



**Euroopan unionin
neuvosto**

**Bryssel, 10. maaliskuuta 2026
(OR. en)**

7174/26

**ATO 7
ENER 116
SAN 138**

SAATE

Lähettäjä: Euroopan komission pääsihteeri, allekirjoittajana johtaja Martine
DEPREZ

Saapunut: 10. maaliskuuta 2026

Vastaanottaja: Thérèse BLANCHET, Euroopan unionin neuvoston pääsihteeri

Kom:n asiak. nro: COM(2026) 120 final

Asia: KOMISSION TIEDONANTO
Euratomin perustamissopimuksen 40 artiklan mukaisesti esitetty
ohjeellinen ydinohjelma – lopullinen (ETSK:n lausunnon jälkeen)

Valtuuskunnille toimitetaan oheisena asiakirja COM(2026) 120 final.

Liite: COM(2026) 120 final



Bryssel 10.3.2026
COM(2026) 120 final

KOMISSION TIEDONANTO

**Euratomin perustamissopimuksen 40 artiklan mukaisesti esitetty ohjeellinen
ydinohjelma – lopullinen (ETSK:n lausunnon jälkeen)**

{SWD(2026) 84 final}

1 Johdanto

Unionissa tuotettu, kohtuuhintainen ja puhdas energia tukee EU:n hiilestä irtautumiseen, kilpailukykyyn ja häiriönsietokykyyn liittyviä tavoitteita, kuten puhtaan teollisen kehityksen ohjelmassa¹ ja kohtuuhintaista energiaa koskevassa toimintasuunnitelmassa² todetaan.

Joillekin EU:n jäsenvaltioille **ydinenergia on tärkeä osa strategioita, jotka koskevat hiilestä irtautumista, teollisuuden kilpailukykyä ja toimitusvarmuutta**. Päivitettyjen kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien perusteella on odotettavissa, että asennettu ydinkapasiteetti lisääntyy. Ydinvoimalat tuottavat puhdasta sähköä ja soveltuvat siten vähähiilisen peruskuormasähkön tuottamiseen. Lisäksi ne parantavat järjestelmäintegraatiota ja lisäävät joustavuutta, mikä puolestaan helpottaa muiden puhtaiden teknologioiden käyttöönottoa. Kaikki tämä hyödyttää koko EU:n energiajärjestelmää.

Kuten komission tekemässä vuoden 2040 ilmastotavoitteen vaikutustenarvioinnissa³ todetaan, energiajärjestelmän irrottamiseksi hiilestä tarvitaan kaikkia hiilettömiä ja vähähiilisiä energiaratkaisuja. Ennusteiden mukaan vuonna 2040 yli 90 prosenttia EU:ssa tuotetusta sähköstä on peräisin hiilettömistä ja vähähiilisistä, pääasiassa uusiutuvista energialähteistä, joita täydennetään ydinenergialla. Jäsenvaltioiden ydinenergiasuunnitelmien toteuttaminen edellyttää **vuoteen 2050 asti merkittäviä investointeja** sekä toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöiän pidentämiseksi että uusien suurten reaktoreiden rakentamiseksi. Lisäksi tarvitaan lisää investointeja pieniin modulaarisiin ydinreaktoreihin (SMR-voimaloihin) ja edistyneisiin modulaarisiin ydinreaktoreihin (AMR-voimaloihin) sekä pidemmällä aikavälillä myös fuusioteknologian kehittämiseen.

EU:n perussopimusten⁴ mukaisesti energiavalikoimaan kuuluvien energialähteiden valinta, myös päätös ydinenergian käytöstä tai käyttämättä jättämisestä, kuuluu edelleen kunkin jäsenvaltion omaan toimivaltaan. Jotkin jäsenvaltiot ovat laatineet ydinohjelmia, joilla pidennetään toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöikää, sekä ilmoittaneet uusien reaktoreiden rakentamisesta. Osa jäsenvaltioista puolestaan harkitsee ydinvoiman sisällyttämistä energiavalikoimaansa ensimmäistä kertaa. **Ydinenergian osuus EU:n tulevasta sähköntuotannosta riippuu toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöiän pituudesta.**

EU:n teollinen johtoasema ydinenergian alalla perustuu siihen, että EU on vahvasti sitoutunut tiettyihin peruseriaatteisiin – koko polttoainekierron hallintaan, innovatiivisten start-up-ekosysteemien edistämiseen ja huipputason tutkimuksen tekemiseen, samalla kun varmistetaan tiukimpien mahdollisten **ydinturvallisuutta, ydinturvaa ja ydinmateriaalivalvontaa** sekä **turvallista ja vastuullista radioaktiivisen jätteen huoltoa** koskevien vaatimusten noudattaminen ja **korkealuokkainen koulutus** sekä edistetään **avoimuutta ja yleisön osallistumista**. Tämän vuoksi käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huollossa käytettävän keskeisen infrastruktuurin, kuten syvälle maaperään rakennettavien geologisten loppusijoituspaikkojen, kehittäminen edelleen sekä kiertotalouden periaatteiden soveltaminen ovat ehdottoman tärkeä osa jokaista ydinohjelmaa. Tulevaisuuden teollisessa suunnittelussa ja ydinkapasiteettiin ja tutkimusinfrastruktuuriin tehtävissä investoinneissa on seurattava tiiviisti näillä osa-alueilla tapahtuvaa edistystä.

¹ COM(2025) 85 final.

² COM(2025) 79 final.

³ COM(2024) 63 final.

⁴ Euroopan unionin toiminnasta tehdyn sopimuksen (SEUT) 194 artikla.

Monipuolistaminen EU:n tasolla on ratkaisevan tärkeää. Ydinvoiman sisällyttäminen jäsenvaltioiden energiavalikoimaan maiden omista päätöksistä riippuvissa laajuuksissa voi tukea EU:n energiajärjestelmän muuttamista, joka puolestaan mahdollistaa sekä unionin talouden hiilestä irtautumisen että maanosan strategisen riippumattomuuden energian osalta. Komission esittämässä Venäjän tuontienergiasta irtautumista koskevassa etenemissuunnitelmassa⁵, jonka tavoitteena on edistää EU:n taloudellista turvallisuutta, esitetään toimenpiteitä energian hankintalähteiden monipuolistamiseksi ja riippuvuuden vähentämiseksi ulkoisista lähteistä.

Tässä komission ohjeellisessa ydinohjelmassa⁶ kuvataan määrällisesti ja laadullisesti investointitarpeiden laajuutta ydinenergian tuotantoketjun eri vaiheissa sekä määritetään ne osa-alueet, joihin jäsenvaltioiden olisi toimissaan keskityttävä. Kuten jäljempänä selitetään, joidenkin jäsenvaltioiden asettamien tavoitteiden saavuttaminen edellyttää **huomattavia investointeja, joissa yhdistetään sekä julkista että yksityistä rahoitusta**. Tarvittavien resurssien kerääminen edellyttää myös selkeitä politiikkakehyksiä, joilla pienennetään hankkeisiin liittyviä riskejä.

Euroopan talous- ja sosiaalikomitea (ETSK) antoi 4. joulukuuta 2025 Euratomin perustamissopimuksen mukaisesti lausuntonsa⁷ tästä ohjeellisesta ydinohjelmasta⁸. Lausunto hyväksyttiin suurella enemmistöllä. Siinä vahvistetaan, että ydinenergialla on nyt ja tulevaisuudessa ratkaiseva rooli Euroopan mantereen hiilestä irtautumisessa, erityisesti kun otetaan huomioon, että EU:n on vahvistettava strategista riippumattomuuttaan energia- ja teknologia-alalla.

ETSK:n lausunnossa kehoitetaan komissiota vahvistamaan sääntely- ja rahoitustoimenpiteitä, joilla tuetaan jäsenvaltioissa suunniteltuja investointeja. Lisäksi ETSK on suositellut teknologianeutraalin lähestymistavan soveltamista kaikkiin välineisiin, joilla tuetaan investointeja puhtaaseen teknologiaan, sekä investointien nopeuttamista erityistoimenpiteillä, kuten sujuvammalla valtioneuvoston prosessilla, verotuksellisilla toimenpiteillä, lupamenettelyillä ja nopeammilla päätöksillä EU:n ja jäsenvaltioiden tasolla (mukaan lukien pitkän aikavälin rahoitus sekä sitoumus antaa jäsenvaltioille mahdollisuus hyödyntää EU:n koheesiorahastoja halutessaan). Lisäksi ETSK on esittänyt suosituksia, jotka koskevat vetyä, ydinenergian roolia järjestelmäintegraatiossa ja SMR-voimaloita.

Komissio suhtautuu myönteisesti lausuntoon ja suosituksiin, jotka ovat linjassa komission viimeaikaisten ja tulevien politiikka-aloitteiden kanssa. Komissio hyväksyi vuonna 2025 **puhtaan teollisen kehityksen ohjelmaan liittyvän uuden valtioneuvoston päätöksen (CISAF)**, joka myös sujuvoittaa valtioneuvoston myöntämistä puhtaiden teknologioiden, mukaan lukien ydinteknologioiden, valmistuskapasiteettiin. Lisäksi komissio antoi **jäsenvaltioille ohjeistusta toimivien hinnansopimusten ja sähkönhankintasopimusten laatimisesta** teknologianeutraalilla tavalla. Komissio myös hyväksyi delegoidun säädöksen, jossa vahvistetaan **menetelmä vähähiilisten polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen laskemiseksi**, mikä tasoittaa tietä ydinenergialla tapahtuvalle vedyn tuotannolle.

Lisäksi komission on määrä laatia **puhdasta siirtymää varten energiajärjestelmää koskeva tarvearviointi**, jolla päivitetään energia-alan vuosien 2031–2040 investointitarpeet ja jossa energiajärjestelmää tarkastellaan kokonaisvaltaisesti ja teknologianeutraalisti. Osana

⁵ COM(2025) 440 final, EUR-Lex – 52025DC0440 – FI – EUR-Lex.

⁶ Tämän ohjeellisen ydinohjelman (*Programme Illustrative Nucléaire Communautaire*, PINC) laatiminen on Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimuksen 40 artiklan mukainen komission velvoite.

⁷ TEN/856-EESC-2025.

⁸ COM(2025) 315 final.

maaliskuussa 2026 esitettyä energiapakettia, johon tämä ohjeellinen ydinohjelma ja SMR-voimaloita koskeva strategia sisältyvät, komissio esittää myös **puhtaan energian investointistrategian**, jonka tavoitteena on saada liikkeelle laajamittaisia yksityisiä investointeja kaikkiin puhtaan energian teknologioihin, myös ydinvoimaan. Lisäksi SMR-voimaloita koskevan eurooppalaisen teollisen allianssin työn pohjalta laaditulla komission **SMR-voimaloita koskevalla strategialla** tuetaan tällaisten reaktoreiden nopeampaa kehittämistä ja käyttöönottoa EU:ssa 2030-luvun alussa ja siten vahvistetaan EU:n teollisuuden kilpailukykyä. Tulevassa **EU:n fuusiostrategiassa** on määrää esittää kattava joukko strategisia toimia, joilla ohjataan Euroopan julkisen ja yksityisen sektorin toimintaa tulevina vuosina. Lisäksi strategiassa on määrää vahvistaa ITER-hankkeen asema kulmakivenä EU:n pyrkimyksissä nopeuttaa fuusioenergian kaupallistamista.

2 Ydinvoiman nykytilanne

EU:ssa oli vuoden 2024 lopussa 101 ydinreaktoria, jotka jakautuivat 12 jäsenvaltioon⁹. Näiden reaktoreiden asennettu nettokapasiteetti oli noin 98 gigawattia sähkötehoa (GWe). Vuonna 2023 ydinenergian osuus EU:n sähköntuotannosta oli 23 prosenttia.¹⁰ EU:n ydinvoimalakantaan sisältyvistä reaktoreista kolme on uusia, verkkoon hiljattain liitettyjä reaktoreita, ja lisäksi rakenteilla on kolme uutta reaktoria.¹¹

Vertailun vuoksi voidaan todeta, että maailmanlaajuisesti vuonna 2023 oli toiminnassa 410 reaktoria yli 30 maassa. Lisäksi rakenteilla oli 63 uutta reaktoria, joista kolme neljäsosaa sijaitsee kehittyvissä talouksissa ja puolet Kiinassa.¹²

Häiriönsietokykyiset toimitusketjut ja kilpailukykyinen eurooppalainen ydinteollisuus ovat olennaisen tärkeässä roolissa EU:n johtoaseman säilyttämiseksi tällä alalla. Ydinpolttoaineen ja ydinlaitosten elinkaaren eri vaiheisiin liittyy haavoittuvuuksia ja riippuvuuksia, jotka edellyttävät jäsenvaltioiden ja komission koordinoituja toimia. Etenemissuunnitelma Venäjän tuontienergiasta irtautumiseksi¹³ edistää osaltaan ydinvoimalan Venäjä-riippuvuuksien katkaisemista asteittain. Myös **uusien osajien houkuttelemisella ja start-up-yritysten tukemisella, nykyisen työvoiman uudelleenkouluttamisella sekä ydinteknologiaosaamisen ylläpitämisellä ja vahvistamisella on ratkaiseva rooli EU:n strategisen johtajuuden tukemisessa.**

Kehitteillä ja kypsymässä on myös innovatiivisia ydinteknologioita. Useiden jäsenvaltioiden ja Euroopan teollisuuden kiinnostus **pienien modulaaristen ydinreaktoreiden** (SMR-voimaloiden) ja **edistyneiden modulaaristen ydinreaktoreiden** (AMR-voimaloiden) kehittämiseen muun muassa neljännen sukupolven teknologioiden pohjalta on johtanut eurooppalaisen teollisen allianssin¹⁴ perustamiseen. Tulevaisuudessa **ydinfuusioteknologian kehittäminen ja kaupallistaminen edellyttää EU:n tason strategista lähestymistapaa**, joka edistäisi merkittävästi EU:n kunnianhimoisten ilmasto-

⁹ Belgia, Bulgaria, Tšekki, Espanja, Ranska, Unkari, Alankomaat, Romania, Slovenia, (Kroatia), Slovakia, Suomi ja Ruotsi.

¹⁰ [Slight increase in nuclear power production in 2023 – News articles – Eurostat](#).

¹¹ Slovakiassa sijaitseva Mochovce 3 kytkettiin verkkoon tammikuussa 2023, Suomen Olkiluoto 3 aloitti kaupallisen toimintansa toukokuussa 2023, ja Ranskassa Flamanville 3 kytkettiin verkkoon joulukuussa 2024. Rakenteilla on yksi reaktori Slovakiassa (Mochovce 4) ja kaksi Unkarissa (Paks II).

¹² Kansainvälinen energijärjestö (IEA), 2025, ”The Path to a New Era for Nuclear Energy”, IEA, Pariisi (<https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>), lisenssi: CC BY 4.0.

¹³ COM(2025) 440 final, EUR-Lex – 52025DC0440 – FI – EUR-Lex.

¹⁴ [European Industrial Alliance on Small Modular Reactors – Euroopan komissio \(europa.eu\)](#).

energia- ja teollisuustavoitteiden saavuttamista ja niissä pysymistä tämän vuosisadan jälkipuoliskolla.

Energia-alan lisäksi myös **nykyaikainen terveydenhuolto on yhteydessä ydinalan arvoketjuun**, joka tuottaa radioisotooppeja lääketieteellistä diagnostiikkaa ja hoitoa varten. EU:n ydinalan kilpailukykyyn säilyttäminen on ratkaisevan tärkeää, jotta voidaan varmistaa potilaiden pääsy elintärkeisiin lääkinnällisiin toimenpiteisiin ja hoitoihin.¹⁵

3 EU on sitoutunut tiukimpien mahdollisten turvallisuusvaatimusten noudattamiseen

EU:n strateginen johtajuus ydinsektorilla perustuu siihen, että se on sitoutunut noudattamaan tiukimpia mahdollisia ydinturvallisuusvaatimuksia, jotka jakautuvat kolmeen pilariin.

3.1 Vahva ja riippumaton sääntelykehys

Vahvat ja riippumattomat kansalliset sääntelyviranomaiset ovat ratkaisevassa roolissa ydinturvallisuuden korkean tason saavuttamisessa. Olennainen osa sääntelyn riippumattomuutta on se, että kansallisille sääntelyviranomaisille annetaan riittävät resurssit – sekä henkilö- että taloudelliset resurssit –, jotta ne voivat hoitaa ydinturvallisuuden sääntelyyn sekä ydinturvallisuussääntöjen täytäntöönpanoon ja noudattamisen seurantaan liittyviä tehtäviään. Sääntelyviranomaisten taloudellisten resurssien ja inhimillisten valmiuksien riittävyyteen liittyviä näkökohtia käsitellään Euratom-lainsäädännössä, erityisesti ydinturvallisuusdirektiivissä¹⁶ ja radioaktiivista jätettä koskevassa direktiivissä¹⁷.

Samaan aikaan on huolehdittava ympäristölainsäädännön noudattamisesta muun muassa ympäristöä koskeviin direktiiveihin¹⁸ perustuvien arviointien avulla.

Koska kansalliset olosuhteet, kuten ydinohjelmien laajuus, kansallisten oikeudellisten ja sääntelykehysten ominaispiirteet ja turvallisuusviranomaisten rakenne, vaihtelevat, käytössä on erilaisia kansallisia ja systemaattisia tapoja arvioida sääntelyresurssien tarvetta.

Euroopan ydinturvallisuusviranomaisten ryhmä (ENSREG) on edistänyt osaltaan tietojen jakamista kansallisen tason henkilöstösuunnitelmista, jotta sääntelyvalmiuksia voidaan ylläpitää ja vahvistaa jäsenvaltioiden suunnitelmien edellyttämällä tavalla. Suunnitelmissa on lisätä henkilöstömäärää kansallisista olosuhteista riippuen vähintään 10–50 prosenttia ja enimmillään jopa kaksinkertaiseksi vuoden 2024 tilanteeseen verrattuna. Sääntelyviranomaisten riittävä henkilöstö on välttämätöntä, jotta kansalliset suunnitelmat voidaan panna täytäntöön turvallisesti ja onnistuneesti.

Kansallisten sääntelyviranomaisten rajatylittävä yhteistyö voisi mahdollisesti vähentää yksittäisten sääntelyviranomaisten hallinnollista taakkaa helpottamalla ja nopeuttamalla uusien laitosten lupien myöntämistä. Komissio suosittelee ydinenergian käyttöä suunnittelevia jäsenvaltioita harkitsemaan ”halukkaiden maiden sääntelykoalition” perustamista, jotta ne voisivat tällaisen koalition puitteissa lähentää sääntelyään tai sopia lupapäätösten vastavuoroisesta tunnustamisesta.

¹⁵ COM(2025) 440 final, EUR-Lex – 52025DC0440 – FI – EUR-Lex – toimi 7.

¹⁶ Neuvoston direktiivi 2009/71/Euratom, sellaisena kuin se on muutettuna neuvoston direktiivillä 2014/87/Euratom.

¹⁷ Neuvoston direktiivi 2011/70/Euratom.

¹⁸ Erityisesti direktiivi 2011/92/EU tiettyjen julkisten ja yksityisten hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnista, direktiivi 2001/42/EY tiettyjen suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista, direktiivi 92/43/ETY luontotyyppien sekä luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta ja direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista.

3.2 Läpinäkyvä ja avoin prosessi yleisön osallistamiseksi

Kansalaisyhteiskunnan ja suuren yleisön osallistaminen ydinhankeiden kehittämisen kaikissa vaiheissa (strategiset ja poliittiset päätökset, sijainnin määrittäminen, rakentaminen, toiminta, käytöstäpoisto sekä käytetyn ydinpolttoaineen ja radioaktiivisen jätteen huolto) käytävään läpinäkyvään ja avoimeen vuoropuheluun on ratkaisevan tärkeää hankkeiden onnistumisen kannalta.

Jäsenvaltioiden olisi otettava huomioon myös tähän osa-alueeseen liittyvät investointitarpeet, jotta voidaan tukea kansalaisyhteiskunnan edustajia ja lisätä tiedon jakamista tai viestintää.

3.3 Onnistunut käytöstäpoisto, vastuullinen jätehuolto ja kiertotalous

Onnistunut käytöstäpoisto ja radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen vastuullinen huolto ovat avainasemassa turvallisuuden kannalta ja sen varmistamiseksi, että ydinenergian käytöllä on jatkossakin suuren yleisön tuki.

Ydinvoiman lisäämistä koskevien suunnitelmien ohella jäsenvaltioita kannustetaan laatimaan politiikkoja, joilla tarjotaan kannustimia käytöstäpoistossa edistymiseen, sekä edistämään radioaktiivisen jätteen huoltoon tarvittavan infrastruktuurin toteuttamista, mukaan lukien syvälle maaperään rakennettavat geologiset loppusijoituspaikat. Tämä edellyttää hallitusten sitoutumista sekä riittävää rahoitusta jätteen tuottajilta Euroopan atomienergiayhteisön perustamissopimukseen perustuvan johdetun oikeuden¹⁴ mukaisesti. Luokitusjärjestelmäasetuksessa vahvistetaan tekniset arviointikriteerit¹⁹, joiden perusteella tietyt ydinalan toiminnot luokitellaan kestäviksi.

EU:ssa syntyy vuosittain noin 40 000 m³ radioaktiivista jätettä ja noin 1 000 raskasmetallitonnia²⁰ käytettyä ydinpolttoainetta, kun tuotetun sähkön määrä on 620 TWh (viitevuotena vuosi 2023).²¹

EU:n ydinteollisuudella on hyvät valmiudet suorittaa radioaktiivisen jätteen (sekä ydinvoimaloiden toiminnasta että käytöstäpoistosta syntyvän jätteen) huoltoon ja ydinalan toimintojen käytöstäpoistoon liittyviä toimia, soveltaa kiertotalouden periaatteita ja maksimoida materiaalien ja laitteiden kierrätys ja uudelleenkäyttö. Esimerkiksi Slovakian Bohunice V1 -reaktoreiden purkamisesta saaduista materiaaleista yli 95 prosenttia kierrätettiin. Kyseisen laitoksen käytöstäpoiston kokonaisyksikkökustannuksiksi arvioidaan 8,33 euroa tuotettua megawattituntia kohti²², mukaan lukien kaikki jätehuoltotoiminnot lukuun ottamatta korkea-aktiivisen jätteen geologista loppusijoittamista.

Vaikka kustannusarviot tarkentuvatkin jatkuvasti kokemuksen myötä, niitä olisi pyrittävä parantamaan entisestään rahoituksen avoimuuden lisäämiseksi ja rahoitusvarmuuden parantamiseksi. Radioaktiivisen jätteen huoltoon tarvittava infrastruktuuri, mukaan lukien geologiset loppusijoituspaikat, edellyttää vielä huomattavaa rahoitusta. Komission

¹⁹ Asetus (EU) 2020/852, EUVL L 198, 22.6.2020, s. 13–43 ja komission delegeoitu asetus (EU) 2022/1214, EUVL L 188, 15.7.2022, s. 1–45.

²⁰ Raskasmetallitonni (tHM) on massan yksikkö, jota käytetään uraanin, plutoniumin, toriumin ja näiden alkuaineiden seosten määrien esittämiseen.

²¹ ”Shedding light on energy in Europe – 2025 edition”, ESTAT, ISBN 978-92-68-22424-3.

²² Arvioitu määrä (8,33 euroa megawattituntia kohti) on suhdeluku, joka on laskettu käyttämällä i) osoittajana käytöstäpoistosta ja kaikista jätehuoltotoiminnoista lukuun ottamatta geologista loppusijoittamista aiheutuneiden menojen kokonaissummaa ja ii) nimittäjänä laitoksen käyttöiän aikana tuotetun sähköenergian määrää.

viimeisimpänä julkaiseman kertomuksen²³ mukaan radioaktiivisen jätteen huollon arvioidut kokonaiskustannukset EU:ssa ovat noin **300 miljardia euroa**²⁴, kun otetaan huomioon aiemmasta toiminnasta syntynyt jäte, kaikki meneillään olevasta ja tulevasta toiminnasta syntyvä odotettavissa oleva jäte sekä ydinalan toimintojen käytöstäpoisto.

Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti on tarpeen tutkia lähemmin käytetyn polttoaineen moninkertaista kierrätystä uuden polttoaineen (sekaoksidi- eli MOX-polttoaineen) valmistamiseksi ydinreaktoreille.

4 Ydinenergian näkymät EU:n sähköjärjestelmässä

Edellisessä, vuonna 2017 julkaistussa ohjeellisessa ydinohjelmassa²⁵ esitetyssä skenaariossa ennustettiin, että EU-27-jäsenvaltioissa tuotettaisiin vuonna 2025 ydinenergiaa noin 80 GWe²⁶. Nykyinen kapasiteetti on hieman alle 100 GWe, pääasiassa sen takia, että toiminnassa olevia, pitkäaikaisessa käytössä olevia laitoksia on enemmän kuin edellisen ohjeellisen ydinohjelman laadintahetkellä ennakoitiin.

Tähän tiedonantoon liittyvään komission yksiköiden valmisteluasiakirjaan sisältyvässä analyysissä esitetään suurten ydinreaktoreiden käyttöönottoskenaario (mukaan lukien herkkyysanalyysit), SMR-voimaloiden käyttöönottonäkymät sekä analyysi ydinpolttoainekierron markkinoiden, ydinpolttoainekiertoaon liittyvien laitojen ja teollisuuden toimitusketjun puutteista.

4.1 Ydinvoiman tuotantokapasiteetti vuoteen 2050 asti

Perusskenaariossa suurten ydinreaktoreiden sähköntuotannon nettokapasiteetin arvioidaan vuonna 2050 olevan 109 GWe. Tämä arvio perustuu ennen kaikkea päivitettyihin kansallisiin energia- ja ilmastosuunnitelmiin²⁷ ja komissiolle Euratomin perustamissopimuksen 41 artiklan mukaisesti ilmoitettuihin investointihankkeisiin sekä seuraaviin oletuksiin: i) ainakin joidenkin toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöikää pidennetään yli 60 vuoteen, ja ii) suunniteltujen uusien reaktoreiden rakennushankkeet toteutuvat aikataulussa. Koska reaktoreiden käyttöiän pidentäminen edellyttää, että ydinturvallisuutta, ydinmateriaalivalvontaa ja ydinturvaa koskevat vaatimukset täyttyvät, on epävarmaa, voidaanko kaikkien nykyisin toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöikää pidentää niin, että ne ovat käytössä vielä vuonna 2050. Epävarmaa on myös, valmistuvatko uudet reaktorit suunnitellussa aikataulussa ja suunnitellun kustannusarvion puitteissa. Näiden epävarmuustekijöiden arvioinnin perusteella laadittiin mahdollisten lopputulosten vaihteluväli, joka esitetään perusskenaarion rinnalla kaaviossa 1.

²³ COM(2024) 197 final, komission kertomus neuvostolle ja Euroopan parlamentille neuvoston direktiivin 2011/70/EURATOM täytäntöönpanon edistymisestä ja inventaario yhteisön alueella olevasta radioaktiivisesta jätteestä ja käytetystä ydinpolttoaineesta sekä tulevaisuudennäkymistä – KOLMAS KERTOMUS.

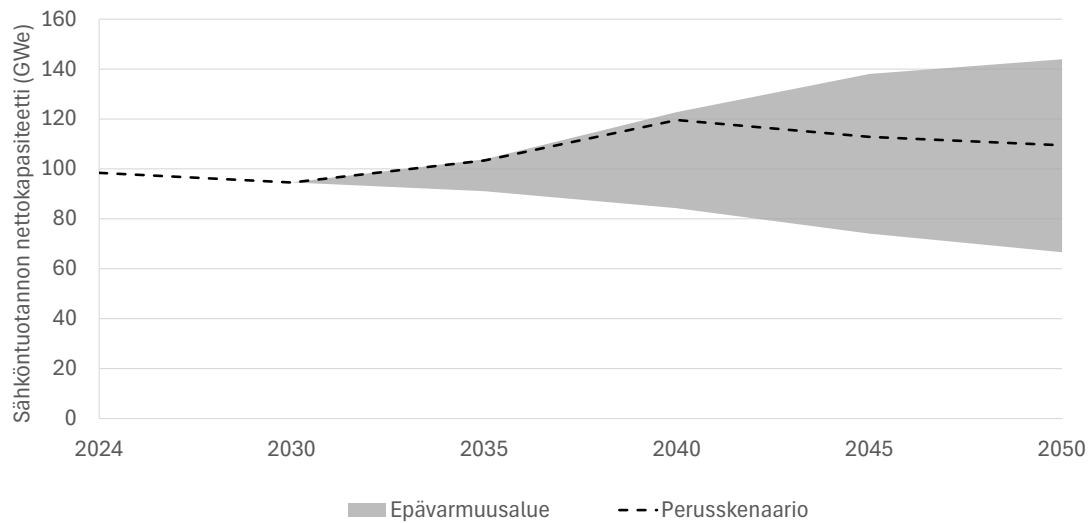
²⁴ Määrä vastaa yksittäisten jäsenvaltioiden tekemien arvioiden summaa. Jäsenvaltioiden arvioiden muodostamisessa käytämät menetelmät, oletukset ja ajanjaksot, arvioiden pohjana olevien tietojen täydellisyys sekä arvioiden kattavuus vaihtelevat kuitenkin suuresti. Yksittäisten jäsenvaltioiden luvut voivat edustaa nykyarvoa, mutta siitä ei ole varmuutta.

²⁵ COM(2017) 237 final.

²⁶ Lukua mukautettu brexitin huomioon ottamiseksi.

²⁷ COM(2025) 274 final.

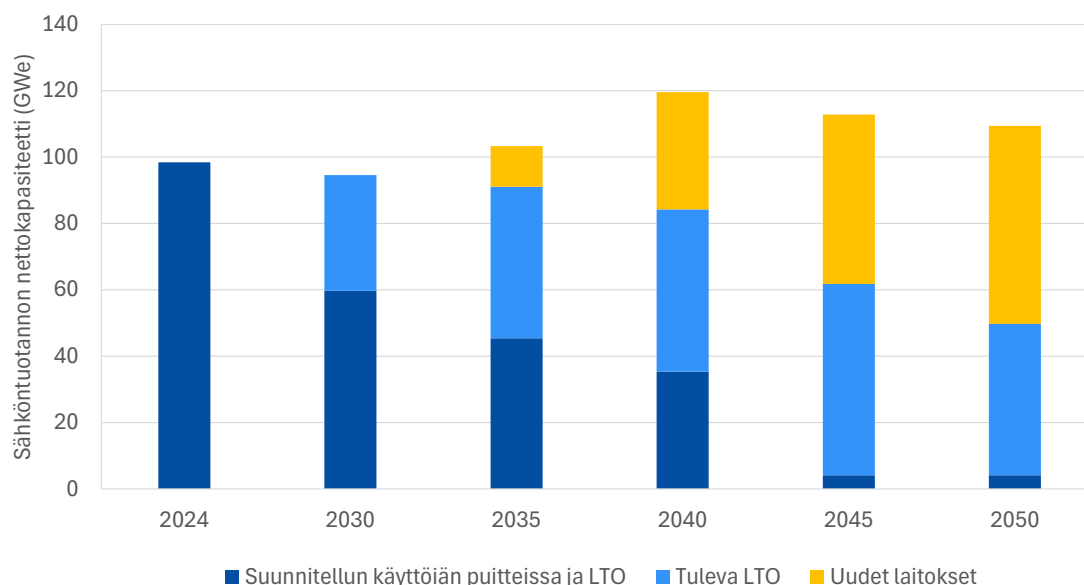
Kaavio 1: Kapasiteetin kehitys – perusskenaario ja mahdollinen vaihteluväli.



Odotettavissa on, että voimalat, joiden käyttöikää pidennetään, tuottavat vuonna 2050 merkittävän osan asennetusta ydinkapasiteetista (ks. vaaleansiniset palkit kaaviossa 2). Yhdessä skenaariossa asennettu kapasiteetti voi pudota vuoteen 2050 mennessä alle 70 GWe:hen. Jos taas toiminnassa olevien reaktoreiden käyttöikää pidennetään 70:een tai jopa 80 vuoteen ja kaikki suunnitellut uudet rakennushankkeet toteutetaan aikataulussa, asennettu kapasiteetti voi kasvaa 144 GWe:hen vuonna 2050.²⁸ Voimaloiden käyttöiän pidentäminen on tärkein tulevaa kapasiteettia määrittävä tekijä, josta riippuu, mihin kapasiteetti laajalla vaihteluvälillä asettuu.

²⁸ Suomessa hallitus myönsi vuonna 2023 Loviisan ydinvoimalalle uuden käyttöluvan vuoden 2050 loppuun asti, jolloin sen toiminta on jatkunut yli 70 vuotta. Esitetyissä skenaarioissa on otettu huomioon vain tällä hetkellä toiminnassa olevien ydinvoimaloiden mahdollinen pitkäaikaiskäyttö. Niissä ei ole otettu huomioon toimintansa jo lopettaneiden laitosten mahdollista uudelleenkäynnistystä, mikä voisi toteutuessaan kasvattaa osaltaan kapasiteettia.

Kaavio 2: Suurten ydinreaktoreiden sähkötuotantokapasiteetti EU:ssa (2024–2050) – perusskenaario; LTO tarkoittaa pitkäaikaiskäyttöä (käyttöiän pidentämisen kautta käyttöön saatava kapasiteetti)



Perinteisten suurten reaktoreiden ohella skenaariota voidaan täydentää SMR-voimaloilla. SMR-voimaloita koskeva eurooppalainen teollinen allianssi laatii parhaillaan strategista suunnitelmaa, jonka tavoitteena on ensimmäisten SMR-voimaloiden kaupallisen toiminnan aloittaminen tulevan vuosikymmenen alkuvuosina. Ydinalan organisaatiot laativat vuonna 2023 SMR-voimaloita koskevan teollisen allianssin valmisteluvaiheessa alustavan arvioinnin, jossa SMR-voimaloiden kapasiteetin ennustetaan saavuttavan vuoteen 2050 mennessä 17–53 GWe.²⁹ Tämä ennuste on yhdenmukainen muiden, tuorempien raporttien^{30, 31} kanssa.

SMR-voimaloita koskevan eurooppalaisen teollisen allianssin työhön pohjautuvalla komission SMR-voimalastrategialla³² pyritään tukemaan tällaisten reaktoreiden nopeampaa kehittämistä ja käyttöönottoa EU:ssa 2030-luvun alussa.

Perusskenaario edellyttää **nykyarvona ilmaistuna noin 241 miljardin euron investointeja**³³, joista 205 miljardia euroa kohdennetaan uusien suurten reaktoreiden rakentamiseen ja 36 miljardia euroa käyttöiän pidentämisiin. Näin ollen, vaikka asennettun kapasiteetin määrä vuoteen 2050 mennessä riippuu tosiasiallisista käyttöiän pidennyksistä, vain pieni osa investointitarpeista liittyy käyttöiän pidentämiseen. Se, valmistuvatko uudet suuret reaktorit

²⁹ [European SMR pre-Partnership \(nucleareurope\)](#). Huom. Tässä skenaariossa on otettu huomioon sekä sähkön- että lämmöntuotanto.

³⁰ ”The Path to a New Era for Nuclear Energy”, IEA, 2025: [The Path to a New Era for Nuclear Energy](#). IEA:n ennusteen mukaan suurten reaktoreiden ja SMR-voimaloiden yhteenlaskettu asennettu ydinvoimakapasiteetti saattaa kasvaa vuosina 2023–2050 maailmanlaajuisesti 416 GWe:stä 650 GWe:hen (ensimmäinen skenaario), 870 GWe:hen (toinen skenaario) tai yli 1 000 GWe:hen (kolmas skenaario).

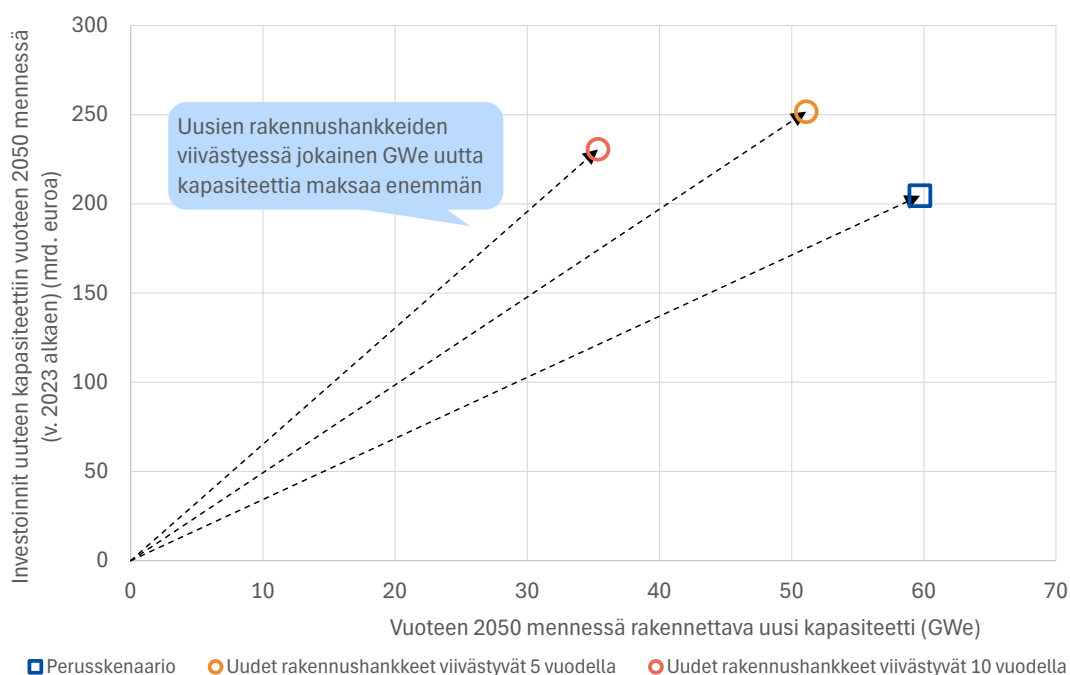
³¹ ”Pathways to 2050: the role of nuclear in a low-carbon Europe”, Compass Lexecon, 2024, [Pathways to 2050 – nucleareurope](#).

³² COM(2026) 117.

³³ Komissio laski nykyarvon käyttäen 7,5 prosentin diskonttokorkoa. Investointimäärä sisältää uudet rakennushankkeet ja käyttöiän pidentämisen. Käytöstäpoistoon ja radioaktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen huoltoon liittyviä investointitarpeita tarkastellaan erikseen 3.3 jaksossa.

aikataulussa ja suunnitellun kustannusarvion puitteissa, vaikuttaa sitä vastoin merkittävästi kokonaisinvestointitarpeisiin. Kuten jäljempänä esitettävä määrällinen esimerkki osoittaa, jos uusien reaktoreiden rakennushankkeet viivästyvät viidellä vuodella, asennetun kapasiteetin määrä vuonna 2050 pienenesi lähes 9 GWe samaan aikaan, kun investointitarve kasvaisi yli 45 miljardia euroa³⁴, eli toisin sanoen kustannukset kasvaisivat mutta kapasiteettia saataisiin käyttöön vähemmän (ks. kaavio 3). Koska viivästykset aiheuttavat lisäkustannuksia, vuoteen 2050 ulottuvat investointitarpeet olisivat edelleen selvästi yli 200 miljardia euroa, vaikka kapasiteettia saataisiin käyttöön vähemmän.

Kaavio 3: Uuden kapasiteetin rakentamiseen liittyvät investointitarpeet vuoteen 2050 saakka, ml. skenaariot, joissa uusien reaktoreiden käyttöönotto viivästyy



4.2 Vaikutukset energiajärjestelmään

Sen lisäksi, että ydinvoimalla voidaan tuottaa puhdasta peruskuormasähköä luotettavasti, se mahdollistaa joustavan sähköntuotannon. Tällä tavoin ydinenergia voi parantaa verkon vakautta lisäämällä joustavuutta ja inertiaa, jolloin se voi osaltaan tukea järjestelmäintegraatiota. Ydinvoiman korkeita alkuvaiheen pääomakustannuksia voidaan kompensoida säästöillä muualla järjestelmässä vähentämällä siirto-, jakelu- ja varastointi-infrastruktuuriin liittyviä investointitarpeita.

Joustavuutta – niin päivittäistä, viikoittaista kuin kausittaista – tarvitaan tulevaisuudessa enemmän. Ydinenergialla katetaan ennen kaikkea viikoittaisia ja pidemmän aikavälin (kuukausittaisia) joustotarpeita (ks. kaavio 4).

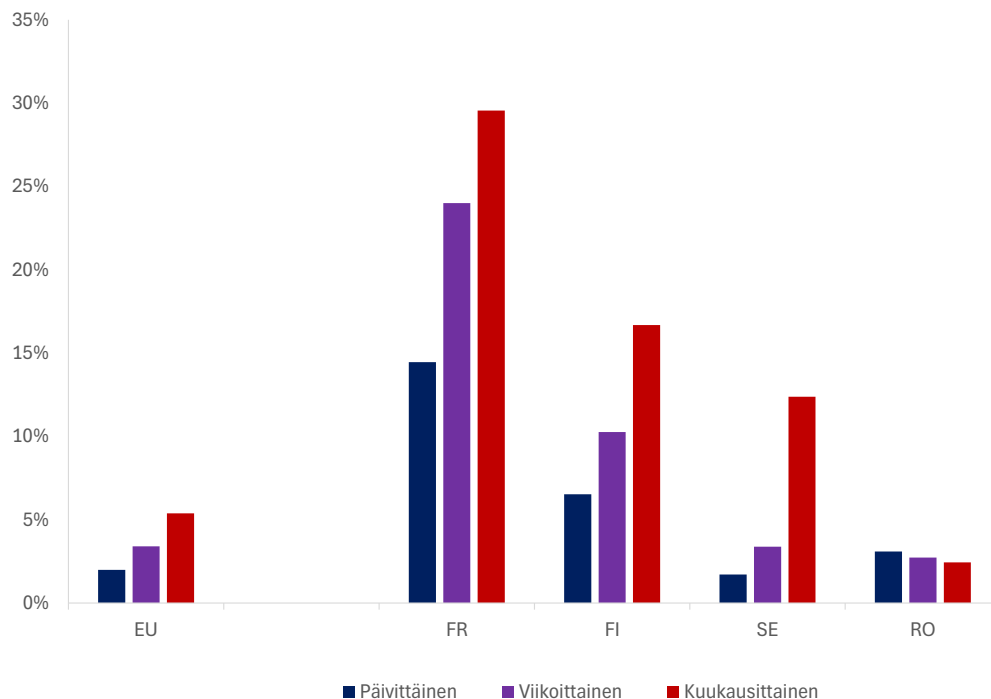
Ydinenergia voi osaltaan tukea koko järjestelmän integrointia kotimaassa ja yli rajojen. Sähkökauppaa koskevat tiedot osoittavat, että ydinenergiaa tuottavat jäsenvaltiot ovat sähkön

³⁴ Määrällisessä esimerkissä oletetaan, että rakennuskustannukset nousevat samassa suhteessa kuin rakennusaika pitenee.

nettoviejiä (vuonna 2023 yhdeksällä kymmenestä nettoviejästä oli käytössään ydinkapasiteettia).³⁵

Kun tarkastellaan ydinenergian kustannuksia, se voi muiden kustannustehokkaiden ratkaisujen (muun muassa joustavuuteen, varastointiin, verkkoihin ja liitännöihin liittyvien ratkaisujen) ohella myös auttaa laskemaan järjestelmän kokonaiskustannuksia. Ydinenergia täydentää uusiutuvia energialähteitä (kuten tuuli- ja aurinkoenergiaa) luotettavalla ja vähähiilisellä kapasiteetilla, joka tukee verkon vakautta ja järjestelmäintegraatiota sekä vähentää varastoinnin tarvetta.³⁶ Tätä olisi hyödynnettävä pyrittäessä minimoimaan EU:n ilmastotavoitteiden mukaisen hiilestä irtautumisen kustannukset.

Kaavio 4: Ydinenergialla katettu osuus energiamäärän päivittäisistä, viikoittaisista ja kuukausittaisista joustotarpeista EU:ssa ja valituissa jäsenvaltioissa vuonna 2030



4.3 Kehittyvät innovatiiviset teknologiat

Kiinnostus pienten ja edistyneiden modulaaristen reaktoreiden (SMR- ja AMR-voimaloiden) sekä mikroreaktoreiden kehittämiseen kasvaa maailmanlaajuisesti. SMR- ja AMR-voimalat ja mikroreaktorit eivät kilpaile energiamarkkinoilla suurten reaktoreiden kanssa, mutta ne on suunniteltu niin, että ne saadaan käyttöön nopeammin ja tehokkaammin kuin suuret reaktorit, sillä tehdasrakenteisia moduuleita voidaan tuottaa kilpailukykyisesti sarjatuotantona. SMR- ja AMR-voimalat eivät kilpaile suurten reaktoreiden kanssa, koska niillä voidaan vastata erilaisiin energiatarpeisiin.

Vaikka EU:ssa on meneillään useita SMR- ja AMR-voimaloihin liittyviä start-up-hankkeita, tällaisia voimaloita ei ole vielä toteutettu eikä niiden toteutettavuutta osoitettu. Markkinoiden koko EU:n yksittäisissä jäsenvaltioissa ei mahdollista riittäviä tuotantomääriä sarjatuotantoon liittyvien mittakaavahyötyjen aikaansaamiseksi. Sen vuoksi tarvitaan jäsenvaltioiden

³⁵ Tähän tiedonantoon liittyvä komission yksiköiden valmisteluasiakirja, 2.2.2 ja 2.2.3 jakso.

³⁶ IEA (2025), ”The Path to a New Era for Nuclear Energy”, IEA, Pariisi (<https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>), lisenssi: CC BY 4.0

keskinäistä koordinoitua, esimerkiksi sääntelyvaatimusten osalta tiiviimpää yhteistyötä kansallisten toimivaltaisten viranomaisten välillä. Komissio on tältä osin ilmoittanut käynnistävänsä mahdollisen uuden, innovatiiviseen ydinteknologiaan keskittyvän IPCEI-hankkeen eli Euroopan yhteistä etua koskevan tärkeän hankkeen suunnitteluvaiheen. Hankkeesta kiinnostuneet jäsenvaltiot määrittävät hankkeen sisällön ja rakenteen uuden IPCEI-hankkeiden valmistelun tukikeskuksen avulla.

Koska SMR- ja AMR-voimalat tarvitsevat suhteellisen pienen maa-alueen ja vähemmän jäähdytysvettä sekä mahdollistavat lämmön talteenoton ja koska – mikä tärkeintä – niiden odotetut rakennuskustannukset ovat pienemmät, ne ovat mahdollisesti houkuttelevampi vaihtoehto yksityisille sijoittajille. Esimerkiksi huipputeknologiayritykset investoivat huomattavia määriä pääomaa vähäpäästöiseen ja luotettavaan energiantuotantoon, jota tarvitaan datakeskuksia varten ja tekoälyn lisääntyneen käytön vuoksi (vuonna 2020 datakeskusten maailmanlaajuisesti kuluttaman sähkön määrä vastasi yli 10:tä prosenttia EU:n sähkönkulutuksesta).

SMR- ja AMR-voimalat voivat myös muodostaa osan tulevaisuuden hybridienergiajärjestelmistä toimimalla luotettavana lämmönlähteenä kaupunkialueilla ja tuottamalla sähköä tietyille aloille, joilla päästöjen vähentäminen on vaikeaa, esimerkiksi vähähiilistä vedyn tuotantoa varten. SMR-voimalat voivat auttaa verkon kuormituksen tasapainottamisessa, koska niiden toiminta on tyypillisesti joustavampaa kuin suurten ydinreaktoreiden. Tällaisia reaktoreita voidaan niiden koon ansiosta sijoittaa monenlaisiin paikkoihin. Tämä ominaisuus voi toisaalta auttaa optimoimaan olemassa olevan infrastruktuurin käyttöä ja helpottaa erilaisten ja toisiaan täydentävien energialähteiden integrointia tietyllä alueella, mutta toisaalta se myös aiheuttaa erityisiä ydinturvallisuuteen, ydinturvaan ja ydinmateriaalivalvontaan liittyviä haasteita, joihin on puututtava. Yleisesti ottaen jäsenvaltioiden olisi tällaisten voimaloiden sijaintia valitessaan tehtävä suunnitellun infrastruktuurin yleisen riskinarvioinnin ohella myös ilmastoriskien kartoitus sekä kiinnitettävä huomiota siihen, millä alueilla tunnistettuja riskejä on helpompi vähentää hyväksyttävälle tasolle.

Mikroreaktorit on suunniteltu kuljetettaviksi, myös ilmaitse. Tästä syystä ne ovat herättäneet korkeista tasoitetuista sähkökustannuksista huolimatta (ennusteiden mukaan noin 140 Yhdysvaltain dollaria / MWh) kiinnostusta puolustussovellusten yhteydessä, vaikeapääsyisillä markkinoilla, kuten syrjäisillä kaivosalueilla, joilla on korkeat energiakustannukset, öljy- ja kaasuteollisuudessa maalla ja merellä sekä meriliikenteessä.

4.4 Rahoitusmallit

Jotta kansalliset suunnitelmat voivat toteutua, niiden jäsenvaltioiden, jotka ovat päättäneet käyttää ydinvoimaa, olisi harkittava investointien tekemistä varhaisessa vaiheessa sekä sellaisten politiikkojen laatimista, joilla säilytetään kestävä teollinen ydinenergiaekosysteemi.

Komissio on havainnut tapauksia, joissa yksityisillä toimijoilla ei ole ollut saatavillaan halutun riskin jaon toteuttamiseen tarvittavia markkinapohjaisia välineitä, sekä niin sanotusta ”jarrutusriskistä” johtuvia haasteita³⁷, jotka liittyvät koettuun riskiin siitä, että sovellettavat lait ja määräykset muuttuvat sen jälkeen, kun yksityiset osapuolet ovat ehtineet sitoa pääomaa hankkeeseen.

³⁷ Komission päätös (EU) 2015/658, annettu 8 päivänä lokakuuta 2014, tukitoimenpiteestä SA.34947 (2013/C) (ex 2013/N), jonka Yhdistynyt kuningaskunta aikoo toteuttaa tukeakseen Hinkley Point C -ydinvoimalaitosta.

Vastaus näihin ongelmiin voivat olla erilaisten rahoituslähteiden yhdistelmä täydennettynä riskiä vähentävillä välineillä sekä julkiset toimet, joilla puututaan edellä kuvattuihin haasteisiin. Tässä yhteydessä on syytä ottaa huomioon myös tällaisilla toimilla aikaansaavat hyödyt, kuten mahdollisuus parantaa järjestelmäintegraatiota ja joustavuutta.

Tarkistettuun sähkömarkkinoiden markkinarakenteeseen sisältyy välineitä, joiden avulla jäsenvaltiot voivat tukea hankkeiden kehittäjiä jakamalla uudelleen sähkömarkkinoihin ja rakentamiseen liittyviä riskejä. Hankkeiden rahoittamista voidaan tukea myös sähköhankintasopimuksilla, jolloin jäsenvaltiot voivat laatia tukivälineitä sähköhankintasopimuksen osapuolena olevaa tuottajaa varten. Muilla lainkäyttöalueilla, kuten Yhdysvalloissa ja Yhdistyneessä kuningaskunnassa, kokeillaan parhaillaan muita innovatiivisia välineitä, joilla rakentamiseen liittyvien riskien hallintaa voidaan parantaa esimerkiksi mukauttamalla sääntelyviranomaisen määrittämää pääomapohjamallia. Myös jotkin jäsenvaltiot ovat harkinneet vastaavaa toimintatapaa viime aikoina.

Komissio on antanut jäsenvaltioille ohjeistusta valtioneuvostojen mukaiseen energiahankkeita koskevien hinnanerosopimusten suunnitteluun³⁸, mukaan lukien tällaisten sopimusten mahdollinen yhdistäminen sähköhankintasopimukseen, kuten Draghin raportissa ja puhtaan teollisen kehityksen ohjelmassa ilmoitettiin. Sähkömarkkinoiden markkinarakenteen yhteydessä sovellettavan lähestymistavan mukaisesti komissio tekee yhteistyötä EIP:n kanssa edistääkseen sähköhankintasopimuksia, myös rajatylittäviä sähköhankintasopimuksia, teknologianeutraalilla tavalla.

Suunnitellessaan julkisen tuen yksityiskohtia jäsenvaltioiden olisi säilytettävä kannustimet, joilla varmistetaan tuensaajien tehokas toiminta, kuten se, että rakennushankkeet valmistuvat aikataulussa ja kustannusarvion puitteissa ja sähköä ajetaan verkkoon markkinasignaalin perusteella.

5 Ydinteollisuuden hyödyntäminen muihin käyttösovelluksiin

Sekä nykyinen ydinvoimalakanta että uudet suunnitellut investoinnit niin EU:ssa kuin muualla maailmassa ovat keskittyneet pääasiassa sähköntuotantoon. Ydinteknologian avulla voidaan kuitenkin tuottaa myös vähähiilistä lämpöä kotitalouksille ja erilaisiin teollisiin käyttökohteisiin, minkä lisäksi ydinteknologialla on keskeinen rooli lääketieteellisten radioisotooppien tuottamisessa.

5.1 Lämmöntuotanto

Monet teolliset prosessit vaativat korkeita lämpötiloja, joiden tuottamiseen on perinteisesti käytetty fossiilisia polttoaineita. Teollisuuslämmön kysyntä EU:ssa on tällä hetkellä noin 1 900 TWh, josta noin 960 TWh tarvitaan 500 – 1 000 celsiusasteen lämpötiloissa. Tutkimusten³⁹ mukaan korkealämpötilaisen lämmön kysyntä vähenee lämpöä käyttävien alojen ennustetun sähköistymisen myötä vuoteen 2050 mennessä 40 prosenttia, noin 620 terawattituntiin.

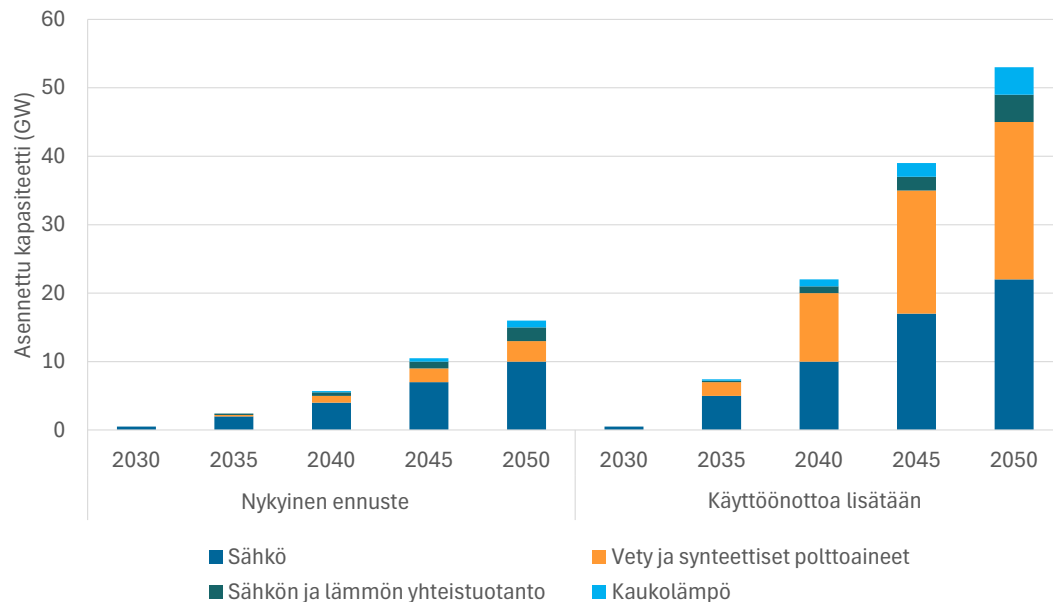
Ydinvoimaloiden tuottamaa lämpöä on jo käytetty tai harkittu käytettäväksi kaukolämmitykseen, kemianteollisuuden tarpeisiin ja suolan poistoon vedestä. Lisäksi SMR-voimaloiden kehittäjät näkevät tälle teknologialle käyttöä korkealämpötilaisen lämmön markkinoilla, sillä tällaisia voimaloita voidaan käyttää lämmön tuottamiseksi suoraan sellaisiin prosesseihin, joiden päästöjen vähentäminen on vaikeaa, tai vedyntuotannon kautta (ks. kaavio 5).

³⁸ C(2025) 8479 final.

³⁹ Tähän tiedonantoon liittyvä komission yksiköiden valmisteluasiakirja, 3.1.2 jakso.

Yksi SMR-voimaloiden mahdollisista käyttötapauksista on kaukolämmön tuottaminen. Tätä käyttötapauksta tutkitaan esimerkiksi SMR-voimaloita koskevan eurooppalaisen teollisen allianssin valitsemassa CityHeat-hankkeessa.

Kaavio 5: SMR-voimaloiden tuottaman energian käyttö lämmön/vedyn tuottamiseen eri käyttöönottoskenaarioissa



5.2 Lääketieteelliset radioisotoopit

Ydintutkimusreaktoreilla on ratkaiseva rooli sekä terveydenhuollossa että erilaisissa teollisissa sovelluksissa välttämättömien radioisotooppien tuotannossa.

Lääketieteen alalla radioisotoopit ovat välttämättömiä muun muassa syöpä-, sydän-, keuhko- ja neurologisten sairauksien diagnosoinnissa, ja ne ovat yhä tärkeämpiä syövän hoidossa. Ennusteiden mukaan radiofarmaseuttisiin lääkkeisiin perustuvaa tai radioligandihoitoa tarvitsevien potilaiden määrä EU:ssa kolminkertaistuu vuoteen 2035 mennessä.⁴⁰ Sen vuoksi lääketieteellisten radioisotooppien saatavuuden turvaaminen EU:ssa pitkällä aikavälillä on elintärkeää.

EU on lääketieteellisten radioisotooppien maailmanmarkkinoiden johtaja, joka on säännöllisesti tuottanut yli 65 prosenttia maailman säteilytyspalveluista. Lisäksi sillä on runsaasti vientitoimintaa tällä alalla. Lääketieteellisten radioisotooppien tuotantoon liittyy kuitenkin haavoittuvuuksia, joihin olisi puututtava pikaisesti. Niitä ovat esimerkiksi tietyt riippuvuudet ulkomaista (muun muassa väkevöidyn matalarikasteisen uraanin (HALEU) toimitusten osalta) sekä EU:n tutkimusreaktoreiden ikääntyminen. Tällä hetkellä on rakenteilla kaksi lääketieteellisten radioisotooppien tuottamiseen tarkoitettua tutkimusreaktoria, joiden on määrä valmistua 2030-luvun alussa. Samaan aikaan olisi kuitenkin myös pyrittävä innovointiin, jolla voidaan monipuolistaa tuotantotapoja ja parantaa järjestelmän häiriönsietokykyä.

Muista länsimaista Yhdysvallat ja Yhdistynyt kuningaskunta ovat jo investoineet merkittäviä määriä (noin 1,2 miljardia Yhdysvaltain dollaria ja noin 300 miljoonaa Englannin puntaa)

⁴⁰ Tähän tiedonantoon liittyvä komission yksiköiden valmisteluasiakirja, 3.2.1 jakso.

HALEU-uraanin kotimaiseen tuotantoon.⁴¹ EU:n jäsenvaltioiden olisi pyrittävä turvaamaan raaka-ainetoimitukset ja kehittämään uusia teollisia valmiuksia vastaavansuuruisilla investoinneilla.

Komissio käynnisti ydin- ja säteilyteknologiaan perustuvan ionisoivan säteilyn lääketieteellisiä sovelluksia koskevan strategisen suunnitelman (SAMIRA)⁴² myötä prosessin radioisotooppeja koskevan eurooppalaisen aloitteen (ERVI) perustamiseksi turvataksaan lääketieteellisten radioisotooppien saatavuuden EU:ssa⁴³.

6 Strateginen riippumattomuus ja monipuolistaminen

EU:n strategiseen riippumattomuuteen vaikuttavat toimitusketjujen vahvuudet ja haavoittuvuudet. Jotta ydinenergian käyttöä koskevat kansalliset suunnitelmat, joilla tähdätään energijärjestelmän irrottamiseen hiilestä ja energiaturvallisuuden ylläpitämiseen, voidaan toteuttaa, on tarpeen edistää EU:n ydinteollisuusekosysteemin kilpailukykyä.

6.1 Polttoainekiertoon liittyvän toimitusketjun hallinta

Niin malmien kuin valmiin ydinpolttoaineen toimitusvarmuuden turvaamisen olisi oltava jatkossakin yksi jäsenvaltioiden strategisista tavoitteista, jonka saavuttamiseksi ydinenergiaohjelmilla olisi pyrittävä muun muassa poistamaan nykyisiä riippuvuuksia ja välttämään riippuvuuksien syntymistä tulevaisuudessa. Kaikkien jäsenvaltioiden olisi otettava huomioon myös radioisotooppien toimitusvarmuuden strateginen merkitys.

Venäjän perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaa vastaan on aiheuttanut häiriöitä kaikkien energialähteiden maailmanlaajuiseen toimitusjärjestelmään ja vaikuttanut EU:n markkinoihin ydinpolttoaineiden koko toimitusketjussa. Erityisesti konversio-, rikastus- ja polttoaineiden valmistuspalveluja on tarkasteltava strategisesti, ja niiden lisäksi on kiinnitettävä huomiota uraanin lousintaan.

EU:n strateginen riippumattomuus on uhattuna, jos konversio- ja rikastamispalvelut (EU:ssa ja samanmielisissä kumppanimaissa) eivät ole riittävät toimitusvarmuuden turvaamiseksi, kun otetaan huomioon ydinvoiman lisäämistä koskevat ennusteskenaariot. Perusskenaariossa EU:n konversiokapasiteetti hädin tuskin riittää ennustetun kysynnän kattamiseksi vuoteen 2050 asti, ja EU:n rikastuskapasiteetin ennustetaan riittävän juuri ja juuri; erityisesti tiettyihin SMR-voimaloihin tarvittavan HALEU-uraanin osalta kapasiteetti on kuitenkin selvästi puutteellinen.

Uraanin konversion ja rikastuksen hinnat lähes kolminkertaistuivat helmikuun 2022 ja joulukuun 2023 välisenä aikana. EU:n konversio- ja rikastamisvalmiuksia on lisättävä, jotta voidaan vastata kysyntään ja välttää riippuvuus yhdestä ainoasta toimittajasta tai epäluotettavista toimittajista. Tiedossa on investointeja uuteen rikastuskapasiteettiin⁴⁴, mutta investoinnit konversiokapasiteettiin laahaavat (ks. kaavio 6). Sekä konversio- että rikastamispalvelujen tarjoajat edellyttävät pitkäaikaisia sitoumuksia lupautuakseen toteuttamaan tarvittavat investoinnit.

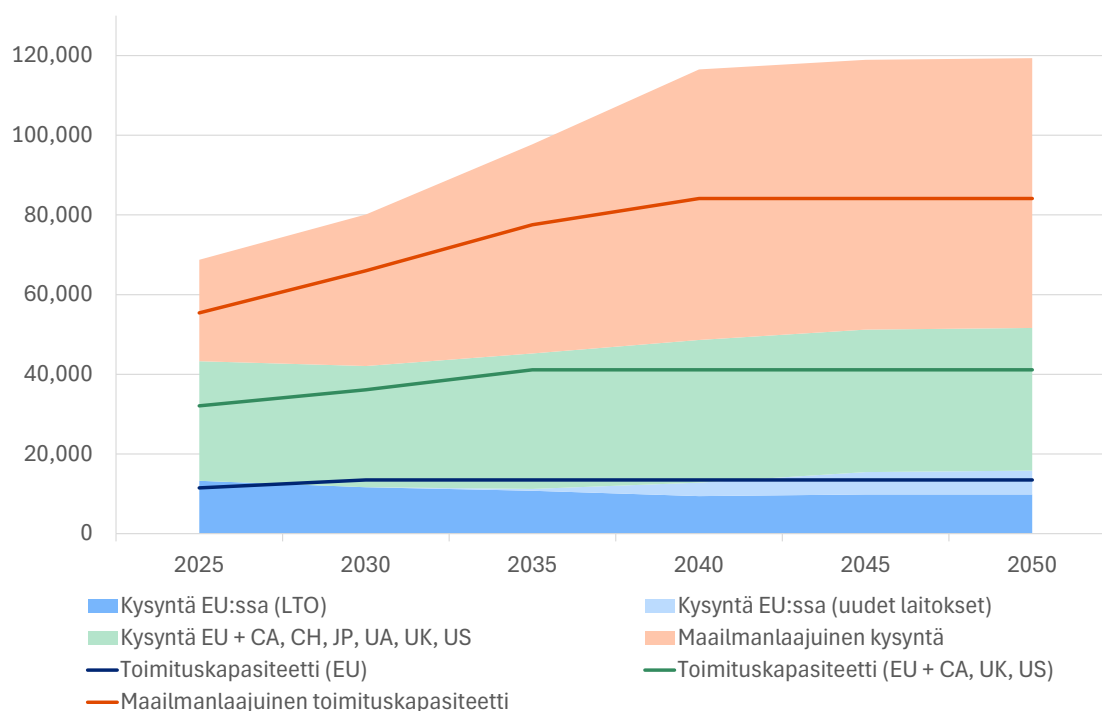
⁴¹ Tähän tiedonantoon liittyvä komission yksiköiden valmisteluasiakirja, laatikko ”Supply of High-assay low-enriched uranium (HALEU)”.

⁴² [SAMIRA Action Plan – Euroopan komissio](#).

⁴³ COM(2025) 440 final, EUR-Lex – 52025DC0440 – FI – EUR-Lex – toimi 7.

⁴⁴ [France: EIB and Orano sign a loan agreement for €400 million relating to the project to extend the Georges Besse 2 uranium enrichment plant](#), Euroopan investointipankki, 10. maaliskuuta 2025.

Kaavio 6: Konversiopalvelujen maailmanlaajuinen kysyntä verrattuna ennustettuun tarjontakapasiteettiin (tonnia uraania (UF_6) vuodessa)



Useimmilla EU:n laitoksilla on käytössään vähintään kaksi toisilleen vaihtoehtoista toimittajaa, joilta ne voivat ostaa ydinpolttoainetta. Poikkeuksen tästä muodostivat EU:ssa käytetyt Venäjällä suunnitellut ydinreaktorit (niin kutsutut VVER-reaktorit), jotka johtivat riippuvuuteen yhdestä reaktorimallista ja polttoaineen toimittajasta ja aiheuttivat haavoittuvuuden toimitusvarmuuden kannalta.⁴⁵ Lähes kaikki EU:n toimijat, joilla on käytössään VVER-reaktoreita, ovat ryhtyneet toimiin ydinpolttoaineen hankintalähteiden monipuolistamiseksi. Tavoitteena on, että vaihtoehtoiset VVER-polttoaineiden hankintalähteet ovat kaikilta osin käytettävissä vuoteen 2027 mennessä edellyttäen, että ne saavat viranomaisten hyväksynnän.

Uraanin louhinta EU:ssa on viime vuosikymmeninä vähentynyt merkittävästi, mikä on johtanut siihen, että koko alueen ydinenergiatarpeiden tyydyttämiseksi joudutaan tukeutumaan voimakkaasti viidestä maasta tulevaan tuontiin. Maailmanlaajuisilla uranimarkkinoilla on haasteita, joita ovat aiheuttaneet Venäjän perusteeton sotilaallinen hyökkäys Ukrainaan, Nigerin vallankaappaus, tuotannon ongelmat, kuljetusvaikeudet ja kysynnän lisääntyminen, joka on vaikuttanut kysyntä- ja tarjontaennusteisiin aiheuttaen nousupainetta uraanin hintaan.

Epäluotettavien kumppanien toimituksista on välttämätöntä luopua vaiheittain EU:n taloudellisen turvallisuuden varmistamiseksi. Edellytyksenä tälle on se, että voidaan varmistaa, että turvalliset ja avoimet markkinat voivat korvata Venäjältä aiemmin saadun kapasiteetin. Tässä yhteydessä ratkaisevan tärkeää on lisätä EU:n ja luotettavien kansainvälisten kumppanien välistä yhteistyötä. EU:n olisi koordinoitava toimiaan useiden maiden kanssa,

⁴⁵ Alun perin VVER-reaktoreissa käytettävää polttoainetta toimitti Rosatomin tytäryhtiö, venäläinen TVEL, jonka kanssa tehdyt pakettisopimukset sisälsivät uraanin lisäksi kaikki siihen liittyvät palvelut, muun muassa polttoainepiippujen valmistamisen.

jotta voidaan varmistaa ydinalan toimitusketjun häiriönsietokyky ja saavuttaa tavoitteet, jotka komissio on esittänyt etenemissuunnitelmassa Venäjän tuontienergiasta irtautumiseksi⁴⁶.

6.2 Laitosten elinkaareen liittyvän toimitusketjun kapasiteetti

EU:n ydinennergian toimitusketju painottuu selkeästi unionin alueelle. Toimitusketjussa olisi kyettävä ratkaisemaan mahdolliset tulevat geopoliittiset, raaka-aineiden saatavuuteen liittyvät tai ilmastonmuutoksesta johtuvat häiriöt. Vankan, luotettavan ja toisiinsa kytkeytyneistä vaiheista koostuvan toimitusketjun ylläpitäminen on olennaisen tärkeää, jotta EU:n ennustettu ydinkapasiteetin kysyntä voidaan kattaa. EU:n ydinennergian toimitusketjussa on viime vuosikymmeninä nähty paitsi supistumista myös uudelleensuuntautumista, kun toiminta on keskitetty uusien rakennushankkeiden sijaan kunnossapitoon ja parannuksiin.

EU:n tämänhetkiset uusien voimaloiden rakennussuunnitelmat edellyttävät toimitusketjun kapasiteetin kasvattamista, jotta kaikki ydinvoimalaitoksiin tarvittavat komponentit voidaan tuottaa. Jotta suurten ydinvoimareaktoreiden kapasiteettia saadaan kasvatettua 60 GWe:llä vuoteen 2050 mennessä, jäsenvaltioiden ja teollisuuden olisi toteutettava samanaikaisesti useita rakennushankkeita. Tämä tarkoittaa sitä, että koska suurten ydinvoimaloiden rakentamisessa kestää pitkään, seuraavien 25 vuoden aikana olisi rakennettava samanaikaisesti noin 20 GWe:tä vastaava määrä eli noin 15 suurta ydinreaktoria. Komissio yksilöi analyysissään tiettyjä kriittisiä valmistusprosesseja (muun muassa suurten metallikappaleiden muovaaminen), jotka edellyttävät välittömiä toimia.⁴⁷ EU:n ydinennergian toimitusketjun häiriönsietokyvyn parantaminen johtaisi samalla myös ydinteknologioiden ja niihin liittyvän polttoainekierron monipuolistamiseen entisestään.

Työvoiman saatavuus ja osaaminen

Ammattitaitoisille työntekijöille, kuten ydinalan insinööreille ja tutkijoille, voimalaitostyöntekijöille, tekniikan ammattilaisille ja sääntelyhenkilöstölle, on runsaasti kysyntää ydinekosysteemin eri osa-alueilla. Alan vähäinen houkuttelevuus ja luonnontieteiden, matematiikan, tekniikan ja teknologian (niin sanottujen STEM-aineiden) liian vähäinen opetus ovat johtaneet alan työvoiman ikääntymiseen ja siihen, että alalle tulee liian vähän nuoria ammattilaisia, mikä puolestaan pahentaa työvoimaan liittyviä tulevia pullonkauloja ydinalalla ja aiheuttaa erilaisia haasteita EU:n ydinalan viranomaisille ja teollisuudelle.

EU:n ydinalan työvoimatarpeita kartoittaneen selvityksen⁴⁸ mukaan eläkkeelle jäävien työntekijöiden korvaamisen lisäksi alalla tarvitaan vuoteen 2050 mennessä 180 000 – 250 000 uutta ammattilaista. Suunniteltujen uusien ydinvoimaloiden rakennusvaiheessa saatetaan tarvita noin 100 000 – 150 000 ammattilaista. Suunniteltujen ydinvoimaloiden käyttöä ja ylläpitoa varten tarvitaan 40 000 – 65 000 ammattilaista ja käytöstäpoistoa varten 40 000 ammattilaista lisää. Vaikka ydinvoiman käyttö ei lisääntyisi lainkaan (perusskenaario), pelkästään eläkkeelle jäävien työntekijöiden tilalle tarvittaisiin silti noin 100 000 työntekijää. Lisäksi fuusioalaan on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta EU:n johtoasema säilyy.

Tähän haasteeseen vastaamiseksi tarvitaan toimia useilla rintamilla: työvoimatarpeet on kartoitettava ja koulutusta ja viestintää parannettava, on tarjottava paremmat työolot ja tuettava työntekijöiden siirtymismahdollisuuksia (muilta teollisuudenaloilta tai kolmansista maista), ja ydintutkimusinfrastruktuurin käyttömahdollisuuksia on parannettava.

⁴⁶ COM(2025) 440 final, EUR-Lex – 52025DC0440 – FI – EUR-Lex.

⁴⁷ Tähän tiedonantoon liittyvä komission yksiköiden valmisteluasiakirja, 4.3.2 jakso.

⁴⁸ Energian pääosaston Deloitelta tilaama raportti Euroopan ydinekosysteemistä (julkaistaan myöhemmin).

Jos mitään toimia ei toteuteta, Euroopan ydinalalle syntyy osaja- ja työvoimapula, mikä koskee myös tiettyjä sääntelyelimiä. Osaja- ja työvoimapula voi korostua huipputeknologian (kuten SMR-voimaloiden) alalla. Työvoimaa on täydennettävä ja nuorennettava, ja osaaminen ja kokemus on siirrettävä seuraavalle sukupolvelle. Ydinenergia-alaan on itse tehtävä aloite uusien osajien houkuttelemiseksi, mutta komissio ja jäsenvaltiot voivat tukea tätä prosessia esimerkiksi Net-Zero Industry Academies -koulutusyhteisöjen kautta ja vahvistamalla entisestään Euratomin tutkimus- ja koulutusohjelman kautta rahoitettua toimintaa, jolla tuetaan tarvittavan strategisen osaamisen arviointia, ylläpitämistä ja kehittämistä EU:n tasolla.

Vuonna 2025 käynnistetyllä SKILLS4NUCLEAR-hankkeella⁴⁹, jota Euratom rahoittaa 1,5 miljoonalla eurolla, pyritään vahvistamaan ydinturvallisuuteen, käytöstäpoistoon, jätehuoltoon, säteilysuojaukseen ja lääketieteellisiin sovelluksiin liittyvien valmiuksien kehittämistä ja samalla edistämään teollisuusveitoista työvoiman kehittämistä. Lisäksi hankkeessa perustetaan ydinalan työvoimaa ja osaamista käsittelevä eurooppalainen foorumi koulutusohjelmien päivittämiseksi uusien kehityskulkujen perusteella ja työntekijöiden uudelleen- ja täydennyskoulutusta koskevien aloitteiden kehittämiseksi.

Vankka eurooppalainen ydintutkimusinfrastruktuuri tukee huipputason tutkimusta, edistää innovointia ja parantaa jäsenvaltioiden välistä yhteistyötä ja on siksi ratkaisevan tärkeä. Tutkimusinfrastruktuuriin sisältyy muun muassa koelaitosten, tiedonjakamiseen tarkoitettujen alustojen ja integroitujen tutkimusverkostojen kehittäminen ja ylläpito, minkä avulla tutkijat ja insinöörit voivat tehdä kattavaa tutkimusta ydinturvallisuudesta, ydinmateriaalivalvonnasta, jätehuollosta ja fuusioenergiasta ja kehittää seuraavan sukupolven reaktoriteknologioita. Ydintutkimusinfrastruktuurin avulla myös varmistetaan, että Eurooppa pysyy ydintieteen ja -teknologian eturintamassa ja säilyttää kilpailuetunsa maailmanlaajuisella tutkimuskentällä ja tuleviin energia- ja ympäristöhaasteisiin vastaamisessa.

6.3 Strateginen kansainvälinen yhteistyö

Euratomin ulkosuhteita koskeva kehys on keskeisen tärkeä, sillä sen avulla edistetään tiukimpia mahdollisia ydinturvallisuusvaatimuksia, helpotetaan tietämyksen ja teknologian vaihtoa ja tuetaan EU:n ydinenergian toimitusketjun kilpailukykyä tulevaisuuteen suuntautuvien kumppanuuksien, kaupan ja kaupallisen yhteistyön avulla.⁵⁰

EU:n strategisen riippumattomuuden vahvistamiseksi on olennaisen tärkeää tarkistaa olemassa olevia yhteistyösopimuksia tai tehdä uusia sopimuksia. Yhteistyösopimukset voivat myös auttaa parantamaan ydinalan kansainvälisten normien noudattamista sekä helpottaa uusien ja innovatiivisten teknologioiden, kuten SMR-voimaloiden ja fuusioenergian, käyttöönottoa.

Mikä tärkeintä, EU:n ja luotettavien kumppanien välisen yhteistyön lisääminen parantaa uraanin ja ydinpolttoainekierto- ja palvelujen toimitusvarmuutta sekä helpottaa markkinoille pääsyä, mikä puolestaan parantaa EU:n toimitusketjuun liittyviä teollisia valmiuksia.

EU:n ja luotettavien kumppanien välisen yhteistyön parantamiseksi Euratom-yhteisön olisi käynnistettävä prosessi joko ydinalan yhteistyösopimusten ja yhteisymmärryspöytäkirjojen uusimiseksi (esimerkiksi Kanadan tai Kazakstanin kanssa) tai uusista sopimuksista neuvottelemiseksi.

⁴⁹ <https://cordis.europa.eu/project/id/101213280>.

⁵⁰ Lisäksi kansainvälisen ydinturvallisuusyhteistyön eurooppalainen väline (INSC) on keskeisessä roolissa pyrittäessä lisäämään tiukimpien mahdollisten kansainvälisten ydinturvallisuusvaatimusten käyttöönottoa maailmanlaajuisesti.

6.4 Johtoasema tutkimuksessa ja koulutuksessa

Kansallisen tason julkisella ja yksityisellä tutkimuksella edistetään merkittävästi EU:n johtoasemaa ydinteknologioiden alalla. Tutkimustoimilla edistetään tiukimpien ydinturvallisuutta ja ydinmateriaalivalvontaa koskevien normien noudattamista uusia ydinvoimaloita rakennettaessa tai nykyisten voimaloiden käyttöikää pidennettäessä. Euratomin tehtävänä on täydentää jäsenvaltioiden panosta Euratomin tutkimus- ja koulutusohjelman kautta. Vuosien 2021–2025 ohjelman kautta annettiin tukea olennaisen tietämyksen kehittämiseksi niille jäsenvaltioille, jotka aikovat käyttää ydinenergiaa, ja niille, jotka tarvitsevat varmuutta siitä, että naapurimaiden ydinvoimalat täyttävät tiukimmat turvallisuusvaatimukset.⁵¹ Myös kansalaiset hyötyvät Euratomin rahoittamasta tutkimuksesta, joka koskee ionisoivan säteilyn muita käyttötarkoituksia varsinkin lääketieteessä. Komission ehdotuksella vuosien 2028–2032 Euratom-ohjelmaksi⁵² pyritään lisäämään rahoitusta turvallisia ja innovatiivisia ydinteknologioita koskevalle tutkimukselle vauraan, selviytymiskykyisen ja kestäväen EU:n hyväksi.

7 Valmistautuminen tulevaisuuden ydinfuusioenergiaan

Ranskassa toteutettava EU:n lippulaivahanke ITER on maailman suurin fuusiokoe, jonka tavoitteena on osoittaa fuusion tieteellinen ja teknologinen toteutettavuus. Tässä innovoinnin kärkihankkeessa luodaan tarvittava tietämys ja teollinen perusta EU:n ensimmäisen demonstroitivaiheen fuusiovoimalan kehittämiseksi.

ITER-hankkeeseen ja fuusioteknologiaan yleisesti tehtävät lisäinvestoinnit on erittäin tärkeää liittää osaksi laajempaa eurooppalaista pyrkimystä paitsi tutkia fuusioreaktiota myös hallita se Euroopan pitkän aikavälin energiaomavaraisuuden, hiilestä irtautumisen ja Euroopan teollisuuden lähitulevaisuuden kilpailukykyyn mahdollistamiseksi. Fuusioenergian kaupallistamista voidaan nopeuttaa hyödyntämällä sekä julkisen että yksityisen sektorin vahvuuksia näiden sektoreiden välisten kumppanuuksien avulla. Rahoitusta fuusioteknologian polttoainekierron kehittämiseen ja teknologisen kuilun umpeen kuromiseen on jatkettava, samalla kun fuusiolaitoksia varten määritetään eriytetty ja oikeasuhteinen sääntelykehys, joka pannaan tarvittaessa täytäntöön.

Draghin raportin ja kohtuuhintaista energiaa koskevan toimintasuunnitelman mukaisesti komissio laatii parhaillaan kattavaa EU:n fuusiostrategiaa, jonka kulmakivenä on ITER-hanke, nopeuttaakseen fuusioenergian kehittämistä pitkällä aikavälillä.

Näitä pyrkimyksiä tukevat Euratomin osarahoittaman eurooppalaisen EUROfusion-kumppanuuden⁵³ ja Fusion for Energy -yhteisyrityksen (F4E) puitteissa tehtävä tutkimus ja teknologian kehittämistyö. Fuusioenergian kaupallistamista olisi nopeutettava vahvistamalla fuusioalan asiantuntijaryhmän ja Euroopan fuusioalan sidosryhmäfoorumien yhteen kokoamaa suurta fuusioyhteisöä, käynnistämällä julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuus teollisuuden kanssa ja tukemalla fuusioalan start-up-yrityksiä.

8 Päätelmät

Koska useat EU:n jäsenvaltiot ovat päättäneet hyödyntää ydinenergiaa, sillä on jatkossakin tärkeä rooli EU:n monipuolisessa energiajärjestelmässä. Tästä syystä on olennaisen tärkeää varmistaa ydinvoiman turvallinen, tehokas ja kestävä integrointi ja hyödyntää kaikki sen tarjoamat edut muun muassa järjestelmäintegraation kannalta.

⁵¹ Ks. väliarviointi, COM(2025) 61.

⁵² COM(2025) 594.

⁵³ <https://cordis.europa.eu/project/id/101052200>.

Kaikkien EU:n ydinteollisuuden investointihankkeiden on täytettävä tiukimmat EU:ssa sovellettavat ydinturvallisuutta, säteilysuojauksia, radioaktiivisen jätteen huoltoa ja ydinmateriaalivalvontaa koskevat vaatimukset. Uusissa ydinhankkeissa on pyrittävä korkeimpiin mahdollisiin turvallisuustavoitteisiin ja varmistettava, että innovatiiviset reaktorimallit täyttävät nämä tiukat vaatimukset. Jäsenvaltioiden olisi tehostettava pyrkimyksiään luoda pitkän aikavälin ratkaisuja korkea-aktiivisen jätteen ja käytetyn ydinpolttoaineen huoltoa varten.

Ennusteet vuoden 2050 toteutuneesta asennetusta kapasiteetista vaihtelevat hyvin paljon. Tältä osin ratkaisevia seikkoja ovat voimaloiden elinkaaren pidentäminen tiukkoja turvallisuusvaatimuksia noudattaen, uudet laitokset sekä hankkeiden valmistuminen aikataulussa ja kustannusarvion puitteissa.

Vuoteen 2050 mennessä tarvitaan huomattavia investointeja ydinenergian elinkaaren kaikkiin vaiheisiin. Komissio ei ole havainnut suunniteltujen investointimäärien muuttuneen merkittävästi edellisestä ohjeellisesta ydinohjelmasta, mutta tämänhetkiset suunnitelmat ovat tarkempia ja monipuolisempia ja ne kattavat innovatiiviset teknologiat ja koko teollisen ekosysteemin. SMR-voimaloiden kehittämiseen ja tosiasialliseen käyttöönottoon, toimitusketjun häiriönsietokyvyn parantamiseen, riittävien, monipuolisten ja riippumattomien konversio- ja rikastamisvalmiuksien takaamiseen EU:ssa, sääntelyvalmiuksiin, tutkimukseen, työvoimaan sekä lääketieteellisten radioisotooppien toimitusvarmuuden takaamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Jotta EU:n ydinenergian toimitusketju voi kukoistaa, tarvitaan vakaita pitkän aikavälin sitoumuksia, standardoinnin lisäämistä ja tiiviimpää yhteistyötä. Investoinnit EU:n ydinteollisuuden kilpailukykyyn ja sen toimitusketjun vahvistamiseen ovat keskeisen tärkeitä, ja tavoitteena olisi oltava EU:n ydinteollisuuden maailmanlaajuinen toiminta.