisäämään maan globaalia kilpailukykyä ja pitämään inflaation alhaisella tasolla. Sähkö on ollut USA:ssa perinteisesti halpaa verrattuna esimerkiksi Japaniin ja moniin Euroopan maihin. Vapaan kilpailun uskotaan pudottavan sähkön hintatasoa jopa entisestään. [17]

USA:n sähkömarkkinoiden vapautuminen alkoi sähkön tukkukaupan osalta vuonna 1997. Markkinoiden vapauttamisen tärkeänä tavoitteena ja alulle panevana tekijänä oli pyrkimys tasoittaa sähkön hinnan suuria eroja osavaltioiden välillä. Sähkömarkkinat ovat vapautuneet USA:ssa suhteellisen hitaasti etenkin sähkön vähittäiskaupan osalta ja prosessi onkin kesken vielä monen osavaltion kohdalla. [18]

### 4.2.1 Säädetyt sähkömarkkinat

Ennen sähkömarkkinoiden vapautumista USA ja sen osavaltiot oli jaettu alueisiin, joilla toimi yksi monopoliasemassa oleva sähköyhtiö. Tämä yksi sähköyhtiö tuotti kyseisen alueen jokaiselle asiakkaalle kaikki sähköenergiapalvelut, kuten sähköntuotannon, -myynnin, -siirron ja -jakelun. Sähköyhtiö myös laskutti kaikki nämä palvelut yhdellä laskulla. Vähittäissähkön hinnat määriteltiin osavaltion taholta siten, että sähköyhtiöille jäi kohtuullinen liikevoitto toiminnastaan. Tämä tietysti takasi monopoliasemassa toi-

miville sähköyhtiöille varman liikevoiton. Monopolisähköyhtiö sitoutui vastineeksi erikoisasemastaan palvelemaan tasapuolisesti kaikkia sen alueen asiakkaita kustannuksista tai sijainnista riippumatta. Tällä tavoin oli mahdollista varmistaa, että myös syrjäisillä seuduilla sijaitseville asiakkaille järjestettiin sähkönjakelu korkeista kustannuksista huolimatta. [17]

Säännellyillä sähkömarkkinoilla sähkön hinta ei siis määräytynyt kysynnän ja tarjonnan perusteella, mikä on tunnusomaista vapaasti kilpailluille markkinoille. Sähkömarkkinoiden sääntelylle oli monia syitä, joista tärkeimpinä voidaan nostaa esille sähkön hinnan volatiliteetin minimoiminen ja hintatason pitäminen kohtuullisena sekä asiakkaan että tuottajan kannalta. Sähkön hinta määräytyi kustannusperusteisesti eli sähköntuotannosta syntyviin kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin lisättiin tietty kate, jonka määritteli tukkusähkömarkkinoiden osalta FERC ja vähittäissähkömarkkinoiden osalta kyseisen osavaltion Public Utility Commission. [3]

USA:n sähkömarkkinat eivät itse asiassa olleet säännelty aivan alusta asti. Sähköyhtiöt kilpailivat samoista asiakkaista omissa jakeluverkoissaan vielä 1900-luvun alkupuolella. Kilpailu keskittyi luonnollisesti tiheään asutuille ja varakkaille alueille. Tällainen sääntelemätön kilpailu alkoi kuitenkin osoittautua nopeasti tehottomaksi ja monia asiakkaita syrjiväksi. Näiden epäkohtien korjaamiseksi alkoi 1920-luvulla säänneltyjen sähkömarkkinoiden aikakausi, joka jatkui USA:ssa lähes vuosituhannen loppuun asti. [3]

#### **4.2.2 Sähkömarkkinoiden vapautumisen taustaa**

Sähkön hinta pysyi verrattain alhaisella tasolla USA:ssa aina 1970-luvun alkupuolelle asti. Suurimpana syynä tähän oli öljyn hyvä saatavuus ja alhainen hinta sekä sähkön tuotantokustannusten aleneminen voimalaitosten tuottavuuden parantuessa ja koon kasvuaessa. Tilanne muuttui 1970-luvulle tultaessa, kun öljyn hinta lähti nopeaan kasvuun Lähi-idän öljykriisin seurauksena. Öljyn hinnan nousun ja saatavuuden heikkenemisen seurauksena alettiin rakentaa uusia hiili- ja ydinvoimaloita. Tästä taas seurasi, että sähköyhtiöiden kiinteät kulut kohosivat ja sähkön hinta nousi nopeasti vähittäissähkömarkkinoilla. Hintojen nouseminen johti luonnollisesti asiakkaiden tyytymättömyyden lisääntymiseen ja sähkömarkkinoiden valvonnan tiukentumiseen. [3]

Kohoavien hintojen vastustus ja heikohko talouden tilanne johti sähkön kysynnän alenemiseen. Monet sähköyhtiöt rakensivat enemmän uusia voimalaitoksia kuin oli tarpeen. Tavoitteena oli tällä keinoin saada sähkön hinta laskemaan. Tämän kaiken seurauksena useat sähköyhtiöt olivat päätyneet konkurssin partaalle 1980-luvun alkupuolelle tultaessa. Sähkömarkkinoiden sääntelystä ja valvonnasta vastaavat tahot alkoivat puuttua tällöin enemmän sähköyhtiöiden toimintaan ja uusien voimalaitosten rakentamiseen tilanteen korjaamiseksi. [3]

Ensimmäiset askeleet kohti vapaita sähkömarkkinoita otettiin 1970- ja 1980-luvulla. Näistä merkittävimpiä olivat pyrkimykset kohti energiatehokkaampia sovelluksia ja maakaasumarkkinoiden vapauttaminen kilpailulle, mikä aukaisi tietä myös sähkömarkkinoiden kilpailun vapautumiselle. [3]

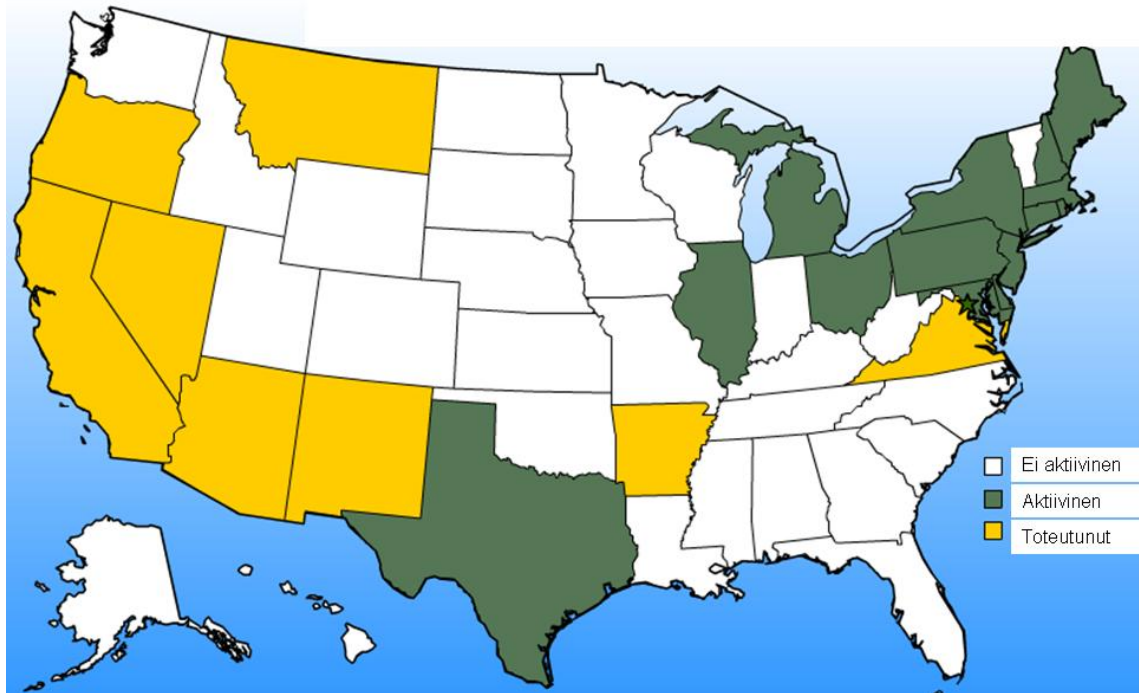


Sähkömarkkinoiden tiukentuneesta valvonnasta huolimatta sähkön hinta pysytteli USA:ssa suhteellisen korkealla tasolla 1990-luvun alkupuolelle asti. Sähkön korkea hinta muun muassa hidasti talouden elpymistä. Edellistä suurempi epäkohta oli kuitenkin se, että sähkön hinnoissa oli merkittäviä eroja osavaltioiden välillä. Tämä asetti yritykset, jotka toimivat halvemmän sähkön osavaltioissa, parempaan asemaan kilpailijoihinsa verrattuna. Tämä taas aiheutti luonnollisesti kilpailun vääristymistä. Edellä kuvatut ongelmat ja tapahtumat antoivat lopulta alkusysäyksen USA:n sähkömarkkinoiden kilpailun vapautumiselle. [3]

#### **4.2.3 Sähkömarkkinoiden vapautumisen nykytila**

Kuten todettua tukkusähkömarkkinoiden vapautuminen alkoi vuonna 1997. Myös vähittäissähkömarkkinoiden osalta kilpailun vapautuminen on seurannut perässä osavaltio kerrallaan. Esimerkiksi Kalifornian vähittäissähkömarkkinat ovat vapautuneet täydellisesti, kun taas Pennsylvaniassa, New Yorkissa, New Jerseyssä ja Massachussetissa vapautuminen on vasta osittaista. Osavaltioissa, joissa vähittäissähkömarkkinat ovat vapautuneet ensimmäisenä, on vähittäissähkön hinta ollut koko maan keskiarvoa korkeampi ennen kilpailun vapauttamista. Vaikka noin viidenneksellä USA:n vähittäissähköasiakkaista on mahdollisuus valita oma sähkönmyyjänsä, niin silti vain noin 2 % tästä asiakaskunnasta on vaihtanut sähköyhtiötään. [17]

Kuvassa 4.1 on esitetty sähkömarkkinoiden avautumisen tilanne osavaltiokohtaisesti vuonna 2008. Keltaisilla merkityissä osavaltioissa markkinoiden avautuminen ja rakennemuutos ovat saatettu loppuun. Vihreällä on merkitty osavaltiot, joissa muutos on aloitettu, mutta joissa prosessi on vielä kesken. Valkoisella värillä taas on osavaltiot, joissa sähkömarkkinoiden rakennemuutosta ei ole vielä aloitettu. Kuten kuvasta nähdään, monessa USA:n länsi- ja lounaisosassa sijaitsevassa osavaltiossa markkinoiden rakennemuutos on saatettu jo loppuun. Tähän on syynä ensinnäkin se, että sähkön hinta on perinteisesti ollut korkea juuri tällä alueella, ja tämän vuoksi näillä osavaltioilla on tarve pyrkiä tehostamaan sähkömarkkinoidensa toimintaa. Lisäksi läntiset osavaltiot ovat jossain määrin uudistusmielisempiä verrattuna maan keskiosiin, joissa sähkömarkkinat ovat vielä pääosin suljettu. Monissa koillisosan osavaltioissa ja Texasissa muutos on käynnissä.

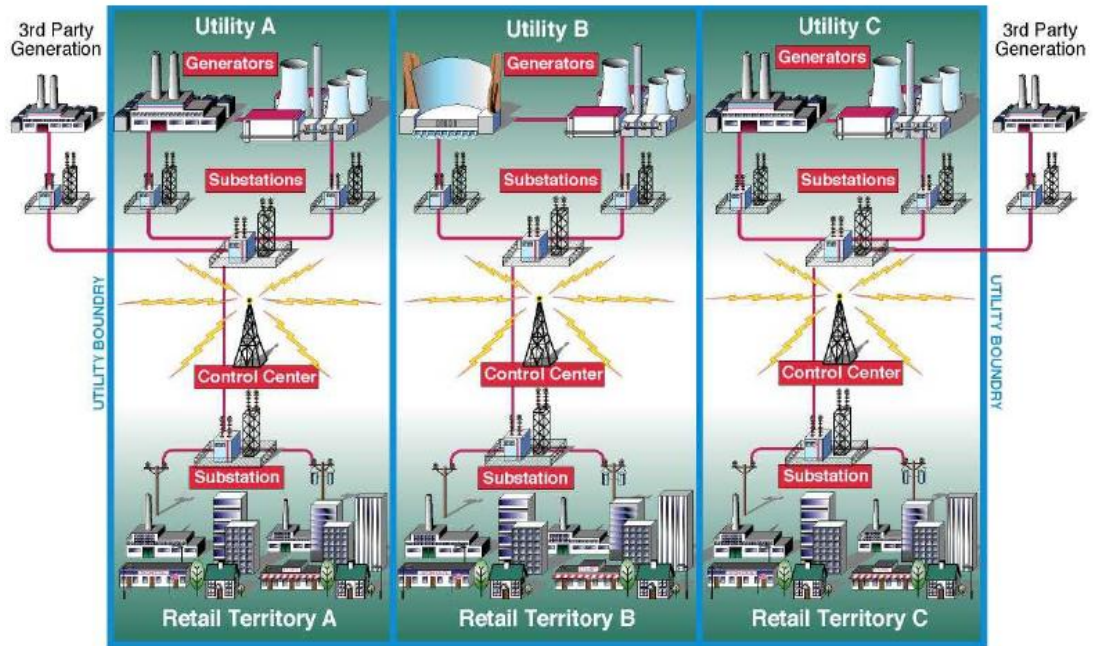


*Kuva 4.1. Sähkötömarkkinoiden avautumisen tilanne USA:ssa vuonna 2008 [19].*

Osavaltiot ovat toteuttaneet vähittäissähkötömarkkinoidensa avaamisen hyvin eri tavoilla ja rakentaneet omat toimintaperiaatteensa vapauttamisen suhteen. Monissa osavaltioissa vähittäissähkötömarkkinat vapautetaan kilpailulle asteittain ja kokeiluja tehden. Kokemusten perusteella vapauttamisprosessi kestää keskimäärin noin kaksi vuotta. Tästä syystä esimerkiksi vähittäissähkötöasiakkaiden sähkötoimittajan valinnanvapaudessa ei ole yhdenmukaisuutta maan sisällä. [17]

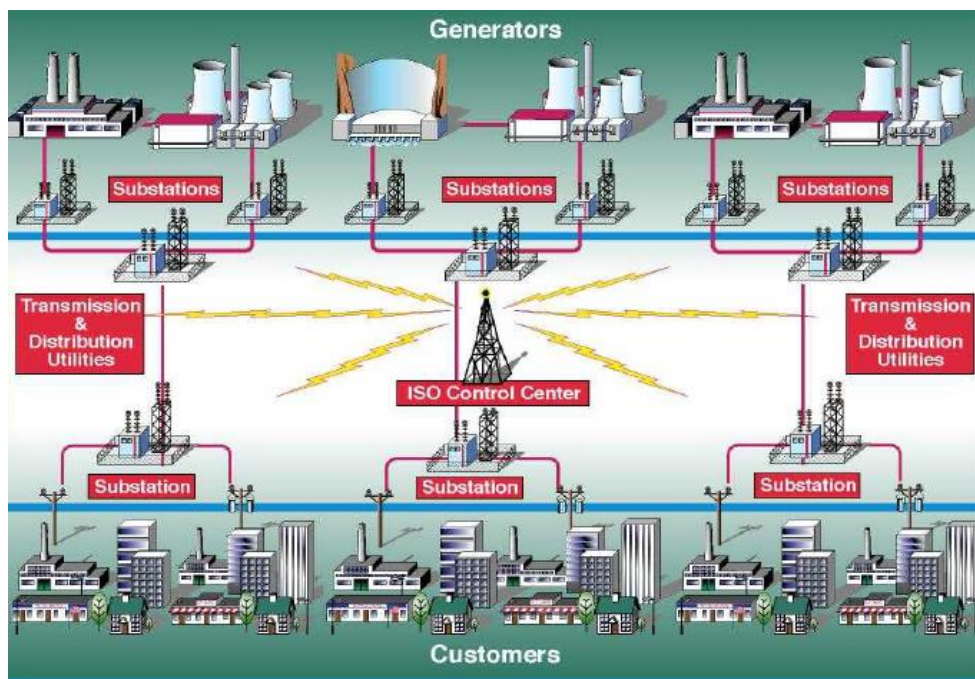
#### **4.2.4 Vapaasti kilpailtujen sähkötömarkkinoiden tuomia muutoksia**

Kuvassa 4.2 on esitetty sähkön toimitusketjun periaate säänneltyjen sähkötömarkkinoiden tapauksessa. Säänneltyille markkinoille onkin tyypillistä, että kyseisellä alueella toimiva sähköyhtiö vastaa lähes kokonaan itse omasta sähköntuotannosta, -siirrosta ja -jakelusta, joilla se palvelee alueen kaikkia vähittäissähkötöasiakkaita. Sähköyhtiöillä on siis selvä aluejako vähittäissähkötöasiakkaiden suhteen ja omat niin sanotut Control Centerit, joista käsin tapahtuu muun muassa sähkönsiirron ja -jakelun hallinta.



*Kuva 4.2. Sähkön toimitusketjun rakenne perinteisillä säännellyillä sähkömarkkinoilla [3].*

Kuvassa 4.3 on esitetty sähkön toimitusketjun rakenne vapaasti kilpailluilla sähkömarkkinoilla USA:ssa. Selvin ero säännelyihin markkinoihin on kuvan keskellä oleva ISO Control Center, joka toimii yhteisenä keskusasemana käytännössä kaikelle alueen sähkömarkkinoilla tapahtuvalle toiminnalle. ISO Control Centerit operoivat huomattavasti suuremmalla alueella kuin perinteiset Control Centerit. ISO Control Centerin vastualueeseen voi kuulua esimerkiksi yksi kokonainen osavaltio.



*Kuva 4.3. Sähkön toimitusketjun rakenne vapaasti kilpailluilla sähkömarkkinoilla [3].*

Kilpailuilla sähkömarkkinoilla sähköntuotanto ja -jakelu eivät ole sidottu yhteen sähköyhtiöön, vaan asiakkaan on mahdollista valita vapaasti oma sähköntoimittajansa koko osavaltion verkon alueelta. Sähköpörssit (Power Exchange) toimivat tukkusähkön markkinapaikkoina, kun taas kantaverkkoyhtiön tavoin toimii alueen Independent System Operator.

Merkille pantavaa on, että englanninkielisessä terminologiassa sähköpörssistä käytetään kilpailulle vapautuneilla sähkömarkkinoilla pääasiassa termiä ”Power Exchange” (PX). Termiä ”Power Pool” (PP) käytetään taas säänneltyjen sähkömarkkinoiden yhteydessä. Suurimpana erona on se, että PX toimii vain sähkön markkinapaikkana, kun PP käsittää myös sähkönsiirtoon liittyviä toimintoja. FERC:n asetuksissa 888 ja 889 on siirtoverkkoa omistavat sähköyhtiöt määrätty erityttämään sähkönsiirto ja -myyntitoiminnot toisistaan. [3]

Vapautuvat sähkömarkkinat ovat synnyttäneet kaksi uutta organisaatiotyyppiä: Independent System Operator (ISO) ja Regional Transmission Organization (RTO). ISO:t syntyivät, kun FERC halusi varmistaa tukkusähkömarkkinoiden vapautuessa, että siirtoverkon toiminnasta vastaavat organisaatiot ovat mahdollisimman itsenäisiä ja muista riippumattomia. ISO:t määrittelevät hyvin pitkälle itse omat toimintamallinsa ja sääntönsä. Tosin ne ovat raportointivelvollisia FERC:lle, jolla on myös valta puuttua ISO:n toimintaan tarvittaessa. [3]

Voidaan sanoa, että ISO:t ovat eräänlaisia siirtoverkon keskusasemia, jotka ohjailevat osavaltion sähkömarkkinoiden toimintaa, vastaavat kaikista alueen siirtoverkon toimintoista ja varmistavat sähkövoimajärjestelmän luotettavan toiminnan. ISO:t pyrkivät säilyttämään järjestelmän toimintavarmuuden esimerkiksi pitämällä siirtokapasiteetin ja sähköntuotannon reservivarat kyllin korkealla tasolla. ISO:t hankkivat sähkömarkkinoilta riittävän määrän sähköntuotantoreserviä vikatilanteiden ja muiden normaalista toiminnasta poikkeavien tapahtumien varalle. [3]

RTO-termi on lähes synonyymi ISO:lle. FERC asetti vuonna 2002 vaatimuksen, että ISO:iden täytyisi olla aikaisempaa suurempia sekä maantieteelliseltä kooltaan että toimivallaltaan. Näistä suuremmista yksiköistä alettiin käyttää termiä RTO. FERC on ehdottanut, että koko USA:n sähköverkko jaettaisiin vain viiteen RTO-alueeseen. Tämä ehdotus on kuitenkin kohdannut melko paljon vastustusta eri tahoilta. [3]

Sähkömarkkinoiden vapautuminen toi merkittäviä muutoksia myös siirtoverkon käyttöoikeuksiin. Kaikilla sähkömarkkinoilla toimijoilla, kuten sähköä myyvillä, ostavilla ja välittävillä organisaatioilla, täytyy olla oikeus käyttää siirtoverkkoa sen kapasiteetin sallimissa rajoissa. Siirtoverkkoa tarvitsevat organisaatiot voivat varata sillä hetkellä vapaana olevaa siirtokapasiteettia eräänlaisesta pörssistä, josta käytetään nimitystä Available Transmission Capacity Pool (ATC). Käytetystä siirtokapasiteetista maksetaan pienehkö maksu. Jos varattua siirtokapasiteettia ei jostain syystä tarvitakaan, se palautetaan takaisin ATC:hen muiden saataville. ATC:ssä on tarjolla vain yli jäävä osuus siirtoverkon kapasiteetista, joka jää jäljelle, kun esimerkiksi alueen kaikkien vähittäissähköasiakkaiden palvelemiseksi tarvittava osuus on vähennetty koko siirtokapasiteetista. [3]

Sähkömarkkinoiden vapautuminen on lisännyt merkittävästi sähkön hinnan volatiliiteettia. Aikaisemmin hintataso määrättiin julkisen vallan taholta, mikä vaikutti tasapainottavasti hinnan vaihteluihin. Vapailla markkinoilla hintataso taas määräytyy pääasiassa kysynnän ja tarjonnan mukaan. Periaatteessa kuluttaja hyötyy vapaasta kilpailusta halvempaan sähkönä, kun sähköyhtiöt ovat pakotettuja pudottamaan hintoja pärjätäkseen kilpailussa. Asian käänttöpuolena on vaara hallitsemattomasta hintojen noususta kovan kysynnän aikana. [17]

Sähköyhtiöiden välinen kilpailu on pakottanut ne miettimään keinoja tehostaa omaa toimintaansa. Tämä on ruokkinut uusien toiminnan tehokkuutta parantavien innovaatioiden syntymistä. Kilpailu pakottaa sähköyhtiöt hylkäämään kalliit, tehottomat ja vanhanaikaiset tuotanto- ja menettelytapansa pysyäkseen kilpailijoidensa tahdissa. Esimerkiksi maakaasun käyttö sähköntuotannossa on lisännyt suosiotaan sen tehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden vuoksi. Myös kokonaan uusia keinoja tuottaa sähköä on kehitetty nopeaan tahtiin markkinoiden vapauduttua. Näistä esimerkkinä voidaan mainita helposti siirrettävät polttokennot. [17]

Sähkömarkkinoiden vapautuminen on synnyttänyt uusia innovaatioita myös tuotteiden ja palveluiden osalta. Monet konsulttiyritykset tarjoavat sähköyhtiöille palvelujaan, jotka voivat olla esimerkiksi riskienhallintaneuvontaa tai järkevän sähkön hankinnan opettamista. Kaukoluettavat mittarit ovat kehittyneet yhä älykkäämmiksi kilpailun ansiosta. Uudet innovaatiot hyödyttävät merkittävästi sähköyhtiöitä, mutta lähes samassa määrin myös niiden asiakkaita. [17]

### **4.3 Sähkömarkkinoita koskeva lainsäädäntö**

Tässä luvussa kuvaillaan tärkeimpiä liittovaltiotasolla säädettyjä USA:n sähkömarkkinoihin vaikuttavia lakeja. USA:n sähkömarkkinoita säätelevä lainsäädäntö on hyvin laaja ja kirjava, mutta tähän yhteyteen on pyritty valitsemaan kaikkein olennaisimmat lait.

#### **4.3.1 Public Utility Holding Company Act 1935**

USA:n sähkömarkkinat eivät alun alkaen olleet säännellyt. Ajan mittaan sääntelemättömät markkinat alkoivat kuitenkin osoittaa huonot puolensa sekä sähköyhtiöiden että asiakkaiden kannalta. Sääntelemättömillä sähkömarkkinoilla oli tyypillistä esimerkiksi se, että samalla alueella oli eri sähköyhtiöiden omat jakeluverkostot, mikä oli luonnollisesti hyvin tehotonta koko järjestelmää ajatellen. USA:n sähkömarkkinoiden sääntely alkoi 1920-luvulla, jolloin osavaltioiden Public Utility Commissionit (PUC) näyttelivät suurta osaa markkinoiden sääntelyssä.

Samaan aikaan sääntelyn alkamisen kanssa 1920-luvulla alkoi syntyä suuria energiakonserneja, joista käytettiin nimitystä Holding Company. Holding Company omisti tyypillisesti sähköyhtiöitä, vesilaitoksia ja maakaasuyhtiöitä monessa eri osavaltiossa. Holding Company saattoi siis omistaa paikallisen sähköyhtiön, joka kuului sen osavaltion PUC:n sääntelyn piiriin. Ristiriitaista oli kuitenkin se, että Holding Company, jonka

päätoimipiste oli toisessa osavaltiossa, ei kuulunut kyseisen PUC:n sääntelyn piiriin. Holding Companyt olivat tämän lisäksi vaikeasti julkisen vallan säänneltävissä niiden valtaviin ja monimutkaisten organisaatorakenteiden vuoksi. [3,4]

Tämän seurauksena USA:n kongressi hyväksyi lain Public Utility Holding Company Act (PUHCA) vuonna 1935. PUHCA supisti Holding Companyjen vaikutus- ja toimivaltaa sekä toi ne tiukemmin lainsäädännön piiriin. PUHCA:ssa muun muassa rajoitettiin energiayhtiöiden määrää ja tyyppiä, jonka yksi Holding Company voi kerrallaan omistaa. Kaikki Holding Companyt velvoitettiin myös rekisteröitymään Securities and Exchange Commissionin (SEC) listalle. SEC:llä annettiin valtuudet esimerkiksi tarvittaessa hajottaa valtavat energiakonsernit pienempiin osiin. PUHCA:n seurauksena Holding Companyjen lukumäärä alkoi nopeasti vähentyä ja johti käytännössä lopulta kokonaan niiden katoamiseen. [3,4]

#### **4.3.2 Public Regulatory Policy Act 1978**

Raakaöljyn hinta oli kohonnut poikkeuksellisen korkeaksi ja myös hinnan volatilitteetti oli lisääntynyt merkittävästi 1970-luvun alkupuolen öljykriisin seurauksena. Energiayhtiöt ja energia-alan sääntelystä vastaavat viranomaiset odottivat, että öljyn hinnan nousu jatkaisi tasaista nousuaan varsinaisen kriisin loputtuakin. Tämän seurauksena öljyä polttoaineena käyttävien voimaloiden käyttö väheni nopeasti, ja niiden sijasta alettiin rakentaa paljon hiili- ja ydinvoimaloita. Tähän aikaan alkoi yleistyä myös teholtaan pienemmät uusiutuvaa energiaa käyttävät tuotantolaitokset, kuten pienet vesivoimalat, jätteiden polttolaitokset, maalämpövoimalat, tuulivoimalat ja jopa jossain määrin aurinkoenergiaa hyödyntävät voimalat.

Liittovaltion ja osavaltioiden lainsäätäjät halusivat kannustaa ja edesauttaa tällaisten voimaloiden rakentamista, minkä seurauksena vuonna 1978 säädettiin kaikkia USA:n osavaltioita koskeva uusi laki Public Regulatory Policy Act (PURPA). PURPA oli yksi viidestä National Energy Act 1978:aan kuuluvasta laista. Muut neljä olivat National Energy Conservation Policy Act, Powerplant and Industrial Fuel Use Act, Natural Gas Policy Act ja Energy Tax Act. PURPA oli merkittävin näistä viidestä laista ja sen seurauksena syntyi lain silmissä uusi voimalaitosten kategoria, josta käytetään nimitystä Qualifying Facilities (QFs). QF-kategoriaan luokitellut voimalat olivat pääasiassa hajautettua sähköntuotantoa, johon liittyi erityisoikeuksia, kuten helpotuksia rakennuskustannuksista. QF-tuotantoa omistavat toimijat saivat lisäksi poikkeuksellisesti myydä tuottamaansa sähköä sähköyhtiöille hintaan, jonka ei tarvinnut perustua tuotantokustannuksiin. [3,4]

PURPA mahdollisti itsenäisen hajautetun QF-sähköntuotannon esimerkiksi teollisuuslaitoksille, yliopistoille, sairaaloille ja muille vastaaville paljon sähköä kuluttaville organisaatioille. Vuoteen 1994 mennessä tällainen sähköntuotantotapa oli yleistynyt merkittävässä määrin, mikä mahdollisti jopa uusien suurten voimalaitoshankkeiden vähentämisen ja lykkäämisen myöhemmäksi. Vuonna 1994 pienten toimijoiden hajautettu sähköntuotanto edusti noin puolta maan kaikesta uudesta tuotantokapasiteetista. [17]

### 4.3.3 Energy Policy Act 1992

Presidentti George Bush allekirjoitti 24.10.1992 lain Energy Policy Act (EPA 1992). EPA 1992 uudisti perusteellisesti vuodesta 1935 voimassa olleen PUHCA:n. Lisäksi EPA 1992 teki entistä helpommaksi hajautetun tuotannon liittämisen verkkoon purkamalla PUHCA:ssa asetettuja rajoituksia siirtoverkkoon liittymistä koskien. Sähkönsiirtoa koskevien rajoitusten löyhentäminen lisäsi huomattavasti sähkönsiirtoa tukkusähkön kaupankäynnin yhteydessä ja edesauttoi myöhemmin tukkusähkömarkkinoiden vapautumista. [4]

Yksi merkittävimmistä EPA 1992:n tuomista uudistuksista oli kuitenkin FERC:n toimivallan lisääntyminen. FERC sai muun muassa valtuudet määrätä siirtoverkon omistavat sähköyhtiöt antamaan pääsyn ulkopuolisille sähköntuottajille omaan siirtoverkkoonsa. [4]

EPA 1992:n tavoitteena oli lisäksi kannustaa sähköntuottajia suosimaan uusiutuvia energianlähteitä tuotannossaan. Laki muun muassa sisältää pysyvän kymmenen prosentin verohelpotuksen biomassa- ja tuulivoimaloihin tehtävistä rakennusinvestoinneista. EPA 1992 sisältää myös kohtia, jotka kannustavat sähköntuottajia käyttämään uusiutumattomista energianlähteistä vähiten saastuttavia vaihtoehtoja uusiutuvien energiantuotannon lisäksi. [20]

### 4.3.4 FERC:n asetus 888

Huhtikuussa vuonna 1996 astui voimaan FERC:n asetus 888. Asetus 888:lla oli kaksi päätavoitetta. Ensinnäkin mahdollistaa kaikille USA:n sähköntoimittajille tasapuolinen käyttöoikeus ja pääsy maan siirtoverkkoon. Tämä tarkoitti sitä, että kaikkien FERC:n sääntelyn alaisuudessa toimivien siirtoverkkoa omistavien sähköyhtiöiden oli määriteltävä kaikille kyseistä siirtoverkon osaa käyttäville toimijoille yhteinen siirtotariffi. Siirtotariffin tuli sisältää tarkat kyseisen siirtoverkon osaa koskevat käyttöehdot. Siirtoverkon vapautumisen seurauksena sen kuormitus kasvoi huomattavasti lisääntyneiden siirtotransaktioiden myötä. Asetus 888 myös määräsi sähköyhtiöt eriyttämään sähköntuotannon ja -siirron toisistaan, minkä tarkoituksena oli muun muassa ehkäistä kaikenlainen epärehellinen toiminta. [4]

Asetus 888:n toisena päätavoitteena oli varmistaa, että sähköyhtiöt eivät kärsi kohuttomasti kilpailun vapautumisesta, kun ne eivät voi enää periä asiakkailtaan sähkön hinnassa takaisin kiinteitä kustannuksiaan, jotka ovat syntyneet pääasiassa aikaisemmin tehdyistä mittavista investoinneista sähkövoimajärjestelmän infrastruktuuriin. FERC uskoi tällä tavoin saavansa helpommin sähköyhtiöiden tuen ja hyväksynnän sähkömarkkinoiden avautumiselle ja kilpailun vapautumiselle. Asetus 888:ssa määriteltiin tarkasti, mitä kiinteitä kustannuksia hyvitetään ja kenenkä toimesta. [4]

### 4.3.5 FERC:n asetus 2000

Joulukuussa vuonna 1999 astui voimaan FERC:n asetus 2000. Asetus 2000:ssa kehoitetaan suurien siirtoverkkoa hallinnoivien ja operoivien Regional Transmission Organ-

zationien (RTO) luomiseen siten, että ne käsittäisivät koko USA:n sähkömarkkina-alueen. Asetus 2000 tarjoaa myös selkeät säännöt ja ohjeistuksen RTO:iden muodostamiseksi. Kyseinen asetus on siis luonteeltaan vapaaehtoinen toisin kuin asetus 888. [4]

FERC kehottaa RTO:iden muodostamiseen, koska se näkee niiden etuina muun muassa parantuvan siirtoverkon hallinnan ja luotettavuuden, väärinkäytösten eliminoimisen siirtoverkkotoiminnasta ja RTO:iden mahdollisuudet vastata paremmin jatkuvasti lisääntyviin siirtoverkolle asetettuihin vaatimuksiin. Asetus 2000:tta on haluttu noudattaa melko hyvin sen vapaaehtoisuudesta huolimatta, koska osavaltiot ja niissä toimivat sähköyhtiöt tunnistavat RTO:iden tuomat hyödyt. Tosin varsinaisten RTO:iden sijasta USA:ssa toimi vuonna 2002 kuusi kappaletta Independent System Operatoreita (ISO), jotka olivat

- California ISO
- Pennsylvania-New Jersey-Maryland ISO
- ISO New England
- New York ISO
- ERCOT ISO
- The Midwest ISO. [4]

#### 4.3.6 Energy Policy Act 2005

Tällä hetkellä merkittävin USA:n sähkömarkkinoiden toimintaa sääntelevä laki Energy Policy Act 2005 (EPA 2005) astui voimaan 8.8.2005. EPA 2005 muutti monella tapaa sähkömarkkinoiden toimintaa sekä sähköyhtiöiden että asiakkaiden näkökulmasta. Lain tavoitteena on parantaa verkon luotettavuutta, edesauttaa tukkusähkökaupan vapaata ja tasapuolista kilpailua, rohkaista investoimaan sähkövoimajärjestelmään, selventää sähkömarkkinoiden sääntelyä, edistää sähköntuotannossa käytettävien energianlähteiden moninaisuutta ja ympäristöystävällisyyttä sekä lisätä sähköntuotannon ja -siirron energiatehokkuutta. [21]

EPA 2005 pyrkii parantamaan sähköverkon luotettavuutta monella eri tapaa. Ensinnäkin, laki tekee sähkövoimajärjestelmän luotettavuutta koskevat säädökset pakollisiksi sen jokaiselle käyttäjälle ja omistajalle. Tähän tarkoitukseen perustettiin uusi itsenäinen organisaatio, joka valvoo lain toteutumista tältä osin. [21]

Lisäksi EPA 2005 lisää FERC:n valtaa koskien uusille siirtoverkon rakennushankkeille myönnettäviä lupia. FERC:llä on nykyisin oikeus myöntää lupa sellaiselle rakennushankkeelle, joka parantaa selvästi verkon luotettavuutta ja ehkäisee pullonkaulojen syntymistä, vaikka osavaltiotasolla ei olisi pystytty tekemään myöntävää päätöstä tietyn ajan sisällä. DOE:n vastuulla oli vuoden sisällä lain voimaan astumisesta määrittellä, mitkä osat siirtoverkosta ovat tällaisia riskialueita luotettavuuden kannalta. DOE:n tulee tehdä sama määrittely aina kolmen vuoden välein. [21]

EPA 2005:n yksi tärkeä tavoite on rohkaista eri tahoja investoimaan siirtoverkkoon. Ajatuksena tämän takana on siirtoverkon vahvistaminen, ja tästä seuraava pullonkaulatilanteiden väheneminen, mikä taas vaikuttaa toimitetun sähkön hintaan. Laki velvoittaa



esimerkiksi FERC:n ohjaamaan sähkömarkkinoiden sääntelyään ja valvontaansa siihen suuntaan, että se kannustaa toimijoita investoimaan sähkövoimajärjestelmään ja hyödyntämään uusia teknologioita. Lisäksi sähkövoimajärjestelmän luotettavuutta parantavat investoinnit pyritään tekemään erityisen kannattaviksi ja houkutteleviksi rahoittajan näkökulmasta. Laki tarjoaa myös verohelpotuksia hyvityksenä siirtoverkkoinvestoinneista sekä mahdollistaa hyvin vapaan rahoituksen. Esimerkiksi rahoitusyhtiöt tai yksityiset sijoittajat voivat nykyään melko vapaasti rahoittaa siirtoverkkoon tehtäviä investointeja. [21]

EPA 2005 sisältää monta lainkohtaa, joiden tavoitteena on taata tukkusähkökaupan vapaa, tasapuolinen ja reilu kilpailu USA:ssa. EPA 2005 kumoaa suurelta osin Public Utility Regulatory Policies Act 1978:n sisältämät pakolliset tukkusähkömarkkinoilla tapahtuvaa myynti- ja ostotoimintaa koskevat vaatimukset. FERC:n valtuudet ja vastuualue laajenivat paljon uuden lain myötä myös tukkusähkökaupan valvonnan ja sääntelyn osalta. FERC:llä on esimerkiksi nykyisin oikeus vaatia yli neljä miljoonaa megawattia vuodessa myyviä sähköyhtiöitä tuottamaan kohtuullisen määrän siirtoverkkopalveluita yhteiseen käyttöön. Tämän lisäksi FERC:n oikeudet määrätä rangaistuksia USA:n sähkömarkkinoilla toimijoille lisääntyivät huomattavasti. FERC voi lain myötä määrätä sakkorangaistuksia muun muassa väärin tai harhaanjohtavien tietojen antamisesta tai sähkömarkkinoiden tahallisesta manipuloinnista. [21]

EPA 2005 pitää sisällään useita lainkohtia, joiden tavoitteena on lisätä USA:n sähköntuotannossa käytettävien energianlähteiden moninaisuutta, uusiutuvuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Laki myöntää esimerkiksi lähes 1,1 miljardin dollarin valtion määrärahat puhtaiden hiilienergiateknologioiden tutkimus- ja kehitystyöhön. Lisäksi investoinneista uusiin ympäristöystävällisiin hiilivoimaloihin myönnetään tuntuvia verohelpotuksia. EPA 2005 kannustaa myös ydinvoimalla tuotetun sähkön lisäämiseen, koska ydinvoimalat vapauttavat erittäin vähän kasvihuonekaasuja. Laki sisältääkin verohelpotuksia ja julkista rahoitusta uuden ydinenergian rakentamiseen ja kehitystyöhön. EPA 2005 myöntää verohelpotuksia myös uusiutuvan energiantuotannon, kuten vesi-, tuuli-, maakaasu-, biomass- ja maalämpövoiman, rakentamisesta ja kehitystyöstä. [21]

Viimeisenä merkittävänä uudistavana tekijänä EPA 2005 pyrkii edistämään sähkövoimajärjestelmän energiatehokkuutta. Laki esimerkiksi määrää DOE:n luomaan energiatehokkuusstandardit suurimmalle osalle sähköä kuluttavista tuotteista, jotka ovat kaupallisessa levityksessä. Laissa myönnetään lisäksi verohelpotuksia uusista energiatehokkaista rakennuksista ja vanhoja rakennuksia energiatehokkaammiksi tekevistä muutostöistä. [21]

## 5. SÄHKÖMARKKINOIDEN TOIMINNAN ONGELMIA

### 5.1 Vanheneva sähköverkko ja tuotantokapasiteetin riittämättömyys

Yksi suurimpia ongelmia Yhdysvaltojen sähkömarkkinoiden toiminnalle on sen vanheneva sähköverkosto. Se on suurelta osin rakennettu ja suunniteltu vastaamaan 1950-luvulla vallinnutta energiantarvetta [22]. Kuten taulukosta 5.1 voidaan nähdä, siirtoverkkoon tehdyt investoinnit ovat pysyneet lähes samalla tasolla vuosien 1978–1997 välisenä aikana, kun taas sähkönkulutus on kasvanut nopeaan tahtiin. Tämä on väistämättä johtanut niin sanotun reservimarginaalin pienenemiseen. Reservimarginaalilla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon kapasiteettia on varalla huippukuormitustilanteessa, kun verkko toimii normaalisti. Suositeltu reservimarginaali on vähintään 15–20 %, mikä pohjautuu siihen, että sähkönjakelun ei tulisi keskeytyä huippukuormitustilanteessa kahden suurimman tuotantolaitoksen irrotessa verkosta [3]. Suositus on tietenkin vain suuntaa antava, koska todellinen reservimarginaalin tarve riippuu tapauskohtaisesti kysynnän määrästä ja tuotantolaitosten kapasiteetista.

**Taulukko 5.1.** Siirtoverkkoon tehtyjen investointien, reservimarginaalin ja sähkön tukkukaupan kokonaismyynnin kehitys vuosina 1978 - 1997 [23].

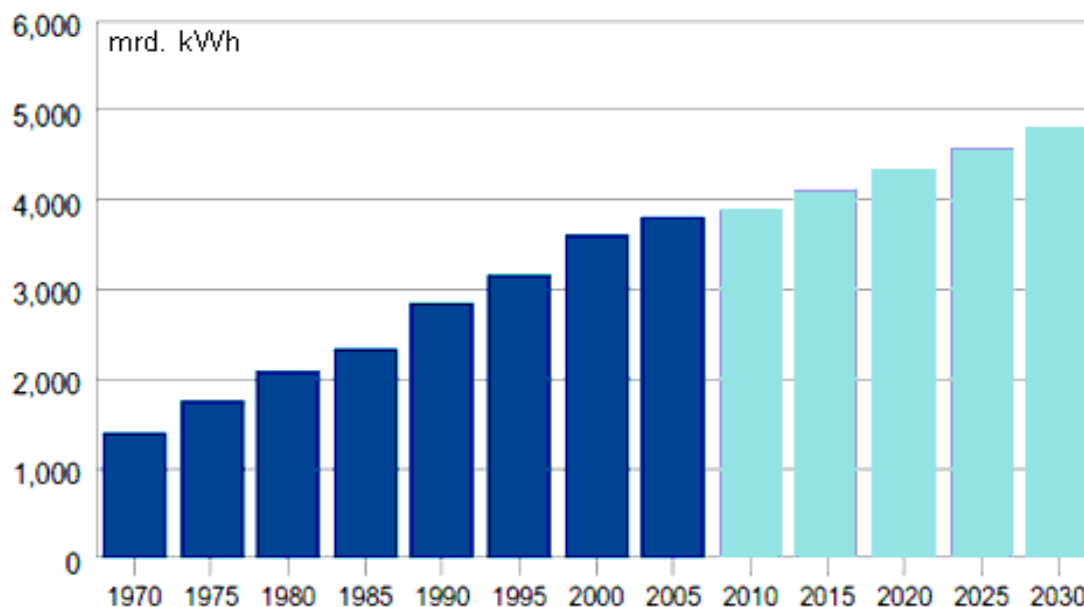
Aikajakso	IOU:iden* tekemät investoinnit siirtoverkkoon [mrd.\$]		Reservimarginaali* ** [%]	Tukkukaupan kokonaismyynti [TWh]
	Raportoitu	Deflaatio huomioitu**		
1978 - 1982	1,4	1,4	35	116
1983 - 1987	1,8	1,4	33	106
1988 - 1992	2,3	1,7	26	121
1993 - 1997	2,5	1,5	17	184

\* Investor-Owned Utility  
 \*\* Handy-Whitman index of Public Utility Construction Costs, 1.1.1999, käytetty deflaation huomioimiseen (1978-1982 = 100)  
 \*\*\* Kesän huippu, koko sähköntuotanto

USA:n siirtoverkkoon tehdyt investoinnit olivat pienimmillään 1980-luvun loppupuolella ja 1990-luvun alkupuolella. Vuosina 1993 ja 1994 investoinneissa koettiin aallonpohja, kun otetaan huomioon kaikki siirtoverkkoon tehdyt investoinnit. Tämän jälkeen investointien määrä on kasvanut tasaisesti. Vuonna 2005 päästiin 5,8 miljardiin dollariin, ja kasvu on jatkunut myös tämän jälkeen vuoteen 2008 saakka. Vaikka kehitys

on ollut positiiviseen suuntaan, niin nykyisen suuruiset investoinnit vuositasolla ovat riittämättömät todelliseen tarpeeseen nähden. Siirtoverkon reservimarginaali pienenee vuosi vuodelta ja verkon stabiilisuus on yhä enemmän koetuksella. [1]

Vuosien 1980–2005 välisenä aikana USA:n sähkönkulutus on lisääntynyt noin 75 %, ja kasvun ennustetaan jatkuvan myös tulevaisuudessa, joskaan ei niin jyrkkänä. Kuvassa 5.1 on esitetty EIA:n laatima sähkönkulutuksen toteutuma vuosilta 1970–2005 ja ennuste kulutuksen kasvusta vuoteen 2030 asti. Ennusteen mukaan sähkönkulutus kasvaisi vuosien 2005–2030 välisenä aikana vielä jopa noin 25 %.



**Kuva 5.1.** Sähkön kulutuksen toteutuma ja ennuste vuoteen 2030 asti [24].

Mikä sitten on johtanut siihen tilanteeseen, että siirtoverkkoon ei Yhdysvalloissa tehdä riittävästi investointeja, jotta verkon luotettavuus ja sähkön laatu pysyisivät riittäväällä tasolla? Yhtenä suurimpana syynä tähän pidetään sitä, että sähkömarkkinoiden rakenne ja lainsäädäntö eivät kannusta sähköyhtiöitä ja sijoittajia investoimaan verkkoon. Verkkoon tehtävät investoinnit ovat usein hyvin suuria, mutta sijoittaja itse hyötyy taloudellisesti suhteellisen vähän investoinnista. [23]

Siirtoverkko on päässyt niin heikkoon kuntoon, että se vaatii merkittäviä parannuksia ja kokonaan uusien linjojen rakentamista, jotta esimerkiksi sähkön tukkukaupan luotettava toiminta voidaan taata. Yksi suuri syy vallitsevalle tilanteelle on se, että nykyistä sähkövoimajärjestelmää suunniteltaessa ei ole otettu huomioon päästöjen vähentämispyrkimyksiä tai uusiutuvan energiantuotannon merkittävää lisäämistarvetta. Toinen merkittävä syy on osavaltioiden toisistaan poikkeavat lait ja säädökset koskien siirtoverkon rakentamista, mikä vaikeuttaa osavaltioiden rajat ylittävien uusien rakennusprojektien tehokasta toteuttamista. Lisäksi tukkusähkökaupan vapautuminen on lisännyt siirtoverkon kuormitusta merkittävästi. Vuosien 2000–2005 välillä tukkusähkön myynti- ja ostotapahtumista johtuva sähkönsiirto lisääntyi noin 300 %. [1,25]

## 5.2 Kalifornian energiakriisi

Sähkön hinta oli USA:n korkeimpia Kalifornian osavaltiossa 1990-luvun alkupuolella. Suurin syy tähän oli se, että Kaliforniassa oli aloitettu 1980-luvun puolella usean uuden ydinvoimalan rakentaminen, mutta nämä rakennusprojektit olivat osoittautuneet huomattavasti kalliimmiksi ja enemmän aikaa vieviksi kuin oli suunniteltu. Lisäksi Kalifornia on perinteisesti ollut selvästi sähkön nettotuojia, mikä myös oli osasy sähkön korkeaan hintaan. Kalifornian Public Utility Commission reagoi korkeisiin hintoihin vuonna 1994 laatimalla suunnitelman koko osavaltion sähkömarkkinoiden rakenteen uudistamisesta. Tärkein kohta suunnitelmassa oli sähkömarkkinoiden vapauttaminen kilpailulle. Suunnitelma sai lain muodon vuoden 1996 syyskuussa. Tämä oli alku Kalifornian sähkömarkkinoiden vapautumiselle. [26]

### 5.2.1 Sähkömarkkinoiden avautuminen Kaliforniassa

Kalifornian sähkömarkkinat avautuivat täydellisesti kilpailulle 31.3.1998. Kalifornia olikin ensimmäinen USA:n osavaltio, jossa vähittäissähkömarkkinat tulivat vapaasti kilpailuiksi. Alueen siirtoverkon toiminnasta ja hallinnasta alkoi vastata riippumaton järjestelmävastaava California Independent System Operator (CAISO). CAISO vastaa verkon tuotanto- ja siirtokapasiteetin riittävydestä, pullonkaulatilanteiden selvittämisestä, tasehallinnasta sekä verkon taajuuden ja jännitteen ylläpidosta. CAISO:n roolissa on paljon samaa kuin Suomessa kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:llä. Toisin kuitenkin kuin Fingrid Oyj, CAISO ei omista kantaverkkoa lainkaan. USA:n kantaverkko on sähköyhtiöiden ja yksityisten organisaatioiden omistuksessa. [27]

Kuvaan 5.2. on merkitty keltaisella värillä ne alueet Kalifornian osavaltiosta, jotka kuuluvat CAISO:n tuottamien palveluiden piiriin. Kuvasta nähdään, että suurin osa Kalifornian siirtoverkosta on CAISO:n vastuulla, mutta pientä osaa verkosta palvelee kuitenkin CAISO:n ulkopuoliset sähköyhtiöt.



*Kuva 5.2. CAISO:n palvelun piiriin kuuluvat alueet Kalifornian osavaltiossa [28].*

Sähköpörssinä toimi California Power Exchange (PX), joka toimi kauppapaikkana kaikelle myydylle ja ostetulle sähkölle kyseisellä markkina-alueella. Laki velvoitti IOU:t myymään ja ostamaan kaiken sähkönsä PX:n kautta. Pörssi toimi vastapuolena sähkön myyjille ja ostajille, jotka tekivät omat osto- ja myyntitarjouksensa pörssiin. Sähkön hinta määräytyi tehtyjen tarjousten perusteella seuraavan vuorokauden joka tunnille. PX:stä oli myös mahdollista ostaa jossain määrin vastaavia tuotteita kuin esimerkiksi pohjoismaisessa sähköpörssissä Nord Poolissa myytävät futuurit ja forwardit. Vuoden 2001 tammikuussa PX ajautui kriisiin seurauksena konkurssiin ja se suljettiin. Nykyään tukkusähkön markkinapaikkana toimii CAISO:n ylläpitämä sähköpörssi. [27,29]

Vähittäissähkemarkkinoilla asiakkaalla oli mahdollisuus valita kolmesta vaihtoehdosta miten sähkönsä ostaa. Ensimmäinen heidän oli mahdollista pysyä oman paikallisen sähköyhtiönsä asiakkaana, jolloin he saivat uudessa laissa määritetyn kymmenen prosentin alennuksen ostamastaan sähköstä. Toisena vaihtoehtona oli ostaa sähkö PX:stä oman paikallisen sähköyhtiön toimiessa välikätenä. Kolmas vaihtoehto oli ostaa sähkö suoraan sähkönmyyjiltä tässäkin tapauksessa oman paikallisen sähköyhtiön kautta. [30]

Kilpaillut markkinat toimivat ensimmäiset kaksi vuotta hyvin. Sähkön hinta pysyi suhteellisen alhaisella tasolla ja volatilitteetti oli pieni. Vuosina 1998 ja 1999 tukkusähkön keskihinta oli 33 \$/MWh. Kaikki näytti sujuvan hyvin, kunnes vuoden 2000 maaliskuussa alkoi yli vuoden kestänyt Kalifornian energiakriisi. Kyseinen kriisi vaaransi koko läntisen USA:n sähkövoimajärjestelmän teknisen ja taloudellisen tasapainon. [27]

### 5.2.2 Kriisiin johtaneita syitä

Kalifornian energiakriisi ei ollut yhden väärin tehdyn asian aiheuttama, vaan se oli monien asian summa. Vielä tänä päivänäkin käydään keskustelua siitä, mitkä olivat suurimmat kriisiin johtaneet syyt.

Vuosien 1996–2000 välisenä aikana Kalifornian sähkönkulutus kasvoi noin kuusi kertaa enemmän kuin uutta tuotantokapasiteettia rakennettiin. Sähköyhtiöt eivät olleet halukkaita investoimaan uusiin suuriin tuotantolaitoksiin, koska osavaltion sähkemarkkinat olivat tällöin jatkuvassa muutostilassa alan rakennemuutoksen vuoksi. Tämä loi pohjan sille, että 2000-luvulle tultaessa sähköntuotanto ei vastannut lähellekään kulutusta. [26]

Läntinen USA, mukaan lukien Kalifornia, oli hyvin nopeasti kasvava talousalue 2000-luvun alussa. Kuten edellä todettiin, sähköntuotanto ja -siirtokapasiteetti eivät kuitenkaan lisääntyneet samassa tahdissa, mikä johti väistämättä sähkön säätöreservin pienenemiseen. Tästä kertoo esimerkiksi se, että vuoden 2000 aikana käytiin 55 kertaa tason yksi hälytystilassa (säätöreservi alle 7 %), 36 kertaa tason kaksi hälytystilassa (säätöreservi alle 5 %) ja kerran tason kolme hälytystilassa (säätöreservi alle 1,5 %) [31]. Tästä syystä kaikki vesivoimalat määrättiin tuottamaan energiaa, vaikka normaalisti ne seisoivat siihen aikaan vuodesta vähäisen sademäärän vuoksi. Riittämätön kapasiteetti johti myös pullonkaulatilanteiden lisääntymiseen ja niiden vaikeaan selvittämiseen. [30]

Kalifornia toi vuosituhaten vaihteessa noin 20 % sähköstään Kanadasta ja USA:n läntisistä osavaltioista. Tämä nosti sähkön hintaa, koska myös muualla oli puutetta sähköntuotantokapasiteetista. Hintojen kohoamista vauhditti lisäksi siirtoverkon kapasiteetin riittämättömyys, mikä aiheutti pullonkaulatilanteiden nopeaa lisääntymistä. Tukkusähkön hinnan nousua nopeutti lisäksi sähköntuottajien tarkoituksellinen hintojen ohjailu. Tuotantolaitoksia seisotettiin paikoin tietoisesti, jotta tukkusähkön pörssihinta saatiin kohoamaan niukkuuden lisääntyessä. [26]

Sähkön kysynnän tyydyttämiseksi oli sähköä tuotettava tavallista enemmän myös paljon päästöjä tuottavilla voimalaitoksilla. Tämä johti nopeasti siihen, että päästöoikeuksista syntyi pulaa, ja niiden hinnat nousivat erittäin korkealle. Esimerkiksi typpioksidin päästöluvan hinta nousi puolessa vuodessa yli kymmenkertaiseksi 4 \$/lb:sta 45 \$/lb:aan. [27]

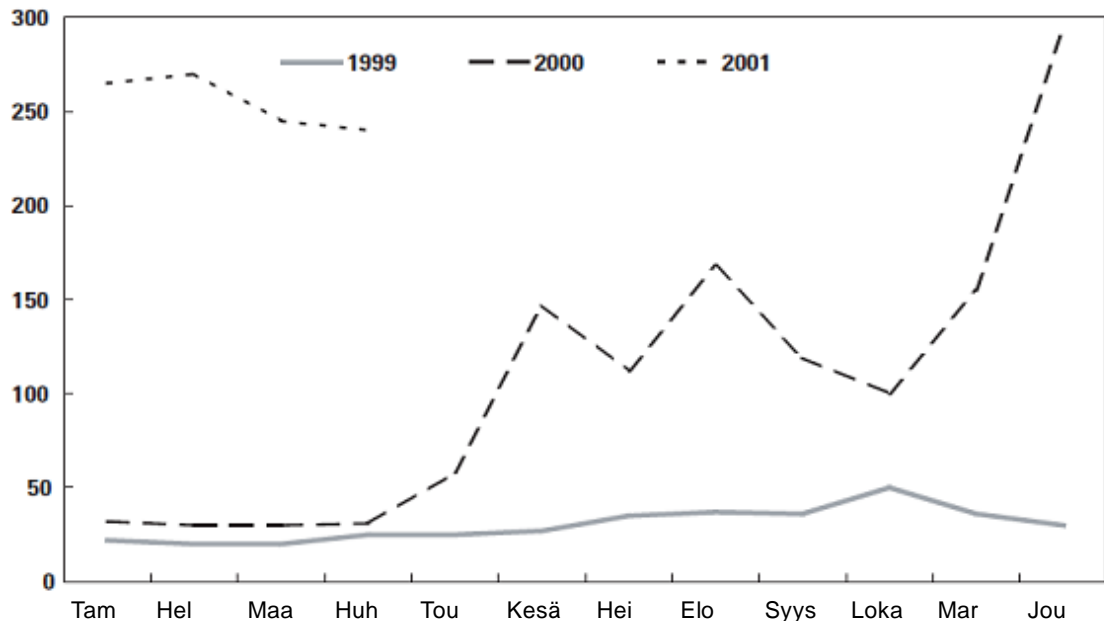
Samana talvena maakaasun hinta kipusi ennen näkemättömän korkealle tasolle. Reilussa kuukaudessa maakaasun hinta yli kymmenkertaistui. Tämä näkyi suoraan myös sähkön hinnan nousuna, koska merkittävä osa Kalifornian sähköstä tuotetaan maakaasulla. Maakaasun hinta vaihteli paljon koko vuoden 2000 talven ja kevään ajan, mikä näkyi myös sähkön hinnan suurena volatilitteettina. [27]

Asiantuntijoiden mielestä Kalifornian vapaiden sähkömarkkinoiden rakennetta suunniteltaessa tehtiin merkittäviä virheitä. Vähittäissähkön hinta päätettiin jäädyttää määrättyksi ajaksi sähkömarkkinoiden vapauduttua. Tämä johti siihen, että tukkusähkön pörssihinnan kallistuessa sähköyhtiöiden vähittäissähkön myynnin kannattavuus romahhti. Lisäksi kiinteät hinnat luonnollisesti aiheuttivat myös sen, että vähittäissähköasiakkaat eivät olleet kiinnostuneita kilpailuttamaan omaa sähkön myyjäänsä. [27]

Sähköyhtiöiden edustajat olivat sitä mieltä, että heidän tekemänsä investoinnit hyvän asiakaspalvelun ylläpitämiseksi menettävät arvoaan sähkömarkkinoiden vapauduttua. Tämä oli syynä siihen, että California Public Utility Commission (CPUC) salli sähköyhtiöiden lisätä vapautuneiden sähkömarkkinoiden alkuaikana myymänsä sähkön hintaan lisäosuus, jota kutsuttiin nimellä Compensation Transition Charge (CTC). CTC-konsepti toimi hyvin siihen asti kunnes tukkusähkön pörssihinta lähti rajuun nousuun. Tällöin CTC-konsepti kääntyi sähköyhtiöitä vastaan, sillä niiden oli myytävä sähköä kiinteään hintaan kunnes pystyivät osoittamaan CPUC:lle, että olivat kattaneet kaikki kilpailun vapautumisesta aiheutuneet tappionsa. Kyseisiä summia oli melko vaikea tarkkaan määritellä. Tämä johti siihen, että sähköyhtiöiltä poistui määräys jäädytetystä vähittäissähkön hinnasta eri aikoihin, mikä taas aiheutti huomattavaa kilpailun vääristymistä. [30]

Myyntiyhtiöt tekivät jättimäisiä tappioita, kun ne joutuivat ostamaan sähkönsä korkeaan hintaan tukkusähkömarkkinoilta ja myymään halvalla asiakkailleen vähittäissähkömarkkinoilla johtuen jäädytetystä vähittäissähkön hintatasosta. Tämä ajoi monia suuriakin Kalifornian sähköyhtiöitä konkurssiin, minkä seurauksena useat sähköntuottajat vetäytyivät pois Kalifornian sähkömarkkinoilta luottotappioiden pelossa. Tämä taas lisäsi entisestään sähköntuotannon ja -kulutuksen välistä epätasapainoa. [26]

Kuvassa 5.3 on esitetty tukkusähkön hinnan kehitys Kalifornian sähköpörssissä vuoden 1999 tammikuusta vuoden 2001 huhtikuuhun. Kuvasta näkyy, kuinka hinta lähti jyrkkään nousuun huhtikuussa vuonna 2000 energiakriisin alkaessa. Tukkusähkön keskihinta noin viisinkertaistui kahdessa kuukaudessa. Seuraava jyrkkä hinnan nousu alkoi vuoden 2000 lokakuussa. Tällä kertaa hinta nousi reilussa kahdessa kuukaudessa 100 \$/MWh:sta lähes 300 \$/MWh:iin. Vasta vuoden 2001 helmikuussa tukkusähkön hinnassa alkoi vähitellen näkyä laskevaa trendiä.



**Kuva 5.3.** Tukkusähkön hinnan [\$/MWh] kehitys Kaliforniassa [26].

Kalifornian energiakriisiä pahensi entisestään myös se, että kukaan ei tuntunut osaan ennakoida sähkön kulutuksen nopeaa kasvua. Lisäksi sähkömarkkinoita valvovat viranomaiset reagoivat sähkön hinnan nousuun liian hitaasti ja tarvittavia toimenpiteitä viivyteltiin liian pitkään. Tästä esimerkkinä on se, että sähköyhtiöitä alettiin sääntelyllä ohjata lisäämään sähköntuotantokapasiteettia vasta kriisin ollessa jo täydessä käynnissä.

Kalifornian sähköyhtiöillä ja muilla alan toimijoilla ei ollut aiempaa kokemusta vapaasti kilpailluista sähkömarkkinoista. Tästä syystä useimmat yhtiöt eivät olleet osanneet suojautua esimerkiksi ennakkosopimuksilla sähkön hintariskiä vastaan [32]. Ennakkosopimuksia tehneet sähköyhtiöt olisivat ostaneet sähkönsä ennalta sovittuun hintaan, mikä olisi ollut erittäin kannattavaa tukkusähkön hinnan noustessa korkeaksi.

Vielä yhtenä hyvin merkittävänä kriisiin johtaneena ja sitä pahentaneena syynä voidaan pitää sitä, että FERC pesi kätensä täysin Kalifornian tukkusähkökaupan sääntelystä. FERC:n sääntelyä ja valvontaa olisi tarvittu ajoissa, jotta tukkusähkön hinta olisi pysynyt järkevissä rajoissa. Sen sijaan FERC:ssä luotettiin liikaa vapaasti kilpailtujen markkinoiden tasapainottavaan voimaan ja sähköyhtiöille annettiin vapaat kädet toimia. Vasta vuoden 2001 kesällä FERC aloitti tilanteen vaatiman sähkömarkkinoiden säänte-

lyn, mikä johti vähitellen yhdessä muiden tehtyjen toimenpiteiden kanssa sähkön hinnan palaamiseen normaalille tasolle. [27]

Kaliforniassa ryhdyttiin energiakriisistä palautumiseksi ja uusien vastaavien tilanteiden välttämiseksi moniin eri toimenpiteisiin. Useita uusia voimaloita on rakennettu tuotantokapasiteetin nostamiseksi. Olemassa olevan siirtoverkon käyttöä on pyritty optimoimaan ja myös kokonaan uusia siirtoyhteyksiä on rakenteilla. Vesivoiman käytön koordinointiin ja optimointiin on kiinnitetty erityistä huomiota. Lisäksi saatavilla olevan maakaasun määrää on lisätty varastoja kasvattamalla ja putkiyhteyksiä parantamalla. Myyntiyhtiöiden on nykyään helpompaa suojautua sähkön hintariskiltä, kun niiden on mahdollista tehdä pitempiä sopimuksia tukkusähkön ostohinnasta. Kaiken kaikkiaan kriisin seurauksena Kalifornian sähkömarkkinoiden avautuminen hidastui ja vapaa kilpailu koki pahan kolauksen, kun julkisen vallan oli puututtava markkinoiden toimintaan lisäämällä sääntelyään merkittävästi. [31]

### 5.2.3 Kalifornian energiakriisin opetukset muille osavaltioille

Ehkä tärkein Kalifornian energiakriisin opetus muille sähkömarkkinoitaan vapauttaville osavaltioille on riittävän sähköntuotannon ja siirtoverkon kapasiteetin varmistaminen. Tuotanto- ja siirtokapasiteetin on välttämätöntä vastata sähkön kysyntää. Kaliforniassa oli selvää vajuusta näissä molemmissa, mikä olikin lopulta suurimpia syitä kriisin syntymiselle. Siirtoverkkoa täytyy vahvistaa ja tuotantolaitoksia lisätä samaan tahtiin kysynnän kasvun kanssa. Osavaltioiden lainsäätäjien ja sähkömarkkinoita valvovien viranomaisten tulisi huolehtia siitä, että sähkövoimajärjestelmään investoidaan riittävästi, mikä varmistaa järjestelmän luotettavan toiminnan ja kapasiteetin riittävyyden. [26]

Kalifornian sähkönmyyntiyhtiöillä oli markkinoiden vapautuessa huonot mahdollisuudet suojautua esimerkiksi hintariskiltä. Riskienhallinta oli vaikeasti toteutettavissa johtuen pitkälti markkinoiden huonosta suunnittelusta ja toteutuksesta. Lisäksi monilla toimijoilla ei edes ollut riittävästi tietoa ja taitoa riskienhallinnan hyvästä toteuttamisesta. Osavaltiossa, jotka aikovat seuraavaksi vapauttaa omat sähkömarkkinansa kilpailulle, kannattaa kiinnittää huomiota riskienhallinnan toteuttamismahdollisuuksiin. Sähköpörseissä täytyy esimerkiksi olla mahdollisuus tehdä pitkäaikaisia osto- ja myyntisopimuksia, jotka suojaavat kaupan osapuolia muun muassa sähkön hinnan volatiliiteetistä johtuvaa hintariskiä vastaan. Sähkömarkkinoiden rakennetta suunniteltaessa olisi tärkeätä kuulla myös sähköntuottajia ja myyntiyhtiöitä. [26]

Edellä mainittiin sähköntuottajien harrastamasta sähkön markkinahinnan manipuloinnista. Markkinoiden rakenteita ja toimintaperiaatteita suunniteltaessa ja toteutettaessa olisikin tärkeätä pyrkiä minimoimaan mahdollisuudet tämän tyyppisiin markkina-voiman väärinkäytöksiin. FERC on pyrkinyt estämään väärinkäytösten mahdollisuuksia, mutta osavaltioiden on silti viime kädessä huolehdittava asiasta omalla sääntelyllään. [26]



## 6. TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ

### 6.1 Uusiutuvan energiantuotannon markkinat

USA:n vahva talous on perinteisesti perustunut runsaisiin ja edullisiin energiaresursseihin. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy, maakaasu ja hiili, ovat olleet hallitsevia polttoaineita. Nykypäivänä ollaan kuitenkin siinä tilanteessa, että USA tuo 60 % öljystään, ja yhä suurempi osa siitä tulee poliittisesti varsin epävakailta alueilta. Lisäksi monet eri tekijät aiheuttavat painetta öljyn hinnan jatkuvalle nousulle. Maakaasun kysyntä on jatkuvassa kasvussa, mikä aiheuttaa hinnan nousupainetta myös sillä puolella. [33]

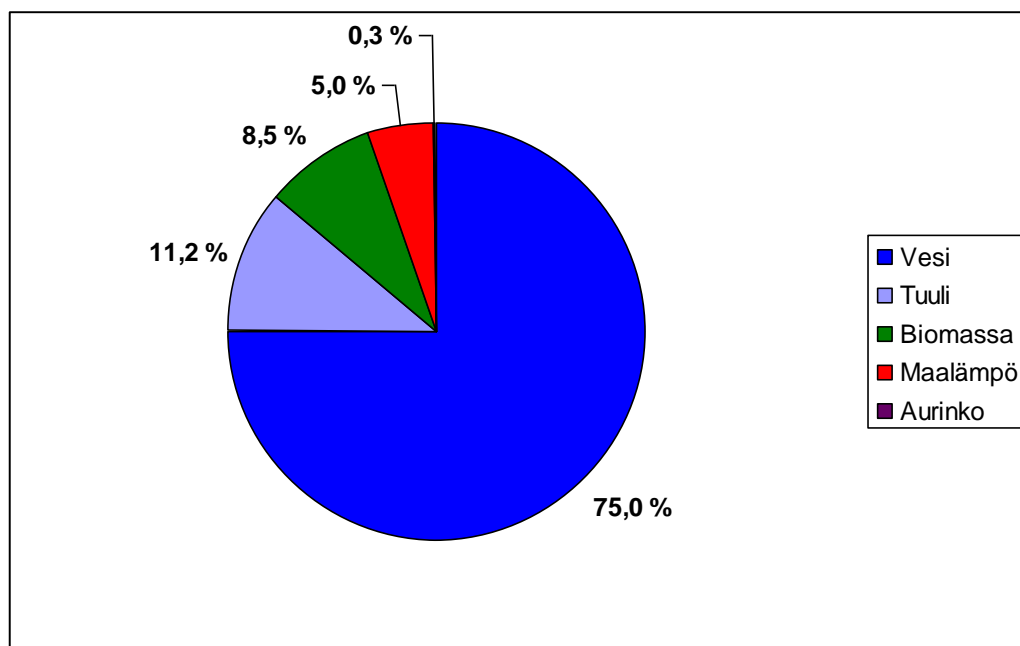
Uusiutuvan energiantuotannon lisäämisen yksi tärkein tavoite on riippuvuuden vähentäminen fossiilisista polttoaineista, etenkin öljystä. Yhtä tärkeä syy nykypäivänä uusiutuvan energiantuotannon lisäämiselle on kuitenkin kasviuonekaasujen vähentäminen, niistä tärkeimpänä hiilidioksidipäästöt. [34]

Uusiutuvan energiantuotannon osuus kaikesta tuotannosta on USA:ssa vielä varsin pieni, mutta se kasvattaa jatkuvasti osuuttaan. Tätä edesauttaa se, että useat osavaltiot USA:ssa ovat hyväksyneet standardit, jotka määrittelevät, kuinka suuri osa sähköstä tulisi tuottaa uusiutuvalla energialla. Uusiutuvalla energiantuotannolla tuotettiin noin kahdeksan prosenttia kaikesta vuonna 2007 USA:ssa käytetystä sähköstä. Suurin osa tästä oli vesivoimalla tuotettua sähköä. Sen osuus kaikesta sähköntuotannosta oli noin kuusi prosenttia. [1]

Sähköyhtiöiden asiakkaiden kiinnostus niin sanottua ”vihreää sähköä” kohtaan kasvaa jatkuvasti. Monet sähköyhtiöt ovat tiedostaneet tämän ja yrittävät luoda kilpailuetua sähkömarkkinoilla tarjoamalla asiakkailleen mahdollisuutta ostaa vihreää sähköä. USA:ssa tällaisia sähkön vähittäismyyjiä on tällä hetkellä noin 200 [34].

#### 6.1.1 Uusiutuva energiantuotanto USA:ssa

Kuvassa 6.1 on esitetty uusiutuvien energiantuotantomuotojen suhteelliset osuudet. Kuten kuvasta nähdään, tuulivoima, biomassa ja maalämpö ovat vesivoiman jälkeen merkittävimmät uusiutuvat energialähteet USA:ssa. Aurinkoenergialla tuotetun sähkön määrä on vielä lähes häviävän pieni kaikesta sähköntuotannosta.



**Kuva 6.1.** Uusiutuva energiantuotanto USA:ssa vuonna 2007 [1].

Vesivoima on ollut viimeiset sata vuotta merkittävin uusiutuvan energiantuotannon muoto maailmassa. Tänä päivänä vesivoimalla tuotetun energian kapasiteetti on noin 700000 MW:a, joka kattaa 21 % maailman sähkön tarpeesta. Nyt on kuitenkin tultu siihen pisteeseen, että vesivoiman rakentamismahdollisuudet ovat hyvin rajalliset useimmissa kehittyneissä valtioissa, mikä koskee myös USA:ta. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että suurin osa kannattavasti valjastettavissa olevasta vesivoimasta on jo käytössä. Kehitysvaltioissa on vielä runsaasti hyödyntämätöntä vesivoimapotentiaalia, mutta huoli vesivoimaloiden rakentamisesta aiheutuvista ympäristövahingoista ja alkuperäisasutuksen katoamisesta antavat syyn eri vaihtoehtojen etsimiselle. [34]

Vaikka tuulivoimalan mekaaninen peruseriaate on vuosisatoja vanha, niin silti tuulivoimaa on rakennettu kaupallisessa mittakaavassa vain reilun kahden vuosikymmenen ajan. Taloudellisesti kilpailukykyistä siitä on tullut vasta muutamien viime vuosien aikana. Tuulivoimalla tuotetun sähkön määrä on kasvanut noin 35 % vuosivauhdilla vuodesta 2000 lähtien [35]. Tuulivoimalla tuotetun sähkön hinta on pudonnut noin 90 % viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. [34]

Tuulivoimalla tuotetaan vesivoiman jälkeen eniten uusiutuvaa energiaa USA:ssa. Tuulivoimaa hyödynnetään eniten Keskilännessä, mistä löytyy paljon tuulisia tasankoja. Tuulivoiman paras puoli on, ettei sillä tuotettu energia vapauta teoriassa lainkaan kasvihuonekaasuja. Tuulivoiman heikoimpana puolena voidaan pitää sen voimakasta riippuvuutta sijainnista. Huonoja puolia ovat lisäksi tuulivoimaloiden vielä suhteellisen alhainen hyötysuhde ja korkeat rakennuskustannukset, esteettiset haitat maisemalle sekä tuulen määrän vaikea ennustettavuus. [1]

Biomassalla toteutettu energiantuotanto yhdistää monta eri teknologiaa. Prosessin polttoaineina käytetään muun muassa puuta, haketta, jätteitä ja jätteiden kaasuja. Biomassaenergian hyviä puolia ovat voimaloiden hyvä hyötysuhde ja polttoaineiden halpa

hinta. Biomassalla tuotettu energia ei ole kuitenkaan niin saasteetonta kuin esimerkiksi tuuli- ja vesivoima, koska polttoprosessissa syntyy jonkin verran typpi- ja rikkioksideja. [1]

Biomassa on USA:n ja koko maailman kolmanneksi merkittävin uusiutuvan energiantuotannon lähde. USA:ssa hyödynnetään maailman eniten biomassalla tuotettua sähköä. Sen osuus koko maailman yli 14000 MW:n biomassaenergiantuotannosta on noin puolet. Tiukentuvan ympäristölainsäädännön ja uusiutuvan energiantuotannon kysynnän kasvun ennustetaan jopa yli kaksinkertaistavan biomassaenergian kapasiteetin vuoteen 2020 mennessä. [34]

Maalämmöllä tuotetun sähkön määrä on yli kaksinkertaistunut viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. USA:ta voidaan pitää edelläkävijänä maalämmön hyödyntämisessä, ja siellä tuotetaan eniten maailmassa maalämpösähköä. Myös maalämpövoiman käytön ennustetaan lisääntyvän reilusti tulevaisuudessa päästökaupan seurauksena, sillä maalämpövoimalat vapauttavat hyvin vähän esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä. [34]

Maalämpö on tällä hetkellä neljänneksi merkittävin uusiutuva energiantuotantomuoto USA:ssa. Maalämpövoimalat hyödyntävät nimensä mukaisesti maankuoreen sitoutunutta lämpöä muuntamalla maalämmön sähköenergiaksi. Maalämmöllä on useita hyviä puolia, kuten sen tasainen saatavuus ympäri vuoden, riippumattomuus säästä ja teorias-  
sa ilmainen polttoaine. Maalämmön heikkoja puolia on prosessin tarvitsema suuri jäähdytysveden määrä ja maalämpövoimaloiden korkea rakennuskustannus. [1]

Auringon säteilemää energiaa on hyödynnetty passiivisessa muodossa lämmitystar-  
koitukseen tuhansien vuosien ajan. Vasta viimeisen vajaan parinkymmenen vuoden aikana on kehitetty teknologioita, jotka hyödyntävät auringon säteilyenergiaa muunta-  
malla sen höyryksi teollisuuden prosessien tarpeisiin tai tuottavat sähköenergiaa lämpö-  
ja valosähkögeneraattoreiden välityksellä. [35]

Passiivisella aurinkoenergialla on monia hyviä puolia kuten esimerkiksi kustannus-  
tehokkuus ja hyvä saatavuus. Yksinkertaiset aurinkoenergian sovellukset ovat melko  
edullisia ja laajalti käytössä ympäri maailman. Sähköntuotantoon tarkoitetut aurin-  
koenergian sovellukset ovat kuitenkin edelleen yksiä kalleimpia energiantuotantomuo-  
toja. Tärkeä tavoite tulevaisuudessa onkin pyrkiä parantamaan niiden kustannustehok-  
kuutta, jotta niiden kilpailukyky moniin muihin sovelluksiin verrattuna kasvaisi. [35]

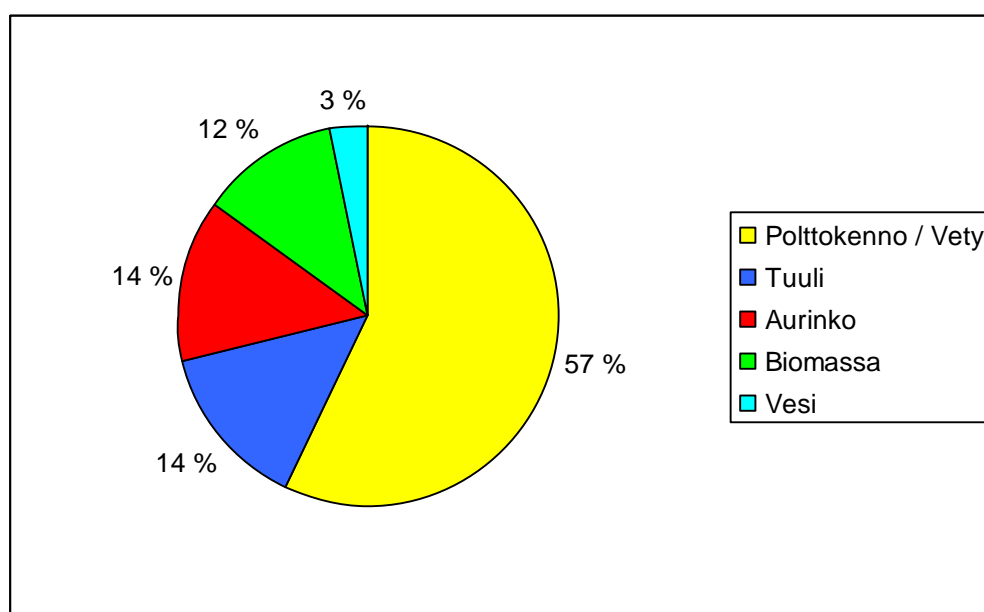
USA:ssa aurinkoenergiaa hyödynnetään monilla eri alueilla, vaikka sen osuus säh-  
köntuotannosta onkin hyvin marginaalinen. Aurinkoenergian käyttö on lisääntynyt  
USA:ssa kasvavalla vauhdilla viime vuosina. Vuonna 2007 aurinkoenergialla tuotetun  
sähkön määrä kasvoi 20 % verrattuna vuoteen 2006. [35]

### **6.1.2 Energy Policy Act 2005 - vaikutukset uusiutuvaan energiantuotantoon**

Energy Policy Act 2005 (EPA 2005) vaikutti ja vaikuttaa monella tapaa uusiutuvan energiantuotannon sovelluksiin ja kehitykseen USA:ssa. Lakiesitys muun muassa asettaa tavoitteen USA-Kanada-Meksiko -alueen energiantuotannon täydellisestä omavarai-

suudesta vuoteen 2025 mennessä. EPA 2005 sisältää lisäksi ehdot jakeluverkkoon liittymisestä, sähkön myymisestä sähköyhtiöille ja sähkön tuottamisesta eri energianlähteillä. [36]

EPA 2005:ssä osoitetaan yhteensä 6,41 miljardin dollarin määrärahat eri uusiutuvien energiantuotantomuotojen lisäämiselle ja kehitykselle. Kuvassa 6.2 on esitetty näiden määrärahojen jakaantuminen eri teknologioiden kesken. Merkittävin osa määrärahoista, lähes 60 %, kohdistuu polttokenno- ja muiden vetyteknologioiden kehitystyön edistämiseksi. Aurinko-, tuuli- ja biomassaenergialle kohdistetut osuudet ovat tarkoitettu lähinnä kokeellisten ja demonstratiivisten projektien toteuttamiseksi, ja tuotantokapasiteettien lisääminen onkin tässä toisarvoinen tavoite. Vain kolme prosenttia määrärahoista kohdistuu vesivoiman kehittämiseen ja lisäämiseen. [36]



**Kuva 6.2.** EPA 2005 määrärahojen jakaantuminen energianlähteiden kesken [36].

EPA 2005:ssä määrätään, että tietty osa liittovaltion hallituksen kuluttamasta sähköenergiasta täytyy olla tuotettu uusiutuvalla energialla. Vuosina 2007–2009 kyseisen osuuden täytyy olla vähintään kolme prosenttia, vuosina 2010–2012 vähintään viisi prosenttia ja vuodesta 2013 eteenpäin vähintään 7,5 %. Asiasta tekee varsin merkittävän se, että esimerkiksi vuonna 2002 USA:n hallituksen osuus oli 1,4 % kaikesta maan energiakulutuksesta. [36]

### 6.1.3 Uusiutuvan energiantuotannon haasteet USA:ssa

Uusiutuva energiantuotanto lisää nopeasti osuuttaan USA:n sähköntuotannosta, mutta ennen sen lopullista läpilyöntiä on vielä ratkaistava joitakin ongelmia. Uusiutuvalla energiantuotannolle on tyypillistä, että sen saatavilla oleva kapasiteetti vaihtelee melko paljon. Esimerkiksi saatavilla olevan aurinko- ja tuulivoiman määrä vaihtelee riippuen säätilasta ja ajankohdasta. Tämä taas tarkoittaa sitä, että järjestelmän luotettavuus ei voi

perustua pelkästään näihin tuotantomuotoihin, vaan lisäksi tarvitaan ainakin jossain määrin esimerkiksi maakaasuenergiaa varakapasiteettina. [35]

Uusiutuvat energianlähteet sijaitsevat melko usein etäällä kuormituspisteistä, mikä taas aiheuttaa sen, että energian siirtämiseksi kuluttajille tarvitaan paljon siirto- ja jakeluverkon kapasiteettia. USA:n siirto- ja jakeluverkkoon tarvitaankin merkittäviä investointeja, jotta uusiutuvaa energiantuotantoa on mahdollista hyödyntää enenevässä määrin.

Tulevaisuuden suunnitelmiin kuuluu, että osa sähköstä tuotettaisiin suhteellisen pienitehoisilla tuuli- ja aurinkovoimaloilla. Tuhansien tällaisten pienten voimaloiden liittäminen verkkoon muodostaa suuren haasteen sähkövoimajärjestelmän stabiiliudelle. Merkittävä määrä hajautettua tuotantoa monimutkaistaa huomattavasti luotettavuuslaskentaa sekä vaikeuttaa tuotannon ja kulutuksen tasapainon säilyttämistä. [35]

Uusiutuvan energiantuotannon rakentamiskustannukset ovat laskeneet melko nopeasti viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana. Tästä huolimatta osa uusiutuvan energiantuotannon teknologioista on edelleen hyvin kallista, eivätkä ne pysty kilpailemaan kustannuksiltaan uusiutumattomien energiantuotantomuotojen kanssa. Uusiutuva energiantuotanto lisää kuitenkin koko ajan kilpailukykyään teknologioiden kehittyessä ja yleistyessä. [35]

## 6.2 Smart Grids

Luvussa 5 tuotiin esiin ongelmia, joita USA:n sähkömarkkinat kohtaavat tällä hetkellä ja myös tulevaisuudessa, jos sama suuntaus jatkuu muuttumattomana. Lisäksi uusiutuvan energiantuotannon tehokas hyödyntäminen ja uudet teknologiat, kuten sähköautot, asettavat aivan uudet vaatimukset USA:n sähköverkolle [37]. Näistä ongelmista ja uusista haasteista selvittääkseen USA:n on tehtävä laajamittaista kehitystyötä ja investoitava suuria summia sähkövoimajärjestelmäänsä sen luotettavan ja tehokkaan toiminnan takaamiseksi. Pitkälle kehittyneelle sähkövoimajärjestelmälle on USA:ssa annettu nimitys Smart Grids.

USA:n nykyinen presidentti Barack Obama nosti virkaanastujaispuheessaan 20.1.2009 esille nykyisen sähkövoimajärjestelmän systemaattisen kehityksen tärkeyden. Obama ilmoittikin 27.10.2009 suurimmasta yksittäisestä USA:n valtion myöntämästä sähkövoimajärjestelmän modernisointiin tarkoitettusta rahoituksesta. Sataa eri projektia rahoitetaan yhteensä 3,4 miljardilla dollarilla. Obaman mukaan Smart Grids -projektit auttavat rakentamaan uusiutuvan energian valtatietä, jonka yksi tärkeimmistä tavoitteista on lisääntynyt energiatehokkuus. Avustuksien suuruus vaihtelee 400 000 dollarista aina 200 miljoonaan dollariin. [38]

Smart Grids on herättänyt erittäin paljon keskustelua USA:n sähkömarkkinoiden toimijoiden keskuudessa. Smart Grids, vapaasti suomennettuna älykäs verkko, on hyvin laaja käsite. Erään määritelmän mukaan Smart Grids on joukko teknologisia ratkaisuja, jotka optimoivat energian arvoketjun. Smart Gridsin luonnehditaan olevan älykkäämpi,

joustavampi, luotettavampi, stabiilimpi, yhtenäisempi ja turvallisempi kuin nykyinen perinteinen sähköverkko. [37]

Smart Grids -teknologiat nojautuvat hyvin paljon laajamittaiseen mikroprosessorien ja kommunikaation käyttöön. Kaikkiin verkon tärkeisiin komponentteihin, sähköasemiin ja -voimaloihin asennetut älykkäät laitteet pystyvät toimimaan sekä itsenäisinä yksikköinä että kommunikoimaan tehokkaasti muiden verkon laitteiden kanssa. Älykkäät laitteet ovat lisäksi yhteydessä komponentin kuntoa ja tilaa mittaaviin antureihin, mikä mahdollistaa sen itsenäisen kunnonvalvonnan. Eri komponenttien laitteet myös viestivät keskenään omasta tilastaan ja kunnostaan. [39]

Älykkäiden laitteiden ja kommunikaation käyttö tekee mahdolliseksi myös yhden tärkeimmistä Smart Gridsille asetetuista tavoitteista, joka on tehdä sähkövoimajärjestelmästä vikatilanteessa itsensä automaattisesti korjaava. Sähkövoimajärjestelmän kaatumiseen johtava tapahtumaketju noudattaa tyypillisesti seuraavia vaiheita.

1. Sähkönsiirrossa syntyy jokin häiriö, jonka aiheuttaa esimerkiksi siirtojohtoon katkeaminen.
2. Syntynyt häiriö ylikuormittaa muitakin siirtolinjoja, mikä aiheuttaa usein niiden putoamisen järjestelmästä pois. Tämä johtaa järjestelmästä erotetun saarekealueen syntyyn.
3. Taajuus laskee saarekealueella, koska sähköntuotanto ja kuormitus eivät ole enää tasapainossa.
4. Taajuuden laskeminen aiheuttaa sähköntuotannon kytkeytymistä irti verkosta.
5. Saarekealueen sähköjärjestelmä romahtaa.

Yleensä edellä kuvatun kaltaisesta suurihäiriöstä palautuminen vie pitkän aikaa. Joka puolella sähkövoimajärjestelmässä sijaitsevat älykkäät laitteet voivat kuitenkin estää suurihäiriön syntymisen. Jatkuva-aikaisen tarkan mittaustiedon avulla pystytään tekemään nopeasti sähkövoimajärjestelmälle tarvittavat säätötoimenpiteet suurihäiriöön johtavan sekvenssin pysäyttämiseksi. [39]

Monet USA:n sähköyhtiöt määrittelevät tällä hetkellä omaa toimintasuunnitelmaansa Smart Gridsin suhteen. Lisäksi useat yhtiöt ovat jo saaneet rahoituksen ja hyväksynnän osalle suunnitelmistaan, ja jotkin edelläkävijät ovat jopa testanneet käytännössä Smart Grids -teknologiaa kuluttajilla. [37]

### 6.2.1 Smart Gridsin hyötyjä

Miksi sähköyhtiöt sitten ovat niin kiinnostuneita investoimaan suuria summia Smart Grids -teknologiaan ja käymään läpi merkittäviä muutoksia koko liiketoimintamallissaan? Tähän löytyy useita eri syitä. Seuraavassa eritellään niistä joitakin tärkeimpiä.

Ensinnäkin Smart Grids -teknologia parantaa erittäin paljon sähköverkon toimintavarmuutta. Kehittynyt verkostoautomaatio mahdollistaa häiriötilanteissa vian nopean paikallistamisen, sähkönsiirtojen palauttamisen ja vian korjaamisen. Sähkönsiirtojen keskeytyksistä aiheutuu USA:ssa vuosittain keskimäärin noin 150 miljardin dollarin kulut.

Verkon luotettavuuden ja stabiiliuden paraneminen lähelle tavoiteltua sataa prosenttia tarkoittaisi toisin sanoen merkittäviä säästöjä näistä kuluista. Tämän lisäksi digitaalitekniikan aikakautena monet verkkoon liitetyt laitteet ovat erittäin herkkiä sähköverkon häiriötilanteille ja vaativat laadukasta sähköä toimiakseen oikein. [37]

Huippukuormitustilanteessa sähköä joudutaan tuottamaan myös epäedullisilla tuotantomuodoilla, jotta koko kysyntä saadaan tyydytettyä. Smart Gridsin yksi tärkeä tavoite onkin hetkellisen huipputehon tarpeen vähentäminen tehokkaan verkon kuormituksien hallinnan avulla. Tämä vähentää tarvetta investoida uusiin kalliisiin siirtolinjoihin ja voimaloihin, jotka muuten tarvittaisiin huipputehon tarpeen kasvaessa. [37]

Smart Grids -teknologiat, kuten esimerkiksi kauko-ohjattavat erottimet ja älykkäät mittaukset, vähentävät verkon käyttö- ja kunnossapitokustannuksia. Tärkeiden verkon komponenttien, kuten suurten muuntajien, online-kunnonvalvonta mahdollistaa siirtymisen aikaperusteisesta huollosta kuntoperusteiseen huoltoon. Tämä tarkoittaa säästöjä kunnossapitokustannuksista ja tarkempaa tietoa verkon komponenttien sen hetkisestä todellisesta kunnosta. [37]

Uusiutuvan ja hajautetun energiantuotannon verkkoon kytkeminen ja hyödyntäminen helpottuvat Smart Grids -teknologioiden ansiosta. Nykypäivän verkko on suunniteltu sähkön siirtämiseksi keskitetyistä tuotantopisteistä kiinteille ja ennustettaville kuormille. Tästä juuri johtuu, että hajautetun energiantuotannon liittäminen sähköverkkoon on varsin ongelmallista tällä hetkellä. Lisäksi aurinko- ja tuulivoimaloiden tuottama sähköteho vaihtelee paljon säätilasta riippuen, mikä asettaa paljon vaatimuksia verkon jatkuvalla tarkkailulla ja säädöllä. Nämä ongelmat on ratkaistavissa erilaisia verkostoautomaation sovelluksia hyödyntämällä. [37]

Taulukossa 6.1 on pyritty tuomaan esille etuja, jotka on mahdollista saavuttaa Smart Gridsin myötä. Taulukossa on esitetty keskimääräiset arvot per vuosi 2000 luvun alkuvuosina, sekä ennusteet vuodelle 2025 nykyisen kehityksen tapauksessa ja Smart Grids -järjestelmän toteutuessa ja onnistuessa. Suurimmiksi eduiksi voidaan nostaa merkittävästi pienempien sähkön kulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen määrän. Lisäksi sähkövoimajärjestelmässä tapahtuvien häiriötilanteiden aiheuttamat kustannukset ovat jopa kymmenen kertaa pienemmät. Merkittävää on myös, että Smart Grids asettaa sähkön laatuvaatimukset aivan uudelle tasolle. Noin puolet kuormasta on sellaista, joka tarvitsee yhtä laadukasta sähköä kuin digitaalitekniikalla toteutetut komponentit.

**Taulukko 6.1.** Kehittyneen sähkövoimajärjestelmän tuoma lisäarvo [37].

Parametri	2000	2025		
	Tilanne	Ennuste nykyisellä kehityksellä	Ennuste parannetulla järjestelmällä	Ero
Sähkön kulutus [mrd.kWh/vuosi]	3800	5800	4900 - 5200	10 - 15 % vähemmän
Toimitetun sähkön kustannus [kWh/BKT]	0,41	0,28	0,20	29 % vähemmän
Digitaalitekniikkaa kuormasta [%]	<10	30	50	66 % enemmän
Hiilidioksidipäästöt [milj.m3 tonnia/vuosi]	590	900	720	20 % vähemmän
Tuottavuuden kasvu [%/vuosi]	2,9	2,5	3,2	28 % enemmän
Reaalinen BKT [mrd.\$/vuosi, 1996]	9200	20700	24300	17 % enemmän
Verkon häiriöiden aiheuttamat kokonaiskustannukset [mrd.\$/vuosi, 1996]	100	200	20	90 % vähemmän

Sähkönkuluttaja puolestaan kokee Smart Gridsin tuomat edut muun muassa luotettavana sähkönjakeluna, parempana asiakaspalveluna ja jopa sähkön hinnan laskuna. Sähkøyhtiöiden on mahdollista laskea sähkön hintaa parantuneen energiatehokkuuden ja vähentyneen huipputehon tarpeen ansiosta. [37]

Kehittyneistä kaukoluettavista sähkömittareista on asiakkaan saatavilla monipuolista tietoa siitä, mihin käytetty sähkö on kulunut ja paljonko se on maksanut. Tämän tiedon avulla asiakkaan on mahdollista ymmärtää paremmin omaa sähkön kulutustaan ja ohjata omaa toimintaansa energiatehokkaampaan suuntaan. Smart Grids -teknologiat myös mahdollistavat sähkøyhtiöille helpon kauko-ohjatun sähkönjakelun yhdistämisen ja katkaisemisen, mikä taas näkyy asiakkaalle nopeana palveluna esimerkiksi sähkön myyjää vaihdettaessa. [37]

### 6.2.2 Smart Gridsin haasteita

Smart Grids -teknologian yleistymisellä on edellä kuvailluista lukuisista eduista huolimatta useita esteitä ja hidasteita. Yksi suurimmista hidasteista on vielä nykyäänkin varsin tiukka sähkömarkkinoita koskeva sääntely. Vuonna 2007 voimaan tullut Energy Independence and Security Act (EISA 2007) antaa tukensa Smart Grids -teknologioiden tutkimukselle ja niihin tehtäville investoinneille. EISA 2007:n tavoitteena on vapauttaa sähkömarkkinoita koskevaa sääntelyä, joka jarruttaa uusien kehittyneiden teknologioiden



den yleistymistä. Hallituksen osallistumista tarvitaan kuitenkin nykyistä enemmän, jotta tähän tavoitteeseen on mahdollista päästä. [37]

PUC:t valvovat osavaltiotasolla sitä, että sähköyhtiöt tarjoavat asiakkailleen turvallista ja luotettavaa palvelua kohtuullisin hinnoin. PUC:t määrittelevät, onko sähköyhtiön aikoma investointi esimerkiksi johonkin Smart Grids -teknologiaan perusteltu. Onkin erittäin tärkeää, että PUC:t kehittävät itselleen selvät ohjeet siitä, millä perustein investointihankkeita arvioidaan ja hyväksytään. Olisi lisäksi järkevää, että jossain toisessa osavaltiossa hyväksytty hanke hyväksyttäisiin pääsääntöisesti myös toisissa osavaltiossa, mikä säästäisi aikaa ja tekisi hyväksyntäkäytännöstä yhtenäisemmän. [37]

Suuri osa USA:ssa toimivien sähköyhtiöiden liiketoimintamalleista perustuu PUC:iden hyväksymistä investoinneista saataviin tuloihin ja hyvityksiin. Tästä syystä sähköyhtiöt luonnollisesti pyrkivät tekemään mahdollisimman vähäisen riskin sisältäviä investointeja. Tämä taas johtaa siihen, että sähköyhtiöt investoivat mieluummin perinteisiin varmoiksi todettuihin kohteisiin, koska uusi teknologia koetaan yleensä riskialttiimmaksi. Tällainen liiketoimintamalli on omiaan hidastamaan Smart Grids -teknologioiden yleistymistä ja käyttöönottoa. Lisäksi näiden uusien teknologioiden todellista hyötyä ja arvoa on varsin vaikeata osoittaa yksiselitteisesti, koska niiden tuomat edut ajoittuvat pitkälle aikajänteelle ja ovat paljon muutakin kuin suoraa taloudellista tuottoa. Ratkaisuksi tähän ongelmaan pyritään luomaan kaikille osavaltioille yhteiset mittarit, joiden avulla uusien teknologioiden hyödyllisyys ja arvo määritellään. [37]

Moni tavallinen vähittäissähköasiakas kokee helposti Smart Grids -teknologioista syntyvät kustannukset, joita he joutuvat välillisesti maksamaan, vain tarpeettomina lisämaksuina ja rahastuksena. USA:n sähköyhtiöiden on tärkeää kommunikoida asiakkailleen kyllin yksinkertaisesti ja tehokkaasti, mitä hyötyjä uusien teknologioiden käyttöönotosta käytännössä on. Tieto hyödyistä auttaa asiakkaita ymmärtämään ja hyväksymään heille kohdistuvat kustannukset. [37]

On sanomattakin selvää, että Smart Grids -teknologioiden käyttöönoton yhteydessä törmätään lukuisiin monimutkaisiin teknisiin ongelmiin. Yksi haastavimmista ongelmista on varmasti uuden teknologian integrointi käytössä oleviin siirto- ja jakeluverkon automaatiojärjestelmiin. Kuten edellä jo tuotiin esille, Smart Gridsin perusajatus on saada kaikki verkon komponentit viestimään tehokkaasti keskenään ja hyödyntämään täten saatua tietoa. Useat eri organisaatiot ovat jo pitkän aikaa työskennelleet parantaakseen verkon yhteentoimivuutta. Ne ovat muun muassa luoneet pääasiassa sähköyhtiöille tarkoitetun tietokannan, joka pitää sisällään yhteentoimivuutta käsitteleviä ohjeita ja standardeja. Työtä yhteentoimivuuden edistämiseksi on kuitenkin vielä paljon jäljellä ja hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi tarvitaan kaikkien asianosaisten osallistumista. [37]

Yhdeksi tärkeäksi Smart Gridsin tavoitteeksi on listattu sähkövoimajärjestelmän parantunut turvallisuus, joka pitää sisällään esimerkiksi parantuneen toimintavarmuuden ja suojan tahallisesti aiheutettua häiriötä vastaan. On kuitenkin mahdollista, että jotkin uusista teknologioista itse asiassa lisäävät sähkövoimajärjestelmän haavoittuvuutta. Tämän seikan tiedostaminen ja huomioiminen suunnitteluvaiheessa on ensiarvoisen

tärkeää. Sähkövoimajärjestelmän suunnittelijoiden täytyykin verrata saavutettuja hyötyjä lisääntyneisiin terrorismin aiheuttamiin ja muihin turvallisuusriskeihin, ja tehdä päätös teknologian soveltamisesta kaikki sen vaikutukset huomioiden. [37]

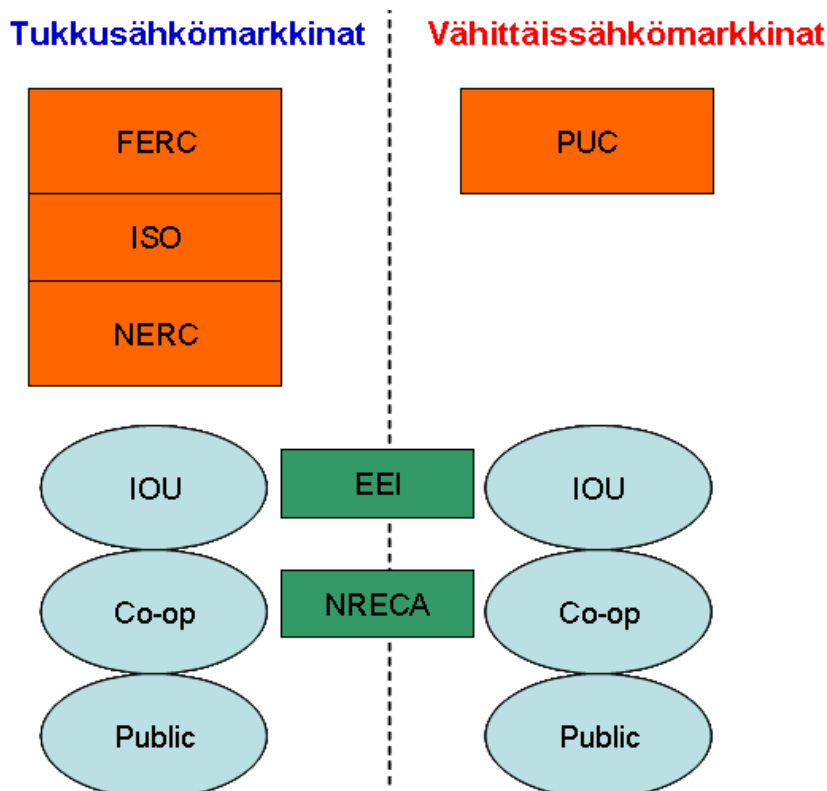
Vuoden 2008 loppupuolella alkunsa saanut maailmanlaajuinen taloustaantuma asettaa myös oman haasteensa Smart Gridsin nopealle etenemiselle. Uusien teknologioiden kehittäminen ja laaja käyttöönotto vaativat todella merkittäviä investointeja. Nykyisessä taloudellisessa tilanteessa rahoituksen saaminen on vaikeutunut ja monien sähköyhtiöiden päätöksentekijät pyrkivät minimoimaan menot, jotka eivät ole sillä hetkellä välttämättömiä yhtiön toiminnan kannalta. [37]

Sähköyhtiöiden toimintaa valvovat ja sääntelevät viranomaiset kannustavat taantumasta huolimatta sähköyhtiöitä panostamaan uusiutuvaan energiantuotantoon, kasvihuonekaasujen vähentämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen. Esimerkiksi Emergency Economic Stabilization Act 2008 (EESA 2008) tukee sähköyhtiöiden Smart Grids -teknologiaan tekemiä investointeja merkittävin verohelpotuksin. Tästä syystä uusiutuvaan energiantuotantoon, hajautettuun tuotantoon ja älykkäisiin kaukoluettaisiin mittareihin tehtyjen investointien määrä todennäköisesti jopa lisääntyy seuraavan kahden vuoden aikana. [37]

## 7. YHTEENVETO

### 7.1 Sähkömarkkinoiden rakenne ja toimijat

Kuvassa 7.1 on esitetty USA:n sähkömarkkinoiden merkittävimmät toimijat ja viranomaisorganisaatiot. Vasemmalla ylhäällä kuvassa olevat kolme oranssia laatikkoa edustavat tukkusähkömarkkinoita säänteleviä ja valvovia organisaatioita. Department of Energyyn (DOE) kuuluva Federal Energy Regulatory Commission (FERC) käyttää ylintä toimivaltaa USA:n tukkusähkömarkkinoilla. FERC:llä on oikeus ja velvollisuus rangaista esimerkiksi sakoin toimijaa, joka rikkoo tukkusähkömarkkinoilla FERC:n asettamia määräyksiä ja sääntöjä. FERC sääntelee myös osavaltioiden rajat ylittävää sähkön siirtoa sekä valvoo viime kädessä siirtoverkon luotettavuuden ylläpitoa. Lisäksi FERC:n vastuualue ulottuu jossain määrin maakaasu- ja öljymarkkinoiden puolelle.



**Kuva 7.1.** USA:n sähkömarkkinoiden merkittävimmät toimijat ja viranomaisorganisaatiot.

Independent System Operatorit (ISO) ovat syntyneet USA:n sähkömarkkinoiden avautumisen myötä, kun FERC halusi varmistaa, että siirtoverkon toiminnasta vastaavat organisaatiot olisivat mahdollisimman itsenäisiä ja muista riippumattomia. ISO:t saavat

päättää suurelta osin itse omat toimintamallinsa. Ne ovat kuitenkin velvollisia raportoi-  
maan toiminnastaan FERC:lle, jolla on myös valta puuttua niiden toimintaan. ISO:iden  
vastuualueeseen kuuluu sen omalla alueella esimerkiksi verkon tuotanto- ja siirtokapasiteetin riittävyden varmistaminen, pullonkaulatilanteiden selvittäminen, tasehallinta sekä järjestelmän taajuuden ja jännitteen ylläpito.

North American Electric Reliability Corporation (NERC) on voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka tärkein tavoite on edistää ja ylläpitää USA:n sähkövoimajärjestelmän luotettavuutta. NERC ei varsinaisesti toimi FERC:n alaisuudessa, mutta sen täytyy kuitenkin hyväksyttävä FERC:llä luotettavuusstandardit, joihin NERC:n toiminta pitkälti pohjautuu.

Oikealla ylhäällä kuvassa oleva oranssi laatikko edustaa USA:n vähittäissähkömarkkinoita valvovia Public Utility Commissioneita (PUC), joita toimii yksi jokaisessa USA:n osavaltiossa. PUC:iden tärkein tehtävä on vastata oman osavaltionsa vähittäissähkömarkkinoiden regulaatiosta. PUC:t määrittelevät esimerkiksi hintakaton vähittäissähköasiakkaille myytävälle sähköenergialle sekä myöntävät sähköntuotantolaitoksille rakentamisluvat.

Siniset ellipsit kuvassa 7.1 esittävät USA:n sähkömarkkinoilla toimivia sähköyhtiöitä. USA:ssa toimii karkeasti määriteltynä kolmen erityyppisiä sähköyhtiöitä, jotka ovat:

- Investor Owned Utility (IOU)
- Rural Electric Cooperative (Co-op)
- Public Power System / Publicly Owned Utility (POU).

IOU:t ovat yksityisomisteisia ja ne hallitsevat yli kahta kolmasosaa USA:n sähkömarkkinoista. Co-op -yhtiöt omistavat suurimmalta osin niiden omat asiakkaat ja ne palvelevat yhteensä noin 17 miljoonaa asiakasta. POU:t taas ovat liittovaltion tai osavaltioiden omistuksessa olevia yhtiöitä ja niiden palveluiden piiriin kuuluu yhteensä noin 20 miljoonaa asiakasta. Pääasiassa sähköyhtiöiden koosta riippuen niillä on enemmän tai vähemmän omaa sähköntuotantoa, siirto- ja jakeluverkkoa sekä sähkön myynti- ja osto-toimintaa. Yleensä kuitenkin alueen suurimmat sähköyhtiöt omistavat pääosan siirtoverkosta ja sähköntuotannosta. Huomion arvoista on, että FERC:n asetus 888 määräsi sähköyhtiöt eriyttämään sähköntuotanto- ja siirtotoiminnot toisistaan vähintään kirjanpidollisella tasolla.

Kuvassa vihreillä laatikoilla on esitetty Edison Electric Institute (EEI) ja Rural Electric Cooperative Association (NRECA). EEI on organisaatio, jonka tärkein tehtävä on edistää ja valvoa IOU:iden etuja USA:n sähkömarkkinoilla. EEI muun muassa pyrkii vaikuttamaan siihen, että IOU:iden toimintaan vaikuttavat uudet lait ja säädökset olisivat mahdollisimman oikeudenmukaisia niitä kohtaan. NRECA:n tehtävät ovat paljon samankaltaisia kuin EEI:n, mutta se edustaa sähkömarkkinoilla Co-op -yhtiöitä ja niiden asiakkaita. NRECA:an kuuluu nykyisin noin 930 jäsenyhtiötä, jotka palvelevat yhteensä noin 17 miljoonaa asiakasta USA:ssa.

## 7.2 Uudistuvat sähkömarkkinat ja tulevaisuuden haasteita

USA:n sähkömarkkinat ovat tällä hetkellä monella eri tapaa murrosvaiheessa. Sähkömarkkinoiden avautuminen on varmasti merkittävin murrosvaiheen osa-alue. Sähkömarkkinat ovat avautuneet täydellisesti useassa osavaltiossa, mutta monessa osavaltiossa muutosprosessi on juuri nyt käynnissä. Sähkömarkkinoiden avautuminen muokkaa-kin lähes jatkuvasti alan sääntelyä, toimintamalleja ja sähkömarkkinoiden toimintaa valvovien viranomaisten rooleja sekä osavaltio että liittovaltio tasolla. Sähkömarkkinoiden avautumisen mukanaan tuomia merkittäviä uudistuksia ovat muun muassa tukku- ja vähittäissähkökaupan vapautuminen, FERC:n vastuualueen ja valtuuksien huomattava lisääntyminen, ISO- ja RTO-konseptin syntyminen sekä siirtoverkon käyttöoikeuksien vapautuminen. Sähkömarkkinoiden avautuminen on lisäksi synnyttänyt ja synnyttää edelleen sähköpörssijä tukkusähkön kauppapaikoiksi. Sähköpörssillä menee oma aikansa ennen kuin ne löytävät omat toimivat toimintamallinsa ja käytäntönsä. Markkinoiden avautuminen muuttaa myös perinteisten sähköyhtiöiden rakennetta ja toimintatapoja monella tapaa.

Toinen USA:n sähkömarkkinoita tällä hetkellä myllertävä tekijä on vahvasti tuloaan tekevä Smart Grids. Sähköyhtiöt ja liittovaltio investoivat valtavia summia seuraavan vuosikymmenen aikana Smart Grids -teknologiaan, jotta USA:n sähkövoimajärjestelmä pystyisi vastaamaan kasvavaan sähkön kysyntään, sähkömarkkinoiden vapautumisesta seuraavaan sähkönsiirtojärjestelmän kuormituksen kasvuun sekä jatkuvasti lisääntyvän digitaalitekniikan asettamiin korkeisiin sähkön laatukriteereihin. Smart Grids mahdollistaa lisäksi koko ajan suosiotaan kasvattavan uusiutuvan ja hajautetun energiantuotannon hallitun ja turvallisen verkkoon liitännän.

Nopeasti lisääntyvä uusiutuvan energiantuotannon hyödyntäminen onkin kolmas USA:n sähkömarkkinoitava uudistava tekijä. Pyrkimys kohti mahdollisimman omavaraista ja ympäristöystävällisempää energiataloutta kasvattaa merkittävästi uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön osuutta kaikesta maan sähköntuotannosta jo tulevan vuosikymmenen kuluessa. Etenkin biomassa-, maalämpö-, tuuli- ja aurinkoenergian käytössä tapahtuu reipasta kasvua niihin liittyvän teknologian kehittyessä ja yleistyessä.

Uuden siirtoverkon rakentamiseen ja vanhan vahvistamiseen investoitiin USA:ssa 1980- ja 1990-luvuilla täysin riittämättömästi sähkön kulutuksen kasvuun nähden. Sama pätee myös uuden sähköntuotantokapasiteetin rakentamisen suhteen. Vaikka investointien määrä kääntyi selvään kasvuun 2000-luvun alkupuolella, niin silti USA on vaikean ongelman edessä, kuinka se pystyy tyydyttämään kaiken sähkön kysynnän seuraavan parin vuosikymmenen aikana. Vallitseva maailman talouden heikko tilanne ei ainakaan helpota tätä ongelmaa, koska suurien investointien tekemistä harkitaan nyt poikkeuksellisen tarkasti ja niitä pyritään monesti siirtämään myöhemmäksi. Tosiasia on, että USA:n sähkövoimajärjestelmä tarvitsee nopeita ja mittavia investointeja luotettavan toimintakyvyn säilyttämiseksi. Tämän puolesta puhuu esimerkiksi 2000-luvun alkuun ajoittunut Kalifornian energiakriisi, jonka yhtenä suurimpana syynä oli riittämätön siirtoverkon ja sähköntuotannon kapasiteetti.

Tutkimuksen mukaan USA:n sähkövoimajärjestelmän infrastruktuuriin tulisi investoida vuosien 2010–2030 välillä yhteensä 1,5–2,0 biljoonaa dollaria, jotta se pystyisi tyydyttämään kaiken sähkön kysynnän ja saavuttamaan kyllin luotettavan toimintavarmuuden. Tämä tarkoittaa 75–100 miljardin dollarin investointeja vuotta kohden. Uutta tuotantokapasiteettia tarvitaan saman tutkimuksen mukaan vuoteen 2030 mennessä 133 GW:sta aina 214 GW:iin. Summa sisältää myös Smart Gridsin toteuttamiseen tarvittavat investoinnit sekä merkittävän määrän uusiutuvan energiantuotannon liittämistä verkkoon aiheutuvat kustannukset. [40]

USA:n sähkömarkkinat ja sähkövoimajärjestelmä on myös monella muulla tavoin merkittävien haasteiden edessä. Uuden sähköntuotannon ja siirtoverkon rakentamista koskevan lainsäädännön ja rakennuslupien myöntämistä koskevien menettelykäytäntöjen yhtenäistäminen on ensiarvoisen tärkeä tavoite USA:n sähkömarkkinoita valvoville viranomaisille, koska se auttaisi rakentamisen käyntiin saattamista tehokkaasti. Omat haasteensa asettavat myös ympäristölainsäädännön tiukentuminen sekä rakennusmateriaalien ja polttoaineiden hintojen kohoaminen. Päästökaupan käynnistyminen ohjaa sähköntuottajia suosimaan vähäpäästöisiä energiantuotantomuotoja, mikä vähentää perinteistä fossiilisia polttoaineita hyödyntävää tuotantoa.

USA:n sähkömarkkinoiden toimintaan liittyvä lainsäädäntö on käynyt läpi merkittäviä uudistuksia viimeisen parin vuosikymmenen aikana. PURPA 1978:n merkittävin aikaansaannos oli hajautetun sähköntuotannon sääntelyn vapauttaminen. Yleensä ottaen lainsäädäntö ja sähkömarkkinoiden sääntely on keventynyt PURPA:sta lähtien ja sama suuntaus jatkuu edelleen. Lähes kaikki PUHCA 1935:ssä säädetyt varsin tiukat sähkömarkkinoiden toimintaa rajoittavat säädökset on purettu. Sääntelyn keventymisestä parhaana esimerkkinä voidaan nostaa esille sähkön myynnin kilpailun vapautuminen useissa osavaltioissa. Sähkömarkkinoiden sääntelyssä lienee odotettavissa lähitulevaisuudessaakin uudistuksia, koska moni markkinoiden toimintaan vaikuttava asia, kuten uusiutuvan energiantuotannon laajamittainen hyödyntäminen ja Smart Grids, hakevat vielä pitkään lopullista muotoaan.

## LÄHTEET

- [1] Electricity Advisory Committee. Keeping the Lights On in a New World [WWW]. Tammikuu 2009 [viitattu 10.12.2009]. Saatavissa: [http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/adequacy\\_report\\_01-09-09.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/adequacy_report_01-09-09.pdf)
- [2] National Rural Electric Cooperative Association. Electric Utility Comparisons [WWW]. [viitattu 24.11.2009]. Saatavissa: <http://www.nreca.org/AboutUs/Co-op101/CooperativeFacts.htm>
- [3] Warwick, W.M. A Primer on Electric Utilities, Deregulation, and Restructuring of U.S. Electricity Markets [WWW]. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington. Kesäkuu 2000, päivitetty toukokuu 2002 [viitattu 12.2.2010]. Saatavissa: <http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/primer.pdf>
- [4] U.S. Energy Information Administration. The Changing Structure of the Electric Power Industry 2000: An Update [WWW]. Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels, US. Department of Energy, Washington, DC. Lokakuu 2000 [viitattu 12.2.2010] Saatavissa: [http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/chg\\_stru\\_update/update2000.pdf](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/chg_stru_update/update2000.pdf)
- [5] U.S. Department of Energy. Grid Architecture and Function [WWW]. Toukokuu 2006 [viitattu 16.9.2009]. Saatavissa: [http://www.eere.energy.gov/de/grid\\_architecture.html](http://www.eere.energy.gov/de/grid_architecture.html)
- [6] Partanen, J., Viljanen S., Lassila, J., Honkapuro S., Tohvanainen K., Karjalainen, R. Sähkömarkkinat - opetusmoniste [WWW]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, sähkötekniikan osasto. Lappeenranta, 2008 [viitattu 20.11.2009]. Saatavissa: <http://www.ee.lut.fi/fi/opi/kurssit/Sa2710400/Smpruju-22092006.pdf>
- [7] Energy Information Administration. Electric Power Annual [WWW]. Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels, US. Department of Energy, Washington, DC. Tammikuu 2010 [viitattu 6.2.2010]. Saatavissa: [http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epa\\_sum.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epa_sum.html)

- [8] Phillips, Drew. Nodal Pricing Basics [WWW]. Market Evolution Program. Tammikuu 2004 [viitattu 15.11.2009]. Saatavissa: [http://www.theimo.com/imoweb/pubs/consult/mep/LMP\\_NodalBasics\\_2004jan14.pdf](http://www.theimo.com/imoweb/pubs/consult/mep/LMP_NodalBasics_2004jan14.pdf)
- [9] Energy Information Administration. Factors Affecting Electricity Prices [WWW]. [viitattu 10.3.2010]. Saatavissa: [http://tonto.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity\\_factors\\_affecting\\_prices](http://tonto.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity_factors_affecting_prices)
- [10] Energiamarkkinavirasto. Sähkön hinnan kehitys 1.12.2009 [WWW]. Joulukuu 2009 [viitattu 15.1.2010]. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys0912.pdf>
- [11] Energy Information Administration. The U.S. average residential retail price of electricity [WWW]. Maaliskuu 2009 [viitattu 31.1.2010]. Saatavissa: [http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epm/table5\\_6\\_b.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epm/table5_6_b.html)
- [12] U.S. Department of Energy. About DOE [WWW]. [viitattu 28.11.2009]. Saatavissa: <http://www.energy.gov/about/origins.htm>
- [13] Federal Energy Regulatory Commission. What FERC does [WWW]. Joulukuu 2008 [viitattu 20.11.2009]. Saatavissa: <http://www.ferc.gov/about/ferc-does.asp>
- [14] National Rural Electric Cooperative Association. NRECA Overview [WWW]. [viitattu 24.11.2009]. Saatavissa: <http://www.nreca.org/AboutUs/Overview.htm>
- [15] Edison Electric Institute. About EEI [WWW]. [viitattu 25.11.2009]. Saatavissa: <http://www.eei.org/whoweare/abouteei/Pages/default.aspx>
- [16] North American Electricity Reliability Corporation. About NERC: Company Overview [WWW]. [viitattu 26.11.2009]. Saatavissa: <http://www.nerc.com/page.php?cid=17>
- [17] Keblish, Tara. Deregulation of the U.S. Electricity Market: An Industry in Transition [WWW]. Pace University, New York. Tammikuu 2001 [viitattu 29.11.2009]. Saatavissa: <http://www.pace.edu/emplibrary/tkeblish.pdf>



- [18] Ogasawara, Junichi. Current Status and Evaluation of Electricity market liberalization in Japan, USA and Europe [WWW]. Electricity, Nuclear & Coal Group, Industry Research Unit. Toukokuu 2005 [viitattu 2.1.2010]. Saatavissa: <https://eneken.ieej.or.jp/en/data/pdf/294.pdf>
- [19] Energy Information Administration. Status of Electricity Restructuring by State [WWW]. Tammikuu 2010 [viitattu 18.12.2009]. Saatavissa: [http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/restructuring/restructure\\_elect.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/restructuring/restructure_elect.html)
- [20] Energy Information Administration. Renewable Resources in the U.S. Electricity Supply [WWW]. Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels, Department of Energy, Washington, DC. Helmikuu 1993 [viitattu 5.11.2009]. Saatavissa: <ftp://ftp.eia.doe.gov/pub/electricity/renewmas.pdf>
- [21] Comer, Edward. How Does the Energy Policy Act Affect Electric Companies [WWW]. Edison Electric Institute. Elokuu 2005 [viitattu 27.12.2009]. Saatavissa: [http://www.eei.org/whatwedo/PublicPolicyAdvocacy/FedLegislation/Documents/implications\\_of\\_policy\\_act%20\(how%20does\).pdf](http://www.eei.org/whatwedo/PublicPolicyAdvocacy/FedLegislation/Documents/implications_of_policy_act%20(how%20does).pdf)
- [22] Samotyj, Marek. Power System Infrastructure for a Digital Society: Creating the New Frontier [WWW]. Electricity Innovation Institute. Lokakuu 2003 [viitattu 6.12.2009]. Saatavissa: [http://www.ieee.no/oslo/ieee.nsf/0/9EF06B1951436A57C1256DFE003AAC6B/\\$FILE/Samotyj.pdf](http://www.ieee.no/oslo/ieee.nsf/0/9EF06B1951436A57C1256DFE003AAC6B/$FILE/Samotyj.pdf)
- [23] Hyman, Leonard S. Transmission, Congestion, Pricing, and Incentives. IEEE Power Engineering Review [verkkolehti]. 19(1999)8, pp. 4-10. 6.8.2002 [viitattu 22.9.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [24] Edison Electric Institute. Actual and Planned Transmission Investment By Shareholder-Owned Electric Utilities 2000-2010 [WWW]. [viitattu 16.10.2009]. Saatavissa: [http://www.eei.org/ourissues/Electricity Transmission/Documents/bar\\_Transmission\\_Investment.pdf](http://www.eei.org/ourissues/Electricity%20Transmission/Documents/bar_Transmission_Investment.pdf)
- [25] Fama, James. Reenergizing the Grid – Greater Regulatory, Legislative Certainty Needed. IEEE Power & Energy Magazine [verkkolehti]. Edison Electric Institute. 3(2005)5, pp. 30-33. 12.9.2005 [viitattu 20.2.2010]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>

- [26] Hirst, Eric. The California Electricity Crisis – Lessons for Other States [WWW]. Kesäkuu 2001 [viitattu 6.2.2010]. Saatavissa: [http://www.eei.org/whatwedo/PublicPolicyAdvocacy/StateRegulation/Documents/CALessons\\_hirst.pdf](http://www.eei.org/whatwedo/PublicPolicyAdvocacy/StateRegulation/Documents/CALessons_hirst.pdf)
- [27] Sheffrin, Anjali. California Power Crisis: Failure of Market Design or Regulation. IEEE Power Engineering Review [verkkolehti]. 22(2002)8, pp. 8-11. 7.11.2002 [viitattu 20.12.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [28] Edison Electric Institute. Energy News [WWW]. [viitattu 11.10.2009]. Saatavissa: <http://www.eei.org/NEWSROOM/ENERGYNEWS/Pages/default.aspx>
- [29] Mannila, Tuija. 1999. Eri maiden sähköpörssit vapautuvilla sähkömarkkinoilla. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto, Sähkövoimatekniikan laitos. 134 s.
- [30] Mulholland, Thomas A. Deregulation, The California Experience, and Implications for Western Markets. IEEE-IAS/PCA Cement Industry Technical Conference 2001 [verkkolehti]. pp. 19-29. 7.8.2002 [viitattu 3.12.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [31] Budhreja, Vikram S. California's Electricity Crisis. Power Engineering Review [verkkolehti]. 22(2002)8, pp. 6-14. 7.11.2002 [viitattu 30.11.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [32] Mensah-Bonsu, C., Oren, S. California Electricity Market Crisis: Causes, Remedies, and Prevention. IEEE Power Engineering Review [verkkolehti]. 22(2002)8, pp. 4-11. 7.11.2002 [viitattu 16.12.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [33] National Rural Electric Cooperative Association. Renewable Electricity: Policies Should Encourage Renewable Electricity and Keep Consumer Bills Affordable [WWW]. Lokakuu 2009 [viitattu 30.10.2009]. Saatavissa: <http://www.nreca.org/Documents/PublicPolicy/FFRenewableElectricity.pdf>

- [34] Rahman, Saifur. Green Power: What Is It and Where Can We Find It. IEEE Power & Energy Magazine [verkkolehti]. Alexandria Res. Inst., Virginia Tech., USA. 1(2003)1, pp. 30-37. 25.2.2003 [viitattu 5.11.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [35] Edison Electric Institute. Renewable Energy: Growth and Challenges In the Electric Power Industry [WWW]. Washington, DC. 2008 [viitattu 5.1.2010]. Saatavissa: [http://www.eei.org/ourissues/ElectricityGeneration/Documents/RenewEngy\\_broch.pdf](http://www.eei.org/ourissues/ElectricityGeneration/Documents/RenewEngy_broch.pdf)
- [36] Malmedal, K., Kroposki, B., Sen, P.K. Energy Policy Act of 2005 and Its Impact on Renewable Energy Applications in USA. IEEE Power Engineering Society General Meeting 2007 [verkkolehti]. pp. 1-8. 23.6.2007 [viitattu 20.1.2010]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [37] Electricity Advisory Committee. Smart Grid: Enabler of the New Energy Economy [WWW]. Joulukuu 2008 [viitattu 12.12.2009]. Saatavissa: <http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/final-smart-grid-report.pdf>
- [38] U.S. Department of Energy. Smart Grid System Report [WWW]. Kesäkuu 2009 [viitattu 20.10.2009]. Saatavissa: [http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/SGSRMain\\_090707\\_lowres.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/SGSRMain_090707_lowres.pdf)
- [39] Amin, Massoud, Wollenberg, B. F. Toward a Smart Grid. IEEE Power & Energy Magazine [verkkolehti]. Minnesota Univ., Minneapolis, USA. 3(2005)5, pp. 34-41. 12.9.2005 [viitattu 19.10.2009]. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>
- [40] Chupka, M.W., Earle, R., Fox-Penner, P., Hledik, R. Toward America's Power Industry: The Investment Challenge 2010-2030 [WWW]. Marraskuu 2008 [viitattu 9.3.2010]. Saatavissa: [http://www.eei.org/ourissues/finance/Documents/Transforming\\_Americas\\_Power\\_Industry.pdf](http://www.eei.org/ourissues/finance/Documents/Transforming_Americas_Power_Industry.pdf)