

Ydinvoima Euroopassa

**Selvitys ydinvoiman tilanteesta ja tulevaisuudesta
Euroopan unionissa**



Energiateollisuus



Aalto-yliopisto

Ene-59.4220 Energiatalouden harjoitustyö

Selvitys ydinvoiman tilanteesta ja tulevaisuudesta Euroopan unionissa

18.10.2013

Raul Kleinberg

Esipuhe

Harjoitustyö on kirjoitettu kesällä 2013 osana harjoittelujaksoa Energiateollisuus ry:llä. Harjoittelu alkoi Energiateollisuus ry:n Helsingin toimistolla, jossa työskentelin ensimmäiset kaksi viikkoa. Näiden kahden viikon aikana perehdyin työn aiheeseen, keräsin tarvittavaa tietoa ja tapasin mm. voimayhtiöiden, Elinkeinoelämän keskusliiton, Teknologiateollisuuden sekä Työ- ja elinkeinoministeriön edustajia.

Siirryin Energiateollisuus ry:n Brysselin toimistoon toukokuun lopulla. Kesä- ja heinäkuun aikana Brysselissä kävin erilaisissa seminaareissa ja tapahtumissa sekä tapasin alan asiantuntijoita. Tapaamiset ja tapahtumat energia-alan järjestöissä sekä EU-instituutioissa antoivat kuvan Euroopan ajankohtaisesta energia- ja ydinvoimapolitiikasta. Harjoittelujakso tarjosi opiskelijalle mielenkiintoisen mahdollisuuden seurata Euroopan unionin energiapolitiikkaa ja erityisesti ydinvoimapolitiikkaa.

Haluan kiittää Energiateollisuus ry:n kansainvälisten ja EU-asioiden johtajaa Pertti Salmista harjoittelu- ja työskentelymahdollisuudesta sekä Aalto-yliopiston professori Sanna Syriä erikoistyön valvomisesta. Lisäksi haluan kiittää Energiateollisuus ry:n Lauri Murasta, FORATOM:in Tellervo Taipalettä sekä Teollisuuden Voiman Kaija Kainurinnettä.

Helsingissä 17.10.2013

Raul Kleinberg

Sisällysluettelo

Lyhenteet ja sanasto	3
1. Johdanto	4
2. Ydinvoima maailmassa	6
2.1. Sähköntuotannon historia.....	6
2.2. Sähköntuotanto	7
3. Ydinvoima Euroopassa	11
3.1. Sähköntuotanto	11
3.2. Ydinvoimalaitokset	13
3.3. Turvallisuus.....	15
3.4. Ydinjätehuolto	16
3.5. Yhteiskunnallinen hyväksyttävyys	18
4. EU:n energiapolitiikka ja ydinvoima.....	20
4.1. Energiapolitiikan kehitys.....	20
4.2. Euratom.....	21
4.3. Energia-alan tiekartta 2050	22
5. Ydinvoiman sääntely.....	25
5.1. Lainsäädäntöprosessi.....	25
5.2. Direktiivit	27
5.3. Ydinvastuu	29
6. Ydinvoiman tuet ja verot.....	34
7. Ydinvoimatutkimus EU:ssa	36
8. Ydinvoiman tulevaisuus	40
9. Yhteenveto	43
Lähdeluettelo.....	45
Liitteet	50
Liite 1: Ydinvoimalla tuotettu sähkö maittäin	50
Liite 2: Reaktorit Euroopassa	51
Liite 3: Reaktorit maailmassa	52
Liite 4: Bulgarian, Espanjan, Ranskan, Saksan ja Slovakian ydinvoimaverotus	53

Lyhenteet ja sanasto

ASTRID, MYRRHA	Prototyyppireaktoreita
BNLA	Brussels Nuclear Law Association
EII	European Industrial Initiative
ELENI, EMANI	Yhteisvakuutusjärjestelmiä
ENEF	European Nuclear Energy Forum
EHTY	Euroopan hiili- ja teräsyhteisö
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group
ERA	European Research Area
ESNII	European Sustainable Nuclear Industrial Initiative
ETY	Euroopan talousyhteisö
Euratom	Euroopan atomienergiayhteisö
Eurelectric	Sähköalan edunvalvontajärjestö (Bryssel)
FORATOM	Ydinenergia-alan edunvalvontajärjestö (Bryssel)
IAEA	International Atomic Energy Agency (Wien)
IEA	International Energy Agency
IRSN	Radioprotection and Nuclear Safety Institute (Ranska)
IGDTP	Implementing Geological Disposal Technology Platform
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
ITRE	Teollisuus-, tutkimus- ja energiavaliokunta
JRC	Joint Research Centre
KYLYS	Kansainvälinen ydinlakyhdistys Suomessa
NEA	Nuclear Energy Agency (OECD, Pariisi)
NRC	Nuclear Regulatory Commission (Yhdysvallat)
NUGENIA	3. sukupolven laitoksien kehitykseen tähtäävä yhdistys
OECD	Organisation for Economic Co-op. and Development
SET	Strategic Energy Technology
SMR	Small Modular Reactor
SNETP	Sustainable Nuclear Energy Technology Platform
TWh	Terawattitunti ($1 \text{ TWh} = 10^{12} \text{ Wh}$)
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WNA	World Nuclear Association

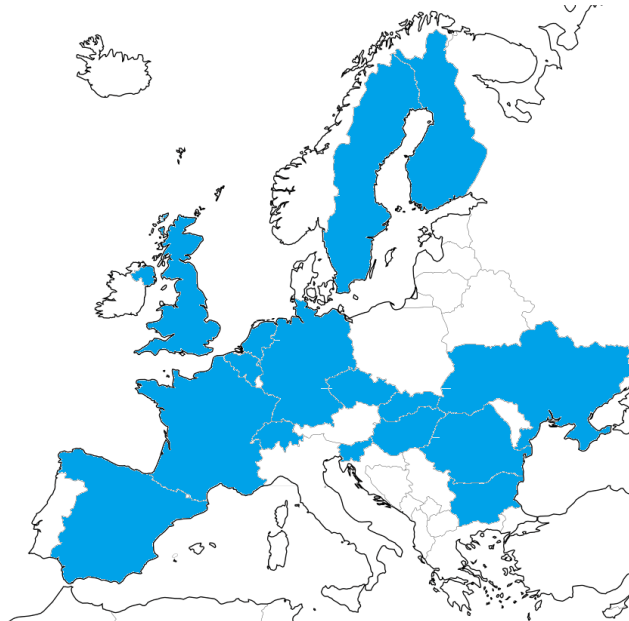
1. Johdanto

Energialla on ollut merkittävä rooli Euroopan unionissa jo sen alkukhetkiltä noin kuusikymmentä vuotta sitten. Kahdesta tuhoisasta maailmansodasta toipuva Eurooppa pyrki pysyvään rauhaan eikä halunnut toisen maailmansodan kokemusten enää toistuvan. Euroopan keskiössä olleiden vanhojen vihollismaiden Saksan ja Ranskan välejä haittasi saksalainen Saarinen alue, joka oli tunnettu hiilivaroistaan ja terästeollisuudesta. Ranskalainen virkamies Jean Monnet ja maan ulkoministeri Robert Schuman saivat idean Saksan ja Ranskan hiili- ja teräsvarantojen yhdistämisestä. Ajatus johti lopulta Euroopan hiili- ja teräsyhteisön (EHTY) muodostamiseen 1951 Pariisin sopimuksella. [1]

Ydinenergialla on ollut yhtä lailla vahva rooli Euroopan unionissa jo sen alkuvaihteilta lähtien. Vuonna 1957 Rooman sopimuksella muodostettiin Euroopan talousyhteisö ja Euroopan atomienergiayhteisö Euratom. Merkittävää on, että atomienergiayhteisön perustamissopimus on edelleen voimassa. [2]

Nykyään ilmastonmuutoksen torjunta ja tarvittavien päästövähennyksien saavuttaminen ovat Euroopan suurimpia energiapolitiisia haasteita. Hiilidioksidipäästöttömänä energiantuotantomuotona ydinvoima on jo osa ratkaisua. Ydinvoiman rooli ja tulevaisuus on mielenkiintoinen ja keskustelua herättävä aihe.

Työssä käsitellään ydinvoiman tilannetta ja tulevaisuutta erityisesti Euroopan unionissa ja Euroopassa. Euroopassa on yhteensä 16 ydinvoimalla sähköä tuottavaa valtiota, kun Venäjää ei oteta huomioon: Alankomaat, Belgia, Bulgaria, Espanja, Iso-Britannia, Ranska, Romania, Ruotsi, Saksa, Slovakia, Slovenia, Suomi, Sveitsi, Tšekki, Unkari sekä Ukraina ja ne on esitetty kuvassa 1. Kroatiaa voidaan pitää myös ydinvoimamaana, koska se omistaa Sloveniassa sijaitsevan Krskon ydinvoimalaitoksen yhdessä Slovenian kanssa. Kroatiaa ei ole kuitenkaan käsitelty työssä erikseen. Kroatiaa ei ole myöskään käsitelty EU-maana, koska maa liittyi Euroopan unioniin vasta kesällä 2013. Työssä mainitut EU-27-maat eivät siis sisällä Kroatiaa.



Kuva 1: Työssä tarkastellut Euroopan ydinvoimamaat [3]

Työn alussa tarkastellaan lyhyesti ydinvoiman tilannetta koko maailmassa, minkä jälkeen siirrytään tarkastelemaan tilannetta tarkemmin Euroopan unionissa ja Euroopan maissa. Työn teemoja ovat mm. turvallisuus, ydinjätehuolto, yhteiskunnallinen hyväksyttävyys sekä verotus ja tuotantomaksut. Ydinvoiman roolia EU:ssa on tarkasteltu yleisen energiapolitiikan, sääntelyn ja tutkimuksen kautta. Lopuksi on käsitelty ydinvoiman tulevaisuutta Euroopassa. Vaikka työssä puhutaan ydinvoimasta sähköntuotannossa, on hyvä muistaa, että ydinvoimaa käytetään kaukolämmön tuottamiseen mm. Bulgariassa, Unkarissa, Slovakiassa, Sveitsissä ja Ukrainassa [4].

Aihe on laaja, joten tarvittavia rajauksia on tehty. Työssä ei ole käsitelty uraanin valmistusta, kuljetuksia, markkinoita ja tarvetta. Lisäksi laitostoimittajat, alihankinta ja alan koulutus on rajattu työn ulkopuolelle. Hyvänä oheislukemisena toimii mm. Ami Rastan kirjoittama selvitys ydinvoima-alan markkinoista [5].

2. Ydinvoima maailmassa

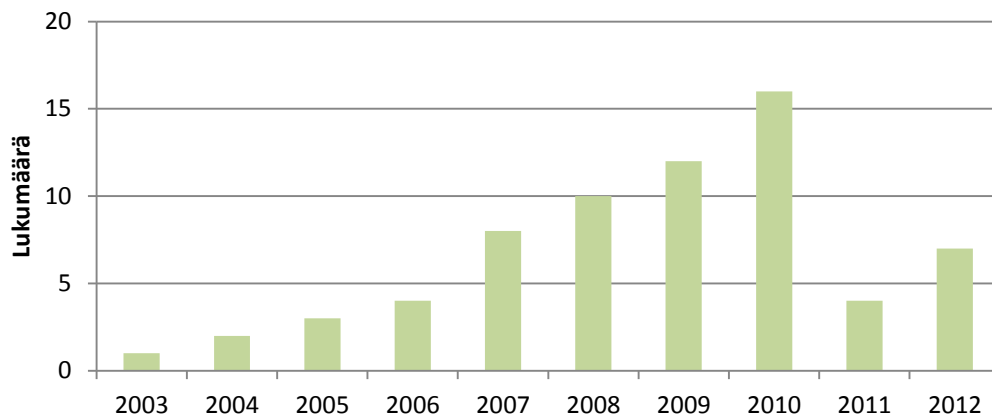
Energiamuotona ihmisen käytössä ydinvoima on nuori. Uraani alkuaineena kuitenkin löydettiin jo 1789 ja Wilhelm Röntgen keksi ionisoivan säteilyn vuonna 1895. Saksalainen Otto Hahn kollegansa Fritz Strassmanin kanssa keksi fissioreaktion vuonna 1939. Tämä vahvisti Albert Einsteinin vuonna 1905 esittämän teorian massan ja energian suhteesta. Otto Hahn sai löydöksestään kemian Nobelin palkinnon. [6] Ensimmäinen hallittu fissioreaktio muodostettiin Enrico Fermi johdolla Chicagon yliopistossa. Reaktio synnytettiin kokeellisella uraanista ja grafiitista muodostetulla laitteella, jonka nimi oli ”Chicago Pile 1”. Toisen maailmansodan aikaan fissiota hyödynnettiin lähinnä sotilaallisiin tarkoituksiin. Sodan jälkeen fission ja ydinvoiman rauhanomainen käyttö kehittyi.

2.1. Sähköntuotannon historia

Vuonna 1951 ensimmäiset neljä hehkulamppua valaistiin kokeellisella EBR-1 ydinreaktorilla Yhdysvalloissa. Samaan aikaan ydinvoimaa suunniteltiin hyödynnettäväksi sukellusveneidä voimanlähteenä ja onnistuneet testit suoritettiin vuonna 1953 Nautilus ja Seawolf sukellusveneissä. Venäjällä Obninskissa käynnistettiin onnistuneesti maailman ensimmäinen siviilikäyttöön suunniteltu ydinvoimalaitos APS-1. Grafiittihidasteinen reaktori tuotti 5 megawattia sähkötehoa. Vuonna 1955 kokeellinen BORAX-III kiehumusvesireaktori tuotti tarpeeksi sähköä Yhdysvalloissa Arcon kaupungin valaisemiseen. Ensimmäinen kaasujäähdytteinen ydinvoimalaitos käynnistettiin 1956 Iso-Britanniassa ja samana vuonna ensimmäinen kaupallinen painevesilaitos Shippingportissa Yhdysvalloissa. Vuonna 1960 ensimmäinen kaupallinen kiehumusvesilaitos aloitti toimintansa Dresdenissä Yhdysvalloissa. Ensimmäiset ydinvoimalaitokset rakennettiin Kanadaan vuonna 1962 ja Ranskaan vuonna 1965. [7]

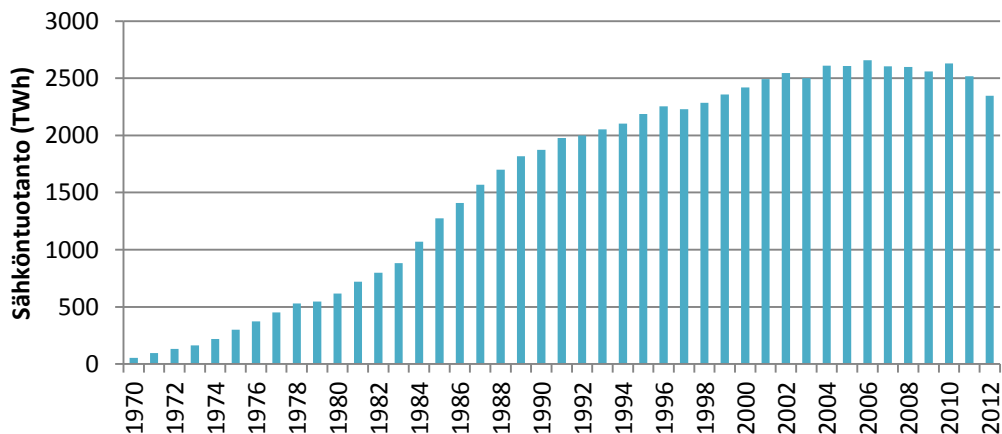
Kuusikymmentäluvulla alkoi ydinvoiman voimakas rakentaminen maailmassa. Ennen seitsemänkymmentälukua 85 kaupallista ydinvoimalaa aloitti toimintansa, seitsemänkymmentäluvulla 167 ja kahdeksänkymmentäluvulla 226. Ydinvoima koki takaiskuja vuoden 1979 Three Mile Islandin onnettomuuden ja vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuuden myötä. Kahdeksänkymmentäluvun puolivälin jälkeen ydinvoiman rakentaminen väheni maailmassa. [7]

Yhdeksänkymmentäluvun lopussa ryhdyttiin puhumaan ydinvoiman renessanssista. Kaksituhattaluvun alussa ydinvoimalaitosten rakennushankkeiden määrä kasvoi, mikä havaitaan kuvasta 2. Fukushima onnettomuus ja osaltansa globaali taloudellinen taantuma johtivat rakennushankkeiden määrän romahtamiseen vuonna 2011. Nyt ydinvoima-ala on vähitellen toipumassa onnettomuuden vaikutuksista.



Kuva 2: Ydinvoimalaitosten aloitetut rakennushankkeet maailmassa vuosittain [8]

Ydinvoimalla tuotetun sähkön määrän kehitys on kuvassa 3. Sähköntuotanto on esitetty terawattitunneissa (TWh). Wattitunti on energian yksikkö ja se vastaa yhden watin tehoa tunnin ajan. Vaikka ydinvoiman rakentaminen väheni kahdeksankymmentäluvulla, ydinsähkötuotantoa ovat kasvattaneet ydinvoimalaitosten käytön optimointi ja tehonkorotukset.



Kuva 3: Ydinsähkötuotannon kehitys maailmassa 1970–2012 [8]

Tuotetun sähkön määrissä voidaan erottaa neljä vaihetta. Vuoteen 1983 asti maailmanlaajuinen tuotanto kasvoi noin 63 terawattituntia vuodessa. Vuodesta 1984 vuoteen 1989 tuotanto kasvoi vieläkin jyrkemmin noin 155 terawattituntia vuodessa. Vuodesta 1990 tuotannon lisäys hidastui ja oli vuodessa noin 46 terawattituntia vuoteen 2006 asti. Vuonna 2006 saavutettiin tuotantohuippu, joka oli 2657 TWh. Vuoden 2006 jälkeen tuotannon trendi on ollut lievästi laskeva. Laskua on ollut vuodessa noin 43 terawattituntia. Tähän ovat vaikuttaneet mm. kapasiteetin väliaikainen ja pysyvä poistuminen Japanissa ja Saksassa [9] [10].

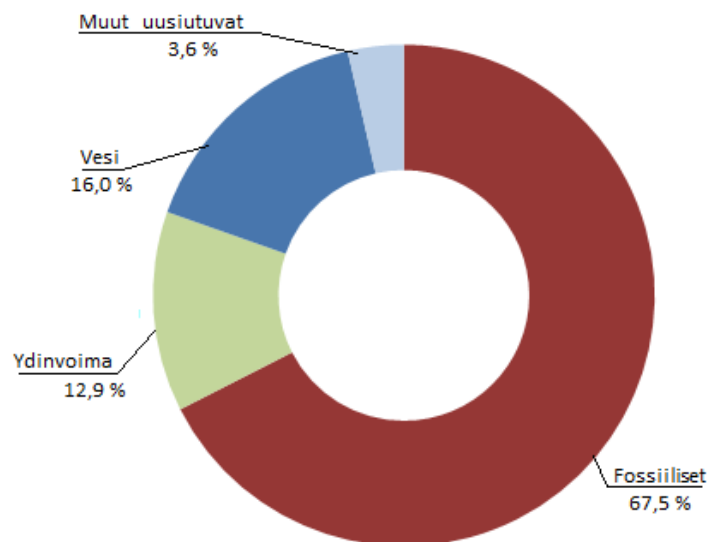
2.2. Sähköntuotanto

Nykypäivänä ydinvoimalla katetaan maailman sähköntuotannosta noin 13 prosenttia. Taulukossa 1 on eri sähköntuotantomuotojen jakautuminen terawattitunneissa ja kuvassa 4 sähköntuotantomuotojen prosentuaaliset osuudet vuonna 2010.

Fossiiliset polttoaineet vastaavat yli kahta kolmasosaa maailman sähköntuotantomuodoista. Fossiilisten polttoaineiden jälkeen merkittävin sähköntuotantomuoto on vesivoima ja kolmanneksi merkittävin tuotantomuoto ydinvoima. Vesi- ja ydinvoima vastaavat suurimmasta osasta maailman hiilidioksidipäästötöntä sähköntuotantoa. Muiden uusiutuvien energianlähteiden kuin vesivoiman osuus on noin neljä prosenttia.

Taulukko 1: Sähköntuotanto maailmassa tuotantomuodoittain vuonna 2010 [11]

Lähde	Tuotanto (TWh)	Osuus (%)
Fossiiliset	14446	67,5
Vesi	3431	16,0
Ydinvoima	2756	12,9
Muut uusiutuvat	775	3,6
Yhteensä	21408	



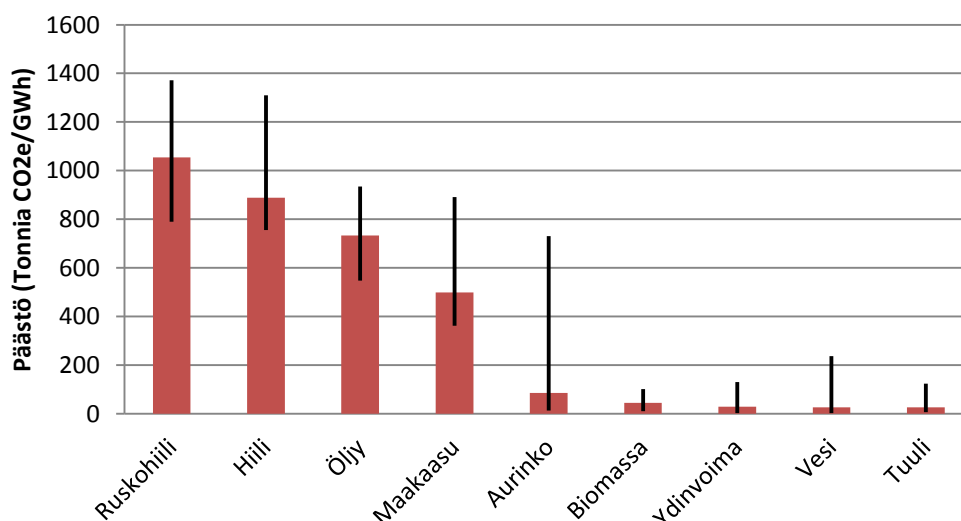
Kuva 4: Tuotantomuotojen prosentuaaliset osuudet maailmassa vuonna 2010 [11]

Maailmassa oli vuoden 2013 kesällä 432 reaktoria sähköntuotannossa. Taulukossa 2 ovat maailman ydinreaktorit maanosittain. Venäjän reaktorit on laskettu Aasian alle ja Taiwan on huomioitu erikseen Aasiassa. Nykyisin on 44 maata, jotka tuottavat sähköä ydinvoimalla. Ydinreaktorit ovat keskittyneet Eurooppaan, Pohjois-Amerikkaan ja Aasiaan. Venäjä on merkittävä ydinvoimamaa. Etelä-Amerikassa on 6 ydinreaktoria, Afrikassa vain kaksi ja Australiassa ei yhtään.

Taulukko 2: Sähköntuotannossa olevat reaktorit maailmassa vuonna 2013 [12]

Aasia	154	Afrikka	2
Armenia	1	Etelä-Afrikka	2
Etelä-Korea	23		
Intia	20	Etelä-Amerikka	4
Iran	1	Argentiina	2
Japani	50	Brasilia	2
Kiina	17		
Pakistan	3	Pohjois-Amerikka	121
Taiwan	6	Kanada	19
Venäjä	33	Meksiko	2
		Yhdysvallat	100
Eurooppa	151		
EU-27	131		
Sveitsi	5		
Ukraina	15	Yhteensä	432

Ydinvoima on vesivoiman jälkeen merkittävin päästötön sähköntuotantomuoto. WNA:n raportissa [13] on tutkittu eri sähköntuotantomuotojen elinkaaripäästöjä. Raportti kokoaa yhteen 21 tutkimusta elinkaaripäästöistä. Tulokset ovat kuvassa 5. Päästön yksikkö on hiilidioksidiekvivalenttitonni tuotettua gigawattituntia kohden. Hiilidioksidiekvivalenttitonni (CO₂e) huomioi kaikkien kasvihuonekaasujen vaikutukset yhteismitallistamalla ne vastaaviksi hiilidioksidipäästöiksi. Punaisella palkilla on merkattu tutkimuksista laskettu keskiarvopäästö kullekin tuotantomuodolle ja mustalla viivalla tutkimusten vaihteluväli.



Kuva 5: Sähköntuotantomuotojen elinkaaripäästöt WNA:n raportin mukaan, punainen palkki tutkimusten keskiarvo ja musta viiva tutkimusten hajonta [13]

Elinkaarianalyysissä tulokset voivat vaihdella paljon sen mukaan, mitkä kaikki tekijät analyysissä huomioidaan. Esimerkiksi aurinkopaneelien kohdalla osassa tutkimuksista ei ole huomioitu käytön jälkeistä jätahuoltoa. Toisaalta paneelien valmistukseen

käytetyn energian päästöt vaikuttavat elinkaaripäästöjen suuruuteen. Esimerkiksi vesitai ydinvoimalla valmistettujen aurinkopaneelien elinkaaripäästöt ovat pienemmät kuin hiilivoimalla valmistettujen. Nämä tekijät selittävät aurinkopaneelien päästöjen suurta vaihteluväliä.

Ydinvoiman kasvihuonepäästöt ovat pienet ja verrattavissa uusiutuvien sähköntuotantomuotojen päästöihin. Myös ydinvoimalaitosten muut normaalikäytön aikaiset ympäristövaikutukset ovat pieniä. Merkittävin ympäristövaikutus suomalaisilla ydinvoimalaitoksilla on lämpimän jäähdytysveden laskusta aiheutuva laitoksen lähivesien lämpeneminen. [14]

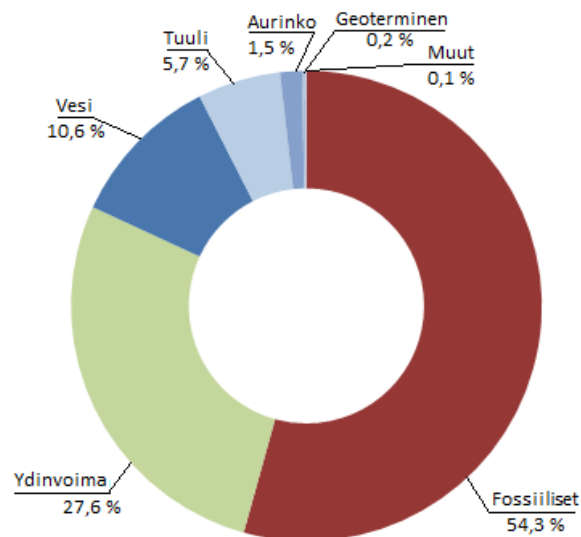
3. Ydinvoima Euroopassa

3.1. Sähkön tuotanto

Euroopan unionissa ydinvoimalla tuotetaan toiseksi eniten sähköä fossiilisten polttoaineiden jälkeen. Taulukossa 3 ja kuvassa 6 on sähkön tuotanto tuotantomuodoittain sekä sähkön tuotantomuotojen prosentuaaliset osuudet EU-27-maissa vuonna 2011. EU-maiden noin reilusta kolmestatuhannesta terawattitunnista noin 860 terawattituntia tuotettiin ydinvoimalla vastaten 27,6 prosenttia EU-maiden sähkön tuotannosta.

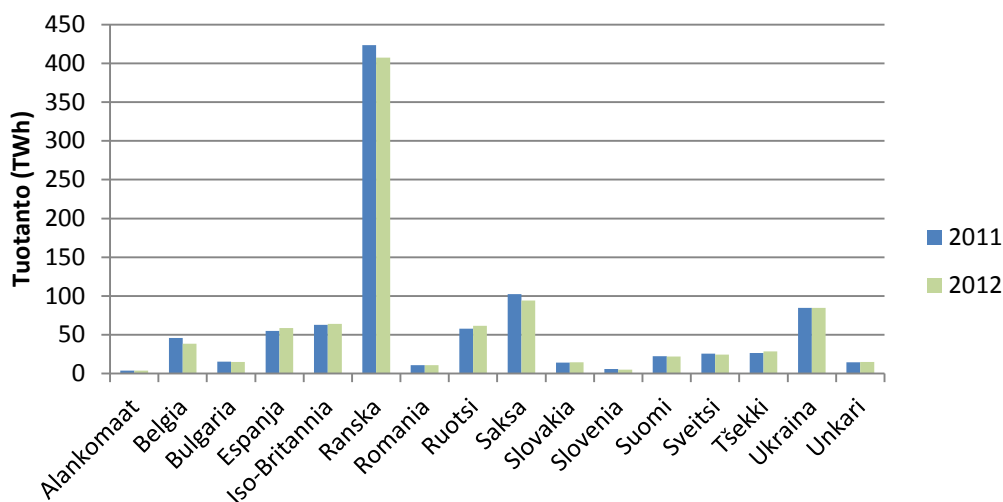
Taulukko 3: Sähkön tuotanto tuotantomuodoittain EU-maissa 2011 [15]

Lähde	Tuotanto (TWh)	Osuus (%)
Fossiiliset	1690,9	54,3
Ydinvoima	858,8	27,6
Vesi	330,9	10,6
Tuuli	177,8	5,7
Aurinko	46,0	1,5
Geoterminen	5,7	0,2
Muut	4,5	0,1
Yhteensä	3114,60	



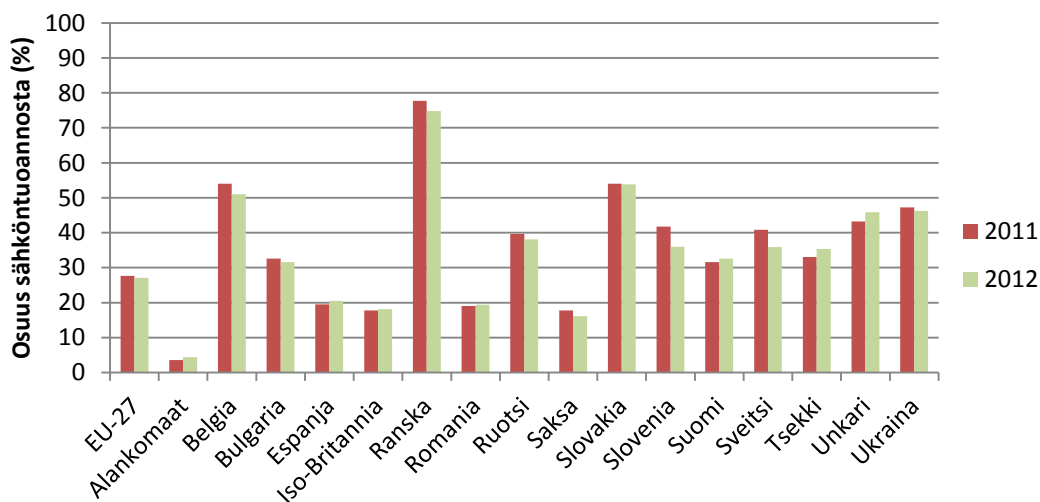
Kuva 6: Sähkön tuotantomuotojen prosentuaaliset osuudet EU-maissa vuonna 2011 [15]

Ydinvoima on EU-maiden merkittävin hiilidioksidipäästötön sähkön tuotantomuoto, koska ydinvoimalla tuotetaan yli puolet kaikesta EU-maiden hiilidioksidipäästöttömästä sähköstä. Ydinsähköä tuotetaan Euroopassa yhteensä 16:sta maassa. Kuvassa 7 ja liitteessä 1 on tuotetun ydinsähkön määrä terawattitunneissa maittain vuosina 2011 ja 2012. Tarkasteluun on otettu ydinvoimaa käyttävät EU-maat sekä Sveitsi ja Ukraina.



Kuva 7: Ydinvoimalla tuotetun sähkön määrä vuosina 2011 ja 2012 [12]

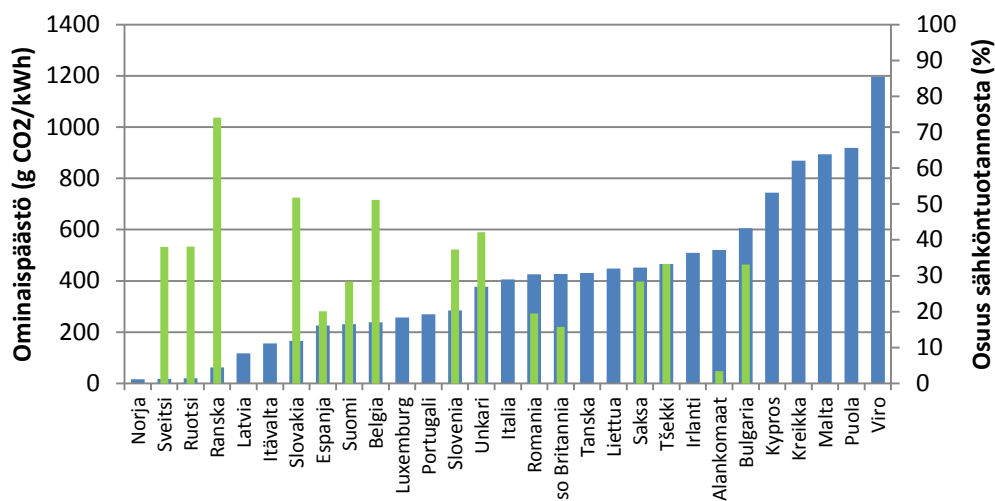
Tuotantomäärissä ei ole havaittavissa suuria muutoksia vuosien 2011 ja 2012 välillä. Ranska on selvästi tarkastelumaiden suurin ydinsähkön tuottaja. Toiseksi tulee Saksa huolimatta Fukushima onnettomuuden jälkeisestä kahdeksan reaktorin sulkemisesta vuonna 2011 [9]. Kolmanneksi suurin ydinsähkön tuottaja tarkastelumaissa on Ukraina. Ukrainan jälkeen tulevat Iso-Britannia, Ruotsi, Espanja ja Belgia. Ydinvoimalla tuotetun sähkön osuutta sähkön kokonaistuotannosta EU:n ydinvoimamaissa sekä Sveitsissä ja Ukrainassa on havainnollistettu kuvassa 8 ja liitteessä 1, joista nähdään ydinsähkön prosentuaaliset osuudet tarkastelumaissa.



Kuva 8: Ydinvoiman osuus sähkön kokonaistuotannosta vuosina 2011 ja 2012 [12]

Myös suhteellisissa osuuksissa ydinsähkön tuotannossa Ranska on suurin. Belgia ja Slovakia tekevät ydinvoimalla hieman yli puolet sähköstään. Alankomaiden kohdalla ydinsähkön suhteellinen osuus on tarkastelujoukon pienin, noin neljä prosenttia.

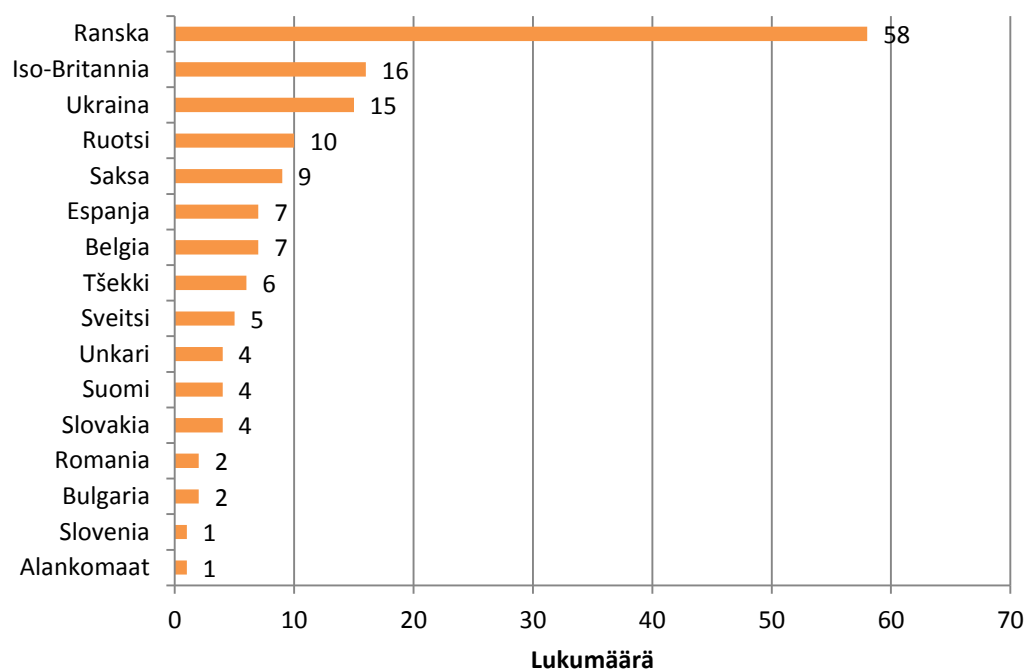
Kuvassa 9 nähdään eri EU-maiden sähköntuotannon ominaispäästöt ja ydinvoiman osuus maiden sähköntuotannosta. Ominaispäästöt on laskettu Eurelectricin tilastojen perusteella [16]. Ydinvoimalla tuotetaan sähköä useissa sellaisissa maissa, joissa sähköntuotannon ominaispäästöt ovat pienet.



Kuva 9: Maiden sähköntuotannon ominaispäästöt (sininen palkki) ja ydinvoiman suhteelliset osuudet (vihreä palkki) vuonna 2011 [16]

3.2. Ydinvoimalaitokset

EU-maissa sekä Sveitsissä ja Ukrainassa on yhteensä 151 sähköntuotannossa olevaa reaktoria. Liitteessä 2 ja kuvassa 10 on listattu reaktoreiden määrät kussakin Euroopan maassa. Ranskassa sijaitsee 58 reaktoria, mikä vastaa noin kahta viidesosaa Euroopan reaktoreista.



Kuva 10: Sähköntuotannossa olevat ydinreaktorit Euroopassa vuonna 2013 [12]

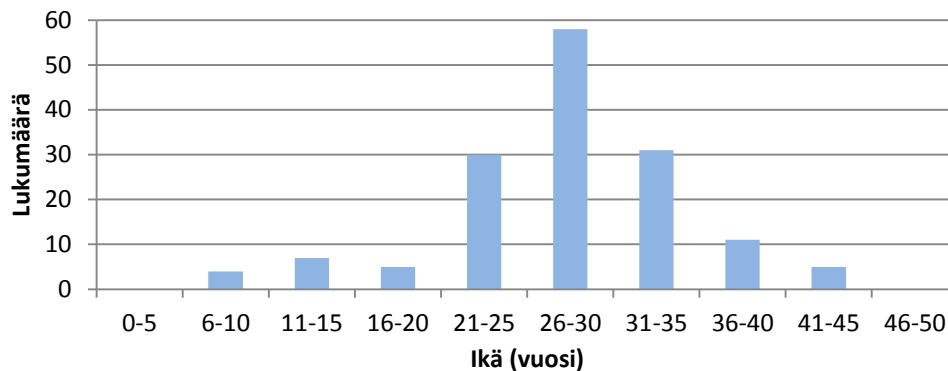
Kymmenen reaktoria tai enemmän sijaitsee Ranskan lisäksi Iso-Britanniassa, Ruotsissa ja Ukrainassa. Vielä muutama vuosi sitten Saksassa oli 17 sähköntuotannossa olevaa reaktoria, mutta kahdeksan reaktorin sulkeminen Fukushima onnettomuuden jälkeen pudotti määrän yhdeksään [9]. Lopuissa Euroopan maissa on alle kymmenen reaktoria ja esimerkiksi Alankomaissa ja Sloveniassa vain yksi reaktori kummassakin.

Kuvassa 11 on Euroopan ydinvoimalaitosten sijainnit kartalla. Kuva on osa WANO:n julkaisemaa karttaa maailman ydinvoimalaitoksista [17]. Euroopan ydinvoimalaitokset ovat selvästi keskittyneet Keski-Eurooppaan. Pohjoisin reaktori sijaitsee Suomessa Olkiluodossa ja eteläisin Espanjassa Cofrentesissa.



Kuva 11: Euroopan ydinvoimalaitokset vuonna 2013 [17]

Euroopan ydinreaktoreiden ikäjakauma on kuvassa 12, jossa on esitetty ydinreaktoreiden histogrammi. Reaktoreiden käyttöönottovuodet on kerätty WNA:n tietokannasta [12]. Histogrammin luokat on jaettu viiden vuoden väleihin. Vanhin sähköntuotannossa oleva reaktori Euroopassa on Sveitsin Beznau-1 iältään 44 vuotta ja nuorin Cernavoda-2 Romaniassa kuuden vuoden iällä. Noin 40 prosenttia Euroopan reaktoreista on 26–30 vuotta vanhoja. Reaktoreita iältään 21–25 on noin 20 prosenttia ja reaktoreita iältään 31–35 vuotta samoin noin 20 prosenttia. Reaktoreiden keskimääräinen ikä on 28 vuotta.



Kuva 12: Euroopan ydinreaktoreiden ikäjakauma vuonna 2013 [12]

Eurooppalaiset ydinreaktorit ovat kohtuullisen iäkkäitä. Jos ydinvoiman rooli pysyy eurooppalaisessa sähköntuotannossa prosentuaalisesti yhtä suurena esimerkiksi vuonna 2050 kuin nyt, on edessä laaja uusien laitosten rakentaminen. Vaikka suhteellinen osuus tulisi pienenemään, Euroopassa tarvitaan todennäköisesti silti uusia laitoshankkeita. Tilanteessa, jossa ydinvoiman suhteellista osuutta sähköntuotannossa haluttaisiin kasvattaa, tarvittaisiin niin ikään lukuisia uusia laitoksia.

3.3. Turvallisuus

Turvallisuus on aina ollut eurooppalaisen ydinennergian keskiössä. Jo 1957 tehty Euratom-perustamissopimus painotti ydinvoiman käytön turvallisuutta. Euroopan unionissa vastuu ydinturvallisuudesta on tiukasti kansallisella tasolla. Kyseinen periaate pätee myös ydinjätehuoltoon. [2]. Toisaalta ydinturvallisuutta määrittävät kansainväliset IAEA:n konventiot, ydinturvallisuuskonventio ja ydinjätekonventio. Ydinturvallisuudirektiivin ja ydinjätedirektiivin sisällöt noudattavat pitkälti näiden konventioiden sisältöä ja Euratom on sopimusosapuolena IAEA:n konventioissa.

Merkittäviä eurooppalaisen ydinvoiman turvallisuuteen liittyviä organisaatioita ovat ENSREG ja WENRA. ENSREG syntyi vuonna 2007, kun Euroopan unionin neuvosto hyväksyi komission aloitteen korkean tason neuvonantajan muodostamisesta. ENSREG:iä edelsi ns. ”High level advisory group”, jolla oli kolmen vuoden mandaatti komissiolta. ENSREG:iin kuuluu kaikkien EU-maiden ydinturvallisuusviranomaiset ja komission edustajia. Lisäksi neuvosto, Sveitsi, Norja ja IAEA ovat tarkkailijajäseniä. ENSREG toimii käytännössä komission neuvonantajana ja sen pääperiaate on ydinturvallisuuden jatkuva parantaminen EU:ssa. [18] ENSREG:in viimeisimmän raportin mukaan Euroopan ydinvoimalaitosten turvallisuustaso on korkea [19].

WENRA puolestaan perustettiin vuonna 1999 EU:n ja Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisten aloitteesta. WENRA:n syntymisellä oli kaksi pääsyötä. Ensinnäkin ydinturvallisuus on läsnä unionin laajentumiskriteereissä ja toisaalta kansalliset ydinturvallisuuspolitiikat perustuivat IAEA:n konventioihin, mutta kehitystyö oli tehty kansallisesti. WENRA:n päätehtävät olivat aikanaan muodostaa yhteinen lähestymistapa ydinturvallisuuteen ja tarjota mahdollisuus ydinturvallisuuden arviointiin unionin ehdokasmaissa. WENRA:n ydinturvallisuusselvitykset ehdokasmaista vuonna 1999 ja 2000 toimivat lähtökohtana EU:n ehdokasmaiden

ydinturvallisuuden tasoa arvioitaessa. Vuonna 2003 WENRA:n tehtäviksi lisättiin alkuperäisten rinnalle toimiminen Euroopan ydinturvaviranomaisten yhteistyöverkostona. Nykyään WENRA:n jäseniä ovat kaikki EU:n ydinvoimaa kaupallisesti käyttävät maat ja Sveitsi. Myös Italia ja Liettua ovat jäseniä. Italia luopui kaupallisesta ydinvoimasta 1980-luvulla ja Liettua 2000-luvulla. Tarkkailijajäseniä WENRA:ssa on yhdeksän: Armenia, Irlanti, Itävalta, Luxembourg, Norja, Puola, Tanska, Ukraina ja Venäjä. [20]

ENEF on vuonna 2007 muodostettu foorumi ydinvoima-asioille. Sen tarkoitus on koota yhteen EU:ssa ydinennergian sidosryhmät, kuten jäsenmaat, EU:n instituutiot, ydinvoimateollisuus, sähkönkuluttajat ja kansalaisyhteisö. Foorumilla on kolme työryhmää, jotka ovat ”Opportunities”, ”Risks” ja ”Transparency” (mahdollisuudet, riskit ja läpinäkyvyys). Foorumin keskustelu liittyy siis vahvasti ydinturvallisuuteen. [21]

Viime vuosien huomattavin ydinturvallisuushanke on ollut Fukushima onnettomuutta seuranneet stressitestit, joiden avulla EU:n ydinvoimaloiden turvallisuus arvioitiin äärimmäisissä suunnitteluperusteet ylittävissä tilanteissa. Maaliskuussa 2011 Eurooppa-neuvosto vaati kaikkien EU:n ydinvoimalaitosten turvallisuusarviointia. Maakohtaiset raportit ydinvoimalaitosten turvallisuudesta oli toimitettava vuoden 2011 loppuun mennessä. Maakohtaisille raporteille tehtiin vertaisarviointi ja vertaisarviointiraportit julkaistiin huhtikuussa 2012. Vuoden 2012 loppuun mennessä kansallisten ydinturvallisuusviranomaisten oli toimitettava toimintasuunnitelmat (”action plans”) siitä, kuinka stressitesteissä esiin nousseet suositukset implementoidaan käytännössä. Toimintasuunnitelmat vertaisarvioitiin keväällä 2013 [19]. Komissiolta odotetaan raporttia toimintasuunnitelmien etenemisestä kesällä 2014. [22]

3.4. Ydinjätehuolto

Euroopan maiden ydinjätteen käsittelyä määrittää eri maissa kansallinen lainsäädäntö, IAEA:n ydinjätekonventio (”Joint convention”) ja EU-maissa ydinjätedirektiivi. Ydinjätedirektiiviä tarkastellaan tarkemmin tämän selvityksen kappaleessa 5.2.

Ydinvoimalaitoksissa syntyvä jäte luokitellaan kolmeen luokkaan, matala-, keski- ja korkea-aktiiviseen jätteeseen. Korkea-aktiivista jätettä on yleensä laitosten käytetty polttoaine sekä käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyssä syntyvä jäte. Keskiaktiivista jätettä syntyy radioaktiivisista prosessivesistä ja niiden puhdistuksesta. Matala-aktiivista jätettä syntyy voimalaitoksella huolto- ja korjaustöiden yhteydessä. Keskiaktiivisia jätteitä ovat mm. ydinvoimalaitoksen primääripiirin ioninvaihtohartsit ja matala-aktiivista jätettä esimerkiksi suojamuovit, käsineet, suodattimet ja muu sekalainen jäte. Korkea- ja keskiaktiivinen jäte edellyttävät säteilysuojelutoimia, mutta matala-aktiivinen jäte pystytään käsittelemään yleensä ilman erityisiä säteilysuojelutoimenpiteitä. [23]

Matala- ja keskiaktiivista jätettä syntyy esimerkiksi Suomen neljällä yksiköllä yhteensä vuodessa noin 250–350 m³. Tästä noin puolet on matala-aktiivista ja puolet keskiaktiivista jätettä. Korkea-aktiivista jätettä syntyy vuodessa noin 70 tonnia. Korkea-aktiivinen jäte on lähinnä urania, jonka tiheys on noin 19 t/m³. Vuodessa syntyvän jätteen tilavuus on täten noin 3,7 m³. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen määrä vastaa karkeasti kuutiota, jonka sivun pituus on 7 metriä. Korkea-aktiivisen jätteen määrä vastaa karkeasti kuutiota, jonka sivun pituus on 1,5 metriä. [23] [24]

Ydinpolttoainetta voidaan käyttää avoimella tai suljetulla polttoainekierrolla. Avoimessa polttoainekierrossa uraanin louhinnan, rikastuksen ja väkevöinnin avulla valmistettu polttoaine käytetään reaktorissa vain kerran, minkä jälkeen polttoaine välivarastoidaan ja tämän jälkeen loppusijoitetaan. Suljettu kierto sisältää samat vaiheet kuin avoin kierto, mutta käytetty polttoaine jälleenkäsitellään. Näin käytetystä polttoaineesta kerätään talteen halkeamiskelpoiset materiaalit, jotka voidaan edelleen kierrättää ja hyödyntää polttoaineena. Jälleenkäsittelystä jäljelle jäänyt hyödyntämättömäksi kelpaamaton jäte voidaan loppusijoittaa. [24] Taulukkoon 4 on kerätty tarkastelumaisten ydinjätehuollon tilanne pääpiirteissään.

Taulukko 4: Ydinjätehuolto tarkastelumaissa [5] [9] [25] [26] [27] [28]

	Korkea-aktiivinen jäte	Matala- ja keskiaktiivinen jäte	Polttoainekierto
Alankomaat	• Jälleenkäsittelyjäte: välivarastointi	• Välivarastointi	• Suljettu kierto • Jälleenkäsittely (Ranska ja Iso-Brit.)
Belgia	• Jälleenkäsittelyjäte ja käytetty polttoaine: välivarastointi	• Välivarastointi	• Avoin kierto • Ennen v. 1993 jälleenkäsittely (Ranska)
Bulgaria	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Ei lopullista päätöstä • Palautettu osittain v. 1989 asti Venäjälle • Nykyään jälleenkäsittely osittain (Venäjä)
Espanja	• Välivarastointi	• Loppusijoitus	• Avoin kierto
Iso-Britannia	• Välivarastointi	• Matala-aktiivinen loppusijoitus • Keskiaktiivinen välivarastointi	• Suljettu kierto • Polttoaineen jälleenkäsittelymaa
Italia	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Suljettu kierto • Jälleenkäsittely (Ranska/Iso-Brit.)
Liettua	• Välivarastointi	• Loppusijoitus/välivarastointi	• Ei lopullista päätöstä
Ranska	• Jälleenkäsittelyjäte: välivarastointi	• Loppusijoitus	• Suljettu kierto • Polttoaineen jälleenkäsittelymaa
Romania	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Avoin kierto
Ruotsi	• Välivarastointi • Rakentamislupahakemus jätetty loppusijoitustilan rakentamisesta	• Loppusijoitus	• Avoin kierto
Saksa	• Välivarastointi	• Loppusijoitus/välivarastointi	• Avoin/Suljettu kierto • Jälleenkäsittely osittain (Ranska/Iso-Brit.)
Slovakia	• Välivarastointi	• Loppusijoitus	• Avoin • Aikaisemmin palautettu osittain (Venäjä)
Slovenia	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Ei lopullista päätöstä
Suomi	• Välivarastointi • Rakentamislupahakemus jätetty loppusijoitustilan rakentamisesta	• Loppusijoitus	• Avoin kierto • Loviisan laitosten käytetty polttoaine palautettu v. 1996 asti Venäjälle
Sveitsi	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Avoin/Suljettu • Jälleenkäsittely (Ranska/Iso-Brit.)
Tšekki	• Välivarastointi	• Loppusijoitus	• Avoin
Ukraina	• Välivarastointi	• Loppusijoitus/välivarastointi	• Ei lopullista päätöstä • Jälleenkäsittely (Venäjä)
Unkari	• Välivarastointi	• Välivarastointi	• Avoin kierto, aikaisemmin jälleenkäsittely osittain (Venäjä)

Käytettyä polttoainetta ja sen käsittelystä johtuvaa korkea-aktiivista jätettä ei ole loppusijoitettu vielä missään maassa. Suomessa ja Ruotsissa on jätetty lupahakemukset korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituspaikan rakentamisesta. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituspaikkoja on Espanjassa, Iso-Britanniassa, Liettuassa, Ranskassa, Ruotsissa, Saksassa, Slovakiassa, Suomessa, Tšekissä ja Ukrainassa.

Iso-Britannia ja Ranska jälleenkäsittelevät laitostensa käytetyn polttoaineen ja tarjoavat jälleenkäsittelyä muutamille Euroopan maille. Alankomaat, Belgia, Italia, Saksa ja Sveitsi jälleenkäsittelevät tai ovat jälleenkäsittelleet polttoainetta Iso-Britanniassa ja Ranskassa. Suomi ja Slovakia ovat aiemmin palauttaneet käytettyä polttoainetta Venäjälle. Unkari sekä Ukraina ovat käsitelleet tai käsittelevät polttoainetta Venäjällä. Bulgaria on aikanaan palauttanut polttoainetta Venäjälle ja jälleenkäsittelee polttoainetta Venäjällä.

3.5. Yhteiskunnallinen hyväksyttävyys

Ydinvoiman hyväksyttävyydessä on mahdotonta puhua yhtenevästä eurooppalaisesta näkökulmasta. Yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden taso vaihtelee voimakkaasti maiden välillä. Maissa, joissa ydinvoimaa ei käytetä sähköntuotannossa, ydinvoiman hyväksyttävyys on yleensä matala. Näihin maihin lukeutuvat esimerkiksi Itävalta, Kreikka, Kypros, Malta ja Portugali. [29] Ydinvoiman yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden haasteet liittyvät ydinturvallisuuteen, ydinjätehuoltoon ja ydinmateriaalin leviämiseen. [30]

Ydinvoimaa sähköntuotannossaan käyttävien maiden yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden tasoa on tarkasteltu taulukossa 5. Taulukkoon on kerätty viimeisimpien mielipidetiedustelujen tuloksia eri maista. Luvut eivät ole keskenään vertailukelpoisia tai yhteismitallisia, koska kysymysten asettelu vaihtelee ja eri mielipidetiedusteluista on ollut saatavilla tietoa vaihtelevasti. Taulukon tiedot kuitenkin tarjoavat mahdollisuuden tarkastella tilannetta yleisesti eri maissa.

Iso-Britanniassa, Ranskassa, Ruotsissa ja Suomessa ydinvoima nähdään yhteiskunnallisesti hyväksyttynä. Sama tilanne on monissa Itä-Euroopan maissa, kuten Tšekissä, Slovakiassa ja Bulgariassa. Belgiassa ja Espanjassa tilanne on ristiriitainen. Belgiassa ydinvoiman käyttöä halutaan jatkaa, mutta toisaalta sen osuutta halutaan pienentää. Espanjassa ydinvoimaa vastustetaan yleisesti sähköntuotantomuotona, mutta 51 prosentin mielestä Espanja ei pärjää ilman ydinvoimaa. Saksassa ydinvoiman hyväksyttävyys on matala. Entisten ydinvoimamaiden Liettuan ja erityisesti Italian kohdalla ydinvoimaa koskevissa kansanäänestyksissä hyväksyttävyys on ollut matala. Puolassa ei ole ydinvoimaa, mutta maa on mahdollinen tuleva ydinvoimamaa. Puolassa ydinvoimaa kannattaa hieman suurempi osa kansalaisista kuin vastustaa. Slovenian, Romanian ja Ukrainan tilanteesta ei ollut tarjolla mielipidekyselytuloksia.

Euroopan kattavaa mielipidetiedustelua (Eurobarometri) on odotettu julkaistavaksi vuonna 2013, mutta on mahdollista, että julkaisu myöhästyy. Eurobarometri sisältää kysymyksiä ydinvoimaan, ydinjätteeseen ja ydinturvallisuuteen liittyen. [22]

Taulukko 5: Ydinvoiman yhteiskunnallinen hyväksyttävyys [9] [26] [29] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37]

Maa	Hyväksyttävyys
Alankomaat	Puolet kansasta kannattaa ydinvoiman lisärakentamista
Belgia	- Käytön jatkaminen: 58 % kannattaa, 41 % vastustaa, 1 % Ei osaa sanoa - Osuus tuotannosta: 7 % kasvatettava, 31 % samana, 62 % vähennettävä - Luopuu ydinvoimasta ehdollisesti
Bulgaria	- Vuoden 2013 kansanäänestyksessä 61 % kannatti ja 39 % vastusti uuden ydinvoimalaitoksen rakentamista - Äänestyksen tulos ei-sitova, koska äänestysprosentti vain 20 %
Espanja	37 % kannattaa ja 63 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona 51 % mielestä Espanja ei pärjää ilman ydinvoimaa
Iso-Britannia	59 % kannattaa ja 41 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona - Sähköntuotanto Iso-Britanniassa: 40 % kannattaa, 23 % vastustaa 35 % neutraaleja ja 2 % Ei osaa sanoa
Italia	- Vuoden 2011 kansanäänestyksessä 94 % vastusti ydinvoiman uutta rakentamista - Luopui ydinvoimasta kahdeksankymmentäluvulla
Liettua	Neuvoa antavassa kansanäänestyksessä 2012 uuden ydinvoimalan rakentamista vastusti 63 %
Puola	52 % kannattaa ja 48 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona
Ranska	50 % kannattaa ja 50 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona - Ydinvoiman käyttö Ranskassa: 36 % kannattaa, 14 % vastustaa, 34 % epävarma, 16 % ei mielipidettä
Ruotsi	52 % kannattaa ja 48 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona - Ydinvoiman käyttö Ruotsissa: 38 % haluaa jatkaa ja korvata vanhat, 30 % jatkaa nykyisellään, 11 % ei tiedä, 21 % haluaa luopua
Saksa	26 % kannattaa ja 74 % vastustaa yleisesti sähköntuotantomuotona
Slovakia	70 % hyväksyy ydinvoiman Slovakiassa
Suomi	Yleissuhtautuminen ydinvoimaan Suomen oloissa: 41 % myönteinen, 26 % kielteinen, 33 % neutraaleja
Sveitsi	- Luopui ydinvoiman lisärakentamisesta Fukushima onnettomuuden jälkeen 61 % pitää kuitenkin ydinvoimaa välttämättömänä sähköntuotannossa
Tšekki	Ydinvoiman kehittäminen Tšekissä: 66 % kannattaa, 34 % vastustaa
Unkari	75 % hyväksyy ydinvoiman

4. EU:n energiapolitiikka ja ydinvoima

Euroopan hiili- ja teräsyhteisö (EHTY) muodostettiin vuonna 1951 Pariisin sopimuksella [1]. Vuonna 1957 Rooman sopimuksella muodostettiin Euroopan talousyhteisö (ETY) ja Euroopan atomienergiayhteisö Euratom. [2] Seuraava merkittävä perussopimus eli Euroopan yhtenäisasiakirja allekirjoitettiin vuonna 1986. Yhtenäisasiakirjan jälkeen ryhdyttiin luomaan yhteisiä sisämarkkinoita. Vuonna 1992 allekirjoitettiin Maastrichtin sopimus, joka tuli voimaan marraskuussa 1993. Sopimuksen muutti Euroopan yhteisön nimen Euroopan unioniksi. Seuraava askel olisi ollut EU:n perustuslaillinen sopimus, joka kuitenkin kaatui Ranskan ja Alankomaiden vastustukseen kansanäänestyksissä 2005. Pitkällisen neuvotteluprosessin myötä vuonna 2007 allekirjoitettiin Lissabonin sopimus, joka astui voimaan 2009. Lissabonin sopimus on hyväksytty kaikissa jäsenmaissa. [38] [1]

4.1. Energiapolitiikan kehitys

Energia-asioissa suurin muutos Lissabonin sopimuksesta tuli energia-artiklasta 194. Ennen Lissabonin sopimusta EU:n perustamissopimuksissa ei ollut erityismääräystä EU:n toiminnasta energia-asioissa [39]. Lissabonin sopimus muodosti yhtenäisen oikeusperustan energia-asioille EU-tason lainsäädännössä. [38] Lissabonin sopimuksen mukaan EU voi toteuttaa toimenpiteitä, joiden tarkoitus on varmistaa energiamarkkinoiden toimivuus, turvata energian toimitusvarmuus ja edistää energiatehokkuutta sekä energiaverkkojen yhteenliittämistä. [39]

Ydinenergia on kuitenkin poikkeus. Euratom-sopimus on edelleen voimassa ja sen nojalla annetaan esimerkiksi EU:n ydinturvallisuutta koskeva lainsäädäntö.

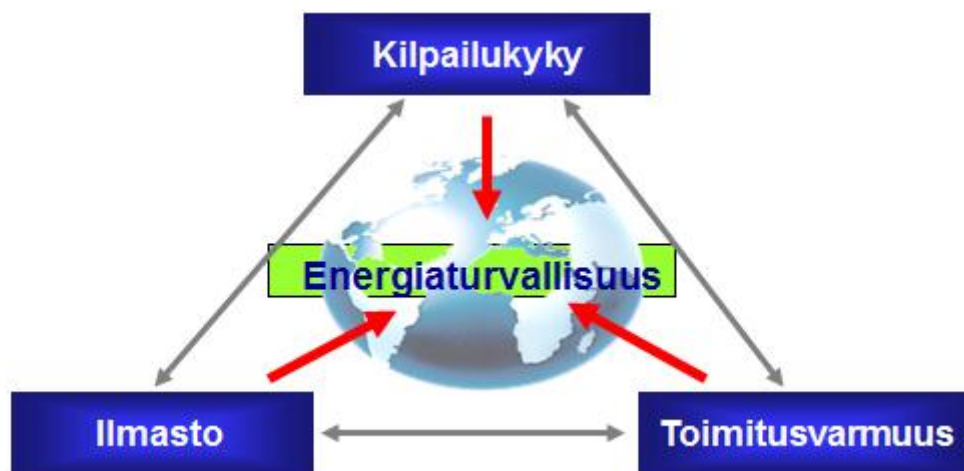
Huoli ilmastonmuutoksesta nousi käsiteltävien asioiden joukkoon 2000-luvulla. EU on pyrkinyt yhdistämään ilmasto- ja energiapolitiikkaansa. Tästä konkreettinen esimerkki on vuoden 2008 energia- ja ilmastopaketti ("The EU climate and energy package"). Kyseinen paketti esitti kuuluisan "20–20–20"-tavoitteen, joka pyrkii 20 prosentin päästövähennyksiin, 20 prosentin nostoon energiatehokkuudessa ja 20 prosentin osuuteen uusiutuvista energialähteistä energiankulutuksessa vuoteen 2020 mennessä. Vertailutasoksi asetettiin vuosi 1990. EU:n energialainsäädäntö ohjaa yhä enemmän jäsenmaiden kansallista energiapolitiikkaa, vaikka Lissabonin sopimuksen artikla 194 mukaan jäsenmaat saavat päättää energianlähteensä itse. Esimerkiksi edellä mainittu 20 prosentin osuus energiankulutuksesta uusiutuvista energialähteistä toteutettiin uusiutuvan energian direktiivillä. Näin ollen Euroopan unioni ohjaa jäsenmaiden valintoja energiantuotannossa. [38]

2010-luvulla Euroopan unioni on pyrkinyt suunnittelemaan energiapolitiikkaansa yhä pidemmälle tulevaisuuteen. Vuonna 2011 komissio julkaisi energia-alan tiekartan vuoteen 2050 asti ("Energy Roadmap 2050"). Suunnitelman mukaan EU:n on tarkoitus leikata kasvihuonepäästöjä vuoteen 2050 mennessä 80–95 prosenttia. Tällä hetkellä EU rakentaa ilmasto- ja energiastrategiaansa vuoteen 2030. Komissio julkaisi niin sanotun vihreän kirjan maaliskuussa 2013. Vihreän kirjan julkaiseminen avasi julkisen konsultaation vuoden 2030 ilmasto- ja energiapolitiikan kehitykselle. Konsultaatio umpeutui heinäkuun alussa ja siihen ilmaisivat kantansa kaikki asiaankuuluvat toimijat. Kantansa ilmaisivat mm. Energiateollisuus ry ja Työ- ja elinkeinoministeriö Suomesta ja ydinenergia-alan edunvalvontajärjestö FORATOM. Komission on tarkoitus käsitellä avoimen konsultaation tulokset syksyllä ja julkaista

valkoinen kirja vuoden 2013 loppuun mennessä. Ilmasto- ja energiapolitiikan lopullisen vuoteen 2030 ulottuvan kehityksen pitäisi olla valmis noin vuoden kahden sisällä. [40]

Vihreä ja valkoinen kirja ovat komission työvälineitä ja asiakirjoja. Vihreän kirjan on tarkoitus käynnistää erilaisista aiheista keskusteluita, joihin sidosryhmien toivotaan osallistuvan. Valkoinen kirja yleensä seuraa vihreätä kirjaa ja sisältää ehdotuksen yhteisön toiminnasta ja lainsäädännön muuttamisesta. [41]

Euroopan unionin energiapolitiikka perustuu kolmeen peruspilariin, jotka ovat esitetty kuvassa 13. Viime vuosina EU:ssa on energia-asioissa keskitytty ilmastoasioihin.



Kuva 13: EU:n energiapolitiikan peruspilarit [42]

Kilpailukyvyn ja toimitusvarmuuden tärkeys kuitenkin nousee yhä useammin esille, mikä johtuu jo pelkästään EU:n huonosta taloustilanteesta. Unionin alueella taantuma on jatkunut jo viisi vuotta ja bruttokansantuote on edelleen alle vuoden 2008 tasolla. Taloustilanteen vaikutus näkyy todennäköisesti EU:n energiapolitiikassa.

4.2. Euratom

Ydinenergia-asoiden perusta Euroopan Unionissa on Euratom-sopimus [43]. Euratom sopimuksen motiiveina oli alun perin EHTY:n perustajavaltioiden Saksan, Belgian, Ranskan, Italian, Luxemburgin ja Alankomaiden pula energiasta, riippuvuus tuontienergiasta ja ydinenergian suuret investointikustannukset yksittäiselle maalle. Euratom-sopimuksella on kaksi selvää tavoitetta: edistää ydinteollisuuden muodostumista Euroopassa ja taata ydinenergian hyödyntämisen turvallisuus. Euratom-sopimus koskee ainoastaan siviilitarkoituksiin ja rauhanomaisesti käytettävää ydinenergiaa, mukaan lukien ydinmateriaalien leviämisen estäminen.

Euratom-perustamissopimus sisälsi alun perin 234 artiklaa ja nykyisellään 177. Kyseiset artiklat on jaettu kuuteen eri osastoon. Ensimmäinen määrittää yhteisön tehtävät, toinen ydinenergian kehityksen edistämisestä ja kolmas yhteisön toimielimiä ja rahoitusta, jonka erityiset määräykset vahvistetaan neljännessä osastossa. Viidennessä ja kuudennessa osastossa annetaan yleiset määräykset ja alkuvaiheen määräykset. Sopimukseen sisältyy lisäksi viisi liitettä ja kaksi pöytäkirjaa.

Euratom-sopimuksen tavoitteina ovat ydinteollisuuden muodostuminen ja ydinturvallisuuden varmistaminen Euroopassa. Euratom-sopimuksen erityisiksi tehtäviksi määritellään:

- Tutkimuksen kehittäminen ja teknisen tiedon leviämisen varmistaminen
- Yhtenäisten turvallisuusmääräysten laatiminen
- Investointien helpottaminen ja ydinenergian kehittämisessä tarvittavien peruslaitosten rakentaminen EU:ssa
- Ydinpolttoaineen ja malmin toimituksesta huolehtiminen kaikille käyttäjille EU:ssa
- Ydinaineiden siirtymisen estäminen muihin tarkoituksiin (erityisesti sotilaalliset tarkoitukset)
- Halkeamiskelpoisten aineiden omistusoikeuden harjoittaminen
- Ydinenergian rauhanomaisen käytön edistäminen yhteistyöllä kolmansien maiden ja kansainvälisten järjestöjen kanssa
- Yhteisten yritysten perustaminen.

Euratom-sopimus määrittää kattavasti Euroopan unionin ydinenergiaan liittyviä aktiviteetteja. Sopimuksen toimitelinrakenne on pitkälti sama kuin ETY:llä, koska kummankin sopimuksen toimitelinrakenne perustuu neuvoston, komission ja parlamentin kolmikantaan. Parlamentilla on kuitenkin vain neuvoa antava rooli Euratom-sopimuksen nojalla käsitellyissä asioissa. Yhteisön toimitelimet vastaavat perustamissopimuksen täytäntöönpanosta. [43]

Euratom-sopimus on edistänyt ydinenergian rauhanomaista käyttöä Euroopan unionissa. Ydinturvallisuuden varmistaminen ja yhteisten normien muodostaminen palvelee kaikkia jäsenmaita ja ydinenergian edistäminen parantaa Euroopan energiaomavaraisuutta. Unionin laajentumisessa Euratom-sopimus antaa EU:lle yhteisen lähestymistavan suhteessa ehdokasmaihin. Verrattuna Euratom-sopimuksen alkuaikoihin on ydinenergian käytön edistäminen kuitenkin jäänyt vähemmälle huomiolle. Komissio hyödyntää ydinenergiasioissa Euratom-sopimusta lähinnä säteilysuojeluun liittyen, vaikka sopimuksen päätarkoituksena on sekä turvallisuuden lisääminen että ydinenergian edistäminen ja tukeminen.

Euratom-sopimus on edelleen voimassa, eikä siihen ole sen historian aikana tehty suuria muutoksia. Vuonna 2007 komissio arvioi katsauksessaan Euratom-sopimuksen tulevaisuuden positiiviseksi. Euratom-sopimuksen roolia lainsäädäntöprosessissa on käsitelty tarkemmin tämän selvityksen luvussa 5. [43]

4.3. Energia-alan tiekartta 2050

Euroopan unionin tavoitteena on leikata kasvihuonepäästöjä vuoteen 2050 mennessä 80–95 %:lla alle vuoden 1990 vertailutason [44]. Komission esittelemä ”Energia-alan tiekartta 2050” vastaa siihen, miten päästövähennykset saavutetaan vuoteen 2050 mennessä. [45]

Tiekartta perustuu skenaarioihin, jotka pohjaavat neljään eri keinoon kasvihuonepäästöjen hillitsemiseksi. Keinot ovat energiatehokkuus, uusiutuvat

energiälähteet, ydinvoima sekä hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. [46] Ydinvoima on tiekartassa identifioitu yhtenä keinona kasvihuonepäästöjen vähentämisessä. Ydinvoimaa käsitellään tiekartassa useita kertoja.

Tiekartan alussa ydinvoiman epävarmuustekijäksi mainitaan jäsenmaiden antama asema ydinvoimalle. Seuraavan kerran ydinvoimaa käsitellään hiilestä irtautumiseen johtavissa skenaarioissa, joita tiekartassa on viisi kappaletta. Skenaariot ovat taulukossa 6.

Taulukko 6: ”Energia-alan tiekartta 2050”-skenaariot [45]

1. Hyvä energiatehokkuus	• Vahva sitoutuminen energiansäästöön • Energian kysyntä laskee 41 % vuoteen 2050 mennessä
2. Monipuoliset energiansaantitekniikat	• Energiälähteet kilpailevat keskenään markkinaehtoisesti • Päästökauppa toimii ohjauskeinona
3. Runsaasti energiaa uusituvista lähteistä	• Voimakkaita tukia uusiutuville energiälähteille • Energian loppukulutuksesta 75 % uusituvilla vuonna 2050
4. Viivästynyt hiilidioksidin talteenotto ja varastointi	• Päästövähennyksiä ei saavuteta hiilidioksidin talteenotolla • Ydinenergian osuus kasvaa
5. Vähän ydinenergiaa	• Uutta ydinvoimaa ei rakenneta • Hiilidioksidin talteenotto yleistyy, kattaa noin 32 % sähköntuotannosta

Ensimmäisessä skenaariossa ydinvoiman roolia ei ole käsitelty erikseen. Toisessa ja neljännessä ydinvoiman rooli on huomattava. Kolmannessa ja viidennessä skenaariossa ydinenergian osuus tippuu merkittävästi.

Energia-alan tiekartassa käsitellään kymmenen päätelmää, jotka voidaan vetää skenaariotarkastelusta. Ydinvoima mainitaan kolmessa eri päätelmässä. Näistä ensimmäisen päätelmän mukaan hiilidioksidin talteenotolla on erityisen tärkeä asema päästövähennyksissä, mikäli ydinenergian tuotantoa rajoitetaan. Toisen päätelmän mukaan ydinenergialla on tärkeä panos monipuolisiin energiansaantitekniikoihin sekä hiilidioksidin talteenottoon perustuvassa skenaariossa. Näissä skenaarioissa ydinvoima on edelleen keskeinen vähähiilinen energianlähde. Sähkön hinta on näissä skenaarioissa alhaisin. Kolmannen päätelmän mukaan hajautetut ja keskitetyt järjestelmät ovat yhä enemmän vuorovaikutteisia ja niiden on pystyttävä toimimaan entistä paremmin keskenään.

Lopuksi ydinvoimaa käsitellään vielä siirtymiseen vuodesta 2020 vuoteen 2050 liittyvissä haasteissa. ”Ydinenergialla tärkeä panos”-kohdassa muotoillaan, että ”Ydinenergia on vähähiilinen vaihtoehto, joka tuottaa tällä hetkellä suurimman osan EU:ssa kulutetusta vähähiilisestä sähköstä”. Seuraavaksi mainitaan, että osa jäsenvaltioista pitää ydinenergiaan liittyviä riskejä liian suurina. Fukushima onnettomuus on muuttanut suhtautumista osassa maita, mutta ”toisissa ydinenergia nähdään edelleen varmana, luotettavana ja kohtuuhintaisena vähähiilisen sähköntuotannon lähteenä”. Turvallisuuteen, käytöstä poistoon ja jätteen käsittelyyn

liittyvien kustannusten epäillänsä nousevan, mutta uudet ydinteknologiat voivat auttaa näiden asioiden ratkaisemissa.

Lainaus energia-alan tiekartan lopusta tiivistää ydinvoiman roolin EU:n energiapolitiikassa seuraavasti: ”Skenaarioanalyysi osoittaa, että ydinenergia auttaa alentamaan järjestelmäkustannuksia ja sähkön hintoja. Ydinenergia säilyy edelleen EU:n energialähteiden valikoimassa laajamittaisena vähähiilisenä vaihtoehtona. Komissio aikoo edelleen kehittää ydinturvallisuuden ja ydinlaitosten turvaamisen puitteita. Näin se pyrkii luomaan tasapuoliset olosuhteet tehtäville investoinneille niissä jäsenvaltioissa, jotka haluavat säilyttää ydinenergian energiavalikoimassaan.”

Vaikka skenaariotarkasteluihin liittyy aina paljon epävarmuuksia, on ydinvoiman rooli päästövana energiantuotantomuotona tulevina vuosikymmeninä otettu huomioon.

5. Ydinvoiman sääntely

Euratom-sopimus on ydinenergia-asioiden lainsäädäntökehys. Ydinvoimaa koskettavaa lainsäädäntöä annetaan myös muiden oikeusperustojen kuin Euratom-sopimuksen nojalla, mutta suurin osa siitä tulee Euratom-sopimuksen pohjalta. Euratom-sopimus tekee ydinenergiaa koskevasta lainsäädäntöprosessista poikkeuksellisen, koska prosessi on EU:n neuvoston yksimielisyyttä edellyttävä ja parlamentti on vain lausunnon antajan roolissa.

Euroopan unionissa vallanjako perustuu komission, neuvoston ja parlamentin kolmikantaan. [35] Näiden kolmen lisäksi Eurooppa-neuvosto on olennainen EU:n toimielin. Eurooppa-neuvosto tunnetaan jäsenmaiden valtion- tai hallitustenpäämiesten kokouksena (ns. ”huippukokous”). Eurooppa-neuvostosta tuli EU:n virallinen toimielin Lissabonin sopimuksen myötä. Se tekee unionin yleiset poliittiset linjaukset ja voi tehdä oikeudellisesti sitovia päätöksiä ja sopimuksia. Puheenjohtajana toimii marraskuuhun 2014 asti belgialainen Herman Van Rompuy.

Euroopan unionin lainsäädännön keskeiset välineet ovat asetus, direktiivi ja päätös. Asetus sitoo jäsenmaita välittömästi voimaan tultuaan ja syrjäyttää mahdollisen ristiriidassa olevan kansallisen lainsäädännön. Asetusta sovelletaan sellaisenaan kaikissa jäsenmaissa. Direktiivi on lainsäädäntöpuite. Direktiivi on pantava täytäntöön tietyssä määräajassa jäsenmaiden omassa lainsäädännössä. Kansalliset viranomaiset valitsevat tarvittavat keinot ja muodot täytäntöönpanoon. Päätös on yksittäistapauksia koskeva säädös ja velvoittaa niitä, joille se on osoitettu. Päätös voi olla myös yleisesti velvoittava ja sovellettava. [1]

5.1. Lainsäädäntöprosessi

Euroopan unionissa komissio antaa kaikki lakialoitteet sekä politiikka-aloitteet [38]. Komissio koostuu tällä hetkellä 28:stä komissaarista, komission puheenjohtajan toimii toista kautta portugalilainen Jose Manuel Barroso ja energiakomissaarina saksalainen Günther Oettinger. Komission tukena toimii laaja virkamieskunta ja energia-asioiden valmistelu kuuluu energiapäosastolle. Ennen aloitteiden tekoa komissio kuulee sidosryhmiä, joihin kuuluvat mm. neuvosto ja parlamentti.

Neuvostossa on edustettuina kaikki jäsenmaat, joten sen toimintaa leimaavat kansalliset näkökulmat. Komission aloitteet tulevat käsittelyyn sekä neuvostoon että parlamenttiin. Neuvostossa työskentely jakaantuu kolmeen eri tasoon: työryhmät, pysyvien edustajien komitea ja ministeritaso. Työryhmätaso on ensimmäinen taso ja jäsenmaiden edustajina toimivat ministeriöiden ja EU-edustustojen virkamiehet. Energiaan liittyvät tärkeimmät työryhmät ovat energiatyöryhmä, ilmasto- ja ympäristötyöryhmä ja atomityöryhmä. Energiatyöryhmä käsittelee kaikki energia-asiat ydinenergiaan liittyviä asioita lukuun ottamatta ja atomityöryhmä kyseiset ydinenergia-asiat. Ilmasto- ja ympäristötyöryhmässä käsitellään esimerkiksi päästökauppaan liittyvät asiat. Seuraava korkeampi taso on pysyvien edustajien komitea eli Coreper. Coreper kokoontuu kahdessa eri kokoonpanossa, jotka ovat Coreper I ja Coreper II. Edustajina Coreperissä ovat maiden pysyvät edustajat, eli suurlähettiläät ja heidän sijaisensa. Energia-asioita hoitavat sekä Coreper I että Coreper II. Euratom-sopimuksen alaiset asiat kuuluvat Coreper II:lle ja muut energia-alan asiat Coreper I:lle. Viimeinen ja korkein neuvoston taso on ministeritaso ja edustajina toimivat jäsenmaiden ministerit. Tällä tasolla ministerit päättävät

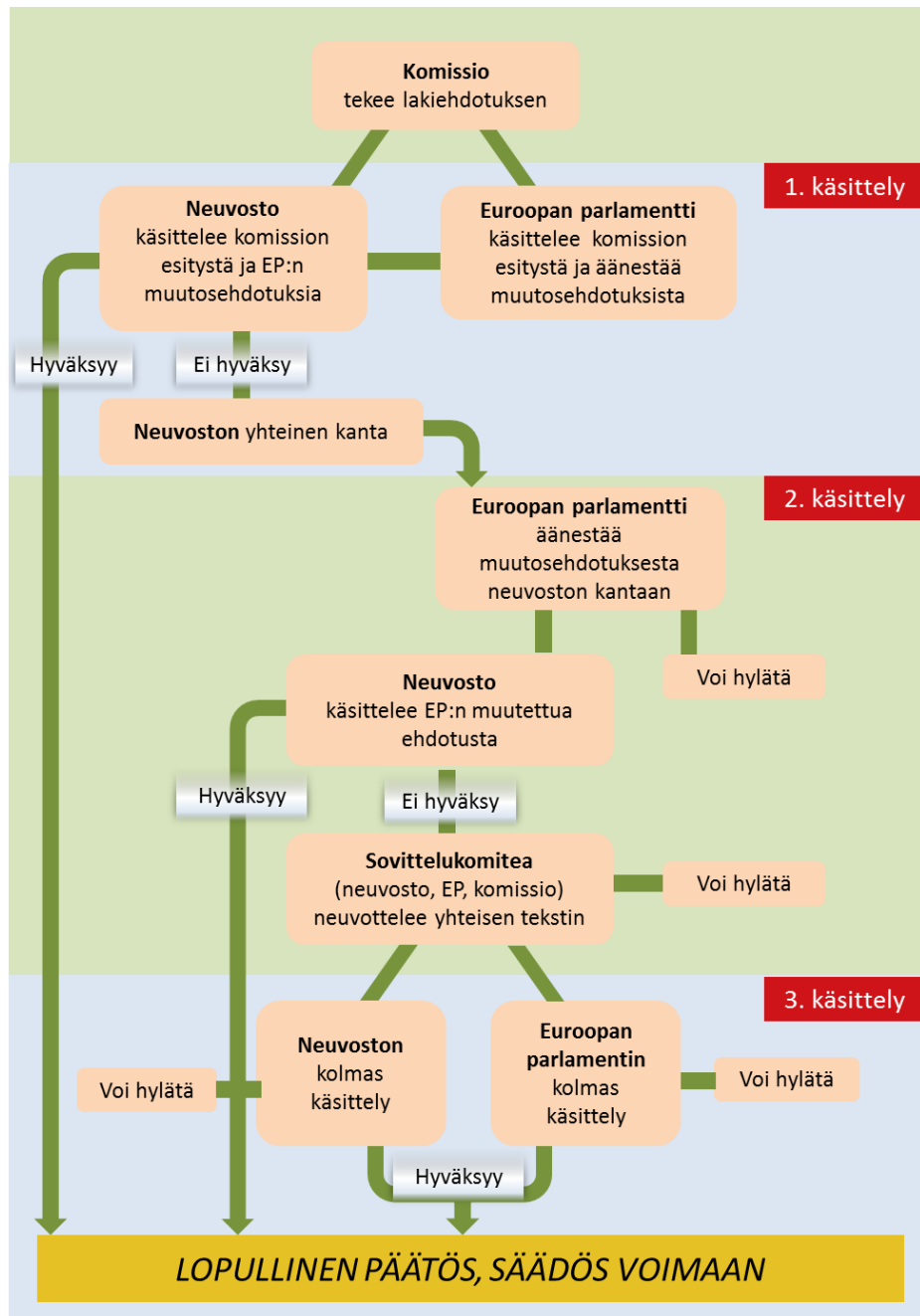
lainsäädännöstä, keskustelevalle EU:n politiikasta ja antavat komissiolle suuntaviivoja. Energia-asioissa keskeisin on liikenne-, televiestintä- ja energianeuvosto. Energiaministerit kokoontuvat noin 3-4 kertaa vuodessa. Ydinenergia-asiat kuuluisi käsitellä yleisten asioiden neuvostossa, mutta näin tapahtuu kuitenkin käytännössä harvoin.

Käytännössä neuvoston ensimmäinen taso eli työryhmätaso on tekninen taso, jolla komission aloitteet käsitellään yleensä ensin. Mikäli työryhmätasolla asioista ei päästä yhteisymmärrykseen, edetään Coreper-tasolle neuvoston puheenjohtajamaan toimesta. Yleensä ratkaisevat neuvottelut käydään Coreper-tasolla, vaikka asia hyväksyttäisiin muodollisesti korkeimmalla eli ministeritasolla. [38]

Euroopan parlamentissa istuu 766 suorilla vaaleilla valittua edustajaa, mutta määrä pienenee vuonna 2014 pidettävien vaalien jälkeen 751:een. [47] Lissabonin sopimuksen myötä parlamentti on tasavertainen lainsäätävä neuvoston rinnalla yhä useammassa asiassa. Käytännön työ komissiolta tulevissa aloitteissa tapahtuu parlamentin valiokunnissa. Tärkein energia-asioiden valiokunta on teollisuus-, tutkimus- ja energiavalioikunta eli ITRE. Ydinenergia-asiat muodostavat kuitenkin parlamentille merkittävän poikkeuksen, koska ydinenergia-asiat käsitellään Euratom-sopimuksen nojalla ja Euratom-asioissa parlamentilla on ainoastaan neuvoa antava rooli. Parlamentti ottaa silti osaa keskusteluun ydinenergia-asioissa ja voi pyytää komissiolta ydinenergia-asioihin liittyviä aloitteita. Silti lopullisen päätöksen tekevät komissio ja neuvosto. [38] Parlamentti on kuitenkin jo vuosia pyrkinyt vaikuttamaan vahvemmin ydinvoimaa koskeviin päätöksiin.

Kuvassa 14 on EU:n tavanomainen lainsäätämisyjärjestys yksinkertaistetusti. Tavanomaisessa lainsäätämisyjärjestyksessä neuvosto ja parlamentti yhdessä päättävät lainsäädännöstä komission aloitteen pohjalta.

Ydinenergia-asiat Euratom-sopimuksen pohjalta eivät noudata tavanomaista lainsäätämisyjärjestystä. Euratom-sopimuksen nojalla annetuissa aloitteissa lainsäätäminen perustuu komission ja neuvoston päätöksiin ja parlamentti on ainoastaan lausunnon antajan roolissa. Ydinenergia-asiat edellyttävät EU:n neuvoston yksimielistä päätöstä. Vastaavanlainen poikkeuksellinen neuvoston yksimielisyyttä edellyttävä lainsäädäntöprosessi on esimerkiksi verotusasioissa.



Kuva 14: Euroopan unionin tavanomainen lainsäätämisyjärjestys [1]

5.2. Direktiivit

Ennen ydinturvallisuus- ja ydinjätedirektiiviä noin kymmenen vuotta sitten komissio haki itselleen voimakkaampaa valtaa ydinturvallisuusasioissa niin sanotulla ydinturvapakettilla. Paketti sisälsi laitosturvallisuutta ja ydinjätehuoltoa koskevia direktiiviehdotuksia. Paketti ei kuitenkaan saanut neuvoston riittävää tukea eikä mennyt läpi. Ydinturvapakettia seurasi vuonna 2008 ehdotus ydinturvallisuusedirektiivistä. [38]

Ydinturvallisuudsdirektiivi tuli voimaan heinäkuussa 2009. Se keskittyi kansallisen ydinturvallisuuden vahvistamiseen. Direktiivissä käsitellään ydinlaitosten lupajärjestelmää, ydinturvallisuuden valvontajärjestelmää ja direktiivin täytäntöönpanoon liittyviä asioita. Ydinturvallisuudsdirektiivin mukaan jäsenvaltioiden on luotava kansallinen oikeudellinen kehys ydinturvallisuudelle. Jäsenmaiden on muodostettava toimivaltainen ja riippumaton viranomainen, vaikka päävastuu on kuitenkin edelleen luvanhaltijalla. Ydinturvallisuuden valvontaan liittyvän informaation on oltava väestön saatavilla. Kolmen vuoden välein jäsenvaltioiden on toimitettava komissiolle raportti ydinturvallisuuden kehittymisestä ja kymmenen vuoden välein vertaisarviointi. Jäsenvaltioiden oli implementoitava ydinturvallisuudsdirektiivi heinäkuuhun 2011 mennessä. [2]

Ydinturvallisuudsdirektiiviä seurasi ydinjätedirektiivi, joka tuli voimaan elokuussa 2011 ja se oli implementoitava elokuuhun 2013 mennessä. Direktiivi koskee siviilitoiminnasta lähtöisin olevaan käytetyn polttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huoltoa. Direktiivin tarkoitus on luoda kansallinen oikeudellinen kehys ydinjätehuollolle. Direktiivin mukaan jäsenmaat ovat yksikäsitteisesti vastuussa ydinjätehuollosta. Direktiivi kuitenkin mahdollistaa ydinjätteen käsittelyn ja loppusijoittamisen toisessa maassa. Mikäli ydinjäte käsitellään tai loppusijoitetaan toisessa maassa, on maan täytettävä tietyt kriteerit. Maan on oltava Euratom-yhteisön sopimuskumppani tai IAEA:n ydinjätekonvention jäsen. Vastaanottavan maan ydinjätehuollon täytyy olla linjassa ydinjätedirektiivin kanssa ja jätteenkäsittelylaitoksen oltava suunniteltu ydinjätehuoltoon ja toiminnassa ennen kuljetusta.

Ydinjätedirektiivi edellyttää, että jäsenmaat aikaansaavat riittävän kansallisen lainsäädännön ydinjätehuoltoon liittyen. Jäsenmailla on oltava kansallinen ydinjätehuolto-ohjelma, ydinjätehuollon turvallisuuden varmistava säännöstö sekä lisensointijärjestelmä ydinjätehuollon aktiviteeteille ja laitoksille. Jäsenmailla on oltava toimivaltainen ja itsenäinen viranomainen, joka on vastuussa ydinjätehuollosta. Päävastuu ydinjätehuollosta on silti luvanhaltijoilla. Luvanhaltija vastaa ydinjätehuollon ja ydinjätelaitosten turvallisuudesta.

Jotta ydinjätehuollon taloudelliset näkökohdat on turvattu, on jäsenmaiden varmistettava riittävät taloudelliset resurssit ydinjätehuoltoon. Ydinjätehuoltoon liittyvän informaation on oltava väestön saatavilla. [2] Jäsenmaiden on informoitava komissiota kansallisista ydinjätehuolto-ohjelmista elokuuhun 2015 mennessä. Vähintään kymmenen vuoden välein jäsenmaiden on tehtävä ydinjätehuoltonsa itsearviointi ja suoritettava vertaisarviointi. Ydinjätedirektiivin sisältö on verrannollinen ydinturvallisuudsdirektiivin sisältöön.

Fukushiman onnettomuutta seurasi stressitestien lisäksi ehdotus ydinturvallisuudsdirektiivin päivityksestä. Ehdotus ydinturvallisuudsdirektiivin päivityksestä julkaistiin heinäkuussa 2013. Direktiiviehdotus sisältää mm. seuraavat vaatimukset [48]:

- Uudet EU-tason turvallisuustavoitteet
- EU:n laajuiset oikeudellisesti sitovat vertaisarvioinnit jokaiselle laitokselle kuuden vuoden välein

- Kymmenen vuoden välein suoritettavat kansalliset turvallisuusarviot jokaiselle laitokselle
- Uudet laitokset on rakennettava siten, että reaktorisydämen vaurion seuraukset eivät ulotu laitoksen ulkopuolelle
- Jokaisessa laitoksessa on oltava radioaktiivisuudelta ja luonnonvoimilta suojattu valvontakeskus.

ENSREG:in kommenttien mukaan vastuun ydinturvallisuudesta on pysyttävä jäsenmailla huolimatta direktiivipäivityksestä. ENSREG:in mukaan direktiivin kuuluu asettaa yleisiä turvallisuustavoitteita eikä tarkasti määrättyjä turvallisuuskriteereitä. Vertaisarviot voivat olla ENSREG:in mukaan tehokas tapa kehittää ydinturvallisuutta. [49] FORATOM:in näkemysten mukaan ydinturvallisuusedirektiivin päivitysehdotus on teknisesti liian tarkka ja vaarantaa kansallisten ydinturvallisuusviranomaisten auktoriteetin. [50] FORATOM:in mukaan ehdotuksen pitäisi asettaa yleisiä tavoitteita määrittelemättä liian tarkkoja teknisiä yksityiskohtia niiden toteuttamiseen, mikä vastaa ENSREG:in näkemystä. Vertaisarviointeja on tehty jo aikaisemmin, koska IAEA:lla ja WANO:lla on omat vertaisarviointijärjestelmänsä^{1 2}.

Muita ydinvoimaa koskevia direktiivejä on mm. säteilysuojelun perusedirektiivi (96/29/Euratom), joka määrittää säteilysuojelun perusstandardit EU-alueella. Komissio esitti direktiivistä muutosehdotuksen vuonna 2012 ja päivitysprosessi on käynnissä. [22] Ydinvoimaan liittyvistä asetuksista voidaan mainita esimerkiksi neuvoston asetus (Euratom) radioaktiivisten aineiden siirrosta N:o 1493/93.

5.3. Ydinvastuu

Ydinvoiman käyttö ei ole absoluuttisen turvallista. Ydinonnettomuuden mahdollisuus on olemassa, vaikka riski on hyvin pieni. Mahdollinen ydinonnettomuus voi vaikuttaa ihmisten terveyteen, ympäristöön ja talouteen. Vaikutusten aikaskaala voi vaihdella pitkällä aikavälillä eikä onnettomuuden vaikutukset noudata maantieteellisiä rajoja. Näistä syistä on muodostettu erilaisia järjestelmiä ydinvastuun kattamiseen.

Ydinvastuujärjestelmät muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden ja tässä selvityksessä on käsitelty ydinvastuun pääperiaatteet. Ydinvastuun tarkoitus on turvallisuuden ja laadun varmistamisen jälkeen jäljelle jäävän jäännösriskin järjestäminen. Ydinvastuujärjestelmät täydentävät ydinenergian yleistä turvallisuusfilosofiaa. [51]

Ydinlaitoksen luvanhaltija on vastuussa mahdollisesta ydinonnettomuudesta riippumatta onnettomuuden syistä. Esimeriksi Suomessa ydinenergian käyttöön oikeuttavan luvan haltijoita ovat Fennovoima Oy, Fortum Power and Heat Oy ja Teollisuuden Voima Oyj. Luvanhaltijat ottavat vakuutuksen kattamaan välittömän vahingon sekä sivulliselle (kolmas osapuoli) aiheutuneen vahingon vastuun. Useimmissa ydinvoimamaissa vastuuvakuutuksen ottaminen on pakollista. Kansallisten mekanismien ja lainsäädännön lisäksi ydinvastuuta määrittävät erilaiset kansainväliset konventiot, jotka perustuvat seuraaviin periaatteisiin [52] [53]:

¹ <http://www.wano.info/programmes/peer-reviews/>

² <http://www-ns.iaea.org/actionplan/subact.asp?x=2>

- Ankara vastuu
- Vastuun kanavointi luvanhaltijalle
- Rajoitettu vastuu aika
- Rajoitettu vastuumäärä
- Vastuuvakuutusvelvollisuus tai muu vakuutus
- Tuomiovallan yhtenäisyys, eli yksi tuomioistuimien onnettomuusvaltiossa
- Tasapuolisuus

Ankaran vastuun periaate tarkoittaa sitä, ettei ydintapahtumasta vahinkoa kärsineen tarvitse todistaa luvanhaltijan virhettä tai tuottamusta. Mahdollisen onnettomuuden tapahtuessa kaikki vaateet kanavoidaan luvanhaltijalle. Rajoitetun vastuuajan ja -määrän myötä luvanhaltijan vastuu on rajoitettu tiettyyn aikaan tulevaisuudessa ja luvanhaltijan rahalliselle vastuulle on asetettu yläraja. Yleensä vastuu on rajoitettu kymmeneen vuoteen ydintapahtumasta. Tietyissä maissa kuten Ruotsissa, Saksassa, Suomessa ja Japanissa rahalliselle vastuulle ei ole asetettu kattoja, vaan vastuu on rajoittamaton. Luvanhaltijan ensisijainen vastuu kuitenkin viime kädessä katetaan määrältään rajallisella ydinvastuuvakuutuksella. Onnettomuuden seurausten oikeudellinen selvitys tapahtuu vain yhdessä toimivaltaisessa tuomioistuimessa onnettomuusvaltiossa riippumatta siitä, missä vahinkoa on tapahtunut. Eli tuomiovallan on oltava yhtenäinen. Vastuuprosessin on oltava tasapuolinen kaikille osapuolille. [52]

Ydinvastuuta varten muodostetut OECD/NEA:n alaiset sopimukset ovat:

- Pariisin konventio 1960 (PC)
- Brysselin lisäyleissopimus (konventio) 1963 (BSC), täydentää Pariisin konventiota
- Uudistettu Pariisin/Brysselin konventio 2004 (RPC/RBSC) (ei vielä voimassa).

IAEA:n alaiset sopimukset ovat:

- Wienin konventio 1963 (VC)
- Uudistettu Wienin konventio 1997 (RVC)
- Wienin ja Pariisin konventiot yhdistävä Joint Protocol 1988 (JP)
- Konventio lisäkorvauksia varten 1997 (CSC) (ei toistaiseksi voimassa).

Konventioiden määrittämät rahalliset velvoitteet vaihtelevat, mitä on havainnollistettu taulukossa 7. Pariisin ja Wienin konventiot määrittävät luvanhaltijan vastuulle minimi- ja maksimivastuun. Pariisin ja Brysselin konventioiden korvaukset perustuvat kolmeen tasoon: laitoksenhaltijan ensisijainen vakuutuksella katettava vastuu, valtion täydentävä toissijainen vastuu ja Brysselin konvention jäsenmaiden keskinäinen vastuu. Brysselin konvention jäsenten on oltava Pariisin konvention jäseniä. [52] [53]

Taulukko 7: Kansainvälisten konventioiden rahalliset vastuut [52]

Konventio	Vastuu	Suuruus (milj. €)
Pariisin konventio	Minimi-/Maksimivastuu	5,7/17,1
Uudistettu Pariisin konventio	Minimi-/Maksimivastuu	700/ei ole
Wienin konventio	Minimi-/Maksimivastuu	200/ei ole
Uudistettu Wienin konventio	Minimi-/Maksimivastuu	342/ei ole
Brysselin konventio	Kokonaisvastuu	342
Uudistettu Brysselin konventio	Kokonaisvastuu	1710
Konventio lisäkorvauksia varten	Kokonaisvastuu	684

Tšernobylin onnettomuuden jälkeen ydinvastuukäytäntöjä haluttiin yhtenäistää. Wienin ja Pariisin konventiot yhdistävä Joint Protocol (JP) muodostaa sillan näiden kahden konvention välille. JP:n jäseniä kohdellaan siten, kuin jäsenmaa olisi kummankin konvention jäsen. Jos esimerkiksi maassa, joka on Pariisin konvention jäsen, tapahtuu onnettomuus, joka vaikuttaa Wienin konvention alaiseen maahan, jälkimmäisen maan vahinkoa kärsineet saavat Pariisin konvention mukaisia korvauksia. Vastaava toimii myös toisin päin. Mikään maa ei silti voi olla sekä Pariisin että Wienin konvention jäsen.

Wienin konvention sekä Pariisin/Brysselin konvention uudistukset laajentavat luvanhaltijoiden vastuuta ja kasvattavat rahallista vastuumäärää. CSC on muista konventioista irrallinen ja sen avulla konvention jäsenmaat voivat saada lisäkorvauksia muiden korvausjärjestelmien päälle. Muiden konventioiden jäsenyys ei estä jäsenyyttä CSC:ssä eikä CSC:n jäsenyyteen edellytetä jäsenyyttä muissa konventioissa. Kyseinen konventio ei ole vielä voimassa, koska riittävän moni maa ei ole ratifioinut sitä. Ratifiointi tarkoittaa sopimuksen lopullista hyväksymistä, vahvistamista ja saattamista voimaan.

Taulukosta 8 nähdään missä konventioissa Euroopan ydinvoimamaat ovat jäseninä. Mikäli konvention lyhenne on sulkeissa, maa on allekirjoittanut konvention, muttei ratifioinut sitä. Konventioiden jäsenyys jakaantuu pitkälti siten, että läntisen Euroopan OECD-maat ovat Pariisin konvention jäseniä ja itäisen Euroopan Wienin konvention jäseniä. Noin puolet tarkastelumaista ovat JP:n jäseniä. Kaupallisten ydinvastuuvakuutusten tueksi Euroopassa on toiminnassa kaksi luvanhaltijoiden yhteisvakuutusjärjestelmää EMANI ja ELENi. EMANI muodostettiin vuonna 1978 ja sen varat ovat noin 500 miljoonaa euroa. ELENi muodostettiin vuonna 2002 tarkoituksenaan kerätä noin 100 miljoonan euron varat. [53]

Taulukko 8: Euroopan maiden ydinvastuusopimusten jäsenyydet (PC = Pariisin konventio, BSC = Brysselin konventio, RPC/RBSC = uudistettu Pariisin/Brysselin konventio, VC = Wienin konventio, RVC = uudistettu Wienin konventio, JP = Wienin ja Pariisin Joint Protocol, CSC = konventio lisäkorvauksia varten), sulkeissa olevia ei ole ratifioitu [52]

Maa	Konventiot
Alankomaat	PC; BSC; JP; RPC; RBSC
Belgia	PC; BSC; RPC; RBSC; (JP)
Bulgaria	VC; JP
Espanja	PC; BSC; RPC; RBSC; (JP)
Iso-Britannia	PC; BSC; RPC; RBSC; (JP)
Ranska	PC; BSC; RPC; RBSC; (JP)
Romania	VC; JP; RVC; CSC
Ruotsi	PC; BSC; JP; RPC; RBSC
Saksa	PC; BSC; JP; RPC; RBSC
Slovakia	VC; JP
Slovenia	PC; BSC; JP; RPC; RBSC
Suomi	PC; BSC; JP; RPC; RBSC
Sveitsi	PC; RPC; RBSC; (JP)
Tšekki	VC; JP; (CSC)
Ukraina	VC; JP; (CSC)
Unkari	VC; JP

Ydinvastuu on ajankohtainen aihe EU:n ydinvoimapolitiikassa. Taulukossa 9 nähdään laitoksen luvanhaltijan vastuun suuruus sekä kuinka suuri luvanhaltijan vakuuden on oltava. Vastuun sekä vakuuden suuruus vaihtelee EU-maiden välillä. Saksassa, Suomessa ja Ruotsissa luvanhaltijan vastuu on rajoittamaton ja esimerkiksi Bulgariassa vastuu on vain 49 miljoonaa euroa. Huolimatta luvanhaltijan vastuun suuruudesta ydinvastuu ei yleensä ulotu yrityksen osakkaisiin asti, vaan osakkaat ovat vastuussa maksimissaan sijoittamansa pääoman verran.

Taulukko 9: Ydinvastuu EU-maissa [54]

Maa	Luvanhaltijan vastuu (milj. €)	Rahallisen vakuuden raja (milj. €)
Alankomaat	1200	1200
Belgia	1200	1200
Bulgaria	49	49
Espanja	1200	1200
Iso-Britannia	157	157
Ranska	92 (700)	92 (700)
Romania	345	345
Ruotsi	rajoittamaton	1200
Saksa	rajoittamaton	2500
Slovakia	75	75
Slovenia	700	-
Suomi	rajoittamaton	700
Tšekki	232	232
Unkari	109	109

On mahdollista, että komissio haluaa luoda uuden ydinvastuuta koskevan direktiivin. Komission motiivina on yhtenäistää ydinvastuuta EU:n alueella, jotta eriävä ydinvastuu jäsenmaissa ei vääristä markkinoita eikä aiheuta mahdollisen onnettomuuden uhreille eriävää asemaa jäsenmaissa. Kesäkuuhun 2013 mennessä komissiolla ei ole ollut tarkempia suunnitelmia mahdolliselle uudelle direktiiville, mutta heinäkuun lopussa komissio avasi julkisen konsultaation ydinvastuusta EU:ssa. [54] BNLA (Brussels Nuclear Law Association) järjestää ydinvastuuta käsittelevän konferenssin joulukuussa 2013.

Yhdysvalloissa ydinvastuuseen on otettu erilainen lähestymistapa. Yhdysvallat ei kuulu kansainvälisiin konventioihin lukuun ottamatta CSC:tä. Yhdysvaltojen ydinvastuu perustuu vuoden 1957 ydinvastuulakiin ("The Price Anderson Act"). Ydinvastuulain korvaukset perustuvat kahteen tasoon. Ensimmäisen tason mukaan luvanhaltijoiden on otettava 375 miljoonan dollarin ydinvastuuvakuutus. Toinen taso muodostuu kaikkien luvanhaltijoiden yhteisvastuusta, joka vastaa noin 12,6 miljardia dollaria. Nämä tasot ylittävät korvaukset ovat valtion vastuulla. Yhdysvaltojen ydinturvallisuusviranomaisen (NRC) valvoo, että jokaisella ydinlaitoksen luvanhaltijalla on riittävä vakuutusturva. Ydinvastuulain voimaantulon jälkeen erilaisista ydinvastuupooleista on maksettu 150 miljoonaa dollaria, josta 71 miljoonaa liittyy Three Mile Islandin onnettomuuden jälkeisiin oikeudenkäynteihin. Luvanhaltijoilla on lisäksi yhteinen vakuutusjärjestely varsinaisten laitosten vakuuttamiseen (NEIL), johon luvanhaltijat ovat keränneet noin 5 miljardin dollarin varat. [53]

6. Ydinvoiman tuet ja verot

Missään Euroopan maassa ei makseta suoraa julkista tukea ydinvoimatuotannolle. Tulevaisuudessa Iso-Britannia maksaa mahdollisesti tuotantotukea uudelle suunnitellulle Hinkley Point C-laitokselle sähkön takuuhinnan muodossa ("strike price"). [55] Maailmassa ainoa maa, joka on tarjonnut suoria julkisia tukia ydinvoimalle, on Yhdysvallat. Vuoden 2005 energia-asetuksen ("Energy policy act") mukaan USA:ssa ensimmäiset 6000 MWe uutta ydinvoimakapasiteettia³ saavat tukea 18 tai 21 \$/MWh ensimmäiseltä kahdeksalta käyttövuodeltaan verovähennyksen muodossa ("production tax credit"). Sama energia-asetus sisältää myös muita tukimuotoja liittyen mm. käytöstä poistoon ja ydinvastuuseen. [10]

Euroopan unionin valtiontukisäännöt sisältävät uusiutuvien energiamuotojen valtion tuet, mutta viime aikoina on keskusteltu ydinvoiman sisällyttämisestä valtiontukisääntöihin. Komission sisäinen dokumentti liittyen uusiin valtiontukisääntöihin vuodettiin heinäkuussa 2013 saksalaiselle sanomalehdelle Süddeutsche Zeitung⁴. Dokumentin mukaan komissio harkitsi ydinvoiman sisällyttämistä uusiin valtiontukisääntöihin, mitä mm. Saksa ja Itävalta vastustavat voimakkaasti. Euroopan komissio päätti kuitenkin lokakuussa 2013, ettei ydinvoimaa sisällytetä uusiin valtiontukisääntöihin. [56] Näin ollen mahdolliset jäsenmaiden ydinvoiman valtiontuet käsitellään erikseen eikä valtiontukisääntöjen puitteissa.

Lähes kaikki teollistuneet maat verottavat energiaa. Monissa maissa tiettyjä tuotantomuotoja verotetaan erikseen, vaikka energiaverodirektiivin mukaan sähköntuotantoa ei saa verottaa (2003/96/EY). Ydinvoimalle kohdistettuja veroja ja maksuja on useissa EU-maissa.

Tässä selvityksessä tarkastellaan ydinvoimaa kaupallisesti sähköntuotannossa käytävien EU-maiden ja Sveitsin mahdollisia ydinvoimalle kohdistettuja veroja. Tšekin tilannetta ei ole tarkasteltu. Tiedot on kerätty pääosin FORATOM:in kautta tehdyn kyselytutkimuksen avulla ja Energiateollisuus ry:n energiaveroselvityksen pohjalta [57].

Taulukosta 10 nähdään verotilanne eri maissa. Sveitsissä, Sloveniassa ja Iso-Britanniassa ei ole ydinvoimatuotannolle kohdistettua verotusta tai maksuja. Osa tiedoista sisälsi suoraan arvioitua €/MWh rasisitteen. Alankomaiden, Bulgarian ja Slovakian verojen ja maksujen sekä Ruotsin viranomaismaksun €/MWh-rasisitetta on arvioitu liitteen 1 tuotantolukujen perusteella. Tarkempi erittely osasta tarkastelumaista on liitteessä 4.

Esitettyjen verojen lisäksi Espanjassa sähköntuotannolle kohdistettiin yleinen 7 prosentin vero, mikä johti Garoñan ydinvoimalaitoksen sulkemiseen kannattamattomana. Rasite on ydinvoimalle noin 10 €/MWh [10]. Ruotsin tuotantovero lasketaan reaktorin lämpötehon perusteella. Veron suuruus on noin 1446 euroa per megawatti per kuukausi. Näin ollen vero ota huomioon esimerkiksi seisokkien vaikutusta. Mikäli yksikkö on pois käytöstä pitempään kuin 90 päivää, on verosta mahdollista kuitenkin saada vähennystä. Ydinvoimayhtiöt ovat

³ Tehon perään merkattu "e" tarkoittaa sähkötehoa. 1 MWe = 1 megawatti sähkötehoa, 1 MWt = 1 megawatti lämpötehoa (e = electrical, t = thermal).

⁴ <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/europaeische-kommission-bruessel-will-bau-von-atomkraftwerken-erleichtern-1.1725328>

kyseenalaistaneet Saksan ydinpolttoaineveron laillisuuden ja oikeuden lopullista päätöstä odotetaan. Suomen suunniteltu windfall-vero koskisi ennen vuotta 2004 rakennettua tuuli-, vesi- ja ydinvoimatuotantoa.

Taulukko 10: Ydinvoimalle kohdistuva tuotantoverotus ja tuotantomaksut tarkastelumaissa

Maa	Verotus	Muut maksut
Alankomaat	Ei verotusta	- Lupamaksu 0,8 milj. € per lupa, arvioitu rasite noin 0,2 €/MWh - Suunnitteilla 50 % korotus
Belgia	- Tuotantovero 5 €/MWh - Veron kaksinkertaistamisesta keskusteltu	Ei muita maksuja
Bulgaria*	Ei verotusta	- Yhteensä 10,5 % vähennys jokaisesta myydystä kWh:sta, arvioitu rasite noin 2,9 €/MWh - Ydinjätehuollon ja käytöstäpoiston kustannuksiin
Espanja*	- Ydinjäteveroja kohdistuen ydinjätteen syntyyn ja varastointiin - Arvioitu rasite noin 1,5 €/MWh	Muutamilla kunnilla omaa verotusta, esim. Valencia tuotantovero 1,8 €/MWh
Ranska*	- Ydinlaitosvero, arvioitu rasite noin 0,8 €/MWh. 3 muuta lisäveroa, arvioitu rasite noin 0,3 €/MWh - Lisäverotusta suunnitteilla	Lisämaksu säteilysuojelu- ja ydinturvallisuusinstituutille
Romania	Tuotantovero 2 €/MWh ydinjätehuollon kustannuksiin	Ei muita maksuja
Ruotsi	Tuotantovero lämpötehon perusteella, rasite noin 6,3 €/MWh	- Ydinjätehuoltoon liittyviä maksuja, rasite noin 2,9 €/MWh - Viranomaismaksu, rasite noin 0,6 €/MWh
Saksa*	- Ydinpolttoainevero - Rasite noin 14 €/MWh	Ei muita maksuja
Slovakia*	Ydinlaitosvero ja kiinteistövero, rasite yhteensä noin 0,31 €/MWh	3 eri maksua verolain, ydinlain ja ydinrahastolain mukaan, rasite yhteensä noin 5,41 €/MWh
Suomi	- Korotettu kiinteistövero, rasite noin 0,4 €/MWh - Suunnitteilla ns. windfall-vero, rasite olisi noin 0,4 €/MWh	Maksu ydinjäterahastoon, rasite noin 1,6 €/MWh
Unkari	Ei verotusta	Maksu ydinjäterahastoon

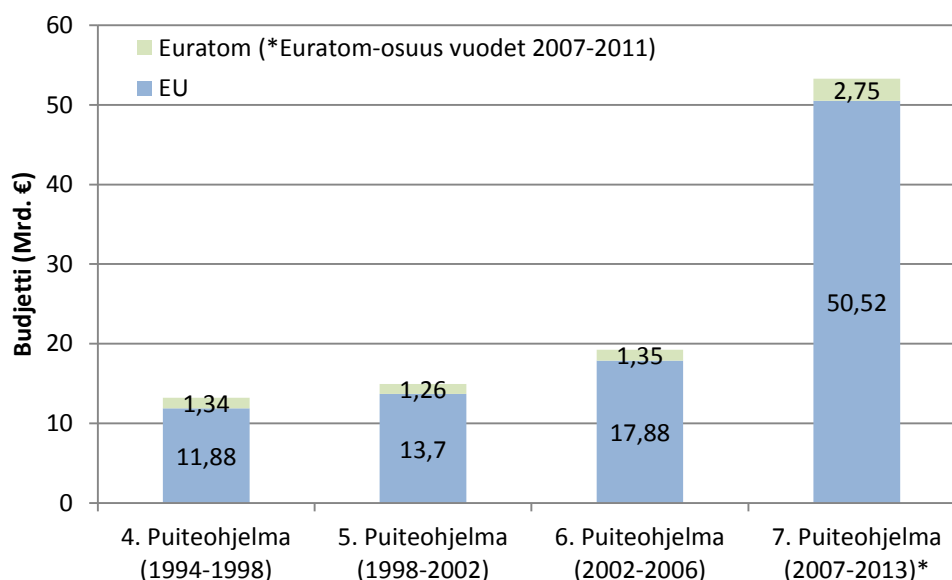
* Tarkempi erittely liitteessä 4

7. Ydinvoimatutkimus EU:ssa

Viime vuosina EU-alueella on pyritty yhtenäistämään ja harmonisoimaan tutkimusta, mihin tähtää Eurooppalainen tutkimusalue (ERA). Eurooppalaisen tutkimusalueen konsepti luotiin vuonna 2010 vastaamaan hajanaiseen ja jäsenmaalähtöiseen tutkimukseen EU-alueella. ERA pyrkii luomaan tutkimuksen sisämarkkinat, jossa tutkijat, teknologiat ja tieto liikkuvat tehokkaasti EU-alueella ja koordinoivat kansallisia ja alueellisia tutkimusaktiviteetteja, ohjelmia ja käytäntöjä. ERA ei ole vielä valmis konsepti ja kehitystyö on käynnissä. [58]

Vastaavaan energiateknologioiden kehittämisen yhteistyöhön pyrkii energia- ja ilmastopakettina osana julkistettu strateginen energiateknologiasuunnitelma (SET). Suunnitelman tarkoitus on edistää tutkimustulosten saamista markkinoille ja parantaa hajanaista energiateknologioiden tutkimusta ja kehitystä EU:ssa. Suunnitelman myötä valmistellaan erilaisia Euroopan teollisuusaloitteita (EII). Teollisuusaloitteita on kuusi ja ne koskevat tuulivoimaa, aurinkoenergiaa, bioenergiaa, hiilidioksidin talteenottoa, sähköverkkoa ja ydinfissiota. Teollisuusaloitteet määrittelevät tavoitteet ja tiekartat kyseisille teknologioille vuosille 2010–2020. [59]

EU:n tutkimusta ja sen rahoitusta koordinoidaan puiteohjelmilla, jotka alkoivat vuonna 1984. Kuvasta 15 nähdään nykyisen seitsemännen puiteohjelman ja kolmen edellisen puiteohjelman budjetit. Tällä hetkellä on meneillään seitsemäs puiteohjelma, joka kattaa vuodet 2007–2013. Euratom-sopimuksen nojalla puiteohjelmissa on oma Euratom-osuutensa, joka kattaa fissio- ja fuusiotutkimuksen. Seuraava kahdeksas puiteohjelma nimeltään Horisontti 2020 ("Horizon 2020") on valmisteilla ja se tulee kattamaan vuodet 2014–2020. Euratom-sopimuksen takia puiteohjelmien Euratom-osuus on vain viisi vuotta. Seitsemännen ja tulevan kahdeksannen puiteohjelman pituus on seitsemän vuotta. Näin ollen seitsemännen puiteohjelman ja kahdeksannen puiteohjelman Euratom-osuudet vuosille 2012 ja 2013 sekä vuosille 2019 ja 2020 joudutaan tekemään erillisellä ehdotuksella. Esimerkiksi vuosien 2012 ja 2013 Euratom-osuus on noin 2,5 miljardia euroa, josta yli 80 prosenttia menee fuusioreaktori ITER:in kehittämiseen. [60]

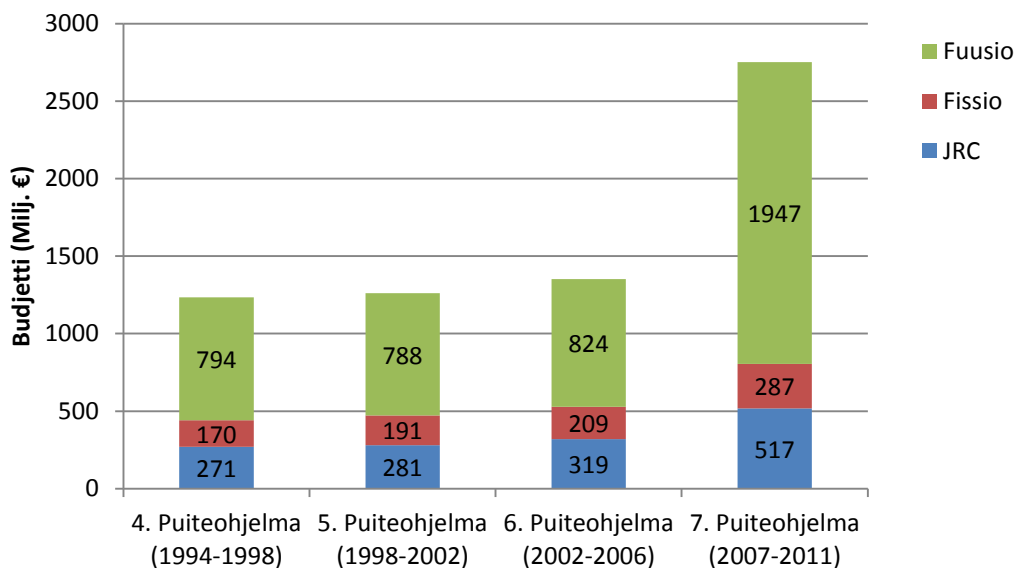


Kuva 15: Tutkimuksen puiteohjelmien budjettien kehittyminen [61]

Nykyisen puiteohjelman budjetti on selvästi suurempi kuin edellisten puiteohjelmien. Nykyinen puiteohjelma kattaa kuitenkin seitsemän vuotta ja edelliset puiteohjelmat kukin viisi vuotta. Euratom osuus on ollut neljännessä puiteohjelmassa 10,1 %, viidennessä 8,4 % ja kuudennessa 7,0 %. Seitsemännen puiteohjelman kohdalla on huomioitava vuosien 2012 ja 2013 erillinen Euratom-osuus. Täten seitsemännen puiteohjelman Euratom osuus on noin 10 prosenttia.

Varsinainen Euratom-osuus jakaantuu kolmeen osaan: fuusioenergiaan, ydinfissioon ja säteilysuojeluun sekä yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC) ydintutkimukseen. JRC perustettiin alun perin Euratom-sopimuksen myötä, mutta nykyään JRC:n tutkimusintressit kattavat muitakin alueita kuin ydinenergian. JRC on osa komissiota ja yksi sen pääosastoista. JRC:llä on seitsemän tutkimusinstituuttia viidessä eri paikassa: Petten Alankomaissa, Geel Belgiassa, Karlsruhe Saksassa, Ispra Italiassa ja Seville Espanjassa. Varsinainen pääosasto sijaitsee Brysselissä. Ydinvoimatutkimusta harjoitetaan Pettenissä, Karlsruhessa, Isprassa ja Geelissä. [62]

Euratom-osuuden jakaantumista on havainnollistettu kuvassa 16. Kuvasta havaitaan, että fuusiotutkimus saa selvästi isomman osan rahoituksesta verrattuna fissiotutkimukseen. Ydinvoimatutkimuksesta suurin osa tapahtuu JRC:n kautta.



Kuva 16: Euratom-puiteohjelmien budjetit [61]

Neljännessä puiteohjelmassa fissio-osuus on vastannut 12,7 prosenttia koko Euratom-osuudesta. Seitsemännessä puiteohjelmassa osuus on enää 10,4. Vaikka fission rahoitus on kasvanut, on sen suhteellinen osuus pienentynyt jokaisen uuden puiteohjelman myötä.

Kahdeksas puiteohjelman eli Horisontti 2020 alkaa vuoden 2014 alusta. Taulukossa 11 on esitetty puiteohjelman rahoituksen suuruutta. Arviodut rahamäärät ovat suuntaa-antavia. Fuusiotutkimus saa yhteensä noin 3,3 miljardia euroa. Ilman JRC:n osuutta ydintutkimus saa noin 350 miljoonaa euroa.

Taulukko 11: Tutkimuksen rahoitus Euroopan unionissa vuosina 2014–2018 [63]

Hanke	Rahoitus (mrd. €)
EU:n budjetti (vuodet 2014-2020)	960
Puiteohjelma "Horisontti 2020" (vuodet 2014-2020)	70
Puiteohjelman energiaosuus	5,4
Puiteohjelman erillinen Euratom-osuus (vuodet 2014-2018)	1,8
Euratom-osuuden fuusiotutkimus	0,7
Euratom-osuuden ydinenergiatutkimus (JRC)	0,7
Euratom-osuuden fissiotutkimus	0,35
Erillinen ohjelma ITER:iä varten	2,6

JRC:n ydinvoimatutkimusintressejä ovat ydinjätehuolto, ydinturvallisuus ja ydinmateriaalivalvonta. JRC:n tutkimusintressejä on havainnollistettu taulukossa 12.

Taulukko 12: JRC:n ydinvoimatutkimusintressit [62] [64]

Ydinjätehuolto ja ympäristövaikutukset	• Käytetyn polttoaineen karakterisointi, säilytys ja loppusijoitus • Jätteen muokkaus, transmutointi ja erottelu • Aktiniditutkimus • Ydindata • Ydintutkimuksen lääketieteelliset sovellukset • Ympäristön säteilymittaus • Koulutus ja tiedonhallinta
Ydinturvallisuus	• Ydinlaitosten turvallisuus • Polttoaineen turvallisuus EU-alueen reaktoreissa • Kehittyneiden ydinjärjestelmien turvallinen käyttö
Ydinmateriaalivalvonta	• Laittoman kaupan estäminen • Ydinmateriaalin leviämisen estämiseen liittyvän tiedon kerääminen

Teknologiayhteisöt kokoavat yhteen eri tutkimus- ja teknologia-alojen osapuolet. Yhteisöt pyrkivät luomaan yhteisen strategian alan tutkimukselle ja löytämään menetelmät tutkimustavoitteiden saavuttamiseen. Teollisuus on teknologiayhteisöjen aloitteentekijä, mutta yhteisöjen on tarkoitus kerätä osapuolet yhteen sekä yksityiseltä että julkiselta puolelta. [65] Ydinvoimatutkimukseen liittyviä teknologiayhteisöjä ovat SNETP⁵ ja IGDTP⁶, jotka myös komissio on huomionnut [66]. Yhteisöt muodostettiin vuosien 2006 ja 2007 aikana. Yhteisöt julkaisevat yleensä kolme tärkeää dokumenttia. Ensimmäinen esittelee yhteisön yhteisen vision ("Vision report"), toinen varsinaisen tutkimusstrategian ("Strategic research agenda", SRA) ja kolmas käytännön toimenpiteet ("Deployment strategy").

SNETP keskittyy ydinvoiman turvalliseen, tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön. SNETP rakentuu kolmen pilarin ympärille. Ensimmäinen pilari on kansainvälinen yhdistys nimeltään NUGENIA. Sen tarkoitus on kehittää toisen ja kolmannen sukupolven reaktoreiden turvallisuutta, luotettavuutta ja kilpailukykyä. Toinen pilari on ESNII, joka on yksi Euroopan teollisuusaloitteista (EII). ESNII kehittää nopeita

⁵ <http://www.snetp.eu/>

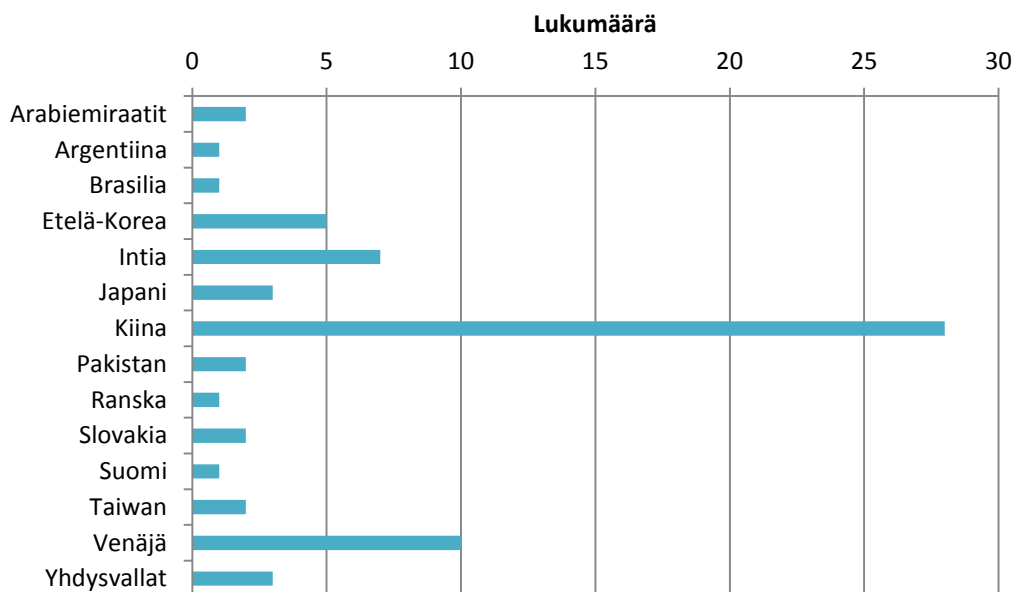
⁶ <http://www.igdtp.eu/>

reaktoreita, joiden avulla ydinjätteen määrä voitaisiin minimoida. Tavoitteena on suunnitella, lisensoida, rakentaa ja käyttöönottaa kaksi prototyyppireaktoria (ASTRID ja MYRRHA) ennen vuotta 2025. Kolmas pilari (NC2I) perustuu lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. Tavoitteena on demonstroida sähkön ja lämmön yhteistuotannon mahdollisuuksia päästövähennysten saavuttamisessa. Jäseniä yhteisöllä on yli 110.

IGDTP on korkea-aktiivisen ydinjätteen geologisen loppusijoittamisen teknologiayhteisö. Yhteisön tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä ensimmäiset geologiset loppusijoituslaitokset ovat toiminnassa Euroopassa. Yhteisön jäsenet ovat eri maiden ydinjätehuolto-organisaatioita ja muita alan toimijoita.

8. Ydinvoiman tulevaisuus

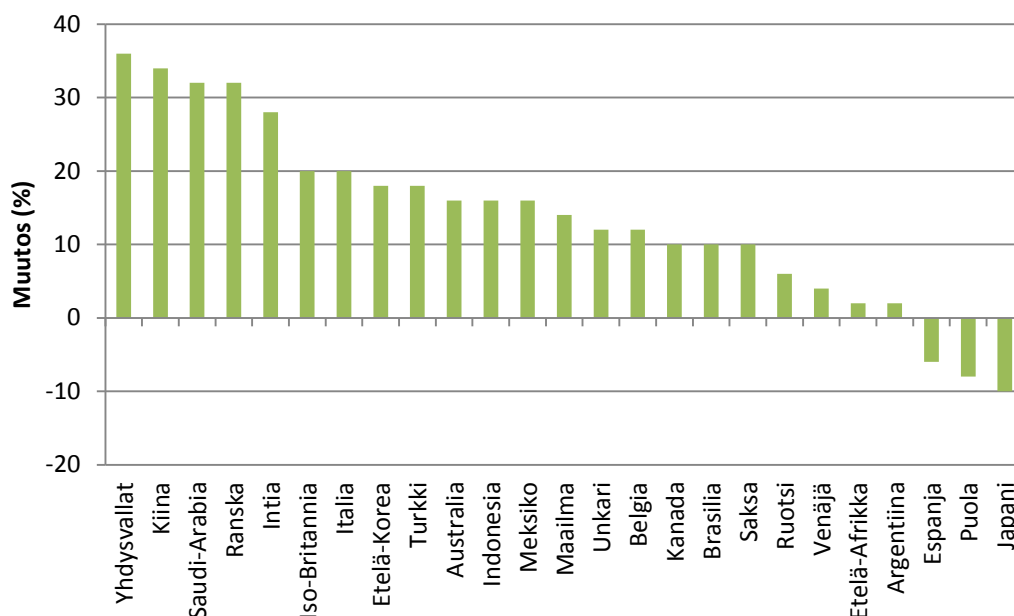
Maailman energiantarpeen tyydyttämisessä ydinvoima tarjoaa tulevaisuudessakin päästötöntä ja tasaista tuotantoa. Fukushima onnettomuus loi varjoja ydinvoiman ylle, mutta uutta ydinvoimaa rakennetaan edelleen. Kuvaan 17 ja liitteeseen 3 on kerätty maailmassa rakenteilla olevien reaktoreiden määrät. Liitteessä 3 on lisäksi suunnitellut ja ehdotetut reaktorit maailmassa. Rakenteilla on 68 uutta reaktoria ja ne ovat keskittyneet 12 maahan. Aasia on ydinvoiman voimakkain kasvualue. Kiinassa on noin puolet kaikista rakenteilla olevista reaktoreista. Venäjällä ja Intiassa on rakenteilla useita reaktoreita ja muutamia Taiwanissa, Pakistanissa, Japanissa ja Etelä-Koreassa. Euroopan unionissa on rakenteilla neljä reaktoria. Varsinkin Intian ja Kiinan on vastattava valtavaan energiantarpeen kasvuun tulevaisuudessa, mihin ydinvoiman lisärakentaminen on yksi keino. Yhdysvalloissa on rakenteilla kolme reaktoria, mutta ydinvoimateollisuudella on haasteena liuskekaasu ja vastaaminen sen tarjoamaan edulliseen energiaan.



Kuva 17: Rakenteilla olevat ydinreaktorit maailmassa vuonna 2013 [12]

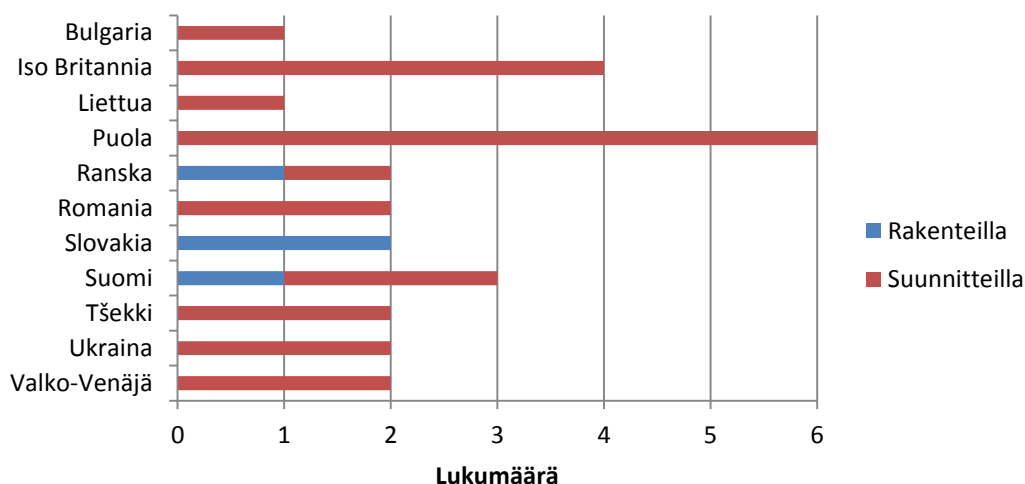
Suunniteltujen ja ehdotettujen reaktoreiden perusteella Aasia on tulevaisuudessakin ydinvoiman voimakkainta kasvualuetta. Aasiassa nähdään todennäköisesti uusia ydinvoimamaita. Tällaisia maita voivat olla mm. Saudi-Arabia ja Vietnam. Lukuihin suunnitelluista ja ehdotetuista reaktoreista liittyy kuitenkin epävarmuuksia.

Ydinvoiman yhteiskunnallinen hyväksyttävyys on vähitellen toipumassa Fukushima onnettomuuden vaikutuksesta. Kuvassa 18 on esitetty muutos yhteiskunnallisessa hyväksyttävyydessä vuoden 2011 huhtikuun ja vuoden 2012 syyskuun välillä Ipsos Morin teettämässä mielipidemittauksessa. Melkein kaikissa tarkastelumaissa hyväksyttävyys on noussut Espanjaa, Puolaa ja Japania lukuun ottamatta. Maailmassa hyväksyttävyys on noussut keskimäärin 14 prosenttia.



Kuva 18: Ydinvoiman yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden muutos välillä 4/2011-9/2012 [34]

Euroopassa rakenteilla ja suunnitteilla olevat reaktorit ovat keskittyneet Iso-Britanniaan, Ranskaan, Suomeen ja Itä-Euroopan maihin, mikä nähdään kuvasta 19. Uusia ydinvoimamaita Euroopassa voivat olla tulevaisuudessa Valko-Venäjä ja Puola. Liettuan tilanne on epävarma. Baltian maiden oli alun perin tarkoitus rakentaa yhteinen ydinvoimalaitos Liettuaan, mutta hanke joutui neuvoa-antavan kansanäänestyksen vuoksi vastatuuleen. Italiassa kansanäänestys vuonna 2011 katkaisi ydinvoiman uuden tulemisen.



Kuva 19: Rakenteilla ja suunnitteilla olevat reaktorit Euroopassa [12]

Taulukkoon 13 on kerätty EU:n ja eri maiden osalta positiivisia ja negatiivisia signaaleja ydinvoimalle. Saksa on päättänyt luopua ydinvoimasta ja Belgia mahdollisesti [67]. Sveitsi katkaisi toistaiseksi ydinvoiman lisärakentamissuunnitelmat Fukushima onnettomuuden jälkeen. Espanjassa ja Alankomaissa tilanne on epävarma. Ranska, Iso-Britannia ja Suomi rakentavat todennäköisesti uutta ydinvoimakapasiteettia tulevaisuudessa.

Taulukko 13: Positiivisia ja negatiivisia signaaleja EU:ssa ja Euroopan ydinvoimamaissa [30] [68] [69]

Maa	Positiivisia	Negatiivisia
EU	• Turvallista ja tasaista sähköntuotantoa • Vaihteleva aurinko- ja tuulisähkö tarvitsee rinnalleen perusvoimakapasiteettia • Päästötön sähköntuotantomuoto • Vakaa ja kilpailukykyinen sähkön hinta • Yhtenäinen ydinturvallisuus- ja ydinjätelainsäädäntö • Euratom-sopimus	• Taloudellisesta tilanteesta johtuva investointien puute • Fukushima onnettomuuden vaikutus • Voimakas vastustus esim. Saksa/Itävalta • Poliittinen riski • Saksan päätöksen vaikutus muihin jäsenmaihiin • Epäyhtenäinen ydinvastuu
Alankomaat	• Borselen laitos modernisoitiin 90-luvulla	• Uuden laitoshankkeen tilanne epäselvä
Belgia	• Tuottaa sähköstään yli puolet ydinvoimalla	• Ehdollinen ydinvoimasta luopuminen • Yhteiskunnallinen vastustus
Bulgaria	• Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys • Kozloduy 5 & 6 modernisointi 2000-luvulla	• Belenen laitoshankkeesta luopuminen • Epävakaa poliittinen tilanne
Espanja		• Ei suunnittele nykyisen kapasiteetin korvaamista
Iso-Britannia	• Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys • Useita laitoksia suunnitteilla	• Vanhojen laitosten ydinjätehuolto
Ranska	• Rakentaa uutta (Flamanville) • Ydinvoimalla vahva asema • Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys	• Istuva presidentti haluaa vähentää ydinvoiman osuuden 50 prosenttiin
Romania	• Suunnittelee uutta (Cernavoda)	
Ruotsi	• Mahdollista korvata nykyiset laitokset • Panostus ydinjätehuoltoon • Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys	
Saksa		• Päättänyt luopua ydinvoimasta v. 2022 • 8 reaktoria suljettu • Yhteiskunnallinen vastustus
Slovakia	• Rakentaa uutta (Mochovce) • Suunnittelee uutta (Bohunice) • Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys	
Slovenia	• Suunnittelee uutta (Krsko)	
Suomi	• Rakentaa (Olkiluoto) ja suunnittelee uutta • Mankala-periaate • Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys • Panostus ydinjätehuoltoon	• TVO:n (OL3) ja Fennovoiman (Hanhikivi 1) haasteet
Sveitsi		• Jäädäntänyt uusien laitosten valmistelun
Tšekki	• Suunnittelee uutta (Temelin) • Yhteiskunnallinen hyväksyttävyyys	
Unkari	• Mahdollista rakentaa uutta kapasiteettia	
Ukraina	• Rakentaa ja suunnittelee uutta	

9. Yhteenveto

Energiantuotantomuotona ydinvoima on noin kuusikymmentä vuotta vanha. Ydinvoimakapasiteetti kasvoi voimakkaasti kuusikymmentäluvulta yhdeksänkymmentäluvulle asti. Nykyään ydinvoima on maailman kolmanneksi suurin sähköntuotantomuoto fossiilisten polttoaineiden ja vesivoiman jälkeen. Ydinsähkön osuus maailman sähköntuotannosta on noin 13 prosenttia ja ydinsähkön tuotannosta vastaa 432 reaktoria. Fossiiliset polttoaineet ovat selvästi suurin sähköntuotantomuoto 68 prosentin osuudella ja vesivoima toiseksi suurin 16 prosentin osuudella. Ydinvoima on maailman toiseksi suurin päästötön sähköntuotantomuoto.

Euroopan unionissa ydinvoimalla tuotetaan noin 28 prosenttia sähköstä. EU:ssa ydinvoima on merkittävin päästötön sähköntuotantomuoto. Euroopassa on yhteensä 16 ydinsähköä tuottavaa maata ja 151 reaktoria. Venäjällä on lisäksi 33 reaktoria sähköntuotannossa. Ranska on selvästi Euroopan suurin ydinsähköntuottaja reilun neljän sadan terawattitunnin vuosituotannolla. Turvallisuus on aina ollut Eurooppalaisen ydinvoiman päälähtökohta jo Euratom-perustamissopimuksen alkuajoilta. Eurooppalaisten ydinturvallisuusviranomaisten (ENSREG) mukaan Euroopan ydinvoimalaitosten turvallisuustaso on korkea.

Ydinjätehuoltopolitiikat vaihtelevat jäsenmaiden välillä. Matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituslaitoksia on toiminnassa useassa maassa. Korkea-aktiivisen jätteen (käytetty polttoaine) loppusijoituslaitoksia ei ole vielä toiminnassa missään maassa maailmassa, mutta Ruotsissa ja Suomessa on jätetty rakentamislupahakemukset. Euroopan maissa on päädytty sekä avoimeen että suljettuun polttoainekierto. Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelymaita ovat Iso-Britannia ja Ranska. Näissä maissa on käsitelty myös muiden maiden käytettyä polttoainetta. Venäjä tarjoaa ja on tarjonnut käytetyn polttoaineen käsittelyä Euroopan maille.

Ydinvoiman yhteiskunnallinen hyväksyttävyys jakaa Eurooppaa eikä yhteisestä eurooppalaisesta näkökulmasta voida puhua. Maissa, joissa ydinvoimaa ei käytetä, sitä yleensä vastustetaan energiantuotantomuotona. Bulgariassa, Iso-Britanniassa, Ranskassa, Ruotsissa, Slovakiassa, Suomessa, Tšekissä ja Unkarissa ydinvoimalla on yhteiskunnallinen hyväksyntä. Saksassa ydinvoimaa vastustaa noin kolme neljäsosaa väestöstä. Koska näkemykset vaihtelevat niin paljon jäsenmaiden välillä, on EU:n vaikea muodostaa yhteistä näkökulmaa ydinvoimaan.

Euratom-sopimus tekee ydinvoimasta poikkeuksellisen EU:n energiapolitiikassa ja energialainsäädännössä muihin energiamuotoihin verrattuna. Lissabonin sopimus ja sen energia-artikla 194 muodosti yhtenäisen oikeusperustan energia-asioille, mutta ydinvoima-asiat käsitellään Euratom-sopimuksen nojalla. Euratom-sopimuksen alla käsitellyt asiat eivät noudata komission, neuvoston ja parlamentin perinteistä kolmikantaa, vaan komissio ja neuvosto tekevät lopullisen päätöksen ja parlamentti on ainoastaan neuvoa-antavassa roolissa.

Kaupallista ydinsähkötuotantoa voimakkaasti koskettavia EU-direktiivejä ovat ydinturvallisuusdirektiivi ja ydinjätedirektiivi. Direktiivien mukaan vastuu ydinturvallisuudesta ja ydinjätehuollosta on tiukasti kansallisissa käsissä. On mahdollista, että komissio haluaa luoda uuden ydinvastuuta koskevan direktiivin.

Kolmannen osapuolen ydinvastuu vaihtelee jäsenmaiden välillä ja komissio haluaa yhtenäistää sitä.

Ydinvoima ei saa Euroopassa suoraa julkista tuotantotukea missään maassa. Ydinvoimalle kohdistettua verotusta ja muita tuotantomaksuja on kuitenkin useassa maassa.

EU:n tutkimusta koordinoidaan puiteohjelmilla, joissa on oma Euratom-osuus fissio- ja fuusiotutkimusta varten. Suurin osa Euratom-rahoituksesta menee fuusiolle ja tutkimusreaktori ITER:in rakentamiseen. Ydinvoimatutkimusrahoituksesta noin kaksi kolmasosaa tapahtuu komission oman tutkimuskeskuksen (JRC) kautta. Ilman JRC:n osuutta fissiotutkimus saa vuodessa noin 57 miljoonaa euroa. Ydinvoimatutkimukseen liittyvät kiinteästi teknologiayhteisöt SNETP ja IGDTP. SNETP rakentuu ydinvoiman turvalliseen, tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön ja IGDTP korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitukseen. Ydinvoimatutkimusta tapahtuu paljon myös kansallisella tasolla. Mielenkiintoinen ydinvoimatutkimuksen kohde ovat tulevaisuuden reaktorikonseptit, kuten neljännen sukupolven reaktorit sekä pienet ja modulaariset reaktorit. Neljännen sukupolven reaktorit ovat entistä turvallisempia. Pienten ja modulaaristen reaktoreiden sähköteho on alle 300 megawattia sekä standardointi ja sarjatuotanto mahdollista. Ne tarvitsevat pienemmän kokonsa takia pienemmän alkuinvestoinnin.

Euroopan unioni on sitoutunut kunnianhimoisiin päästövähennystavoitteisiin ja ydinvoima on identifioitu yhtenä päästövähennyskeinona. Muita päästövähennysratkaisuja ovat uusiutuvat energialähteet, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi sekä energiatehokkuuden kasvattaminen. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi suuressa mittakaavassa ei ole vielä kaupallisesti kannattavaa. Energiatehokkuuden kasvattaminen tuskin yksinään ratkaisee päästövähennyksiä. Uusiutuvat energialähteet tarvitsevat rinnalleen päästötöntä perusvoimakapasiteettia. Lisäksi nykyistä fossiilista energiantuotantokapasiteettia tullaan sulkemaan mm. polttolaitosdirektiivin myötä ("Large combustion plant directive").

Tällä hetkellä useat ydinvoimamaat joutuvat päättämään ydinvoiman käytön jatkamisesta, koska iso osa kapasiteetista on käyttöikänsä päässä 10–20 vuoden päästä. Jos päätöksiä lisärakentamisesta ei tässä vaiheessa tehdä, on lisärakentaminen myöhemmin vaikeaa. Ihmiset eivät hakeudu alalle ja osaaminen rapautuu. On mahdollista, että ydinvoiman suhteellinen osuus Euroopan unionin sähköntuotannosta pienenee. Vuonna 2050 maiden nykyisen politiikan mukaan Alankomaat, Espanja, Belgia, Saksa, ja Sveitsi eivät ole enää ydinvoimamaita. Keski-Euroopassa Iso-Britannia ja Ranska pysyvät ydinvoimamaina ja pohjoisessa Ruotsi ja Suomi. Itä-Euroopassa ydinvoimaan suhtaudutaan perinteisesti maltillisemmin ja esimerkiksi Puola voi olla tulevaisuudessa uusi ydinvoimamaa.

Ydinvoiman tulevaisuus tarvitsee joka tapauksessa Euroopassa talouskasvua ja kohentunutta investointiympäristöä, koska ydinvoiman alkuinvestoinnit ovat suuria. Laitostoimittajien lähteminen mukaan osaomistuksella laitoshankkeisiin voi yleistyä tulevaisuudessa. Tällöin myös laitostoimittajat kantavat suoran rahallisen riskin laitoshankkeiden onnistumisesta. Ylipäättään koko Euroopan unionin tulevaisuus edellyttää talouskasvua. Euroopan unionin energiapolitiikka perustuu toimitusvarmuuteen, päästövähennyksiin ja kilpailukykyyn. Kun toimitusvarmuuden ja kilpailukykyyn merkitys kasvaa, ydinvoiman asema paranee. Tällöin suhteellinen osuus sähköntuotannossa voi pysyä samana tai jopa kasvaa.

Lähdeluettelo

- [1] M. Ruonala, EU-perusteos, Eurooppatiedoitus, 2011.
- [2] Europa, ”Ydinenergia - Tiivistemät EU:n lainsäädännöstä,” 2013. [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/index_fi.htm. [Haettu 22.7.2013].
- [3] www.freeworldmaps.net, ”Maps of Europe,” Saatavilla: http://www.freeworldmaps.net/printable/europe/europe_outline.gif, 2013.
- [4] D. Majumdar, ”Desalination and Other Non-electric Applications of Nuclear Energy,” IAEA, Vienna, 2002.
- [5] A. Rastas, Selvitys ydinenergia-alan markkinoista Euroopassa ja Lähi-Idässä, Helsinki: FinNuclear ry, 2013.
- [6] WNA, ”Outline History of Nuclear Energy,” 2013. [Online]. Saatavilla: <http://world-nuclear.org/info/Current-and-Future-Generation/Outline-History-of-Nuclear-Energy/#.Ufo29o1A1ns>. [Haettu 10.7.2013].
- [7] ICJT Nuclear Training Centre, ”The History of Nuclear Technology,” 2006. [Online]. Saatavilla: <http://www.icjt.org/an/tech/zgod/zgod.htm>. [Haettu 25.7.2013].
- [8] IAEA, ”Power Reactor Information System,” 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.iaea.org/pris/>. [Haettu 1.8.2013].
- [9] FORATOM, ”Country Profiles,” 2013.
- [10] WNA, ”Country profiles,” [Online]. Saatavilla: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/>. [Haettu 14.7.2013].
- [11] IEA, World Energy Outlook, Pariisi: OECD/IEA, 2012.
- [12] WNA, ”Reactor Database,” 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.world-nuclear.org/nucleardatabase/Default.aspx?id=27232>. [Haettu 24.7.2013].
- [13] WNA, ”Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources,” WNA, 2011.
- [14] Energiateollisuus ry, ”Hyvä tietää ydinvoimasta,” 2009.
- [15] Eurostat, ”Electricity production and supply statistics,” 2012. [Online]. Saatavilla: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_production_and_supply_statistics. [Haettu 4.7.2013].
- [16] Eurelectric, Power Statistics & Trends 2012, 2012.
- [17] WANO, ”Wano Member World Map,” 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.wano.info/wp-content/uploads/2013/06/WANO_WORLDMAP-

- reduced.pdf. [Haettu 4.7.2013].
- [18] ENSREG, "ENSREG at a glance," 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.ensreg.eu/members-glance>. [Haettu 17.7.2013].
 - [19] ENSREG, "Report of the ENSREG," 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.ensreg.eu/sites/default/files/HLG_p%282013-24%29_117%20ENSREG_REPORT_2013.pdf. [Haettu 1.8.2013]
 - [20] WENRA, "The mission of WENRA," 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.wenra.org/about-us/>. [Haettu 17.7.2013].
 - [21] European Commission, "European Nuclear Energy Forum," 2013. [Online]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/forum/forum_en.htm. [Haettu 17.7.2013].
 - [22] FORATOM, "EU Nuclear Energy Policy Developments Expected in 2013," 2013.
 - [23] Energiategollisuus ry, Hyvä tietää ydinjätteestä, Helsinki, 2007.
 - [24] STUK, "Polttoainekierto," [Online]. Saatavilla: http://www.stuk.fi/ydinturvallisuus/polttoainekierto/fi_FI/polttoainekierto/. [Haettu 8.9.2013].
 - [25] IAEA, "IAEA NEWMDB - Profiles," 2013. [Online]. Saatavilla: <http://newmdb.iaea.org/profiles.aspx>. [Haettu 18.7.2013].
 - [26] Foratom, "Country reports June 2013".
 - [27] NEA, "Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries," 8 3 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.oecd-nea.org/rwm/profiles/>. [Haettu 29.9.2013].
 - [28] IAEA, Country nuclear fuel cycle profiles, second edition, Vienna, 2005.
 - [29] FORATOM, "What people really think about nuclear energy". 2013
 - [30] I. N. Kessides, "The future of the nuclear industry reconsidered: Risks, uncertainties, and continued promise," *Energy Policy*, nro 48, pp. 185-208, 2012.
 - [31] Novus, "Rapport - Allmänheten om kärnkraft," 29 5 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.analys.se/lankar/opinion/Novus_maj_2013.pdf. [Haettu 9.9.2013].
 - [32] Nuclear Forum, "Sondage Energie nucleaire," 1 2011. [Online]. Saatavilla: http://www.nuclearforum.be/sites/default/files/content/documents/sondagenucleaire2011frpresse_2202.pdf. [Haettu 9.9.2013].
 - [33] World nuclear news, "Italy says no," 14 6 2011. [Online]. Saatavilla: <http://www.world-nuclear-news.org/newsarticle.aspx?id=30193>. [Haettu 9.9.2013].
 - [34] The Lithuania Tribune, "Lithuanian PM sees no reason for Latvia's N-plant disappointment," 10 1 2013. [Online]. Saatavilla:

- <http://www.lithuaniatribune.com/26682/lithuanian-pm-sees-no-reason-for-latvias-n-plant-disappointment-201326682/>. [Haettu 9.9.2013].
- [35] FORATOM, ”Most recent opinion polls,” 2013.
- [36] Ipsos Mori, ”Global support for energy sources,” 9 2012. [Online]. Saatavilla: http://www.ipsos-mori.com/Assets/Docs/Polls/Global_@dvisor_global_trends_in_nuclear_energy_2012.pdf. [Haettu 9.9.2013].
- [37] World Nuclear News, ”'Yes' vote for Bulgarian nuclear,” 28 1 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.world-nuclear-news.org/NP_Yes_vote_for_nuclear_2801131.html. [Haettu 29.9.2013].
- [38] K. Fyhr, ”Päätöksenteko Euroopan unionissa energia-asioissa,” *ATS Ydintekniikka*, 2012, nro 4, pp. 27-30, 2012.
- [39] Europa, ”Lissabonin sopimus - Tiivistemät EU:n lainsäädännöstä,” 2013. [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/lisbon_treaty/ai0024_fi.htm. [Haettu 4.7.2013].
- [40] FORATOM, ”EU Energy Strategy,” 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.foratom.org/eu-policy/eu-energy-strategy.html>. [Haettu 10.7.2013].
- [41] European Parliament, ”Glossary,” [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/legislation_summaries/glossary/index_en.htm. [Haettu 9.9.2013].
- [42] P. Salminen, *Eurooppalainen energiapolitiikan toimintaympäristö*. [Esitys]. Energiateollisuus ry, 2013.
- [43] Europa, ”Euroopan atomienergiayhteisön (Euratom) perustamissopimus,” 2013. [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/legislation_summaries/institutional_affairs/treaties/treaties_euratom_fi.htm. [Haettu 16.7.2013].
- [44] European Commission, ”Roadmap 2050,” 2013. [Online]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/index_en.htm. [Haettu 15.7.2013].
- [45] EurLex, ”Energia-alan etenemissuunnitelma 2050/* KOM/2011/0885 lopullinen */,” 2011. [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:FI:HTML>. [Haettu 10.7.2013].
- [46] Euroopan komissio, ”Vuoteen 2050 ulottuva energiaa koskeva etenemissuunnitelma - Lehdistötiedote,” 15.12.2011. [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-1543_fi.htm. [Haettu 1.8.2013].
- [47] Euroopan parlamentti, ”Parlamentin jäsenet,” 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.europarl.europa.eu/meps/fi/map.html>. [Haettu 23.7.2013].

- [48] European Commission, "EU Nuclear Stress Tests," 2013. [Online]. Saatavilla: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-532_en.htm. [Haettu 29.7.2013].
- [49] ENSREG, "ENSREG Ad-hoc WG Summary Report - final," 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.ensreg.eu/sites/default/files/1%20Final%20ENSREG%20Ad%20hoc%20WG%20Summary%20Report%20280213_1.pdf. [Haettu 29.7.2013].
- [50] FORATOM, "Nuclear Safety Directive Press Release," 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.foratom.org/jsmallfib_top/Publications/Press_Release/PR_EC_Safety_Directive_revision.pdf. [Haettu 29.7.2013].
- [51] J. Santaholma, *Sananen ydinvastuusta*. [Esitys]. KYLYS 2012.
- [52] S. G. Burns, "Nuclear Liability Essentials," NEA, Zürich, 2013.
- [53] WNA, "Liability for Nuclear Damage," 2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Safety-of-Plants/Liability-for-Nuclear-Damage/#.Ufohj41A1ns>. [Haettu 25.7.2013].
- [54] European Commission, "Nuclear energy - Public consultation," 7 2013. [Online]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/consultations/20130718_powerplants_en.htm. [Haettu 18.8.2013].
- [55] NucNet, "Strike Price Deal For UK's Hinkley Point Is 'Almost Completed'," 16.10.2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.nucnet.org/all-the-news/2013/10/16/strike-price-deal-for-uk-s-hinkley-point-is-almost-completed>. [Haettu 16.10.2013].
- [56] NucNet, "EC Excludes Nuclear Power From New State Aid Guidelines," 9.10.2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.nucnet.org/all-the-news/2013/10/09/ec-excludes-nuclear-power-from-new-state-aid-guidelines>. [Haettu 16.10.2013].
- [57] J.-P. Rantakokko, *Kansainvälinen energiaverotailu*, Helsinki: Energiategollisuus ry, 2010.
- [58] European Commission, "The European Research Area: New Perspectives," [Online]. Saatavilla: <http://ec.europa.eu/research/era/docs/en/understanding-era-european-commission-cur22840-161-2007-en.pdf>. [Haettu 1.8.2013].
- [59] TEKES, "EU:n strateginen energiateknologiasuunnitelma," 2013. [Online]. Saatavilla: http://www.tekes.fi/fi/community/EU:n_strateginen_energiateknologiasuunnitelma__SET-Plan/1253/EU:n_strateginen_energiateknologiasuunnitelma__SET-Plan/2756. [Haettu 24.7.2013].
- [60] Information Daily, "EC Proposes To Extend The Euratom Budget To 2013," 7.3.2011. [Online]. Saatavilla: <http://www.theinformationdaily.com/2011/03/07/ec-proposes-to-extend-the-euratom-budget-to-2013-in-line-with-the-main-seventh-framework-programme>.

- for-research. [Haettu 11.9.2013].
- [61] European Commission, "Research & Innovation - Facts & Figures," [Online]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/research/energy/euratom/index_en.cfm?pg=faq. [Haettu 9.9.2013].
 - [62] European Commission, "Joint Research Centre," 2013. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=10>. [Haettu 24.7.2013].
 - [63] R. Garbil, "R&D Innovation Funding possibilities in the EU," European Commission, Brussels, 2013.
 - [64] Euroopan Komissio, "7. Puiteohjelma," [Online]. Saatavilla: http://ec.europa.eu/research/fp7/pdf/fp7-factsheets_fi.pdf. [Haettu 24.7.2013].
 - [65] Elinkeinoelämän keskusliitto, "Teknologiayhteisöt (European Technology Platforms)," 2.2.2008. [Online]. Saatavilla: http://www.ek.fi/ek/fi/ajankohtaista/uutiset/teknologiayhteisot_european_technology_platforms-6548. [Haettu 11.9.2013].
 - [66] EurLex, "Euroopan atomienergiayhteisön ydinalan tutkimuksen ja koulutuksen puiteohjelma," 2013. [Online]. Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2013:153:0275:03:FI:HTML>. [Haettu 19.7.2013].
 - [67] FORATOM, "Nuclear policies in Europe," 17.6.2013.
 - [68] L. Mez, "Nuclear energy—Any solution for sustainability and climate protection?," *Energy Policy*, 48, pp. 56-63, 2012.
 - [69] UK Parliament, "Public Accounts Committee publishes report on Nuclear Decommissioning Authority: managing risk at Sellafield," 4.2.2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/commons-select/public-accounts-committee/news/nuclear-decommissioning-authority-managing-risk-at-sellafield/>. [Haettu 10.10.2013].
 - [70] T Magazine, "Spain: law on tax measures for energy sustainability – approved," 22.1.2013. [Online]. Saatavilla: <http://tmagazine.ey.com/news/ibfd/spain-law-tax-measures-energy-sustainability-approved/>. [Haettu 16.9.2013].
 - [71] NucNet, "Spanish Government Proposes New Taxes On Nuclear Industry," 17.9.2012. [Online]. Saatavilla: <http://www.nucnet.org/all-the-news/2012/09/17/spanish-government-proposes-new-taxes-on-nuclear-industry>. [Haettu 16.9.2013].
 - [72] NEA, "Nuclear legislation in OECD countries," 6.9.2011. [Online]. Saatavilla: <http://www.oecd-neo.org/law/legislation/>. [Haettu 30.9.2013].
 - [73] NucNet, "France Plans Nuclear Tax To Fund Energy Transition," 23.9.2013. [Online]. Saatavilla: <http://www.nucnet.org/all-the-news/2013/09/23/france-plans-nuclear-tax-to-fund-energy-transition>. [Haettu 30.9.2013].

Liitteet

Liite 1: Ydinvoimalla tuotettu sähkö maittain [12]

Maa	2011 (TWh)	2011 (%)	2012 (TWh)	2012 (%)
Alankomaat	3,9	3,6	3,7	4,4
Belgia	45,9	54	38,5	51
Bulgaria	15,3	32,6	14,9	31,6
Espanja	55,1	19,5	58,7	20,5
Iso-Britannia	62,7	17,8	64,0	18,1
Ranska	423,5	77,7	407,4	74,8
Romania	10,8	19	10,7	19,4
Ruotsi	58,1	39,6	61,5	38,1
Saksa	102,3	17,8	94,1	16,1
Slovakia	14,3	54	14,4	53,8
Slovenia	5,9	41,7	5,2	36
Suomi	22,3	31,6	22,1	32,6
Sveitsi	25,7	40,8	24,4	35,9
Tsekki	26,7	33	28,6	35,3
Ukraina	84,9	47,2	84,9	46,2
Unkari	14,7	43,2	14,8	45,9
Yhteensä	972,1		947,9	

Liite 2: Reaktorit Euroopassa [12]

Maa	Tuotannossa	Rakenteilla	Suunnitteilla	Ehdotettu
Alankomaat	1	0	0	1
Belgia	7	0	0	0
Bulgaria	2	0	1	0
Espanja	7	0	0	0
Iso Britannia	16	0	4	9
Italia	0	0	0	10
Liettua	0	0	1	0
Puola	0	0	6	0
Ranska	58	1	1	1
Romania	2	0	2	1
Ruotsi	10	0	0	0
Saksa	9	0	0	0
Slovakia	4	2	0	1
Slovenia	1	0	0	1
Suomi	4	1	2	1
Sveitsi	5	0	0	3
Tšekki	6	0	2	1
Unkari	4	0	0	2
Ukraina	15	0	2	11
Valko-Venäjä	0	0	2	2
Yhteensä	151	4	23	44

Liite 3: Reaktorit maailmassa [12]

	Tuotannossa	Rakenteilla	Suunnitteilla	Ehdotettu
Arabiemiraatit	0	2	2	10
Armenia	1	0	1	0
Bangladesh	0	0	2	0
Etelä-Korea	23	5	5	0
Indonesia	0	0	2	4
Intia	20	7	18	39
Iran	1	0	1	1
Israel	0	0	0	1
Japani	50	3	9	3
Jordania	0	0	1	0
Kazakstan	0	0	2	2
Kiina	17	28	53	118
Malesia	0	0	0	2
Pakistan	3	2	0	2
Saudi-Arabia	0	0	0	16
Taiwan	6	2	0	0
Thaimaa	0	0	0	5
Turkki	0	0	4	4
Vietnam	0	0	4	6
Venäjä	33	10	24	20
Aasia	154	59	128	233
EU-27	131	4	19	31
Sveitsi	5	0	0	3
Ukraina	15	0	2	11
Eurooppa	151	4	21	45
Etelä-Afrikka	2	0	0	6
Egypti	0	0	1	1
Afrikka	2	0	1	7
Argentiina	2	1	1	2
Chile	0	0	0	4
Brasilia	2	1	0	4
Etelä-Amerikka	4	2	1	10
Kanada	19	0	2	3
Meksiko	2	0	0	2
Yhdysvallat	100	3	9	15
Pohjois-Amerikka	121	3	11	20
	Tuotannossa	Rakenteilla	Suunnitteilla	Ehdotettu
Yhteensä	432	68	162	315

Liite 4: Bulgarian, Espanjan, Ranskan, Saksan ja Slovakian ydinvoimaverotus

Bulgaria

Jokaisesta Kozloduy'n laitoksella tuotetusta markkinoilla myydystä kWh:sta maksetaan

- 3 % ydinjätehuoltoon liittyvään rahastoon
- 7,5 % käytöstäpoistoon liittyvään rahastoon

Ensimmäisen rahaston kumulatiivinen tuotto on noin 136 miljoonaa euroa ja toisen noin 563 miljoonaa euroa. Vuonna 2012 maksulla kerättiin noin 43 miljoonaa euroa.⁷ Arvioitu rasite on täten noin 2,9 €/MWh. Prosentteihin on mahdollisesti tulossa muutoksia.

Espanja

Muodostuvan ydinjätteen perusteella maksetaan veroa:

- 2190 €/kg raskasmetalleista (uraani ja plutonium)
- 6000 €/m³ keski- ja matala-aktiivisesta jätteestä
- 1000 €/m³ erittäin matala-aktiivisesta jätteestä

Ydinjätteen varastoinnista maksetaan veroa:

- 70 €/kg käytetystä ydinpolttoaineesta
- 30000 €/m³ pitkäaikaisesta korkea- ja keskiaktiivisesta jätteestä (ei koske polttoainetta)
- 10000 €/m³ matala- ja keskiaktiivisesta jätteestä
- 2000 €/m³ erittäin matala-aktiivisesta jätteestä

[70]. Veron on arvioitu kantavan vuosina 2013, 2014 ja 2015 noin 270 miljoonaa euroa. [71] Olettamalla vuosien 2013–2015 ydinsähkötuotanto vuoden 2012 tasolle (58,7 TWh) rasite olisi noin 1,5 €/MWh.

Ranska

Ranskassa ydinsähkön tuottajat maksavat ydinvoimalaitosveroa kunkin laitoksen rakennusluvan myöntöpäivästä laitoksen poistoon asti. Vero on ollut voimassa vuodesta 2010. Veroa maksetaan vuosittain 3,6 miljoonaa euroa kerrottuna laitoksen tyypistä ja koosta riippuvalla kertoimella, joka on välillä 1-4. Vuonna 2006 verolla kerättiin 350,4 miljoonaa euroa [72]. Vuoden 2006 ydinsähkötuotanto⁸ oli 450,2 TWh. Arvioitu rasite on täten 0,8 €/MWh.

Lisäksi ydinvoimayhtiöt maksavat kolmea muuta veroa, jotka esiteltiin vuonna 2006. Kyseisten verojen tuottoa käytetään ydinjätehuollon kehittämiseen. Veroa maksetaan jokaisesta ydinlaitoksesta ydinjätetyypin mukaan. Veron suuruus on 280 000 euroa kerrottuna kunkin vuoden kertoimella. Vuonna 2010 kerroin on ollut 7,87. Vuoden

⁷ http://www.kznpp.org/uf//anual_reports/en/KozloduyNPP_AR_2012_eng.pdf

⁸ <http://www.iea.org/statistics/>

2010 ydinsähkötuotanto⁷ oli 428,5 TWh. Ranskassa on sähköntuotannossa 58 reaktoria. [57] Arvioitu rasite on täten 0,3 €/MWh.

Kaikki edellä mainitut verot maksetaan suoraan ydinturvallisuusviranomaiselle.

Vuodesta 2011 lähtien ydinvoimayhtiöt ovat maksaneet lisämaksua IRSN:lle (Radioprotection and Nuclear safety institute). Myös kyseinen maksu riippuu ydinlaitosten määrästä.

Suunnitteilla on ydinvoimaverotusta, jolla on tarkoitus rahoittaa uusiutuvien energianlähteiden lisäämistä ja energiatehokkuuden parantamista. [73]

Saksa

Vuonna 2010 esiteltiin ydinpolttoainevero, joka astui voimaan 1.1.2011. Vero on määräaikainen ja loppuu 31.12.2016. Veroa maksetaan

- 145 €/gramma isotoopeista plutonium-239, plutonium-241, uraani-233 ja uraani 235.

Verolla on tarkoitus rahoittaa loppusijoituslaitoksen (Asse II) korjausta.

Slovakia

Ydinlaitosvero:

Ydinvoimayhtiö maksaa veroa ydinlaitoksen suoja-alueelle rakennetun kiinteistöalan mukaan. Veroa jakautuu kolmeen maksuluokkaan ja sitä maksetaan Mochovcen laitoksesta 20 kilometrin säteellä ja Bohunice laitoksesta 21 kilometrin säteellä

- 1. vyöhyke 0,0039 €/m³, etäisyys laitoksesta 0-7 km
- 2. vyöhyke 0,0013 €/m³, etäisyys laitoksesta 7-14 km
- 3. vyöhyke 0,0006 €/m³, etäisyys laitoksesta 14-21 km

Veron rasite on vuodessa noin 3,9 miljoonaa euroa.

Kiinteistövero:

Ydinvoimalaitosten kohdalla kiinteistöveron suuruus voi olla 100-kertainen verrattuna normaaliin kiinteistöveroon. Näin ollen luvanhaltija maksaa vuodessa 620 000 euroa ylimääräistä.

Ydinlain mukainen maksu:

Maksulla rahoitetaan kansallisen ydinvoimaviranomaisen toimintaa. Veroa maksetaan

- Ydinvoimalaitoksen rakentaminen 1150,14 €/MW laitoksen suunnitellun lämpötehon mukaan
- Laitoksen käyttö 766,76 €/MW asennetun lämpötehon mukaan
- Laitoksen käytöstä poisto 383,38 €/MW asennetun lämpötehon mukaan
- Käytetyn polttoaineen varastointi 36,51 € per varastoitu polttoaineniippu
- Radioaktiivisen jätteen käsittely 41,99 €/GBq käsitellyn aktiivisuuden mukaan

Kyseiset arvot pätevät vuodesta 2014 eteenpäin ja vuoteen 2013 asti veron suuruus on noin puolet edellä esitellystä. Vuonna 2014 operaattori maksaa arviolta yhteensä 7,674 miljoonaa euroa ja vuonna 2013 noin 3,837 miljoonaa euroa.

Ydinrahastolain mukainen maksu:

Maksulla rahoitetaan ydinjätehuollon kustannuksia. Maksu muodostuu kiinteästä ja muuttuvasta osasta:

- Kiinteä osa 14454,54 €/MW asennettua sähkötehoa
- Muuttuva osa 5,95 % myydystä sähköstä

Maksun rasite on yhteensä noin 56 miljoonaa euroa vuodessa, mutta riippuu paljon sähkön hinnasta.

Verolain mukainen maksu:

Ylimääräinen maksu säännellyille toimialoille, joilla ”accounting profit” on yli 3 miljoonaa euroa vuodessa. Verorasite on vuodessa noin 18 miljoonaa euroa.

Kaikkien edellä mainittujen viiden veron ja maksun rasite on vuodessa noin 82,4 miljoonaa euroa ennen vuotta 2014.

