



LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Teknillinen tiedekunta
Energiatekniikan koulutusohjelma
BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

YDINVOIMAHANKKEET SUOMESSA NUCLEAR POWER PROJECTS IN FINLAND

Lappeenrannassa 17.4.2009

0295115 Essi Ahonen Ente 3

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO.....	3
1 JOHDANTO.....	4
2 YDINVOIMAN ROOLI SUOMESSA	5
3 TOIMINNASSA OLEVAT YDINVOIMALAT	6
3.1 Loviisa.....	6
3.2 Olkiluoto.....	7
4 RAKENTEILLA OLEVAT YDINVOIMALAHANKKEET	9
4.1 Olkiluoto 3.....	9
4.1.1 Hankkeen viivästyminen	9
4.1.2 Rahoituskiista	10
4.2 Käytetyn polttoaineen loppusijoitus	10
4.2.1 Historia	11
4.2.2 Posiva Oy	11
5 SUUNNITTEILLA OLEVAT YDINVOIMALAT	13
5.1 Olkiluoto 4.....	13
5.2 Fennovoima	15
5.3 Loviisa 3.....	17
6 YDINVOIMAN KANNATTAVUUS	19
6.1 Lähtötiedot.....	19
6.2 Hintavertailu	21
6.3 Herkkyysanalyysi.....	22
6.4 Takaisinmaksu	23
6.5 Johtopäätökset.....	24
7 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	26
7.1 Sähkönkulutuksen kasvu	26

7.2	Päästörajoitukset	27
7.3	Sähkön omavaraisuus	29
7.4	Tuotannosta poistuvien voimalaitosten korvaaminen.....	31
8	YHTEENVETO	33
	LÄHDELUETTELO	34

LYHENNELUETTELO

AEE	Atomenergoexport
BWR	Boiling Water Reactor, kiehutusvesireaktori
EPR	European Pressurized Reactor, painevesireaktori
IVO	Imatran Voima Oy
LO1	Loviisa 1
LO2	Loviisa 2
OL1	Olkiluoto 1
OL2	Olkiluoto 2
OL3	Olkiluoto 3
OL4	Olkiluoto 4
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
YK	Yhdistyneet Kansakunnat
YVA	ympäristövaikutusten arviointi
h/a	tuntia / vuosi
kW	kilowatti
MW	megawatti
TWh	terawattitunti
€MWh	euroa / megawattitunti
€t CO ₂	euroa / tonni hiilidioksidipäästöjä

1 JOHDANTO

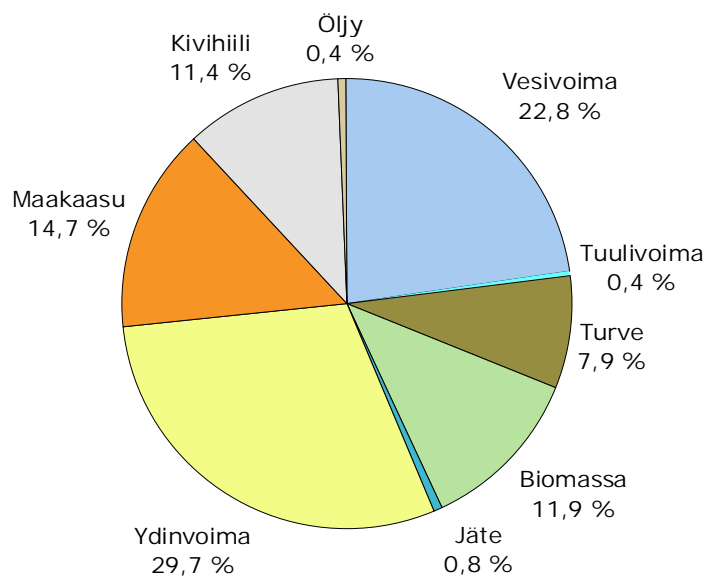
Suomessa toimii neljä ydinvoimalayksikköä ja viidettä yksikköä rakennetaan, julkisuuteen tulleista suurista vastoinikäymisistä huolimatta. Valtioneuvostolle on jätetty vuoden 2009 alkuun mennessä kolme periaatepäätöshakemusta uusien yksiköiden rakentamiseksi.

Suomi tarvitsee lisää sähköntuotantoa, sillä kymmenen vuoden kuluttua käytöstä tulee poistumaan suuri osa sähköntuotantokapasiteetista ja sähkön kulutuksen arvioidaan kasvavan. Samanaikaisesti tulisi täyttää Suomea koskeva päästösopimus, jonka mukaan päästöjä tulisi vähentää huomattavasti. Ilmasto- ja energiastrategian mukaan Suomen tulisi korvata suuri osa fossiilisista polttoaineista uusiutuvilla energialähteillä, kuten tuulivoimalla (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 9). Todellisuudessa tuulivoiman huomattava lisärakentaminen tulisi kannattamattomaksi, sillä yksistään rakenteilla olevan 1600 megawatin (MW) suuruisen Olkiluoto 3-ydinvoimalayksikön korvaaminen tuulivoimalla tarkoittaisi 2000 nykyistä suurta, 3 MW:n teholuokkaista tuulivoimalaa (Teollisuuden Voima 2007, 16).

Tässä työssä on esitelty käytössä, rakenteilla ja suunnitteilla olevat Suomen ydinvoimahankkeet, sekä on käsitelty yllä mainittuja asioita ja pohdittu ydinvoiman lisärakentamisen kannattavuutta ja ydinvoiman tulevaisuutta.

2 YDINVOIMAN ROOLI SUOMESSA

Sähkön kokonaistuotantomäärä vuonna 2008 oli Suomessa 74,1 TWh, josta ydinvoiman osuus oli kuvan 1 mukaisesti 29,7 % eli noin 22 TWh (Energiateollisuus 2009, 7). Ydinvoiman rooli Suomessa on merkittävin yksittäinen sähköntuotantomuoto ja sen käyttöko-
kemukset maassamme ovat olleet luotettavat. Ydinvoimalaitostemme käyttökertoimet ovat olleet vuodesta toiseen maailman kärkilistalla. Käyttökertoimella tarkoitetaan tarkasteltavana ajanjaksona tuotetun sähköenergian osuutta siitä energiasta, minkä laitos olisi kyseisenä ajanjaksona tuottanut toimiessaan keskeytyksettä täydellä teholla. Loviisan yksiköiden kumulatiiviset käyttökertoimet olivat vuonna 2005 85,5 % (LO1) ja 88,1 % (LO2) sekä Olkiluodossa 91,7 % (OL1) ja 92,9 % (OL2) (Energiateollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 6).



Kuva 1. Sähköntuotanto energialähteittäin vuonna 2008. (Energiateollisuus 2009, 7)

Ydinvoimalla on huomattava merkitys maamme sähkönhuollon huoltovarmuuteen, koska ydinvoimalla ei ole ilmastopoliittisia rasitteita, jotka voisivat johtaa sen alasaloon pitkällä aikavälillä, eikä ydinpolttoaineen hankintaan liity suuria riskejä, sillä hankintalähteet ovat monipuolisia ja poliittisesti vakailta alueilla. Ydinvoima ei myöskään vaadi yhteiskunnan rahoitusta huoltovarmuuden turvaamiseksi. (Huoltovarmuuskeskus 2007, 14–15)

3 TOIMINNASSA OLEVAT YDINVOIMALAT

Suomessa on toiminnassa neljä ydinvoimalayksikköä, joista Fortum Power and Heat Oy:llä ja Teollisuuden Voima Oyj:lla (TVO) on molemmilla omistuksessa kaksi laitousyksikköä, sekä Fortumilla on Teollisuuden Voimasta noin 25 prosentin omistusosuus. Fortumin voimalaitokset sijaitsevat Loviisassa Hästholmenin saarella ja Teollisuuden Voiman yksiköt Eurajoella Olkiluodossa.

3.1 Loviisa

Loviisan ydinvoimalaitosprojekti käynnistyi kesäkuussa 1970, jolloin Imatran Voima Oy (IVO) solmi hankintasopimuksen Loviisa ensimmäisestä yksiköstä (LO1) neuvostoliittolaisen V/O Technopromexportin (myöhemmin muutti nimensä Atomenergoexportiksi, AEE) kanssa. Neuvostoliittolainen osapuoli toimitti laitoksen höyrykehitysjärjestelmän ja turbiinilaitoksen sekä eräitä apujärjestelmiä, joiden tuli täyttää ensikertaa sekä neuvostoliittolaiset että länsimaiset turvallisuusvaatimukset. Sopimus Loviisa 2-yksiköstä (LO2) allekirjoitettiin elokuussa 1971. (Vuorinen et al 1983, 71)

Ensimmäisenä ydinvoimalana Suomessa Loviisa 1 valmistui 1977 ja kolme vuotta myöhemmin ensimmäisen yksikön viereen valmistui Loviisa 2 vuonna 1980 (Vuorinen et al 1983, 72). Vuonna 1998 Imatran Voima Oy ja Neste Oyj yhdistettiin, jolloin yhtiön uudeksi nimeksi ja voimalaitosten uudeksi omistajaksi tuli Fortum.

Loviisan voimalaitoksen höyrykehitysjärjestelmä perustuu molemmissa laitousyksiköissä neuvostoliittolaiseen VVER-440 painevesireaktoriprosessiin, jossa polttoaineena käytetään lievästi rikastettua uraania. Polttoaine tuodaan Venäjältä tai brittiläisen yrityksen Espanjassa sijaitsevalta tehtaalta (Energiateollisuus 2006, Hyvä tietää uraanista, 16). Taulukossa 1 on esitetty Loviisan yksiköiden tekniset tiedot, joissa ilmenee muun muassa sähköteho laitousyksikköä kohden.

Loviisan yksiköt ovat olleet käytössä noin 30 vuotta ja niiden elinikää on pyritty jatkamaan erilaisilla korjaus- ja kunnostustöillä. Valtioneuvosto on myöntänyt Loviisan

voimalaitosyksiköille luvan käyttää Loviisa 1-yksikköä vuoden 2027 loppuun saakka ja Loviisa 2-yksikköä vuoden 2030 loppuun asti (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Loviisa 1 ja 2; käyttöluvan uusinta).

Taulukko 1. Loviisan laitosten tekniset tiedot/laitosyksikkö. (Fortum 2007)

Painevesireaktori tyypiltään	VVER-440
Sähköteho, brutto	510 MW
Sähköteho, netto	488 MW
Vuotuinen sähköntuotanto	noin 4 TWh
Kokonaishyötysuhde	34 %
Lämpöteho	1 500 MW
Polttoaineniippujen lukumäärä	313 kpl
Vuosittain vaihdettava polttoainemäärä	12,5 t

3.2 Olkiluoto

Teollisuuden Voima Oyj sai vuonna 1973 myöntävän vastauksen eduskunnalta uuden ydinvoimayksikön rakentamiselle Olkiluotoon, Eurajoelle. Vuonna 1974 aloitettiin Olkiluodon ensimmäisen yksikön (OL1) rakentaminen. Laitosyksikön toimittajana toimi ruotsalainen AB ASEA-ATOM (nykyinen Westinghouse Atom AB). Jo seuraavana vuonna Olkiluoto 1-yksikön viereen aloitettiin toisen ydinvoimalayksikön Olkiluoto 2-yksikön (OL2) rakentaminen yhteistyössä saman ruotsalaisen toimittajan kanssa. 1970-luvun lopulla Olkiluodon ensimmäinen yksikkö otettiin kaupalliseen käyttöön ja kolme vuotta myöhemmin Olkiluoto 2 saatiin samaan vaiheeseen. (Vuorinen et al 1983, 77–78)

Molemmat yksiköt Olkiluoto 1 ja 2 ovat tyypiltään kiehutusvesireaktoreita (BWR), joissa polttoaineena käytetään rikastettua uraania, jota hankitaan pääosin Kanadasta ja Australiasta. Kanadassa tuotettu uraanirikaste yleensä myös puhdistetaan ja konvertoidaan Kanadassa. Väkevointiä varten uraani kuljetetaan Eurooppaan. Väkevöinnin jälkeen se valmistetaan polttoainenuipiksi joko Saksassa, Espanjassa tai Ruotsissa (Energiateollisuus 2006, Hyvä tietää uraanista, 16). Nettosähköteho laitosyksikköä kohden on 850 MW, mikä on esitetty taulukossa 2 muiden teknisten tietojen ohella.

Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 käyttöluvut ovat voimassa vuoteen 2018, mutta mikäli käyttöluvut uusitaan hyväksytysti, niin tämän hetkisten arvioiden mukaan Olkiluodon ydinvoimalayksiköiden on laskettu poistuvan käytöstä vuoden 2040 tienoilla, mikä vaikuttaa huomattavasti Suomen sähköntuotantokapasiteettiin, sillä yksistään Olkiluoto 1 ja 2 tuottavat tällä hetkellä Suomessa käytetystä sähköstä noin kuudesosan. (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 48)

Taulukko 2. Olkiluodon laitosten tekniset tiedot/laitosyksikkö (Säteilyturvakeskus 2004).

Kiehutusvesireaktori tyypiltään	BWR
Sähköteho, brutto	870 MW
Sähköteho, netto	850 MW
Vuotuinen sähköntuotanto	noin 7 TWh
Kokonaishyötysuhde	33 %
Lämpöteho	2 500 MW
Polttoainenuippujen lukumäärä	500 kpl

4 RAKENTEILLA OLEVAT YDINVOIMALAHANKKEET

Suomessa on meneillään kaksi ydinvoimaa koskevaa hanketta, joista molemmat sijaitsevat Eurajoella Olkiluodossa. Toinen hanke koskee Teollisuuden Voiman viidettä ydinvoimalayksikköhanketta, jonka rakennusvaiheet eivät ole edennyet täysin suunnitelmien mukaisesti. Olkiluodossa on lisäksi Posivan Onkalonrakennushanke, jossa suunnitellaan ja tutkitaan tulevaa käytetyn ydinpolttoaineen ja – jätteen loppusijoituspaikkaa.

4.1 Olkiluoto 3

Valtioneuvosto antoi tammikuussa 2002 myönteisen periaatepäätöksen TVO:lle uuden ydinvoimalayksikön rakentamiseksi Olkiluotoon kahden aikaisemman ydinvoimalayksikön läheisyyteen. Eduskunta vahvisti päätöksen toukokuussa 2002, jonka jälkeen vuonna 2005 aloitettiin Olkiluoto 3-yksikön (OL3) rakentaminen. Rakenteilla oleva laitos on tyypiltään painevesireaktori (EPR), joka on sähköteholtaan noin 1600 MW:n suuruinen ja tekniseltä käyttöikänsä 60 vuotta. Yksikön toimittaa ranskalais-saksalainen AREVA NP:n (aiemmin Framatome ANP) ja Siemensin muodostama konsortio avaimet käteen – toimituksena. TVO:lla on luvanhaltian velvoitteet ja muutamia muita velvoitteita, kuten veden ja sähkön toimitus (Teollisuuden Voima 2007, 28). Alustavan suunnitelman mukaan voimalaitoksen oli tarkoitus valmistua vuonna 2009, mutta tämän hetkisten aikataululaskelmien mukaan laitos saataneen käyttöön vasta kesällä 2012.

4.1.1 Hankkeen viivästyminen

Julkisuuteen on annettu huomattava määrä tietoa viivästyamiseen johtuvista syistä, joita ovat olleet muun muassa suunnittelutyön pidentynyt aika ja OL3 rakentamisen aikana havaitut yli tuhat turvallisuuspuutetta. Teollisuuden Voiman ja Areva-Siemensin laadunvalvontatarkastusten tuloksena oli vuonna 2007 raportoitu noin tuhatviisisataa tapausta eli laatupoikkeamaa, joissa rakenteiden ja toiminnan laatu ei vastannut asetettuja vaatimuksia. Laatupoikkeamat luokitellaan tuote- ja toimintapoikkeamiin, joista pääosa tuotepoikkeamista oli vähäisiä ja helposti korjattavia, kuten ultraäänitarkastuksessa havaittu

hitsausvirhe, joka korjataan avaamalla hitsi ja hitsaamalla se uudelleen. Teollisuuden voiman ja Säteilyturvakeskuksen raportoimia tuotepoikkeamia ovat olleet muun muassa liian suuri veden osuus pohjalaatan betonissa, pääkiertoputkien materiaalin liian suuri raekoko ja turbiinirakennuksen suunnitteluvirheet. Merkittävien poikkeamien kohdalla tuote on korjattu tai valmistettu kokonaan uudelleen, kuten pääkiertoputkistojen tapauksessa tehtiin. (Säteilyturvakeskus 2007)

Toimintapoikkeamia ovat yhtiöiden laadunhallinnassa havaitut puutteet, kuten henkilöiden tai organisaatioiden pätevyuden osoittaminen asianmukaisin todistuksin. Töitä ei ole lisäksi tehty uusimpien lopullisesti hyväksytyjen suunnitteluaineistojen ja valmistusohjeiden perusteella, vaan on käytetty vanhempia versioita samoista asiakirjoista. Toimintapoikkeamien kohdalla on yleensä vaadittu puutteiden korjaamista. (Säteilyturvakeskus 2007)

4.1.2 Rahoituskriisi

Teollisuuden Voimalla on sopimus, jonka mukaan Areva-Siemens-konsortio toimittaa ydinvoimalan Teollisuuden voimalle kolmella miljardilla eurolla, avaimet käteen periaatteella. Tällä hetkellä hankkeen hinnaksi on kuitenkin arvioitu jo huikeat 4,7 miljardia euroa ja kysymys kuuluu: Kuka tämän kaiken maksaa? Areva-Siemens syyttää Teollisuuden Voimaa hidastelusta ja vaatii TVO:lta vahingonkorvauksia kahden miljardin euron edestä. Teollisuuden Voima puolestaan syyttää hankkeen viivästymisestä Areva-Siemensia ja hakee tältä 2,4 miljardin euron korvausvaatimuksia. Tämä tarkoittaisi sitä, että Olkiluoto 3 tulisi maksamaan Areva-Siemensille sopimuksessa mainitun 3 miljardin euron jälkeen ylimääräiset 4,1 miljardia euroa, mikäli Teollisuuden Voiman korvaushakemus saisi oikeudessa myönteisen päätöksen. (Kankare 2009, 6-7)

4.2 Käytetyn polttoaineen loppusijoitus

Kun Suomessa aloitettiin ensimmäiset ydinvoimahankkeet, oli tarkoituksena, että käytetty polttoaine siirrettäisiin ulkomaille loppusijoitettavaksi tai kierrätyskäyttöön. Myöhemmin

tehdyn lakiuudistuksen myötä määrättiin, että Suomessa käytetty polttoaine tulee loppusijoittaa Suomeen. Tämän seurauksena perustettiin Posiva.

4.2.1 Historia

Käytetyn polttoaineen loppusijoitusvalmistelut aloitettiin samoihin aikoihin kun Suomessa otettiin ensimmäiset ydinvoimalaitokset käyttöön. Alustavien suunnitelmien mukaan käytetty polttoaine tuli sijoittaa ulkomaille. Lisätavoitteeksi määrättiin ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyölle, että Suomessa tulisi varautua loppusijoittamaan käytetty polttoaine noin vuodesta 2020 lähtien. (Posiva 2009, Paikanvalinta: loppusijoitus Olkiluotoon)

Aluseulontatutkimuksia tehtiin Suomessa vuosina 1983–1985, joiden jälkeen alustavia paikkatutkimuksia tehtiin seuraavat kuusi vuotta. Tämän jälkeen päästiin etenemään yksityiskohtaisempiin jatkotutkimuksiin neljällä eri paikkakunnalla, jotka olivat Kuhmon Romuvaara, Äänekosken Kivetty, Eurajoen Olkiluoto ja Loviisan Hästholmen. Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) tehtiin näille neljälle paikkakunnalle. (Posiva 2009, Paikanvalinta: loppusijoitus Olkiluotoon)

Vuonna 1994 Suomeen tuli lainmuutos, missä määrättiin: "Ydinjätteet, jotka ovat syntyneet Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena, on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen." (Laki ydinenergiain muuttamisesta 1994). Tämän jälkeen vuonna 1999 Posiva jätti valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen loppusijoituslaitoksen sijoittamisesta Eurajoen Olkiluotoon. (Posiva 2009, Paikanvalinta: loppusijoitus Olkiluotoon)

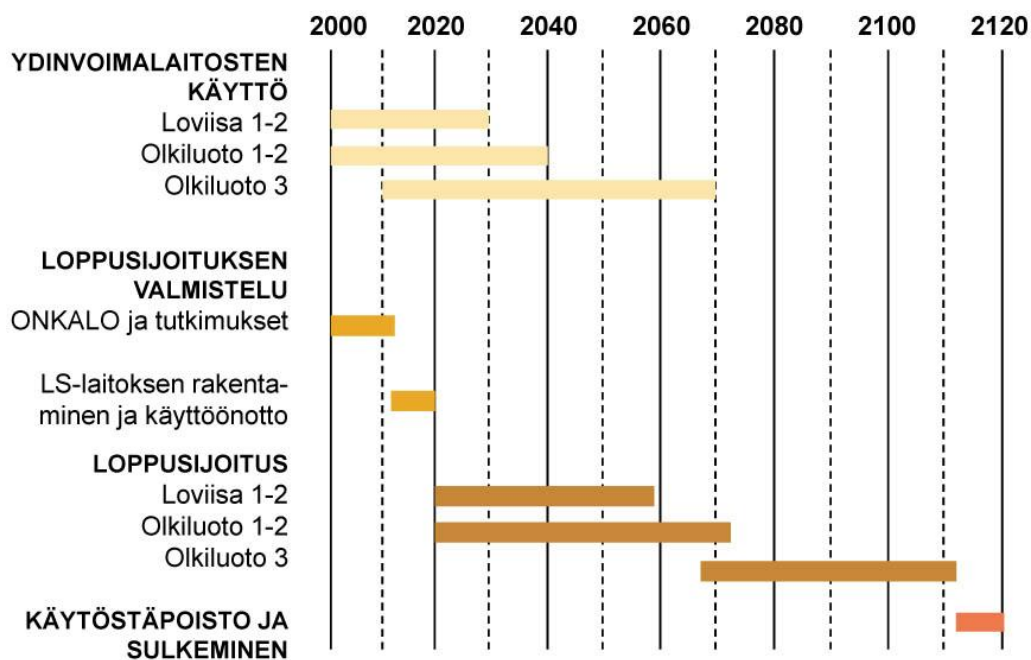
4.2.2 Posiva Oy

Posiva Oy on vuonna 1995 perustettu ydinjäteasiantuntijaorganisaatio, josta Teollisuuden Voima omistaa 60 % ja Fortum 40 %. Posiva vastaa omistajiensa käytetyn polttoaineen loppusijoituksesta, siihen liittyvistä tutkimuksista, loppusijoituskohteiden rakentamisesta ja

käytöstä sekä laitoksen sulkemisesta käytön jälkeen. Lisäksi yhtiö tarjoaa omistajilleen ja muille ydinjätehuollon asiantuntijapalveluita. (Posiva 2009, Posiva Oy)

Taulukossa 3 on esitetty Posivan tekemä aikataulusuunnitelma ydinpolttoaineen loppusijoituksen valmisteluista ja toteuttamisesta. Tällä hetkellä Posiva rakentaa maanalaista kallioperän tutkimustilaa onkaloa, jossa suoritetaan tutkimuksia, joilla hankitaan tarkentavaa tietoa loppusijoitustilojen suunnittelua ja rakentamista varten, sekä testataan loppusijoitustekniikkaa. Vuoden 2009 loppuun mennessä Onkalo louhitaan loppusijoitussyvyydelle 490 metriin. Tavoitteena on jättää loppusijoituslupahakemus vuonna 2012 ja aloittaa loppusijoitus vuonna 2020. (Teollisuuden Voima Oyj & Posiva Oy, 18–19)

Taulukko 3. Loppusijoituksen kokonaisaikataulu. (Posiva 2009, Loppusijoituksen kokonaisaikataulu)



5 SUUNNITTEILLA OLEVAT YDINVOIMALAT

Vuoden 2009 alkuun mennessä valtioneuvostolle on jätetty kolme periaatepäätöshakemusta uusien ydinvoimalayksiköiden rakentamiseksi. Teollisuuden Voima, jolla on jo kaksi toiminnassa olevaa yksikköä ja kolmas on rakenteilla, hakee Olkiluotoon neljättä yksikköä (OL4). Fortum on jättänyt hakemuksen Loviisa 3-yksiköstä (LO3), joka tulisi kahden jo toiminnassa olevan yksikön jatkoksi. Kolmas lupahakemuksen jättäjä on uusi hakija, Fennovoima. Taulukossa 4 on esitetty ydinvoimalan rakentamiseen vaadittava päätöksentekoprosessi.

Taulukko 4. Päätöksentekoprosessi. (Energieollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 21)

YDINLAITOSTEN RAKENTAMISEEN VAADITTAVA PÄÄTÖKSENTEKOPROSESSI <i>Ydinlaitos voi olla esimerkiksi voimalaitos tai ydinjätteiden loppusijoituslaitos.</i>
1. Hankkeen toteuttaja tekee ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) ydinlaitoksen rakentamisesta ja käytöstä.
2. Hankkeen toteuttaja jättää ydinenergialain mukaisen periaatepäätöshakemuksen valtioneuvostolle.
3. Valtioneuvosto pyytää alustavan turvallisuusarvion Säteilyturvakeskukselta ja lausunnon kunnalta, johon laitos aiotaan sijoittaa. Kunnalla on veto-oikeus laitosta vastaan. Lisäksi valtioneuvosto pyytää lausunnot useilta muilta viranomaisilta ja asiaan vaikuttavilta tahoilta sekä järjestää kuulemistilaisuudet suunnitellun laitospaikkakunnan ja naapurikuntien asukkaille. Päätöksen valmistelusta vastaa kauppa- ja teollisuusministeriö.
4. Valtioneuvosto tekee periaatepäätöksen siitä, onko laitoksen rakentaminen yhteiskunnan kokonaisedun mukaista ja alistaa mahdollisen myönteisen periaatepäätöksen eduskunnan vahvistettavaksi.
5. Jos eduskunta vahvistaa valtioneuvoston periaatepäätöksen, hankkeen toteuttaja hakee ydinenergialain mukaista rakentamislupaa valtioneuvostolta. Valtioneuvosto pyytää tarvittavat viranomaislausunnot ja päättää rakentamisluvan myöntämisestä.
6. Rakentamisen loppuvaiheessa hankkeen toteuttaja hakee laitokselle ydinenergialain mukaista käyttö lupaa. Saatuaan tarvittavat viranomaislausunnot valtioneuvosto päättää käyttö lupan myöntämisestä laitokselle.

5.1 Olkiluoto 4

Teollisuuden voima jätti huhtikuussa 2008 valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen neljännen ydinvoimalan rakentamisesta Olkiluotoon. Voimalaitos tulisi olemaan sähköteholtaan 1000–1800 MW:n suuruinen ydinvoimalaitosyksikkö. Yksikkö on suunniteltu rakennettavaksi Olkiluotoon kolmen edeltävän yksikön läheisyyteen kuvan 2 mukaisesti. Teollisuuden Voiman hakemalle neljännelle yksikölle on valmiiksi kaavoitettu

ja hyväksytty alue, hyvät jäähdytysolosuhteet, kantaverkkoyhteydet toteutettavissa luotettavasti ja hyvät kuljetusyhteydet. (Teollisuuden Voima 2008, OL4-lehti). Yksikön ydinjätteet ja käytetty polttoaine tultaisiin loppusijoittamaan Olkiluotoon Posivan rakentamiin loppusijoitustiloihin.



Kuva 2. Suunnitelma kuva Olkiluodon neljännen laitosyksikön sijainnista. (Teollisuuden Voima 2008, OL4-lehti)

Teollisuuden Voima hakee periaatepäätöshakemusta laitosyksikölle, joka on joko kiehutusvesi- tai painevesityyppinen kevytvesireaktori. Teollisuuden Voima on esitellyt hakemuksessaan viisi eri laitosvaihtoehtoa, jotka on esitelty taulukossa 5. Kaikki laitosvaihtoehdot täyttävät Suomen vaatimat ydinturvallisuusmääräykset. (Teollisuuden Voima 2008, OL4-lehti)

Taulukko 5. Olkiluoto 4:n laitosvaihtoehdot. (Teollisuuden Voima 2008, Olkiluoto 4-Laitostyyppivaihtoehdot, 2)

Tyyppi	Malli	Sähköteho	Toimittaja	Alkuperämaa
Kiehutus- vesi- reaktorit	ABWR	n. 1 650 MW	Toshiba- Westinghouse	Japani-Ruotsi
	ESBWR	n. 1 650 MW	GE-Hitachi	Yhdysvallat
Paine- vesi- reaktorit	APR1400	n. 1 450 MW	KHNP	Etelä-Korea
	APWR	n. 1 650 MW	Mitsubishi	Japani
	EPR	n. 1 650 MW	AREVA	Ranska-Saksa

5.2 Fennovoima

Fennovoima on vuonna 2007 perustettu energiayhtiö, jonka tavoitteena on rakentaa Suomeen uutta ydinvoimaa. Euroopan toiseksi suurin ulkomainen ydinvoimayhtiö E. ON Nordic omistaa Fennovoimasta 34 % ja tuo ydinalan asiantuntemustaan Fennovoiman hankkeeseen. (Fennovoima, Fennovoima)

Tammikuussa 2009 Fennovoima jätti valtionneuvostolle periaatepäätöshakemuksen ydinvoimalayksikön rakentamiseksi. Ydinvoimala on suunniteltu rakennettavaksi Pyhäjoelle, Simoon tai Ruotsinpyhtäälle kuvien 3, 4 ja 5 mukaisesti. Näistä kohteista kaavoitus on aloitettu jo Simoon ja Pyhäjoelle. Ydinvoimala tulisi suunnitelmien mukaan kaupalliseen käyttöön vuonna 2020. (Fennovoima, YVA)



Kuva 3. Pyhäjoen Hanhikivi, EPR. (Fennovoima, Laitospaikan valinta)



Kuva 4. Ruotsinpyhtään Gäddebergsö, SWR. (Fennovoima, Laitospaikan valinta)



Kuva 5. Simon Karsikko, ABWR. (Fennovoima, Laitospaikan valinta)

Fennovoima esittää kolmea ydinvoimalaitostyyppiä, jotka olisivat teholtaan 1500–2500 MW, jolloin voimalaitokseen tarvittaisiin yksi iso yli 1500 MWe reaktori tai vaihtoehtoisesti kaksi pienempää alle 1500 MWe reaktoria. Fennovoiman mukaan valitut laitostyypit ovat Areva NP -yhtiön EPR ja SWR-1000 sekä Toshiba-yhtymän ABWR. Kaikki laitosvaihtoehdot edustavat jo koeteltua tekniikkaa. Arevan EPR on sähköteholtaan noin 1700 megawatin painevesireaktori, jollaisia on rakenteilla Suomessa ja Ranskassa. Arevan SWR-1000 on sähköteholtaan noin 1250 MW:n kiehutusvesireaktori, joka perustuu koeteltuun saksalaiseen kiehutusvesireaktoritekniikkaan. Toshiba ABWR on sähköteholtaan noin 1600 MW:n kiehutusvesireaktori, jota on rakennettu mm. Japanissa. (Fennovoima, Laitostyyppin valinta)

Lain mukaan ydinjätteitä ei saa viedä pois Suomesta ja Posiva ei ole halukas varastoimaan muiden kuin omistajiansa TVO:n ja Fortumin ydinjätteitä, eikä valtiovallalla ole oikeutta määrätä yritystä avaamaan ovia ilman tuomioistuimen päätöstä (Haukkasalo 2009, 2-3). Tämä tarkoittaa sitä, että Fennovoiman tulee luoda omat loppusijoitustilat, joiden tutkinnan ja rakentamisen toteuttamisesta tulisi sille koitumaan huomattavia lisäkustannuksia.

5.3 Loviisa 3

Fortum Power and Heat jätti periaatepäätöshakemuksen Loviisa 3 ydinvoimalayksikön rakentamiseksi helmikuussa 2009. Yksikkö rakennettaisiin Hästholmenin saarelle Loviisaan kahden edellisen ydinvoimalaitosyksikön eteläpuolelle. Suunnitelmien mukaan uuden voimalaitoksen rakentaminen aloitettaisiin vuonna 2012 ja voimalaitos tulisi käyttöön vuonna 2020. Yksikön käyttöikä on suunnitelmien mukaan 60 vuotta. (Fortum 2009)

Loviisa 3 tulisi olemaan sähköteholtaan 1000–1800 MW yksikkö ja periaatepäätöshakemuksessa on esitelty viisi eri laitosvaihtoehtoa. Fortumin omistamalla alueella on valmiiksi kaavoitettu paikka Loviisa 3-yksikölle, sekä alueelle on tehty laaja ympäristövaikutusten arvio, joka osoittaa, että alueelle voidaan rakentaa uusi ydinvoimala ilman maanomistus- ja suojavyöhykemuutoksia. Alla olevassa kuvassa on suunnitelmakuva, jossa ilmenee Loviisa 3-yksikölle suunniteltu paikka. (Fortum 2009)



Kuva 6. Suunnitelmakuva Loviisa 3:n sijainnista (Fortum 2007, 13)

Loviisa 3-yksikköä suunnitellaan siten, että se mahdollistaa sähkön ja lämmön yhteistuotannon. Loviisa sijaitsee lähellä pääkaupunkiseutua, joka luo mahdollisuudet lauhdutusveden hyödyntämiseen kaukolämpönä. Fortum on kiinnostunut neuvottelemaan sähköyhtiöiden kanssa mahdollisesta yhteistuotannosta, mutta tähän mennessä neuvottelut ovat olleet vasta suunnitteluasteella. (Fortum 2009)

Uuden ydinvoimalaitosyksikön vähä- ja keskiaktiiviset jätteet on suunniteltu sijoitettavaksi Hästholmenin saarelle hyödyntäen jo olemassa olevia ratkaisuja ja laajentamalla nykyistä varastotilaa. Käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan Olkiluotoon Eurajoelle, missä Posiva Oy huolehtii loppusijoituksen toteuttamisesta. Posiva on jättänyt ympäristövaikutusten arviointi-selonteon loppusijoitustilojen laajentamiseksi Loviisan kolmatta yksikköä varten. (Fortum 2009)

6 YDINVOIMAN KANNATTAVUUS

Ydinvoimalla tuotetun sähkön hintaa arvioidessa on otettava huomioon investointikustannukset sekä käyttö- ja kunnossapitokustannukset, joihin on sisällytetty käytön jälkeiset kustannukset eli ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistokustannukset, sekä käytetyn ydinpolttoaineen käsittely- ja loppusijoituskustannukset. Kasvihuonekaasupäästörajoitusten vaikutusta ei tarvitse huomioida, sillä niistä ei aiheudu mitään lisäkustannuksia ydinvoiman kohdalla. (Tarjanne & Kivistö 2008, 3-6)

Laskuissa käytetty ydinvoimala on malliltaan kevytvesireaktori, jonka tehoksi on valittu 1500 MW, joka vastaa nykyisiä suuria ydinvoimaloita. Tässä laskelmassa ydinvoimahankkeen investoinnit on laskettu siten, että laitos rakennettaisiin uuteen sijoituspaikkaan. Laitoksen hyötysuhteeksi on valittu 37 %. Ydinvoimaloiden huipun käyttöajat ovat olleet Suomessa normaalisti yli 8000 tuntia vuodessa (h/a) ja yläneet jopa 8400 tuntiin, minkä perusteella laskelmissa on käytetty 8000 h/a. Tämä vastaa 91,3 % käyttökerrointa. (Tarjanne & Kivistö 2008, 3-6)

Ydinvoimalan sähköntuotantokustannuksia on verrattu maakaasukombilauhde-, kivihuililauhde-, turvelauhde- ja puulauhdevoimalaitokseen sekä tuulivoimaan. (Tarjanne & Kivistö 2008, 2)

6.1 Lähtötiedot

Merkittävin osa ydinvoimalan kustannuksista koostuu investointi- eli pääomakustannuksista. Viime vuosina rakennus- ja materiaalikustannusten hinnat ovat nousseet merkittävästi, mikä on lisännyt osaltaan ydinvoimahankkeiden investointikustannusten kasvua. Laskuissa käytetyt investointikustannukset sisältävät rakennusaikaiset korot ja omistajan kaikki kustannukset, mutta investointikustannukset eivät sisällä arvolisäveroa. Investointikustannukset ovat siten avaimet käteen-periaatteella toimitetun ydinvoimalahankkeet kokonaishinta kaupallisen käyttöön oton alkuhetkellä. Hankeelle on käytetty kuuden vuoden rakennusaikaa. Ydinpolttoaineen alkulataus on mukana investointikustannuksissa. Näillä alkuoletuksilla investointikustannukset

rakennusaikaisine korkoineen on 4,125 miljardia euroa, mikä vastaa 2750 €/kW. (Tarjanne & Kivistö 2008, 3-6)

Ydinvoimalan käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin on sisällytetty laitoksen ylläpitoinvestoinnit ja ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistokustannukset sekä käytetyn ydinpolttoaineen käsittely- ja loppusijoituskustannukset. Käytön jälkeisistä toimenpiteistä ja käytetyn polttoaineen loppusijoittamisesta aiheutuvat kustannukset on huomioitu etukäteen ydinsähkön hinnassa. Polttoainekustannuksia ei ole huomioitu käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa, vaan ne ovat erillisenä osa-alueena. Käyttö- ja kunnossapitokustannuksien arvoksi on saatu 10,0 €/MWh, kun laitoksen vuotuinen huipunkäyttöaika on 8000 tuntia. (Tarjanne & Kivistö 2008, 3-6)

Polttoaineen hinnan muutoksilla ei ole merkitystä ydinvoiman kilpailukykyyn, sillä vuotuinen polttoaineen tarve on niin vähäinen, että siitä koituvat kustannukset ovat investointikustannuksiin ja muihin kuluihin verrattuina mitättömän pienet. Polttoaineen hinta muodostuu luonnonuraanin, väkevöintityön ja polttoaine-elementtien valmistuskustannuksista. Laskelmissa on käytetty polttoaineella hintana 1,85 €/MWh, tammikuun 2008 hintatason mukaisesti. (Tarjanne & Kivistö 2008, 3-6)

Nykyisillä ydinvoimalaitoksilla tekninen elinikä on noin 60 vuotta ja taloudellisena elinikänä käytetään 40 vuotta. Teknisen eliniän saavuttamiseksi laitoksella tulee suorittaa ylläpitoinvestointeja, jotka on laskuissa huomioitu käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa. (Tarjanne & Kivistö 2008, 5)

Yllä esitetyt ja muut laskuissa tarvittavat arvot on esitetty taulukossa 6. Taulukossa on lisäksi esitetty eri sähköntuotantomuotojen vastaavia arvoja.

Taulukko 6. Voimalaitosten suorituskyky- ja kustannustiedot. Hintataso 1/2008. (Tarjanne & Kivistö 2008, 6).

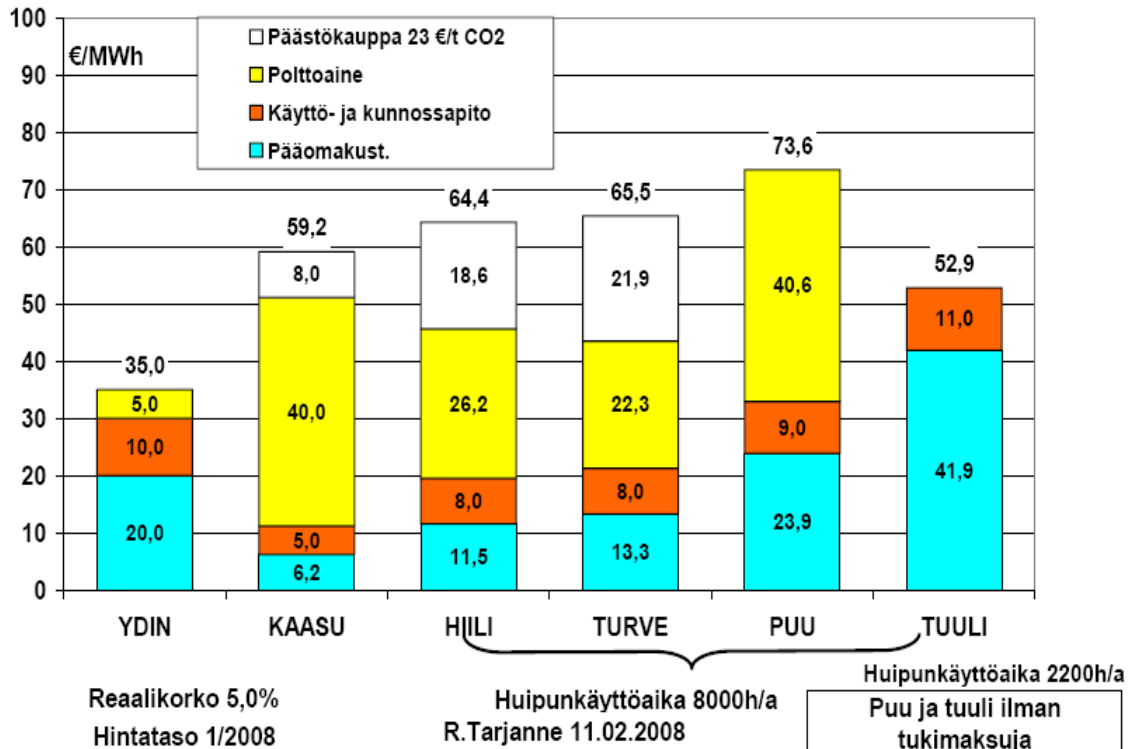
	YDIN	KAASU	HIILI	TURVE	PUU	TUULI
SÄHKÖTEHO [MW]	1500	400	500	150	30	3
VUOSIHYÖTYSUHDE	37 %	58 %	42 %	40 %	33 %	-
INVESTOINTIKUSTANNUS [milj.€]	4125	280	650	225	81	3,9
OMINAISINVESTOINTIKUSTANNUS [€/kW]	2750	700	1300	1500	2700	1300
POLTTOAINEEN HINTA [€/MWh]	1,85	23,20	11,0	8,90	13,4	-
SÄHKÖNTUOTANNON POLTTOAINEKUSTANNUS [€/MWh sähköä]	5,00	40,00	26,19	22,25	40,61	-
KÄYTTÖ- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET, KUN 8000 h/a [€/MWh]	10,00	5,00	8,00	8,00	9,00	11,00
MUUTTUVIEN K&K-KUST. OSUUS [%]	50 %	65 %	70 %	50 %	40 %	40 %
TALOUDELLINEN ELINIKÄ [a]	40	25	25	25	25	25
REAALIKORKO [%]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
ANNUITEETTITEKIJÄ [%]	5,83	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
PÄÄSTÖOIKEUDEN HINTA [€/t CO₂]	23	23	23	23	23	23
HUIPUNKÄYTTÖAIKA [h/a]	8000	8000	8000	8000	8000	2200
KÄYTTÖKERROIN [%]	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	25,1

6.2 Hintavertailu

Sähköntuotantokustannukset on laskettu annuiteettimenetelmällä, missä investoinnista aiheutuva vuotuinen pääomakustannus on laskettu tasasuurina erinä koko laitoksen taloudelliselle eliniälle. Näillä erillä maksetaan investointi korkoineen takaisin tasaerinä laitoksen taloudellisen eliniän loppuun mennessä. Laskenta on suoritettu kiinteillä hinnoilla (tammikuun 2008 hintataso) ja reaalikorkoa käyttäen. (Tarjanne & Kivistö 2008, 7)

Kullekin voimalaitostyypille on laskettu sähkön omakustannehinta ilman liikevoittoa ja siitä aiheutuvaa veroa, jolloin tulokseksi saadaan sähköntuotantokustannus. Eri voimalaitosten sähköntuotantokustannuksia on vertailtu kuvassa 7, missä ydinvoiman

tuotantokustannukset ovat 35,0 €/MWh. Tämä on huomattavan paljon pienempi arvo verrattuna muihin tuotantomuotoihin. (Tarjanne & Kivistö 2008, 9)



Kuva 7. Eri voimalaitostyyppien sähkötuotantokustannukset päästöoikeuden hinnalla 23 €/t CO₂. (Tarjanne & Kivistö 2008, 9)

Kuvan 7 sähkötuotantokustannusten vertailu on tehty päästökaupan hinnalla 23 €/t CO₂, jonka suuruudella ei ole kustannuksellista vaikutusta ydinvoiman tuotantokustannuksiin. On kuitenkin merkittävää huomata päästökaupan vaikutus kaasun, hiilen ja turpeen sähkötuotantokustannuksiin. Mitä korkeammaksi päästökaupan hintaa kasvaa, sitä kannattamattomampaa korkeapäästöisten energiamuotojen käyttäminen on ja verrattain sitä kannattavammaksi ydinsähkön tuotanto nousee.

6.3 Herkkyysanalyysi

Ydinvoiman kannattavuutta tarkastellessa on otettava huomioon muuttuvat lähtötiedot, joiden vaikutusta on tarkasteltu herkkyysanalyysissä. Näissä tarkasteluissa on laskettu hiilidioksidipäästöoikeuden hinnan, polttoainekustannusten, investointikustannusten,

taloudellisen eliniän, reaalikoron ja huipun käyttöajan muutoksen vaikutusta sähköntuotantokustannuksiin. (Tarjanne & Kivistö 2008, 11-16)

Ydinvoima on hiilidioksidivapaata sähköntuotantoa, jolloin päästökaupasta ei aiheudu sille lisäkustannuksia, vaan ainoastaan parantaa sen kilpailukykyä päästöoikeuksia vaativien tuotantomuotojen rinnalla. Toinen lähes merkityksetön tekijä on polttoaineen hinnan muutos. Vaikka ydinpolttoaineen hinta nousisi 50 prosenttia, sen tuotantokustannukset nousisivat vain 2,5 €/MWh, mikä on huomattavan paljon pienempi kuin esimerkiksi samassa tilanteessa olevalla kaasulla hinnan korotus olisi 20 €/MWh. (Tarjanne & Kivistö 2008, 12-13)

Investointikustannusten ja taloudellisen eliniän muutosten vaikutus on vähäinen. Jos ydinvoiman investointikustannukset kasvaisivat 20 prosenttia, niin ydinsähkön tuotantokustannukset nousisivat noin 5 €/MWh, joka hiilellä vastaavassa tilanteessa olisi noin 2 €/MWh. Ydinvoiman investointikustannukset, suhteutettuna sähkön tuotantokustannuksiin, ovat kuitenkin hiili- ja kaasuvoimaloihin verrattuna huomattavan paljon alhaisemmat, jolloin sen kannattavuus ei kärsi suuristakaan investointikustannusten lisäyksestä. (Tarjanne & Kivistö 2008, 11,15)

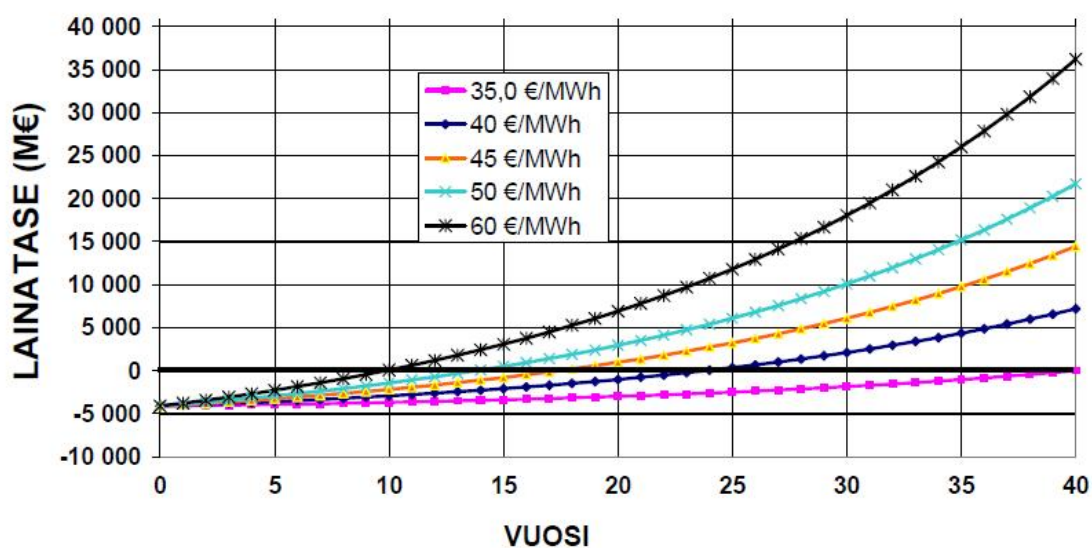
Reaalikoron ja huipun käyttöajan muutoksella on suurin vaikutus ydinvoiman kilpailukykyyn, mikäli ne muuttuvat merkittävästi. Jos reaalkorko nousee laskuissa käytetystä 5 prosentista 15 prosenttiin, ydinvoiman sähköntuotantokustannukset kasvaisivat kaasun tasolle. Tämän rajan alapuolella pysyttäessä ydinvoima kannattavuus pysyy kannattavimpana tuotantomuotona. Huipun käyttöajan pudotessa alle 4000 h/a tullaan samaan tilanteeseen kuin reaalikoron kohdalla. (Tarjanne & Kivistö 2008, 14,16)

6.4 Takaisinmaksu

Ydinvoiman kannattavuutta voidaan tarkastella edellä esitettyjen kannattavuustarkastelujen lisäksi tarkastelemalla yksinään ydinvoimainvestoinnin kannattavuutta siten, että investoinnilla saavutetut tuotot perustuvat sähkön markkinahintaan. (Tarjanne & Kivistö 2008, 17)

Uuden 1500 MW ydinvoimalan alkuinvestointi on 4,125 miljardia euroa (2750 €/kW) ja taloudellinen elinikä 40 vuotta. Laitoksen vuotuiset kustannukset muodostuvat polttoainekustannuksista (5 €/MWh) sekä käyttö- ja kunnossapitokustannuksista (10 €/MWh), mitkä tekevät yhteensä tuotettua sähköenergiaa kohti laskettuna 15 €/MWh. Laitoksen vuosituotanto on 12 TWh, mistä aiheutuu 180 miljoonan euron vuotuiset kustannukset. (Tarjanne & Kivistö 2008, 17)

Ydinvoiman tuotot muodostuvat sähkön myyntituloista. Kuvassa 8 on tarkasteltu voimalaitosinvestoinnin takaisinmaksua sähkön hinnoilla 35–70 €/MWh. Kun vuosituotto, 12 TWh, myydään esimerkiksi kuvassa 8 esitetyllä 35 €/MWh hinnalla, saadaan vuotuisiksi myyntituloiksi noin 420 miljoonaa euroa. Tällöin 4,125 miljardin investointi maksaa itsensä takaisin 40 vuodessa. (Tarjanne & Kivistö 2008, 18-19) Kuvasta 8 on havaittavissa, että mitä korkeammaksi sähkön hinta nousee, sitä pienemmäksi muuttuu ydinvoimalan takaisinmaksuaika ja sitä kannattavamiksi ydinsähköntuotanto tulee.



Kuva 8. Ydinvoimainvestoinnin takaisinmaksupiirros eri sähkön hinnoilla. (Tarjanne & Kivistö 2008, 18).

6.5 Johtopäätökset

Ydinvoima on kokonaiskustannuksiltaan edullisin tapa tuottaa pitkän käyttöajan omaavaa perusvoimaa. Ydinvoimalla ei ole rasitteena päästöoikeuksia, joihin ennustetaan lähivuosina tulevan merkittäviä hinnan korotuksia. Tämä merkitsee suuripäästöisille

tuotantomuodoille suurta tuotantokustannusten kasvua, mikä puolestaan parantaa ydinvoiman kannattavuutta. Sähkön markkinahinnan odotetaan nousevan 2010-luvun alussa 50–60 €/MWh ja sen jälkeen edelleen korkeammalle muun muassa päästöoikeuksien hintojen noustessa (Tarjanne & Kivistö 2008, 20), ja mitä korkeammalle nämä hinnat nousevat sitä kannattavampaa ydinvoima on.

Ydinvoiman tuotantokustannukset ovat vakaat ja hyvin ennustettavissa johtuen ydinvoiman kustannusrakenteesta ja ydinpolttoaineen vähäisestä tarpeesta, joka vähentää ydinvoiman kannattavuuden riippuvuutta polttoaineen hinnan muutoksiin.

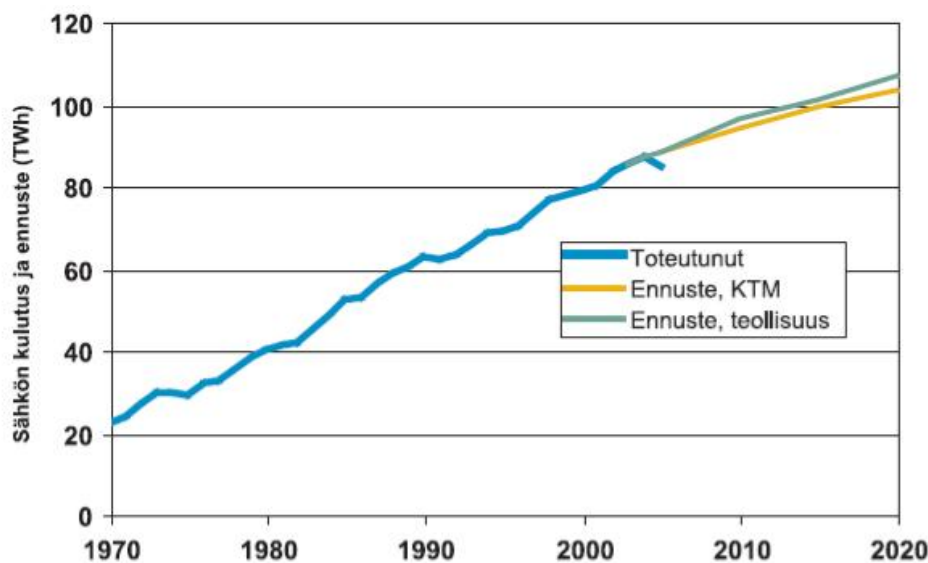
7 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Uutisissa on otsikoitu suuresti hallituksen eriäviä mielipiteitä uusien ydinvoimahankkeiden tarpeellisuudesta. Keskustapuolueen elinkeinoministeri Mauri Pekkarisen mukaan uusia yksiköitä tarvitaan korkeintaan yksi. Kokoomusta edustava Jyri Häkämies olisi puolestaan valmis antamaan luvan kaikille kolmelle luvanhakijalle. Tilanteesta ei ole vielä selkeää yksimielistä näkemystä, eikä varmasti tule koskaan olemaankaan, mutta ennustettavissa on, että hallitus ryhtyy tekemään jo ensi syksynä päätöksiä ydinvoimahankkeiden kohtalosta. (MTV3 2009).

Ydinvoiman lisärakentaminen vähentää sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjä, pienentää sähkön tuontiriippuvuutta, on edullista muihin tuotantovaihtoehtoihin verrattuna, soveltuu hyvin kattamaan lisääntyvän sähkönkulutuksen Suomessa ja ydinvoiman rakentamiseen ei tarvita yhteiskunnan taloudellista tukea. (Teollisuuden Voima 2008, OL4-lehti) Ydinvoiman lisärakentamisen avulla on mahdollisuus korvata saastuttavat hiilivoimalat, tuontisähkö ja aikanaa Loviisassa vanhentuvat ydinvoimalat (MTV3 2009), sekä paikata tulevaisuuden sähkönkulutuksen kasvun vaatimaa energiantuotantoa.

7.1 Sähkönkulutuksen kasvu

Teollisuudessa tehtyjen arvioiden mukaan Suomen sähkönkulutus tulee nousemaan 96–97 TWh:iin vuonna 2010 ja edelleen 106–107 TWh:iin vuonna 2020. Kauppa- ja teollisuusministeriön kasvuarvion mukaan kasvu olisi hieman alhaisempi, noin 94 TWh vuonna 2010 ja 103 TWh vuonna 2020. Vuonna 2006 tehdyssä kasvuarviossa on arvioitu suurimman kasvun tapahtuvan teollisuus- ja palvelupuolella sekä muilla sektoreilla kulutuksen on arvioitu kasvavan jonkin verran hitaammin. (Energiateollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 4). Kuvassa 9 on esitetty aikaisempien vuosien sähkönkulutuksen nousujohdanteinen käyrä ja arvio vuoteen 2020 saakka.

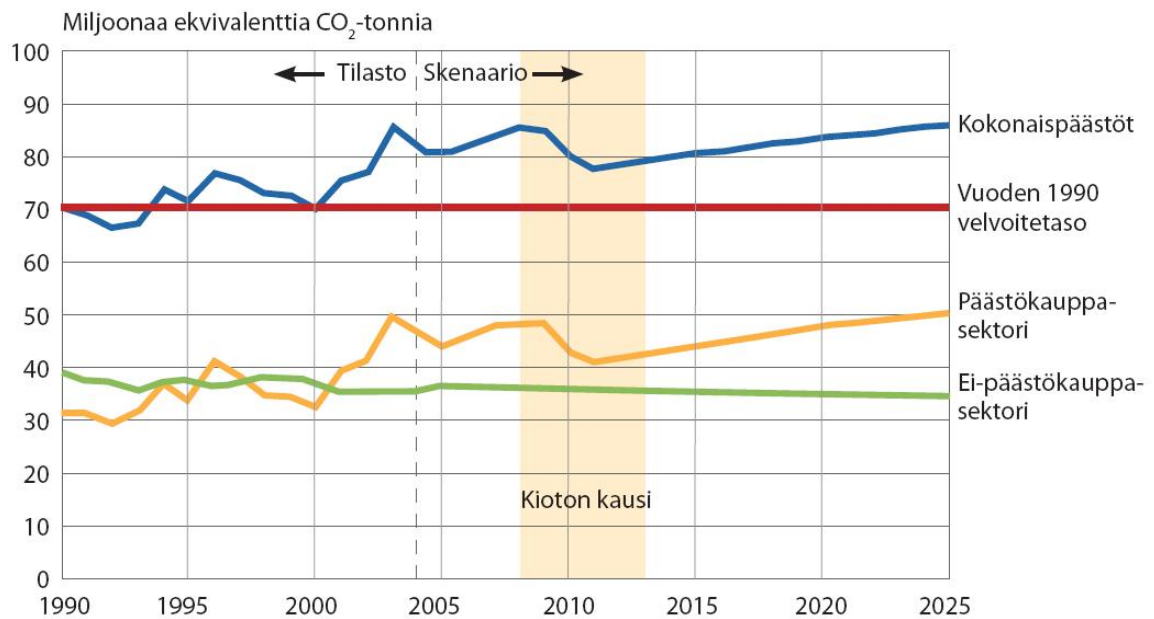


Kuva 9. Sähkön kulutus vuosina 1970–2005 ja arvioitu sähkön tarve vuoteen 2020. (Energiateollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 4)

7.2 Päästörajoitukset

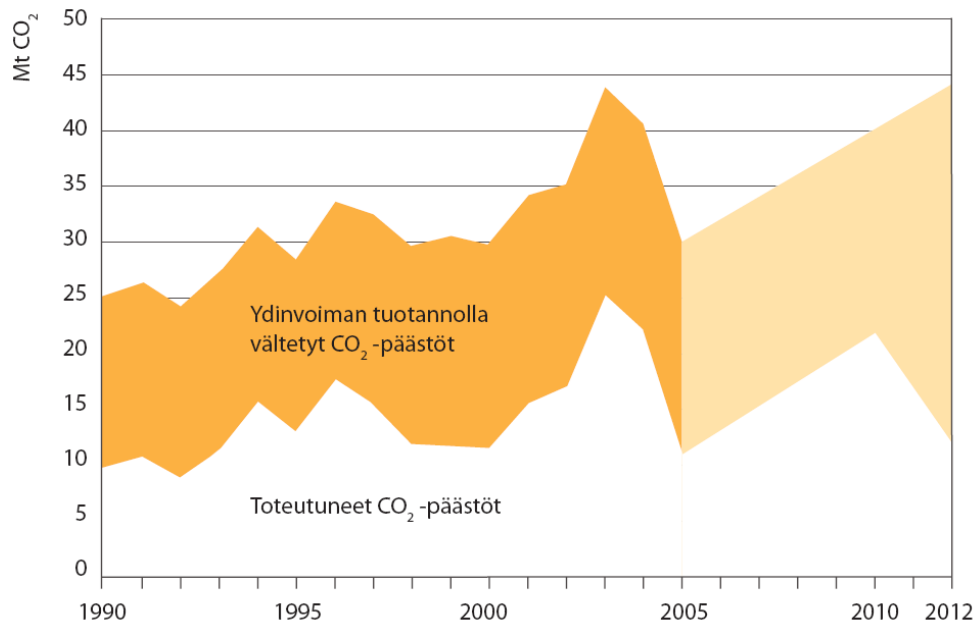
Suomi ratifioi kansainvälisen YK:n ilmastopimuksen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 31.5.1994, jonka mukaan tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasujen vakiinnuttaminen vaarattomalle tasolle (UNFCCC 2009, artikla 2). Vuonna 2005 voimaan tullut Kioton pöytäkirja on YK:n ilmastopimuksen täydennys. Sen tarkoituksena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuosina 2008–2012 5 % vuoden 1990 tasosta. (UNFCCC 2009)

Lisäksi vuonna 2008 Euroopan komissio päätti tavoitteesta, jossa vuoteen 2020 mennessä vähennetään kasvihuonepäästöjä 20 % vuoteen 1990 verrattuna. (Eurooppatiedotus 2008) Kuvassa 10 on esitetty Suomessa toteutuneet ja arvioidut kasvihuonepäästöt vuosina 1990–2025.



Kuva 10. Suomessa toteutuneet ja arvioidut kasvihuonepäästöt vuosina 1990–2025. (Energiateollisuus 2007, 13)

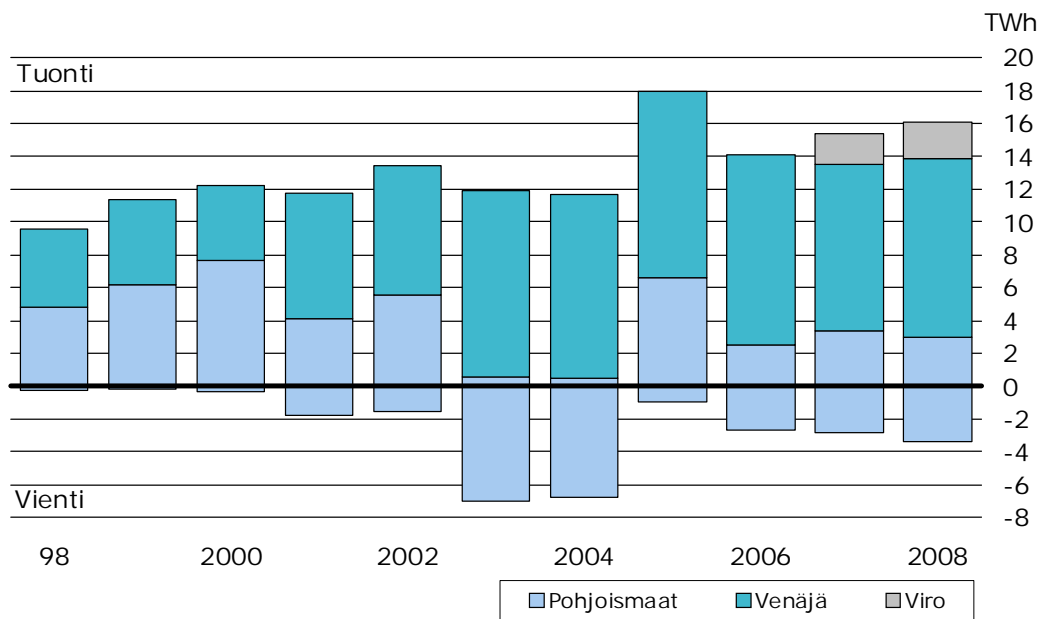
Ydinvoimalla on huomattava merkitys Suomen hiilidioksidipäästöjen vähentäjänä. Ilman nykyisiä käytössä olevia ydinvoimaloita Suomen hiilidioksidipäästöt olisivat noin 20 miljoonaa tonnia suuremmat. Yksistään Olkiluoto 3-ydinvoimalaitosyksikön käyttöönoton myötä hiilidioksidipäästöt vähenevät 8-10 miljoonaa tonnia vuodessa. Olkiluoto 3:n ansiosta säästyy vuosittain pelkästään päästöoikeuksia 160–200 miljoonan euroa. Kuvassa 11 on esitetty ydinvoiman vaikutusta hiilidioksidipäästöjen vähentäjänä vuodesta 1990 alkaen. (Energiateollisuus 2007, 26). Kuvassa on tehty tulevaisuuden ennustukset on tehty olettaen, että Olkiluoto 3 tulisi valmistumaan vuoden 2010 loppuun mennessä, mikä tämän hetkisten ennustuksien mukaan ei ole realistista.



Kuva 11. Toteutuneet ja arvioidut hiilidioksidipäästöt sekä ydinvoiman tuotannolla vältetyt päästöt vuosina 1990-2012. (Energiateollisuus 2007, 26)

7.3 Sähkön omavaraisuus

Suomen sähkön kokonaiskulutus oli vuonna 2008 86,9 TWh, josta Suomessa tuotetun sähkön osuus oli 74,1 TWh ja tuontisähkön määrä 12,8 TWh eli noin 15 %. Sähköä tuodaan Suomeen Venäjältä, Pohjoismaista ja Virosta. Suomesta viedään vuosittain pieni määrä sähköä pohjoismaihin. Sähkön tuonti ja vienti on esitetty kuvassa 12. (Energiateollisuus 2009, 6-11)



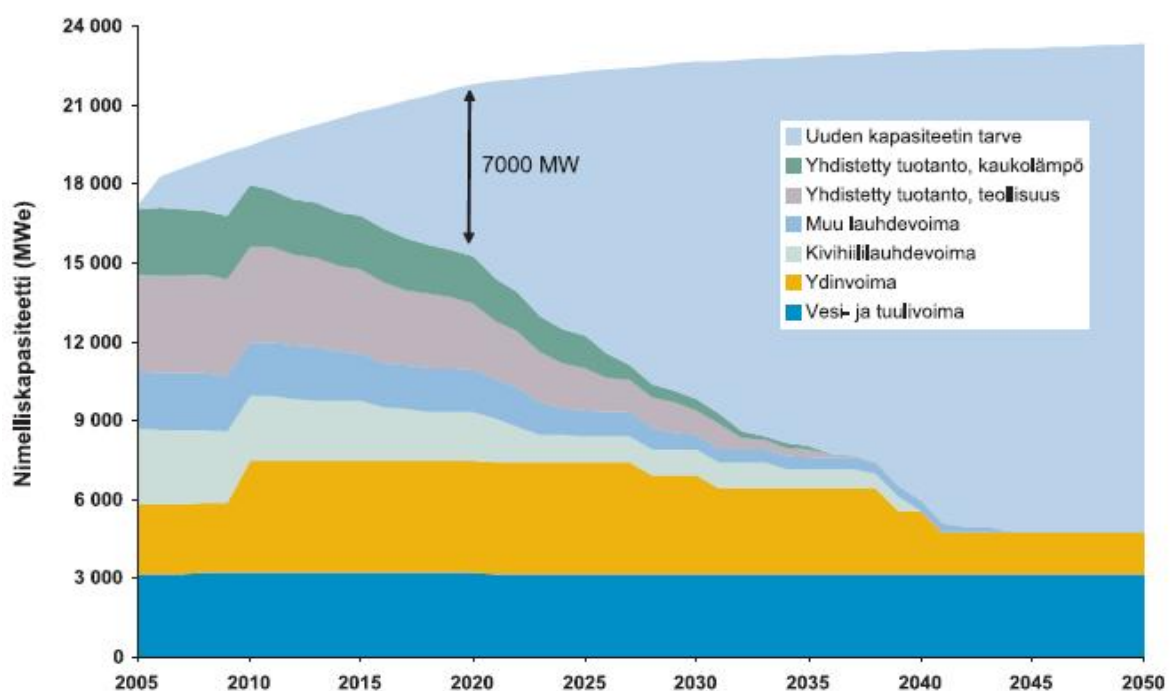
Kuva 12. Sähkön tuonti ja vienti. (Energiateollisuus 2009, 11)

Tuulivoiman lisärakentaminen, tuonnin epävarmuuden kasvattaminen Venäjältä, Virosta ja Ruotsista, erityisesti talvikausina, sekä nykyisen voimalaitoskapasiteetin ikääntyminen ja käytöstä poistuminen ympäritötekijöihin liittyvistä syistä, heikentävät huomattavasti hankintakapasiteetin käytettävyyttä ja luotettavuutta huipunkulutuksen aikana. Kaiken lisäksi tuonti Venäjältä saattaa lähivuosina käännyä vienniksi, sillä esimerkiksi Pietarin seudulla kulutus kasvaa nopeammin kuin tuotanto, jolloin Venäjän lähialueiden sähkön hankinta ei riittäne tyydyttämään oman alueen kysyntää. Ongelmana ovatkin lähivuosien kapasiteettiongelmien lisäksi pidemmän aikavälin ongelmat. Pohjoismaisen sähkömarkkinayhteistyön tavoitteena on luoda yhteinen järjestelmä, jolla varmistetaan tehon riittävyys. Tällaisen järjestelmän luomiseen ei näyttäisi toistaiseksi olevan riittäviä edellytyksiä, joten tästä syystä Suomessa on varauduttava myös kansalliseen ratkaisuun. (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 32)

Yhdellä suurella ydinvoimalalla pystyttäisiin korvaamaan tuontisähkö. Omavaraisuudella vältetään tuontisähköön liittyvät energiahuoltoriskit, kuten maamme ulkopuoliset energiakriisit, epävarmuudet energiemarkkinoiden toimivuudessa ja kasvavan kysynnän tyydyttämisestä sekä teknisten järjestelmien haavoittuvaisuus.

7.4 Tuotannosta poistuvien voimalaitosten korvaaminen

Eri tuotantomuotojen käyttösuhteet, ennusteet ja lisäkapasiteetin tarvearvio vuoteen 2050 saakka on esitetty kuvassa 13. Suomesta tulee poistumaan ydinvoimayksiköitä vuosien 2030 ja 2040 tienoilla, sekä useita muita tuotantolaitoksia. Sähkön kulutuksen kasvu ja poituvat tuotantolaitokset tekevät sähköntuotantoon suuren loven, joka tulee täyttää tulevaisuudessa.



Kuva 13. Energian tuotantomuotojen käyttösuhteet ja ennusteet sekä lisäkapasiteetin tarvearvio (Energiateollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 4)

Suomessa tulee varautua korvaamaan tuotannosta poistuvaa vanhaa kapasiteettia. Nykyiset ydinvoimayksiköt poistuvat varsin suurella todennäköisyydellä käytöstä viimeistään 2030- tai 2040-luvulla. Niiden käyttöluvut ovat voimassa seuraavasti: Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 vuoteen 2018, Loviisa 1 vuoteen 2027 ja Loviisa 2 vuoteen 2030 saakka. Mikäli näiden laitosten käyttölupia ei uusittaisi, poistuisi sähköntuotannosta 2018–2030 välillä vähäpäästöistä tuotantokapasiteettia vajaat 2700 MW, vuosituotantona noin 22 TWh. Tämä olisi lähes neljännes nykyisestä sähkön kulutuksesta. (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 48). Oletuksena kuitenkin on, että nykyisten neljän ydinvoimalaitosyksikön käyttölupia jatketaan, elleivät turvallisuus- tai muut seikat aseta esteitä

ja että laitokset korvataan vastaavansuuruisella päästöttömällä tuotannolla niiden tultua elinkaarensa päähän (Työ- ja Elinkeinoministeriö 2008, Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia, 29)

Suomen tekemät ilmastositoumukset sulkevat hiilivoiman pois polttoainevaihtoehtojen joukosta, jolloin kapasiteettiä voidaan lisätä jatkossa merkittäviä määriä vain maakaasulla, ydinvoimalla ja biopolttoaineilla. Suomen kylmä talvi ja heikohkot tuuliolosuhteet rajoittavat tuulivoiman mahdollisuuksia moneen muuhun maahan verrattuna.

(Energiateollisuus 2006, Ydinenergia ja Suomi, 4)

8 YHTEENVETO

Suomessa tuotetaan suuri osa sähköstä ydinvoimalla ja sen tarve Suomen olosuhteissa on välttämätön. Ydinvoiman kannattavuutta arvioidessa voidaan todeta, että ydinvoima on selvästi edullisin sähköntuotantomuoto, se ei vaadi päästöoikeuksia ja herkkyytarkastelusta on nähtävissä ydinvoiman vahva kilpailukyky. Ydinvoima on kannattavaa pienilläkin sähkön hinnoilla, mutta mitä korkeammaksi sähkön hinta nousee, sitä kannattavampaa ydinvoima on. Ydinvoiman sähköntuotantokustannukset ovat vakaat ja polttoaineen hinnan vaikutuksella on hyvin pieni vaikutus ydinvoiman kustannuksiin, kun taas esimerkiksi kaasusähkö on hyvin herkkä polttoaineen hinnan muutoksille.

Tiukat päästörajoitukset pakottavat Suomea tekemään ratkaisuja ja muutoksia sähköntuotantomuotoihin. Tuotantomuodoista, joista koituu suuria päästöjä, tulee luopua ja tilalle tulee rakentaa päästötöntä kapasiteettiä, kuten ydinvoimaa. Jatkuva sähkönkulutuksen kasvu ja tulevaisuudessa tuotannosta poistuvien laitossyöksiköiden aiheuttama lovi sähköntuotantoon tulee korvata uudella kapasiteetillä.

Tämän vuoksi on jätetty kolme hakemusta valtioneuvostolle uuden ydinvoimalan rakentamiseksi. Loviisan ja Olkiluodon etuina uusien ydinvoimalahankkeiden saajiksi ovat yhtiöiden valmiit alueet uusille yksiköille, ydinjätteille suunniteltu loppusijoituspaikka ja vahvaa näyttöä ydinvoimalaosaamisesta toiminnassa olevien ydinvoimalayksiköiden muodossa. Fennovoiman heikkoutena on, että sillä ei ole yksimielistä päätöstä vielä ydinvoimalan lopullisesta sijainnista. Fennovoimalla ei ole osuutta Posivan omistuksesta, mikä tarkoittaa sitä, että sen tulee ratkaista ydinjätteidensä loppusijoitus koskeva ongelma, eli mihin jätteet loppusijoitetaan? Kaikilla ydinvoimahankkeen hakijoilla on vahvaa näyttöä ydinvoimaosaamisesta, joten jokainen hankkeen hakija on yhdenvertainen ja toistaiseksi samalla sijalla uuden ydinvoimahankkeen saajaksi.

On mahdollista myös, että valtioneuvosto antaisi luvan useampaan kuin yhteen uuteen ydinvoimalahankkeeseen, mutta jää nähtäväksi kuinka käy ja kuka voittaa kilpailun. Päätöksiä uuden ydinvoimalan tai ydinvoimaloiden rakentamisesta tulisi tehdä jollei tänä vuonna, niin viimeistään lähi vuosina, sillä suuria ydinvoimaloita ei rakenneta hetkessä, niin kuin on nähty.

LÄHDELUETTELO

Energiateollisuus ry. Infor Consulting Oy. 2007. Energia ja ilmasto - Suomen malli vuoteen 2025. [Verkkajulkaisu]. 35 s.

Saatavissa:

<http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/liitteet/energia%20ja%20ilmasto%20.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fjulkaisut>
[Viitattu: 20.3.2009].

Energiateollisuus ry. Suomen Atomiteknillinen seura. 2006. Ydinenergia ja Suomi. [Verkkajulkaisu]. 24s.

Saatavissa:

<http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/s%c3%a4hk%c3%b6/s%c3%a4hk%c3%b6ntuotanto/ydinvoima/ydinvoima%20suomessa/liitteet/ydinenergia%20ja%20suomi%202006.pdf?SectionUri=%2ffi%2fsahko%2fsahkontuotanto%2fydinvoima%2fydin> [Viitattu: 6.3.2009].

Energiateollisuus ry. 2006. Hyvä tietää uraanista. Helsinki: Erweco Painotuote Oy. 25 s.

Energiateollisuus ry. 2009. Energiavuosi 2008. [Verkkajulkaisu]. 29 s.

Saatavissa:

<http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/ajankohtaista/lehdist%c3%b6tiedotteet/liitteet/2009/s%c3%a4hk%c3%b6vuosi%202008%20www-kuvat%20suom.ppt?SectionUri=%2ffi%2fajankohtaista%2flehdistotiedotteet>
[Viitattu:25.2.2009].

Eurooppatiedotus. 2008. EU:n ilmasto- ja energiapaketti. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa:

<http://www.eurooppatiedotus.fi/Public/default.aspx?contentid=132603&nodeid=37760&culture=fi-FI>
[Viitattu: 6.3.2009].

Fennovoima. Fennovoima [Verkkajulkaisu].

Saatavissa: <http://www.fennovoima.fi/fennovoima/>

[Viitattu: 20.2.2009].

Fennovoima. Laitospaikan valinta.[Verkkajulkaisu].

Saatavissa: <http://www.fennovoima.fi/hanke/mahdolliset-laitospaikat-kunnissa>

[Viitattu: 20.2.2009].

Fennovoima. YVA-menettely päättyi ministeriön hyväksyvään loppulausuntoon.

[Verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.fennovoima.fi/yva/> [Viitattu: 20.2.2009].

Fortum. 2007. Loviisa 3 YVA. 13 s.[Verkkajulkaisu]. 63 s.

Saatavissa: http://www.tem.fi/files/17778/Fortum_2007_LO3_YVA_ohjelma_suomi.pdf

[Viitattu:18.3.2009].

Tarjanne Risto & Kivistö Aija. 2008. Sähkön tuotantokustannusvertailu. Lappeenranta:

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. ISBN: 978-952-214-542-7. 24 s.

Fortum. 2007. Teknisiä tietoja. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa:

<http://www.fortum.fi/document.asp?path=14020;14028;14029;14055;25029;28201;28209>

[Viitattu:27.2.2009].

Fortum. 2009. Fortum jätti hakemuksen uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamiseksi

Loviisaan. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa:

http://www.fortum.fi/news_section_item.asp?path=14020;14028;14029;25800;5533;46651

[Viitattu: 18.3.2009].

Haukkasalo Arja. 2009. Ydinvoimalabuumi työllistää Stukia. Tekniikka & Talous

20.2.2009.

Huoltovarmuuskeskus. Mika Purhonen. 2007. Ydinvoima huoltovarmuuden kannalta. [Verkkajulkaisu]. 18 s. Saatavissa: http://www.ats-fns.fi/archive/esitys_purhonen.pdf [Viitattu:25.2.2009].

Kankare Matti. 2009. Areva puolustaa kotirintamaansa. Tekniikka ja talous 6.3.2009.

L 29.12.1994/1420, 6 a §. Laki ydinenergialain muuttamisesta.

MTV 3. Haapala Timo & Vuorikoski Salla. 2009. Kokoomus haluaa kolme uutta ydinvoimalaa.

Saatavissa: <http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/arkistot/kotimaa/2009/03/840942> [Viitattu: 20.3.2009].

Posiva. 2009. Loppusijoituksen kokonaisuakataulu. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa: http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituksen_kokonaisuakataulu [Viitattu: 20.3.2009].

Posiva. 2009. Paikanvalinta: Loppusijoitus Olkiluotoon. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa: http://www.posiva.fi/ydinjatehuolto/paikanvalinta_loppusijoitus_olkiluotoon [Viitattu: 20.3.2009].

Posiva. 2009. Posiva Oy. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa: <http://www.posiva.fi/posiva> [Viitattu: 20.3.2009].

Säteilyturvakeskus. 2004. Tekniset tiedot - Olkiluoto. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa:

http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/ydinvoimalaitokset/suomen_ydinvoimalaitokset/olkiluoto/fi_FI/olkiluoto_tekniset [Viitattu:28.2.2009].

Säteilyturvakeskus. 2007. Olkiluoto 3:n laatupoikkeamat korjataan. [Verkkajulkaisu].

Saatavissa: http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2007/fi_FI/news_452/ [Viitattu: 2.3.2009].

Teollisuuden Voima Oyj & Posiva Oy. Olkiluodon Sähköä uraanista-tiedenäyttely-lehti.

Teollisuuden Voima Oyj. 2007. Yhteiskuntavastuuraportti 2007. Eura: Eura Print oy. 68 s.

Teollisuuden Voima. 2008. Päästötöntä sähköä luotettavasti Olkiluodosta. Nyt ja tulevaisuudessa. OL4-lehti. Eura: Eura Print Oy.

Teollisuuden Voima. 2008. Olkiluoto 4-Laitostyyppivaihtoehdot. [Verkkojulkaisu].

Saatavissa: http://www.tvo.fi/uploads/File/2008/OL4_laitostyyppit.pdf

[Viitattu: 20.2.2009].

Työ- ja Elinkeinoministeriö. Energiaosasto. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008.[Verkkojulkaisu]. 130 s.

Saatavissa: http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf

[Viitattu:23.2.2009].

Työ- ja Elinkeinoministeriö. 2008. Loviisa 1 ja 2; käyttöluvan uusinta. [Verkkojulkaisu].

Saatavissa: <http://www.tem.fi/index.phtml?s=1813> [Viitattu:18.3.2009].

UNFCCC. Essential background [Verkkojulkaisu]

Saatavissa: http://unfccc.int/kyoto_protocol/compliance/introduction/items/3024.php

[viitattu 8.4.2009]

Vuorinen et al. 1983. Ydintietoa energiasta. Hyvinkää: Hyvinkään Kirjapaino. ISBN 951-95634-4-x.