

POHJOLAN VOIMAN TOIMINTAYMPÄRISTÖN SKENAARIOT 2035

SISÄLLYSLUETTELO

Osa 1	Saatesanat
Osa 2	Skenaarioiden taustalla vaikuttavat trendit
Osa 3	Skenaarioiden kiteytykset ja skenaarioiden väliset erot
Osa 4	Skenaario 1: Tasapainoileva Suomi
Osa 5	Skenaario 2: Tappio ilmastotaistelussa
Osa 6	Skenaario 3: Ydinvoiman renessanssi
Osa 7	Skenaario 4: Euroopan vetyintegraatio

SAATESANAT

OSA 1.

OSA 1: SAATESANAT

Hyvä lukija,

Olemme toteuttaneet Pohjolan Voiman Ratkaisevaa Voimaa -strategiaa lähes kolme vuotta. Tuona aikana energia-alan toimintaympäristö on muuttunut merkittävästi ja muutos vaikuttaa vain kiihtyvän. Ymmärtääksemme paremmin tulevaisuuden mahdollisuuksia ja uhkia toteutimme Pohjolan Voimassa vuonna 2021 laajan skenaariotyön. Esitimme itsellemme kysymyksiä, kuten ”Entä, jos?” ja ”Mitä sellaista voisi tapahtua, joka ei ole ilmeistä?”. Yritimme katsoa energia-alaa ulkopuolisten silmin.

Mitä skenaariot ovat?

Skenaariotyön olennainen oppi on, että skenaariot eivät ole ennusteita eikä niitä tehtäessä pidä pysähtyä miettimään sitä, kuinka todennäköistä jokin on. Skenaariot ovat kokonaisvaltaisia kuvauksia mahdollisista ja vaihtoehtoisista tulevaisuuden toimintaympäristöistä. Ne kuvaavat ulkoisen toimintaympäristön kehitystä ja auttavat ymmärtämään toimintaympäristön muutoksia, tapahtumien syy-seuraussuhteita ja skenaarioiden vaikutuksia. Tässä esitetyt skenaariot liittyvät Pohjolan Voiman toimintaympäristön muutoksiin.

Miksi skenaarioita tehdään?

Skenaariotyön avulla emme pyrkineet yhden todennäköisimmän tulevaisuuden ennustamiseen, vaan Pohjolan Voiman strategisen ajattelun, tulevaisuuteen liittyvän näkemyksen ja vuorovaikutuksen kehittämiseen. Emme yritä skenaarioiden pohjalta väittää, mitä toimintaympäristössä tulee varmasti tapahtumaan. Skenaarioiden tarkoituksena on vahvistaa edellytyksiämme ymmärtää ajankohtaisia ilmiöitä ja niiden vaihtoehtoisia kehityskulkuja sekä parantaa reagointikykyämme ja muutosvalmiuttamme. Tarkoituksenamme ei myöskään ole valita yhtä skenaariota muiden joukosta asettamalla skenaarioita preferenssi- tai todennäköisyysjärjestykseen, vaan tarkastella skenaarioiden muodostamaa kokonaisuutta. Tulevaisuudessa toteutuvat tapahtumakulut ovat usein yhdistelmiä eri skenaarioista.

Miten skenaariot on rakennettu?

Pohjolan Voiman skenaariotyössä oli tarkoitus vahvistaa näkemystämme mahdollisista toimintaympäristöistä vuoteen 2035. Tunnistimme aluksi Pohjolan Voiman toimintaympäristön keskeisimmät epävarmuustekijät ja niihin liittyvät kohtalonkysymykset. Kohtalonkysymysten avulla kiteytimme, mitä asioita toimintaympäristöstä tulisi ymmärtää paremmin. Määrittelimme epävarmuustekijöille eri kehitysvaihtoehtoja vuoteen 2035. Seuraavaksi muodostimme epävarmuustekijöistä ja niiden kehitysvaihtoehtoista niin kutsutun tulevaisuustaulukon. Eri skenaarioissa korostuvat eri kehitysvaihtoehdot. Muodostettavissa skenaarioissa otettiin huomioon myös trendit, jotka vaikuttavat jokseenkin samansisältöisinä kaikissa skenaarioissa. Tulevaisuustaulukon avulla kuvasimme skenaariot laadullisina kirjallisina tarinoina, minkä lisäksi ne konkretisoitiin syy-seuraussuhteiden kuvauksilla, havainnollistuksilla ja kvantitatiivisilla arvoilla.

Skenaariotyöhön osallistuivat Pohjolan Voiman henkilöstö ja asiakkaat. Lisäksi haastattelimme laajan joukon – lähes 50 – eri sidosryhmien edustajaa ja eri alojen asiantuntijoita. Meitä tuki työssä skenaariotyöhön erikoistunut konsulttiyhtiö Capful.

Lämmin kiitos kaikille teille, jotka olette olleet mukana mielenkiintoisella tulevaisuusmatkallamme.

Ilkka Tykkyläinen

toimitusjohtaja

Pohjolan Voima Oyj

SKENAARIOIDEN TAUSTALLA VAIKUTTAVAT TRENDIT

OSA 2.

SKENAARIOISSA TAUSTALLA VAIKUTTAVAT TRENDIT

Varmuudet, jotka näyttäytyvät samansuuntaisina kaikissa skenaarioissa



Ilmastotoimenpiteet

- Ilmastomuutoksen ja ilmaston lämpenemisen rajoittaminen vaatii nopeaa irtautumista fossiilitaloudesta.
- Siirtyminen kohti hiiliniukkaa yhteiskuntaa vaatii merkittäviä muutoksia yhdyskuntarakenteiden, liikenteen, rakentamisen ja energiantuotannon osalta.
- Ilmastomuutoksesta johtuen yhteiskunnan sähköistyminen ja hiilineutraalius voimistuvat tulevaisuudessa.



Fossiilisista luopuminen

- Ilmastopolitiikka tiukkenee fossiilisten polttoaineiden osalta Euroopan unionissa.
- Kivihiilen polttamisesta pyritään luopumaan Euroopassa vuoteen 2038 mennessä.
- Päästöoikeuden hinta tulee todennäköisesti kasvamaan voimakkaasti 2020- ja 2030-luvuilla kivihiilen sekä muiden fossiilisten polttoaineiden käytön rajoittamiseksi



Varastoinnin tarve

- Kasvava säästä riippuvaisen sähköntuotannon osuus tulee vaatimaan voimakkaita investointeja etenkin sähkön varastointiin.
- Sähkön varastoinnin lisäksi säästä riippuvainen tuotanto tulee tarvitsemaan säätövoimaa.
- Osaaminen erilaisten varastointiratkaisuiden (esim. akkujen ja vedyn) osalta tulee korostumaan energia-alalla.



Digitalisaatio ja teknologiat

- Teknologiat ja älykkäät ratkaisut kehittyvät vauhdilla.
- Teknologian kehitys luo jatkuvasti uusia keinoja optimoida energian siirtoa, tuotantoa ja kulutusta. Samaan aikaan digitalisaatio kuitenkin lisää vastuullisuuteen ja turvallisuuteen liittyviä haasteita.
- Teknologiset ratkaisut auttavat jossain määrin myös ratkaisemaan ilmastomuutoksen tuomia ongelmia.



Resurssiniukkuus

- Väestön kasvaessa ja vaurastuessa energian, veden, viljelysmaan ja monien keskeisten raaka-aineiden tarve kasvaa voimakkaasti. Jo nyt globaali talous kuluttaa noin 1,5-kertaisesti sen, mitä maapallo tuottaa vuosittain.
- Tämä heikentää resurssien saatavuutta tulevaisuudessa, mikä johtaa raaka-aineiden hintojen nousuun.
- Resurssien niukkuudella on suuri vaikutus talouteen. Kiertotalous auttaa suojautumaan tältä kehitykseltä.

SKENAARIOIDEN KITEYTYKSET JA SKENAARIOIDEN VÄLISET EROT

OSA 3.

SKENAARIOTARINOIDEN KITEYTYKSET

Neljä vaihtoehtoista Pohjolan Voiman toimintaympäristöä vuodelta 2035

Skenaario 1 ”Tasapainoileva Suomi”		Skenaario 2 ”Tappio ilmastotaistelussa”		Skenaario 3 ” Ydinvoiman renessanssi”		Skenaario 4 ” Euroopan vetyintegraatio”	
Talous	- Suomi houkuttelee investointeja heikommin suhteessa Norjaan ja Ruotsiin. - Suomen huono energiaomavaraisuus on yksi keskeisistä syistä sähköintensiivisen teollisuuden hiipuneisiin investointeihin.	Talous	- Globaali talouskriisi ja talouden heikko kehitys johtavat Suomen talouden pitkään laskusuhdanteeseen, eikä uudistavia investointeja tehdä. - Suhteet lähinaapurimaihin ja bilateraalinen kauppa korostuvat.	Talous	- Talous kasvaa maltillisesti ja Euroopassa nähdään vahva kiertotalouden kehitys. - Eurooppa on yhtenäinen talousalue, mutta globaali kauppa on vähentynyt.	Talous	- Maailman ja EU:n talouskasvu ovat voimakkaita. - Kestävät investointikriteerit suosivat Eurooppaa ja Pohjoismaita, joissa on tarjolla uusiutuvaa energiaa. - EU tukee kehitystä voimakkaasti (esimerkiksi velalla).
Politiikka	- Ilmasto- ja ympäristöpolitiikassa resurssienkäytön monimuotoisuudesta ei saavuteta yksimielisyyttä eivätkä hiilineutraaliustavoitteet etene aikataulusa. - Osasyynä on ydinvoiman joutuminen mustalle listalle taksonomiassa.	Politiikka	- Euroopan unioni heikentyy nationalismiin, ristiriitaisten ympäristö- ja demokratia-arvojen sekä taloudellisen kriisin yhteisvaikutuksesta. - Suomi on eronnut EU:sta. - Lainsäädäntö on suurelta osin kansallista.	Politiikka	- EU–Venäjä-suhteet ja kauppa ovat jäissä. - EU:ssa on toteutettu vahva yhtenäinen ympäristölainsäädäntö, mutta globaalit ilmastotavoitteet ja sopimukset eivät pidä.	Politiikka	- Hiilineutraaliuden merkitys päätöksenteossa on korostunut yli muiden ympäristöasioiden. - Ilmastotavoitteet (vrt. Fit for 55) kiristyvät jokaisen vaalikauden aikana entisestään.
Skenaarion erityispiirteet	- Euroopassa vähennetään ydinvoimaa. - Siirtoyhteyksiä rakennetaan lisää EU:ssa. - Norja ja Ruotsi toimivat Keski-Euroopan sähkövarastoina ja tasapainottajina.	Skenaarion erityispiirteet	- Suomessa sähkönkulutus on matalaa suhteessa tuotantoon. - Suomi toimii sähkönviejänä Pohjoismaihin, Baltiaan ja Venäjälle. - Sähköntuotannon kannattavuus heilahtelee.	Skenaarion erityispiirteet	- Ydinvoiman renessanssi toteutuu Euroopassa: Saksa pohtii uutta SMR-ydinvoimaa ja SMR:iä rakennetaan mm. Puolassa. - Suomessa on ollut energiakriisi huonon energiapäätösten takia.	Skenaarion erityispiirteet	- Euroopassa tuotetaan paljon sähköä uusiutuvilla. - Vihreän vedyn tuotanto on kustannustehokasta ja koko EU:ta ollaan yhdistämässä vetyverkolla viimeistään 2040-luvun loppuun mennessä.
Tuotantomuodot	- Suomessa investoidaan merkittävästi nopeaan säätövoimaan, varastointiin ja kysynnän joustoon. - Polttaminen lisääntyy tuontihakkeella toimivien bio-CHP-laitosten myötä. - Loviisan ydinvoimaloiden käyttöä ei jatketa vuoden 2028 jälkeen eikä Hanhikiveä rakenneta.	Tuotantomuodot	- Polttamiselle annetaan lisää aikaa asenteiden muutoksien kautta Suomessa ja muualla EU:ssa. - Tehokkuus ja vanhojen voimalaitosten uusiminen ohjaavat tuotantomuotojen kehitystä Suomessa.	Tuotantomuodot	- Ydinvoiman tuotanto ja investoinnit kasvavat Euroopassa. - SMR-tuotantoa rakennetaan Suomessa ja EU:ssa. - Euroopassa pyritään vähentämään maakaasua aikataulua nopeammin, mutta hallitusti.	Tuotantomuodot	- Taksonomiassa uusiutuvat, ydinvoima ja maakaasu siltapolttoaineena vetytalous ovat hyväksyttyjä. - Biomassan energiakäyttö ei ole EU:n taksonomiassa hyväksyttyä.

TUOTANTOMUOTOJEN KEHITYS SKENAARIOISSA

Keskeisimmät muuttujat

Muuttujat	Skenaario 1 ”Tasapainoileva Suomi”	Skenaario 2 ”Tappio ilmastotaistelussa”	Skenaario 3 ”Ydinvoiman renessanssi”	Skenaario 4 ”Euroopan vetyintegraatio”
Suomen talous	+	-	+	+++
Vesivoima	+	=	+	-
Tuulivoima	++	-	+	+++
Ydinvoima	--	-	+++	++
Biomassa	+	++	-	--
Sähkönkulutus	=	-	+	+++
Fossiiliset	+	++	--	-
Vety	+	=	+	+++
Varastointikapasiteetti	+++	=	+	++
Hiilineutraaliustavoitteet	+	--	+	+++
Euroopan päästöt	-	+	-	--

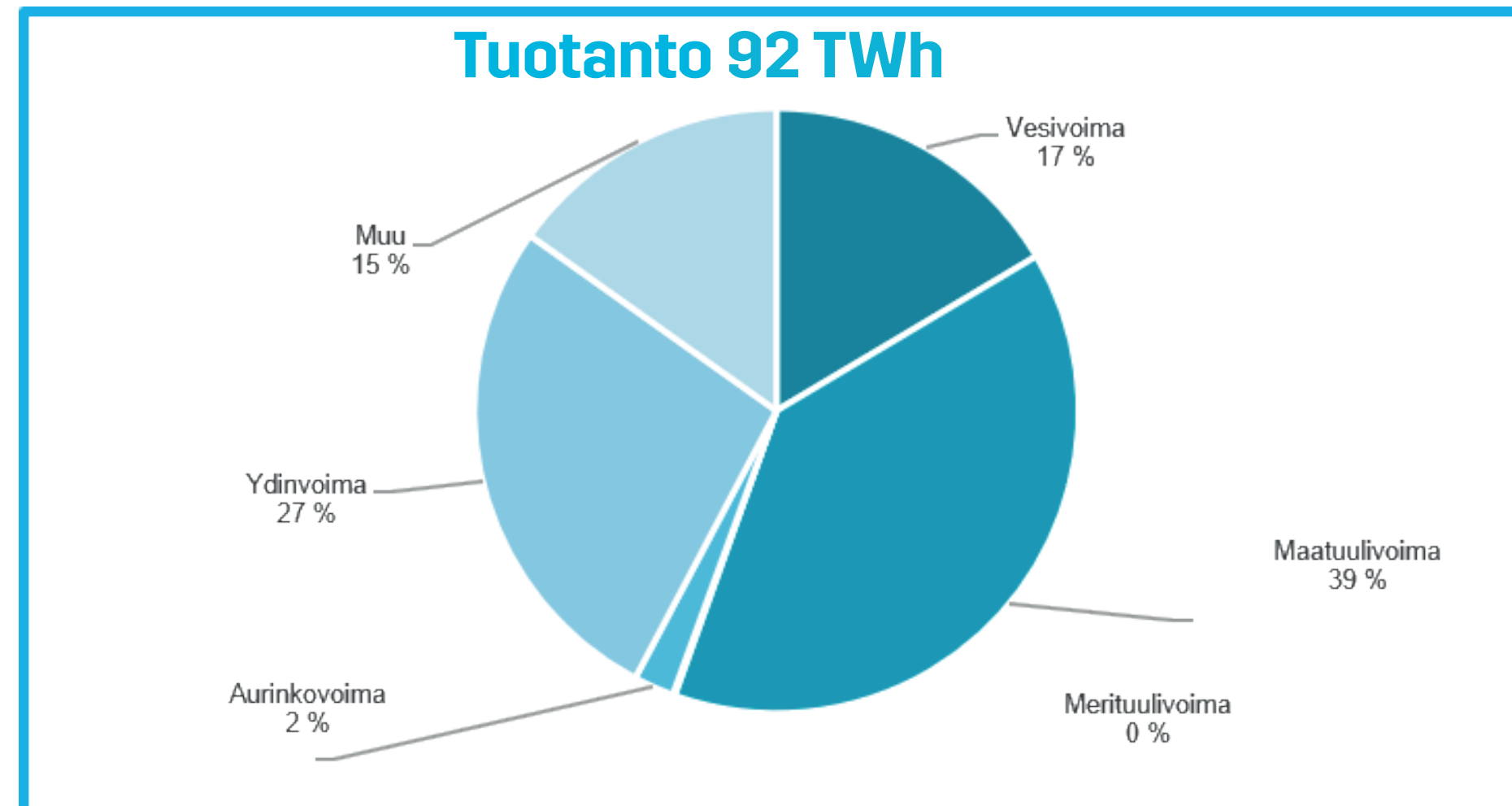
+ Lisääntyy / kasvaa
- Vähenee / laskee
= Pysyy suunnilleen samana

Taulukon muuttujat eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Tarkempia lukuja muuttujien välisistä eroista skenaarioissa löytyy osioista ”Skenaarioiden kvantifiointit 2035”.

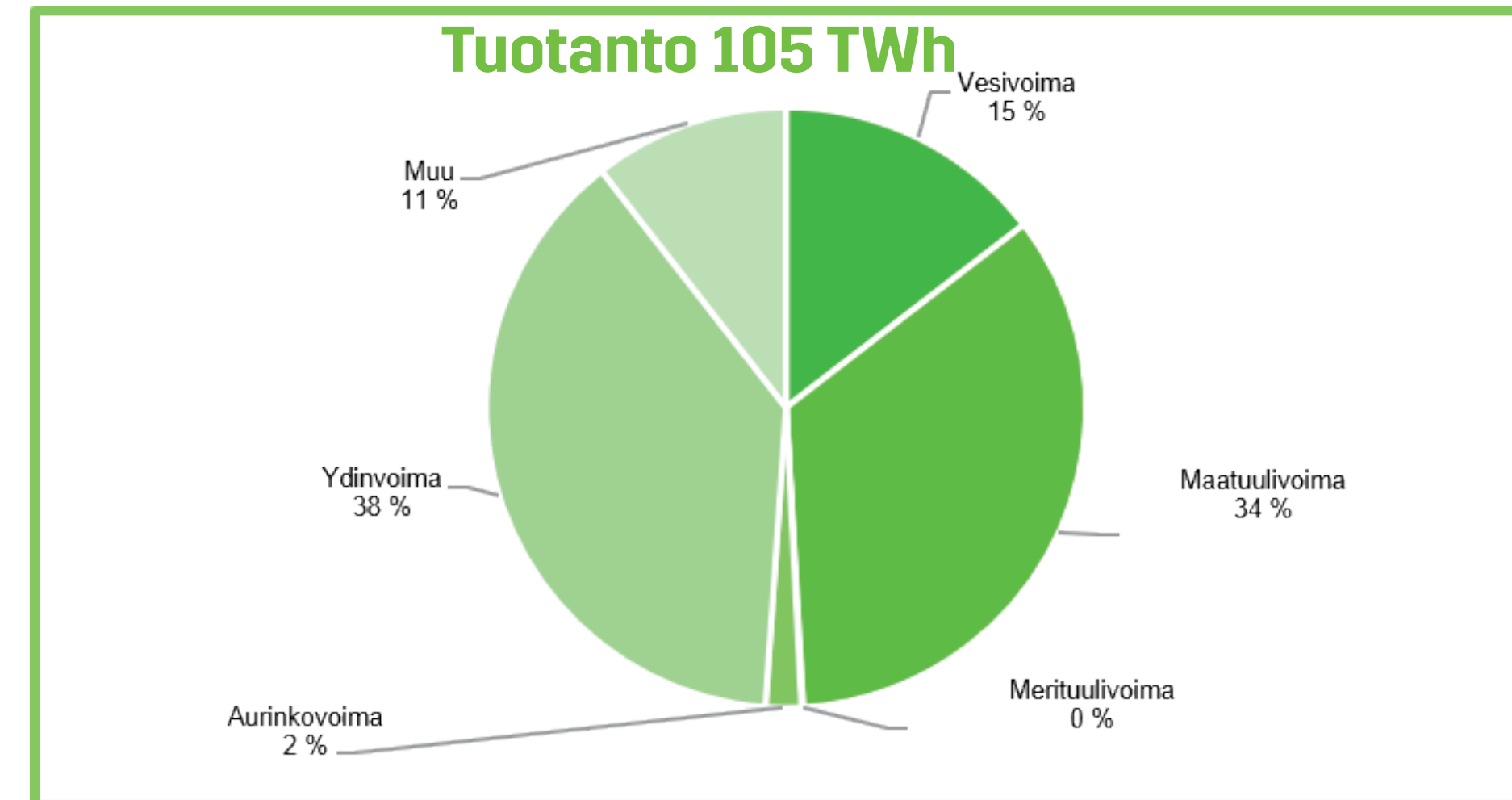
SKENAARIOIDEN KVANTIFIOINNIT 2035

Kotimainen sähkönkulutus ja tuotanto eri skenaarioissa vuonna 2035

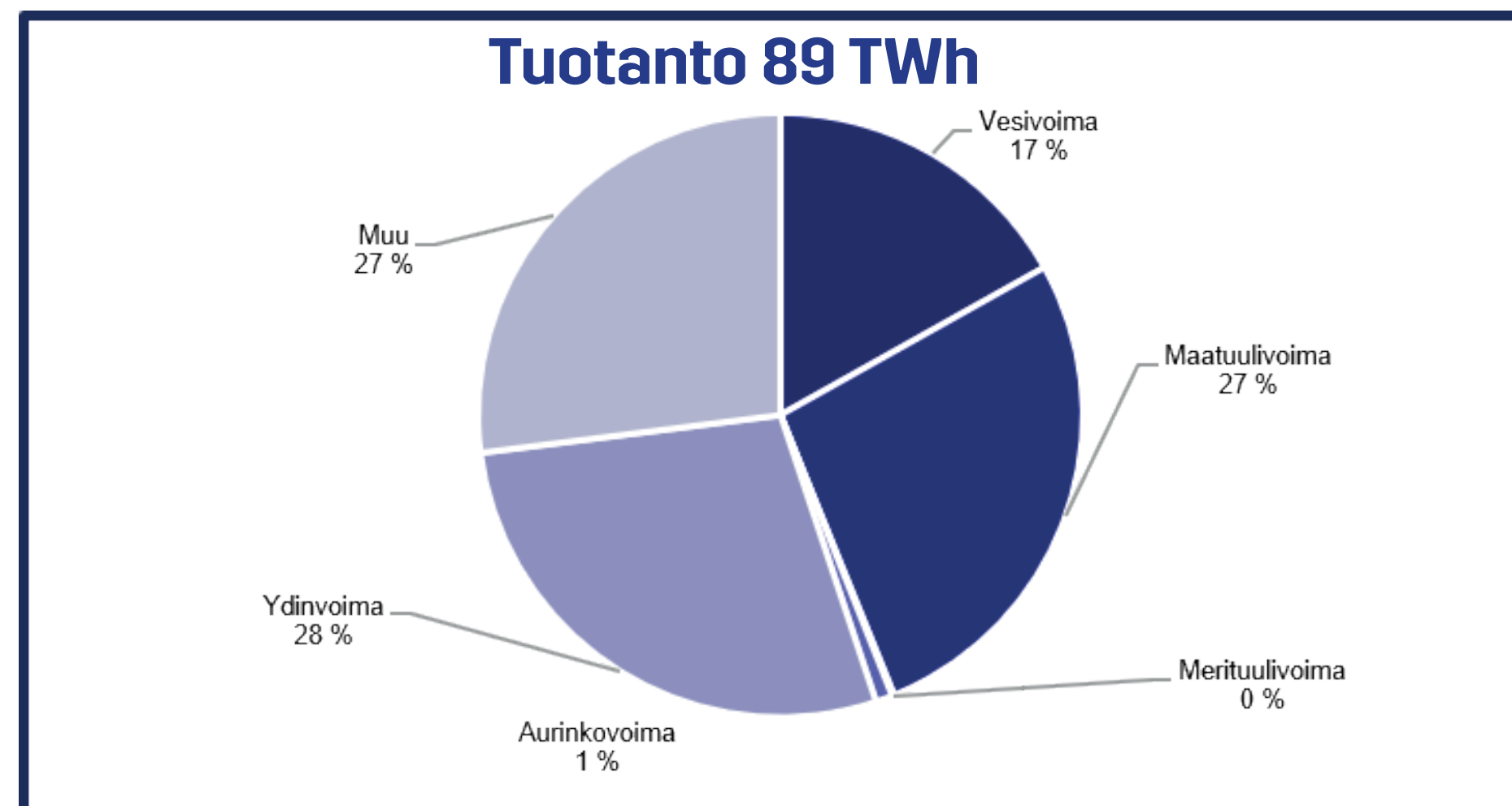
Tasapainoileva Suomi, kulutus 98 TWh



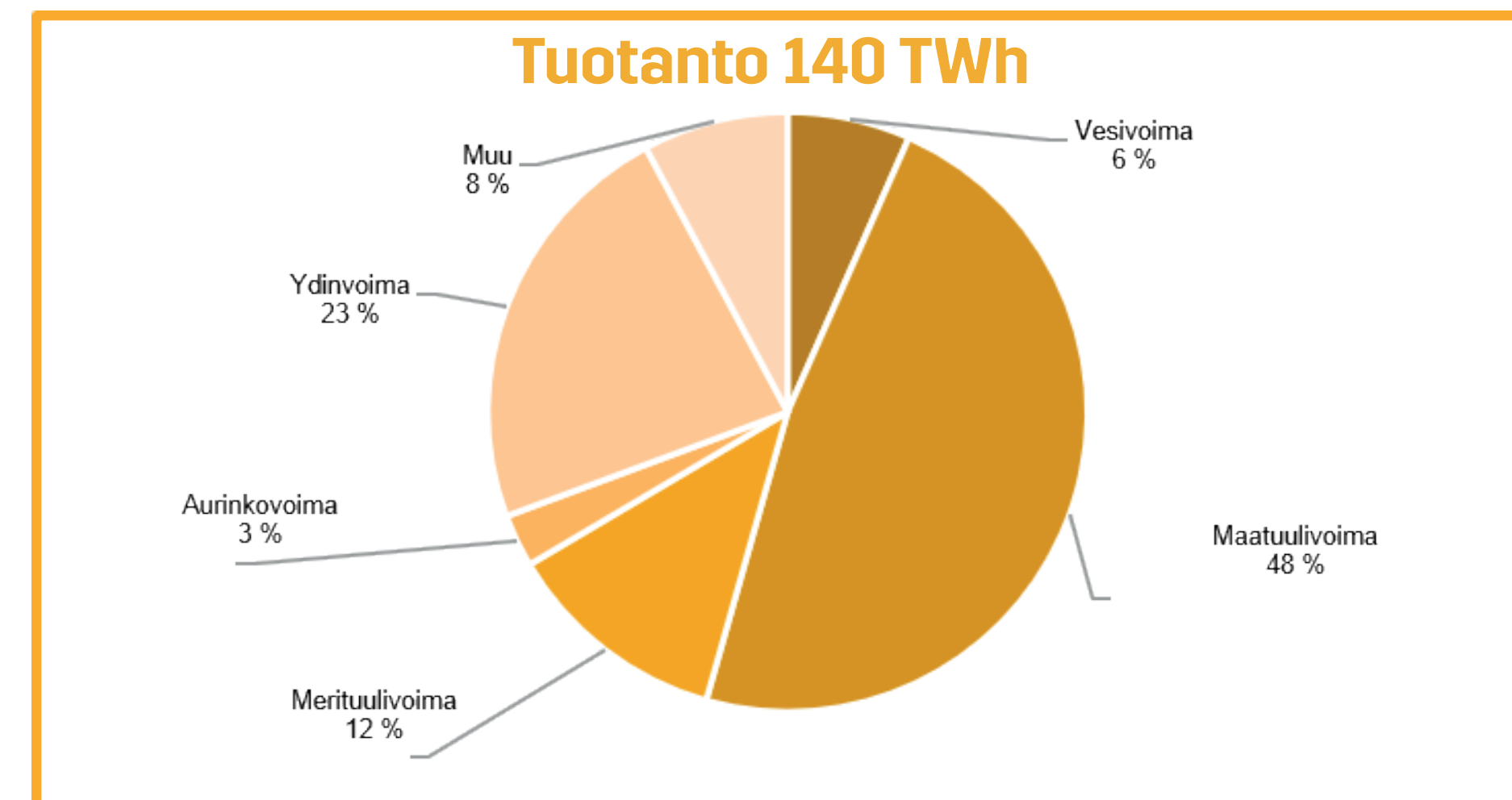
Ydinvoiman renessanssi, kulutus 105 TWh



Tappio ilmastotaistelussa, kulutus 74 TWh



Euroopan vetyintegraatio, kulutus 150 TWh



SKENAARIO 1

TASAPAINOILEVA SUOMI

Osa 4.

Skenaario 1: "Tasapainoileva Suomi" 1/2

MAAILMANTALOUS KASVAA, MUTTA BLOKKIUTUU

Maailmantalous on hyvässä kasvussa. Koronapandemia laantui vuoden 2022 aikana ja Euroopan unionin talouden elvytystoimet alkoivat puremaan koko Euroopan osalta. Euroopan unionin talous on palannut pandemiaa edeltävään kasvuun. Matala korkotaso, korkea osaaminen ja tehostunut EU-byrokratia ylläpitävät EU:ssa tasaista talouskasvua.

Anglo-eurooppalainen yhteistyö on voimissaan vuonna 2035, mutta länsimaiden ja Venäjän suhteet jäähtyvät entisestään poliittisten jakolinjojen takia sekä ympäristö- että demokratia-asioissa. Jäähtyneet suhteet eivät ole kuitenkaan vaikuttaneet Euroopan ja Venäjän väliseen maakaasukauppaan, vaan yhteisymmärrys maakaasun tärkeydestä EU:lle ja Venäjälle säilyy.

YDINVOIMA TAKSONOMIASSA MUSTALLE LISTALLE

Ilmasto- ja ympäristöpolitiikassa resurssienkäytön monimuotoisuudesta ja luonnon turvaamisesta ei ole saavutettu yksimielisyyttä eivätkä EU:n hiilineutraaliustavoitteet etene aikataulussa (Fit for 55). Merkittävin ilmasto- ja ympäristöpolitiikassa tapahtunut päätös on ydinvoiman joutuminen mustalle listalle taksonomiassa. Lisäksi ydinvoimaa ei nähdä taloudellisesti riittävän kannattavana.

Ydinvoiman joutuminen mustalle listalle on lisännyt maakaasun käyttöä Euroopassa. Päästöoikeuden hinnan voimakkaalla nostamisella pyritään kuitenkin ohjaamaan CC-tekniikkaan tehtäviä investointeja päästöjen pitämiseksi kurissa. Merkittäviä uusia lakeja luonnonsuojelun tai ilmastotavoitteiden ajamiseksi ei säädetä, jolloin biomassan, jätteiden ja teollisuuden sivuvirtojen polttaminen nähdään hyväksyttävänä EU:ssa. Vesivoiman kannatus on vahvaa ja se hyväksytään taksonomiassa vähentyneen ydinvoiman tukemana.

YDINVOIMAN VÄHENTÄMINEN LISÄÄ MAAKAASUN KÄYTTÖÄ EUROOPASSA

Keski-Euroopan sähköjärjestelmän investoinnit keskittyvät maa- ja merituulivoiman lisäämiseen. Etenkin Saksassa merituulivoiman kapasiteettia kasvatetaan voimakkaasti. Sääntövoiman ja perusvoiman osalta maakaasun rooli Keski-Euroopassa on lisääntynyt ydinvoiman jouduttua mustalle listalle. Ve-

näjä-riippuvuuden vähentämiseksi LNG:n tuontia on lisätty ja putkiyhteyksiä (esim. Norja, Lähi-itä) on avattu Eurooppaan. Euroopan maakaasun kulutus on vaarallisessa kasvussa energiaomavaraisuuden ja -turvallisuuden osalta. Etenkin Saksa on uusista tuontiyhteyksistä huolimatta yhä riippuvaisempi Venäjästä.

Ranskassa on päätetty ydinvoiman nopeammasta vähentämisestä, mikä aiheuttaa suurta huolta Euroopan energiajärjestelmälle. Ydinvoiman ollessa taksonomiassa mustalla listalla Ranskassa on jätetty investoimatta uusiin ydinvoimaloihin sekä uusimatta kaikkia nykyisiä voimaloita niiden elinkaaren päässä. Tästä syystä alkuperäistä "Macronin tavoitetta" Ranskan ydinvoiman vähentämisestä sähköntuotannossa noin 50 %:iin vuonna 2035 on nopeutettu. Vuonna 2035 vain enää kolmannes sähköstä tuotetaan Ranskassa ydinvoimalla.

Ydinvoiman vähentyminen on nostanut Keski-Euroopassa sähkön hintoja. Hintojen nousu, lisääntyvä maakaasun käyttö sekä puheet energia-omavaraisuuden ja -varmuuden negatiivisesta kehityksestä ovatkin heikentäneet suurten teollisuusmaiden (Saksa ja Ranska) kiinnostavuutta investointikohteena suhteessa Pohjoismaihin.

Heikentyneen energiaturvallisuutensa takia Saksa on ajanut voimakkaasti Euroopan sähköverkon laajentamista ja energiaintegraatiota. 2020-luvulla on tehty merkittäviä investointeja Eurooppaa yhdistävän sähköverkon kapasiteetin lisäämiseksi. Esimerkiksi Saksan yhteydet muuhun Eurooppaan ovat kolminkertaistuneet vuonna 2035 vuoden 2021 tasoon nähden ja varastointikapasiteettia on pyritty merkittävästi lisäämään Keski-Euroopassa vastaamaan kasvaneita siirtoyhteyksiä. Euroopan laajuinen vetyverkko ei ole edennyt Keski-Euroopan kalliin sähkön takia sekä maiden investoimista sähkönsiirtoon, jotta sähkön kysyntä ja tarjonta kohtaisivat paremmin Keski-Euroopassa.

EU:n heikentyneen energiaturvallisuuden takia etenkin vesivoima pysyy hyväksyttävänä EU:ssa. 2030-luvulla vesivoiman ympäristövaikutukset jäävät myös keskusteluissa taka-alalle vesivoiman kriittisen roolin takia.

Skenaario 1: ”Tasapainoileva Suomi” 2/2

SKENAARIO 1

RUOTSI JA NORJA KESKI-EUROOPAN TASAPAINOITAJINA

Pohjoismaiden rooli Euroopan sähköverkon tasapainottajina on korostunut. Ruotsin ja Norjan vesivoima on elintärkeä osa Euroopan sähköverkon tasapainotusta. Keski-Eurooppa nojaa voimakkaasti Norjan vesivoimaan. EU:n painostuksesta Norjassa on lisätty vesivoiman kapasiteettia hiilineutraalustavoitteet edellä ja luonto- ja ympäristöasiat toissijaisena. Vesivoiman lisäksi Norjassa ja Ruotsissa on panostettu voimakkaasti tuulivoiman lisärakentamiseen.

Saksan ja Ranskan kipuillessa omien energiapäätöstensä kanssa Pohjoismaat ovat näyttäytyneet tavallista kiinnostavampina investointikohteina teollisuudelle. Etenkin Norja ja Ruotsi ovat vuonna 2035 merkittäviä investointikohteita kasvaneen vihreän energian, työvoiman korkean osaamisen sekä madaltuneiden investointiasteiden takia. Maiden taloudet kasvavat voimakkaasti kansainvälisten investointien seurauksena.

SUOMI JÄÄ MUISTA POHJOISMAISTA PAHEMMIN JÄLKEEN

Suomi houkuttelee heikommin investointeja suhteessa Norjaan ja Ruotsiin. Työvoiman vahvasta osaamisesta sekä madaltuneista investointiasteista (esim. lupaprosessit) huolimatta Suomen energiaomavaraisuus on ollut yksi keskeisistä syistä sähköintensiivisen teollisuuden hiipuneisiin investointeihin suhteessa muihin Pohjoismaihin. Teollisuuden sähköistyminen on myös hidastunut ydinvoiman vähentymisen takia Suomessa.

Suomen metsäteollisuuden toimintaedellytykset ovat pysyneet kuitenkin korkeina Euroopan unionin salliessa vapaammin puun hyödyntämisen sekä raaka-aineena että energiantuotannossa.

SUOMESSA INVESTOIDAAN VOIMAKKAASTI TUULIVOIMAAN, VARASTOINTIIN, SÄÄTÖÖN JA KYSYNNÄN JOUSTOON

Suomi on vielä riippuvainen tuontisähköstä ja Pohjoismaisesta säätövoimasta vuonna 2035. Ydinvoiman taksonomiapäätökset ovat johtaneet kotimaisen ydinvoiman vähentämiseen. Ydinvoiman osalta Hanhikiven rakentaminen on keskeytetty eikä Loviisan voimaloiden käyttöä jatketa. Olkiluodon ydinvoimalat ovat käytössä vuonna 2035.

Ydinvoiman korvaaminen on lisännyt Suomessa investointeja tuulivoimaan sekä pitkälti tuontipolttoaineella toimiviin uusiin bio-CHP-voimaloihin. Investointeja tehdään nopealla aikataululla ja vahvasti valtion tukirahalla energiakriisin välttämiseksi. Erityisesti varastointiin, kysynnän joustoon ja nopeaan säätökapasiteettiin (esim. maakaasu) virtaa tukia matalista koroista ja hyvästä taloustilanteesta huolimatta.

Uusiutuvien hankkeiden rinnalle vaatimukseksi nostetut sähkövarastot ovat kasvattaneet kapasiteettiaan. Madaltuneet investointikustannukset, valtion tuki ja kasvaneiden siirtoyhteyksien takia volatiilimpi sähkön hinta ovat houkuttelleet varastointiin suuren skaalan investointeja. Myös kysyntäjouston kehittäminen ja laajempi hyödyntäminen ovat lisääntyneet.

ENERGIA-ALALLE TULEE PALJON UUTTA KILPAILUA TUKIRAHJOJEN VETÄMÄNÄ

Suomen energiasektorilla on tapahtunut merkittävää kilpailutilanteen muuttumista. Perinteiset energiayhtiöt eivät ole pystyneet uudistamaan omaa rooliaan, vaan ovat menettäneet osan markkinasta uusille pelureille. Vuonna 2035 perinteiset energiayhtiöt ylläpitävät pääsääntöisesti sähkön- ja lämmöntuotantoa sekä niiden varastointia.

Lisäarvoa tuottavien palveluiden, kuten joustavien sähköratkaisuiden sekä älykotien saralla on noussut voimakasta kilpailua teknologia- ja softayritysten välillä. Kotitaloudet osallistuvat joustoon ja ostavat energian, asumisen ja liikkumisen ympärille kehitettyjä kattavampia kokonaispalveluja, joita he tarjoavat tehokkaammin kuin muut energiayhtiöt. Kansainvälisten yritysten sekä uusien pienten toimijoiden innovaatiot ovat myös mahdollistaneet tehokkaamman sähkön kysyntäjouston.

Sähkönkäyttöä ohjataan vahvasti alustojen kautta. Esimerkiksi kotitalouksien kulutuspisteet, autojen akut ja pienemmät teolliset kulutukset optimoidaan. Henkilöautokanta on sähköistynyt Suomessa nopeasti noin 600 000 kulkuneuvon tasolle. Merkittävät suomalaiset yritykset, kuten kauppakeskukset, ovat investoineet omaan kysynnänjoustoon, pientuotantoon ja varastointiin.

Skenaario 1: "Tasapainoileva Suomi"

Sähkön tuotanto ja -kulutus skenaariossa

SKENAARIO 1

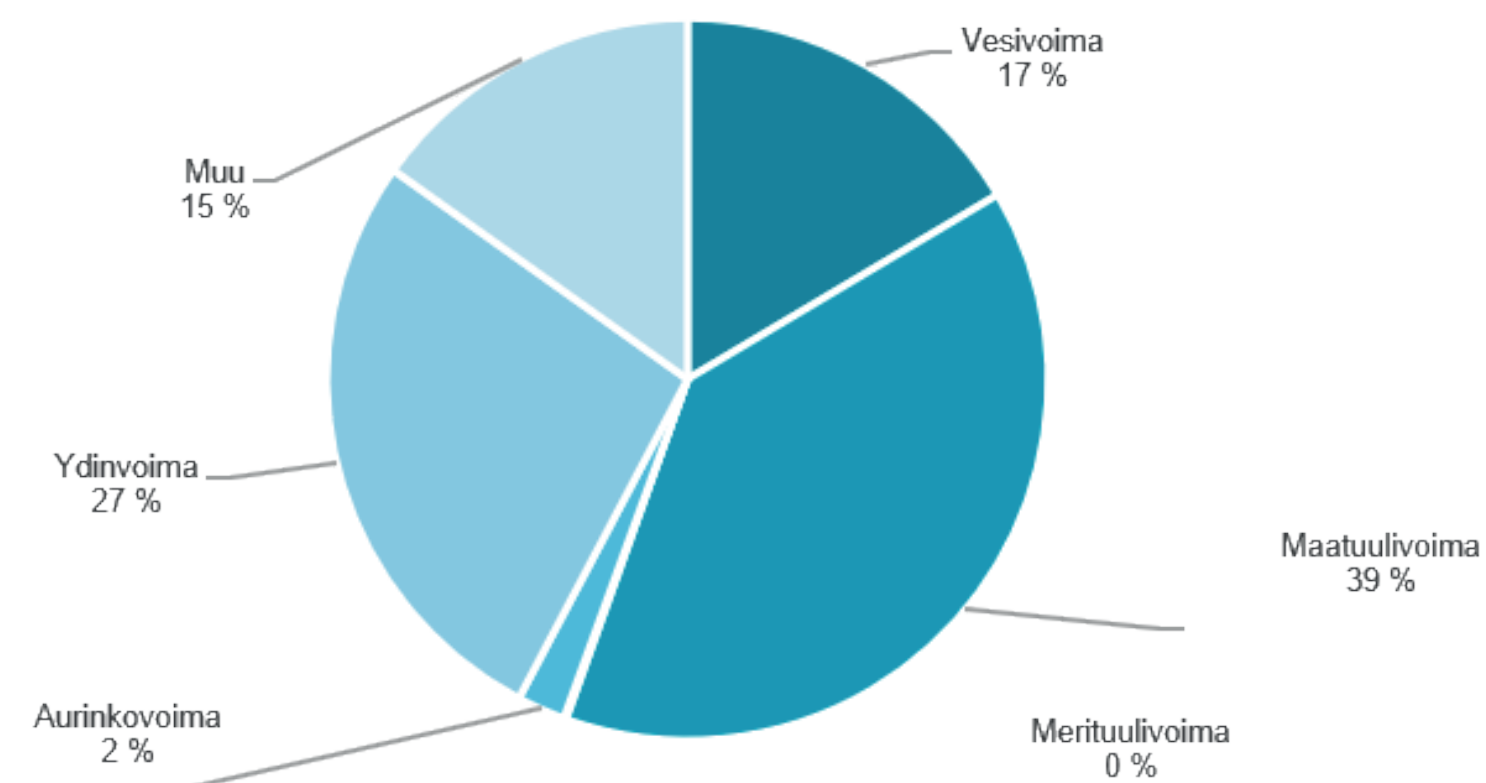
Sähkönkulutus (TWh)

	2020	2035
Teollisuus	39	43
Lämmitys	17	20
Liikenne	1	5
Muu kulutus	28	30
Yhteensä	85	98

Sähkön tuotannon kapasiteetti (MW)

	2020	2035
Maatuulivoima	2586	10 000
Merituulivoima	24	24
Ydinvoima	2794	3380
Vesivoima	3190	3250
Aurinkoenergia	300	3000
Muut tuotantomuodot	8000	5000

Sähkön tuotanto 2035 (TWh)

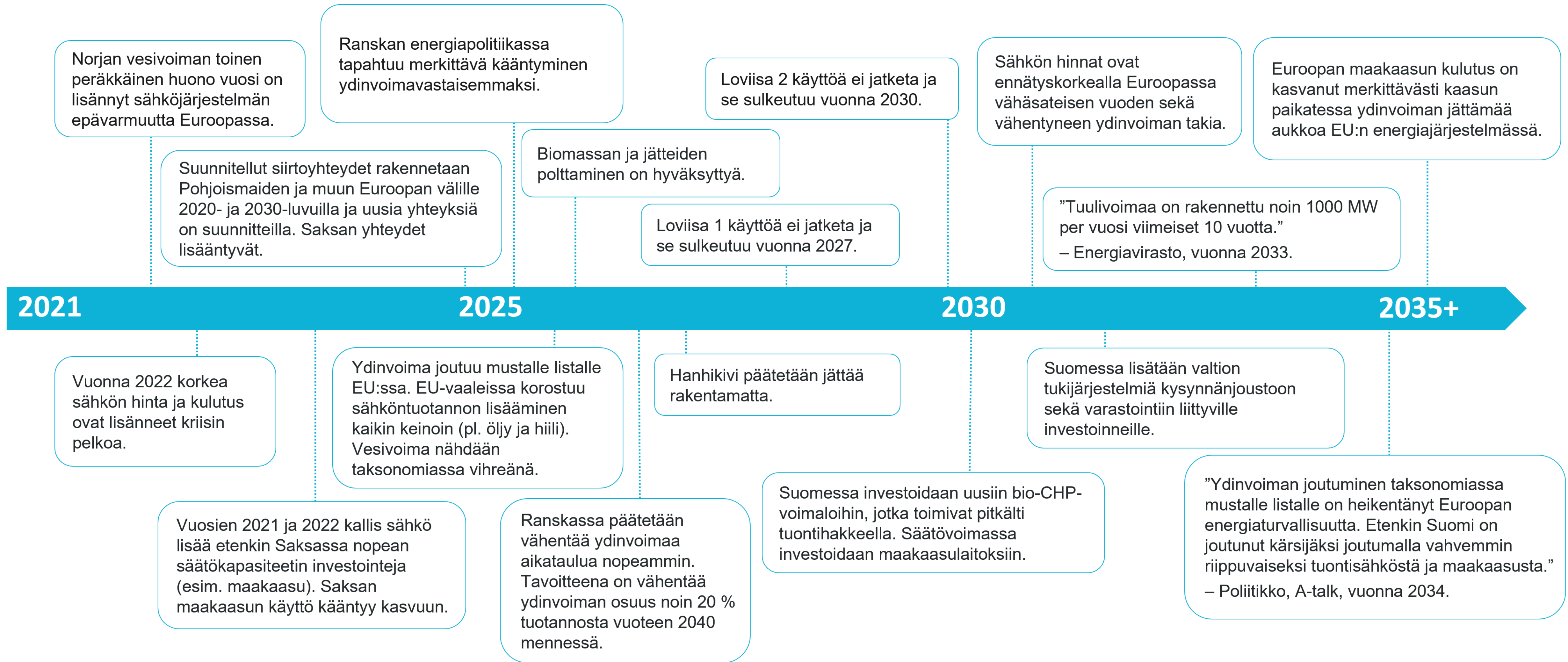


Sähkön tuotanto (TWh)

	2020	2035
Maatuulivoima	9	36
Merituulivoima	0,1	0,1
Ydinvoima	22	25
Vesivoima	15	15,2
Aurinkoenergia	0,2	2
Muut tuotantomuodot	27	14
Tuotanto yhteensä	73,3	92,3
Kulutus	85	98
Suomen energiatasapaino	-12	-5,7

Skenaario 1: "Tasapainoileva Suomi"

Juoni





SKENAARIO 2

TAPPIO ILMASTOTAISTELUSSA

Osa 5.

Skenaario 2: ”Tappio ilmastotaistelussa” 1/2

TALOUS SAKKAA JA NATIONALISMI NOUSEE

Globaalissa taloudessa on käynnissä pitkäaikainen matalan kasvun ja erilaisten kriisien kausi. Koronapandemiasta alkanut ja monissa maissa ilmastopolitiikalla jatkunut elvytys on kiihdyttänyt valtioiden velkaantumista. 2020-luvun puolivälissä korkojen äkillisestä noususta aiheutunut talouskriisi on jatkunut pitkälle 2030-luvulle vaikuttaen matalan kasvun vuosina. Eri-tyisesti Euroopan mailla on hankalaa ja myös Suomen talous on ajautunut pahaan laskusuhteeseen. Tämä on heikentänyt Suomen teollisuuden uudistumiskykyä, eikä suuria investointeja ole tehty vuosiin.

Talouskriisin sekä ilmastokriisin hoidon eroavien mielipiteiden ja alueellisesti realisoituvien säiden ääri-ilmiöistä johtuvien haittojen, kuten voimakkaan Eurooppaan kohdistuvan pakolaisvirran, takia populismi ja nationalismi ovat saaneet tilaa kaikkialla maailmassa. EU on kohdannut edellä mainittujen syiden lisäksi yhä suurempia demokratiaan ja unionille keskeisiin poliittisiin kysymyksiin liittyviä ristiriitoja, mikä on johtanut useiden maiden irtautumisen unionista 2020-luvun kuluessa.

Suomi on eronnut EU:sta 2020-luvun lopussa tapahtuvan joukkopaon mukana, josta Suomen talous on kärsinyt pahasti. Suomen taloudessa on jouduttu toteuttamaan raskaita säästöohjelmia, jotka ovat heikentäneet hyvinvointivaltiota.

SUHTEET NAAPURIMAIHIN KOROSTUVAT

Euroopan unionin hajotessa maiden suhteet naapurimaihin ovat korostuneet ja Pohjoismaat lähentyneet toisiaan taloudellisesti ja poliittisesti. Valmisteilla ovat sopimukset Baltian ja Pohjoismaat kattavan, täysin yhtenäisen talousalueen luomiseksi, jolla pyritään korvaamaan osa EU:n myötä kadonneista sisämarkkinoiden hyödyistä.

Venäjä on lisännyt vaikutusvaltaansa erilaisilla kahdenkeskisillä yhteistyösopimuksilla itäisen Euroopan alueella. Myös Suomi on lähentynyt Venäjän kanssa taloudellisista syistä. Muiden Pohjoismaiden uutiset irvailevatkin Suomen poliittisen ja taloudellisen päätöksenteon olevan ”Putinin talutusnuorassa”.

TAPPIO ILMASTOTAISTELUSSA

Yhtenäisen EU:n kadottua on hävinnyt myös kansainvälisesti merkittävä ympäristöasioita ajanut poliittinen instituutio. Taloudellinen kurjuus on heikentänyt ympäristöagendaa ja talous onkin pysynyt ympäristön edellä maiden ajaessa omia etujaan. Jälkikäteen on arvioitu, että EU aiheutti oman tuhonsa sääntelemällä talousalueensa vaikeuksiin tiukalla 2020-luvun alun ilmastopolitiikalla ja taloudellisesti huonoilla investoinneilla, johon muut merkittävät talousalueet eivät lähteneet mukaan kuin juhlapuheissaan.

Taloukupan puhkeaminen on pakottanut valtaosan maista unohtamaan kalliita investointeja vaativat ympäristöasiat ympäri maailmaa ja investoinnit uusiutuviin tuotantomuotoihin ovat hidastuneet. Kansainväliset ilmastopolitiikan tavoitteet ovat vaihtuneet alle 3 asteen lämpenemiseen vuosisadan loppuun mennessä ja tavoitteissa korostuu sopeutuminen vallitseviin olosuhteisiin.

Joukko edelläkävijäyrityksiä pitää yhä ympäristöasioita agendallaan kuluttajien ja omistajiensa takia. Kansainvälisen ilmastopolitiikan rooli on kuitenkin pienentynyt ja ympäristöasiat painottuvat ilmaston lämpenemisen paikallisiin vaikutuksiin sopeutumiseen ja paikallisten luonnonvarojen hyödyntämiseen mahdollisimman vähän haittoja aiheuttavilla tavoilla.

YHTENÄINEN POHJOISMAINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Pohjoismaiden sähköjärjestelmät ovat yhtenäistyneet talousalueen kehityksessä ja yhteydet myös Baltian maihin ovat vahvat. EU:n kehityksen seurauksena Pohjoismaat ja Baltia ovat pysyneet sähkön osalta saarekkeena. Vanhoja siirtoyhteyksiä muualle Eurooppaan ei hyödynnetä täydellä kapasiteetilla eikä kaikkia suunniteltuja yhteyksiä olla rakennettu esimerkiksi Keski-Eurooppaan.

Baltian maiden ja Suomen myötävaikutuksella Venäjän taloudellinen rooli on kasvanut Pohjois-Euroopassa. Tämä näkyy Baltian energia-portfoliossa lisääntyneenä maakaasun käyttönä. Venäjä pyrkii aktiivisesti vaikuttamaan Suomen maakaasun käytön lisäämiseen.



Skenaario 2: ”Tappio ilmastotaistelussa” 2/2

Maailman yleinen asenneympäristö ostaa lisää aikaa polttamiselle vuonna 2035 jopa Pohjoismaissa, mikä täten hidastaa uusiutuvan sähkön kasvua. Energian tuotantomuotojen kehitys ja investoinnit tapahtuvat markkinaehtoisesti ja sääntelyä pyritään mahdollisuuksien mukaan vähentämään. Yksikään valtio ei halua toistaa EU:n tekemää virhettä liian aggressiivisesta sääntelystä, vaikka kansallisesti energiayhtiöt toimivatkin usein lähellä poliittista päätöksentekoa niiden strategisen merkityksen takia.

SUOMESTA ENERGIANVIEJÄ KANNATTAVUUDEN HEILAHDELLESSA

Suomen sähköntuotanto on kasvanut, mutta kulutus ei. Sähköntuotannon kannattavuus on heilahdellut kotimaisen kysynnän alhaisuuden takia. Suomeen on rakennettu merkittävä määrä tuulivoimaa 2020-luvun alkupuoliskolla, kun sekä EU että kansallinen politiikka tuki uusiutuvien valtavirtaistumista. EU:sta eroamisen ja talouskriisin jälkeen energiavaltaisen teollisuuden toimintaedellytykset ovat kuitenkin romahtaneet Suomessa ja energian tarve on vähentynyt. Tästä syystä myös investoinnit energiantuotannon kehitykseen ovat lopahtaneet 2030-luvun taitteessa. Etenkin tuulivoima-investoinnit ovat pysähtyneet tuulivoiman jouduttua populististen hallituspuolueiden hampaisiin useimmissa entisissä EU-maissa (ml. Suomi).

Energian tuotantomuodot ovatkin pitkälti pysyneet entisellään Suomessa lukuun ottamatta tuulivoiman määrän lisääntymistä. Nykyisten tuotantolaitosten hyödyntämisessä on korostunut erityisesti elinkaaren pidentäminen, jolla usein vältetään suurempien investointien tekeminen. Tämä on hidastanut energiajärjestelmän uudistumista. Metsäteollisuuden sivutuotteiden polttamisen rooli on myös entisestään vahvistunut Suomen lämmöntuotannossa.

Teollisuuden kulutuksen hiipumisesta syntyneen merkittävän sähkön ylijäämän takia Suomesta tulee sähkönviejä Pohjoismaiden ja Baltian yhteisverkoon, kun Pohjoismaista erityisesti Ruotsi ja Norja oman valuuttansa vuoksi sekä EU:hun kuulumattomana ovat selvinneet talouskriisistä muita naapureitaan paremmin. Norjassa ja Ruotsissa on tehty merkittäviä teollisuusinvestointeja 2030-luvulla. Tuulivoiman huippujen aikana sähköä on myyty polkuhintaan myös Venäjälle. Koko Pohjoismaiden talousalueella teolli-

suusyrietykset ovat ostaneet sähköä yhteisiltä markkinoilta, joka on halvin ja kustannustehokkain tapa hankkia energiaa.

Halvan sähkön takia myös hajautetun sähkölämmityksen suosio on lisääntynyt asumisessa. Edullisia lämpöpumppu- sekä sähköboileri-investointeja tehdään vastaavasti teollisuudessa isompien investointien sijasta. Suomen lämmityksessä ovat korostuneet metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödyntävät biomassavoimalat sekä sähköä hyödyntävät lämpöpumput.

POHJOISMAINEN ENERGIASEKTORI KONSOLIDOITUU

Energiasektorilla on tapahtunut nopeaa konsolidoitumista ja rakennejärjestelyjä johtuen sähköntuotannon kannattavuuden heilahteluista ja sen vaikutuksista erityisesti pieniin energia-alan toimijoihin. Myös energiajärjestelmän ja liike-elämän käytäntöjen yhdentyminen Pohjoismaissa sekä muut käytännölliset ja tehokkuuteen liittyvät syyt ovat ajaneet konsolidaatiokehitykseen energiamarkkinoilla.

Huonoon taloustilanteeseen joutuneiden energiayhtiöiden joutuessa yritysostojen kohteeksi Pohjoismaissa on syntynyt yhä suurempia monikansallisia energia-alan yrityksiä, jotka toimivat myös valtioiden rajojen yli. Samanlaista kehitystä on nähty myös muilla toimialoilla, mitä ei myöskään haluta säännellä tai estää. Markkinaehtoisuus ja isompien toimijoiden syntyminen nähdään kaikkien taloudellisena etuna.

KULUTTAJAKÄYTTÄYTYMINEN JATKUU KUTEN ENNENKIN

Kuluttajakäyttäytyminen muuttuu hitaasti. Kotitaloudet ostavat sähköä ja lämpöä perinteisesti energiayhtiöiltä ja kilpailuttavat säännöllisesti sopimuksensa halvimman kokonaispaketin löytämiseksi. Kuluttajien päätöksenteossa hinta ohjaa, eikä merkittäviä investointeja haluta tehdä. Hinnan ohjaava vaikutus on vahvaa myös muussa kulutuksessa. Ajoneuvokannan sähköistyminen etenee hitaammin kuin ennakoitiin, ja keskeisinä pullonkauloina ovat edelleen liian hitaat investoinnit latausverkostoon sekä sähköautojen kalliimpi hinta suhteessa polttomootoriautoihin.



Skenaario 2: ”Tappio ilmastotaistelussa”

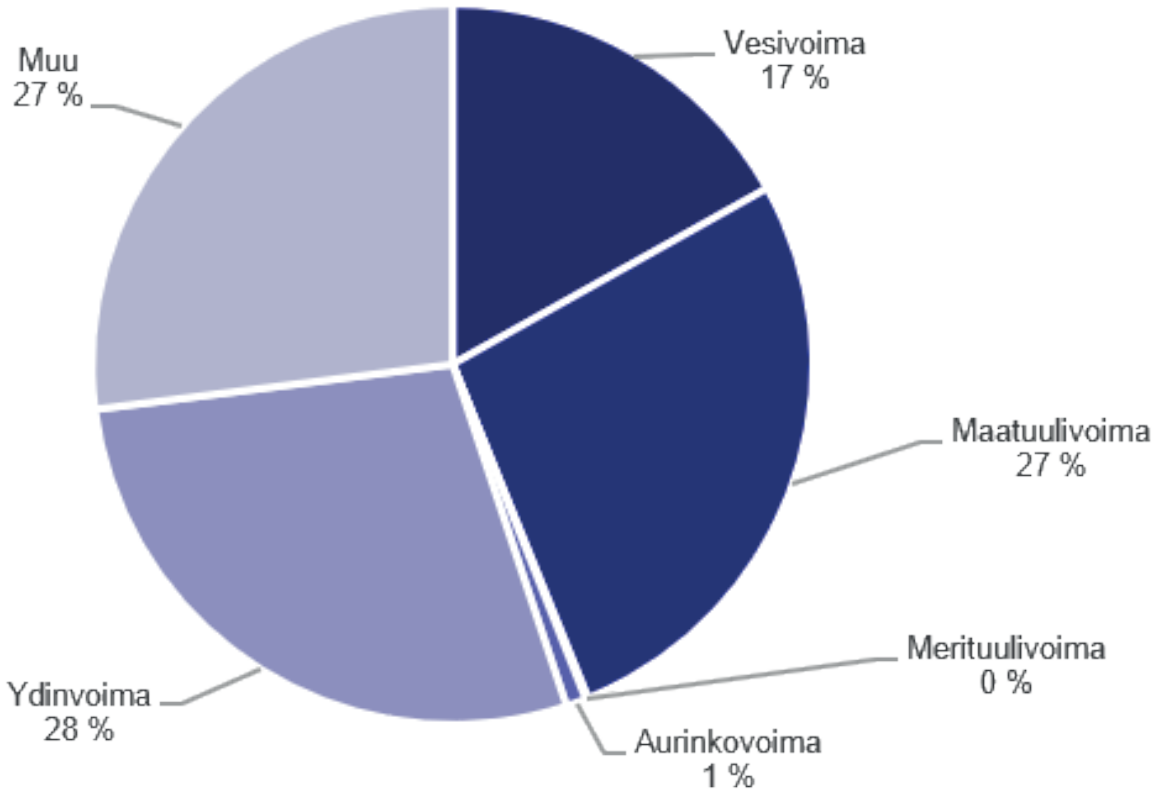
Sähköntuotanto ja -kulutus skenaariossa

SKENAARIO 2

Sähkönkulutus (TWh)	2020	2035
Teollisuus	39	25
Lämmitys	17	19
Liikenne	1	3
Muu kulutus	28	27
Yhteensä	85	74

Sähköntuotannon kapasiteetti (MW)	2020	2035
Maatuulivoima	2586	7000
Merituulivoima	24	24
Ydinvoima	2794	3380
Vesivoima	3190	3190
Aurinkoenergia	300	1200
Muut tuotantomuodot	8000	6000

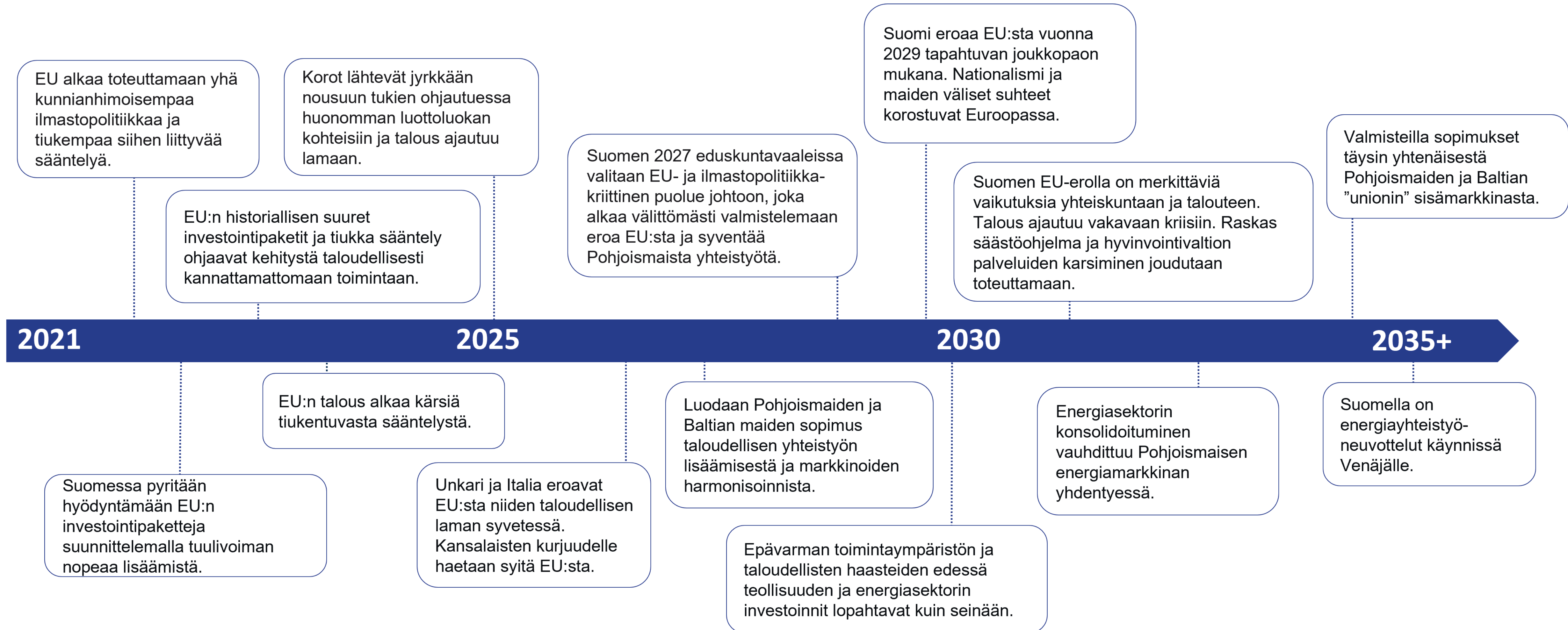
Sähköntuotanto 2035 (TWh)



Sähköntuotanto (TWh)	2020	2035
Maatuulivoima	9	24
Merituulivoima	0,1	0,1
Ydinvoima	22	25
Vesivoima	15	15
Aurinkoenergia	0,2	0,8
Muut tuotantomuodot	27	24
Tuotanto yhteensä	73,3	88,9
Kulutus	85	74
Suomen energiatasapaino	-12	+14,9

Skenaario 2: "Tappio ilmastotaistelussa"

Juoni



SKENAARIO 3

YDINVOIMAN RENESSANSSI

Osa 6.

Skenaario 3: ”Ydinvoiman renessanssi” 1/2

KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ BLOKKIUTUU

Kansainvälinen yhteistyö on blokkiutunut vahvasti akselilla EU-Venäjä-USA-Kiina, eivätkä kansainväliset instituutiot ole pystyneet tukemaan globalisoituvaa talous-, kauppa- ja ympäristöpolitiikkaa. Euroopan unioni on kehittänyt yhtenäisemmäksi markkina-alueeksi ja sen Venäjän suhteet jäätyvät sekä ympäristö- että demokratiakysymysten takia.

Kiinan vaikutusvallan kasvun ja aggressiivisen kauppapolitiikan takia syntynyt raaka-ainekriisi ja hintojen nousu ovat vavisuttaneet maailmantaloutta. 1970-luvun öljykriisiin verrattuna raaka-ainekriisi ei kuitenkaan romahduta pörssiä, mutta luo merkittävän taloudellisen epävarmuuden aikakauden, joka on toisaalta materiaalipulan kasvaessa kiihdyttänyt eurooppalaisen kiertotalouden kehitystä.

EUROOPPA TOIMII YMPÄRISTÖASIOIDEN EDELLÄKÄVIJÄNÄ

Globaalit ilmastotavoitteet ovat korkealla, mutta toimenpiteitä ei ole saatu globaalisti toteutettua ja negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi säiden ääri-ilmiöistä johtuen nähdään yhä enemmän. Euroopan unioni on erottautunut muista syntyneistä blokeista pisimmälle viedyllä ilmastopolitiikalla. Euroopassa vallitsee vuonna 2035 vahva yhteisymmärrys siitä, että ympäristöasioita ja energiantuotantoa ei voida ratkaista ilman ydinvoiman merkittävää roolia. Monien Euroopan maiden ”vihreät” ovat asettautuneet ydinvoiman hyväksymisen puolelle ja ydinvoima on ”vihertynyt” monien silmissä.

Blokkiutunut kansainvälinen ilmapiiri, tiukentunut kauppapolitiikka ja luonnonvarojen kestävä käytön asettamat rajat kaikelle toiminnalle ovat tuke-neet kiertotalouden kehittymistä. Euroopassa on onnistuttu sopimuksilla välttämään luontokadon ja resurssien ylikäytön pahimpia vaikutuksia. Vahvan sääntelyn ansiosta esimerkiksi kertakäyttökulttuuri on hiljalleen häviämässä, kun tuotteille asetetaan erilaisia korjattavuus-, päivitettävyyss- ja kierrätettävyyssvaatimuksia, millä pyritään nopeuttamaan kiertotalouden kehittymistä.

YDINVOIMAN RENESSANSSI TOTEUTUU EUROOPASSA

Venäjän kanssa käytävä kauppa on jäänyt ja maakaasu on ollut Euroopassa voimakkaassa vastatuulella. Maakaasulle on myös asetettu CO₂-maksu. Tämä on johtanut maiden omavaraisuuden ja huoltovarmuuden korostumiseen, sekä pragmaattisiin ratkaisuihin, kuten keskusteluihin Saksan ydinvoimatuotannon palauttamisesta SMR:ien muodossa. Saksa on halunnut kiihdyttää siirtymää pois fossiilisista ja 2030-luvulla valtaan nouseen ydinvoimamyönteisen koalition johdolla ydinvoiman hyväksyttävyyden on Saksassakin, muun EU:n ohella, korkealla tasolla.

Saksassa ydinvoiman hyväksyttävyyttä on parantanut myös loppusijoitusratkaisujen kehittyminen Euroopassa. Suomi on osoittanut maailman ensimmäisenä loppusijoituksen käyttöönottajana EU:lle ydinvoiman olevan kestävä ja vastuullinen ratkaisu. Lisäksi myös ydinvoiman kehityksessä ja investoinneissa on tapahtunut harppauksia, minkä ansiosta investointeja tehdään sekä perinteisiin fissioreaktoreihin että uusiin SMR-reaktoreihin. Pienydinvoima on hyväksytty integroitavaksi asuinalueisiin ja teollisuuteen, ja valtaosa hankkeista saadaan käyttöön 2030-luvun loppuun mennessä.

SMR-reaktoreiden standardointi on tuonut ydinvoiman investointi-kustannuksia alas ja lisännyt modulaarisen ydinvoiman houkuttelevuutta. Päästöttömyys ja ydinvoiman lukeminen mukaan tähän joukkoon on ollut keskeinen investointiajuri Euroopan unionissa. Kansainvälisesti USA, Venäjä sekä Kiina ovat kehittäneet omia modulaarisia reaktoreitaan. EU:ssa Puola ja Tšekki ovat päättäneet ottaa käyttöön yhdysvaltalaisia SMR-reaktoreita 2030-luvun alussa. Tšekin ja Puolan investoinnit ovat toimineet myös Suomen 2030-luvun alussa tuotantoon aukeavien SMR-pilottien esimerkkeinä ja nopeutettujen luvitusprosessien ajureina.

Ydinvoiman nopeaan positiiviseen kehitykseen ja hyväksyttävyyteen ovat vaikuttaneet osittain myös erilaisiin uusiutuvien tuotantomuotojen rakentamiseen tarvittavien materiaalien pulat. Raaka-aineiden hintojen nousun takia monia suunniteltuja tuotantolaitoksia ei ole saatu rakennettua aikataulussa ja niiden myöhästyessä tarkastellaan muita vaihtoehtoja, joista ydinvoima näyttäyty houkuttelevimpana.



Skenaario 3: ”Ydinvoiman renessanssi” 2/2

Biomassa ja fossiiliset polttoaineet ovat jääneet EU:ssa varapolttoaineiksi ja huoltovarmuusvarastoiksi. Biomassalle pyritään löytämään energiana hyödyntämisen sijasta enemmän lisäarvoa tuottavia ratkaisuja. Vesivoimalla on ollut edelleen merkittävä rooli energiantuotannossa erityisesti säästövoimana. Vaikka ydinvoiman määrää on oltu lisäämässä Euroopassa perusvoiman osalta, uusiutuvien määrä tulee kasvattamaan säästövoiman ja varastoinnin roolia EU:ssa.

Varastoinnin lisäksi kiertotalousteeman ympärillä energiatehokkuuden ja hukkaenergian hyödyntämiseen on panostettu ja kannustettu Euroopan unionin suunnasta.

KIERTOTALOUSAJATTELU OHJAA SUOMEN TALOUTTA JA ENERGIA-MUOTOJEN KEHITYSTÄ

Suomi on jo pitkälle kehittynyt kiertotalousyhteiskunta vuonna 2035. Suomalaisessa kiertotaloudessa on korostunut teknologioiden kehitys ja vienti sekä osaamisen vienti muualle. Pienestä markkinasta huolimatta globaalit suomalaiset yritykset ovat pystyneet vaikuttamaan maailmalla kiertotalouden kehitykseen innovaatioiden, patenttien sekä osaamisen kehittämisen näkökulmasta.

Suomen kiertotalousklusteria lähdettiin kunnianhimoisilla poliittisilla päätöksillä toteuttamaan 2020-luvun alussa, ja siitä muodostui alun haasteista huolimatta kansainvälinen menestystarina. Menestyksen vertauskuvana on käytetty Nokiaa, mutta tällä kertaa globaalisti menestyneitä suuria yrityksiä on lukuisia. Menestystä ajoivat muun muassa metsä-, kemian- ja terästeollisuuden merkittävät suomalaiset yhtiöt sekä lukuisat muut uudet kiertotalousyrietykset.

Teknologioiden osalta Suomeen on syntynyt muun muassa vahva kierrätettävien akku- ja varastointiratkaisujen teollisuus. Suomesta liikkeelle lähtenyt akkuteknologioiden läpimurto on myös osaltaan vauhdittanut kehitystä. Esimerkiksi eräästä suomalaisesta yrityksestä on tullut yksi suurimmista akkujen valmistajista Euroopassa energiakriisin pakottaessa innovoimaan. Suomen ajoneuvokannan sähköistyminen on ollut nopeaa kotitalouksille osoitettujen kannustimien sekä latausverkostoon tehtyjen merkittävien

investointien myötävaikutuksesta. Monet kiertotaloustoimijat kilpailevat myös sillä, kuka pystyy luomaan suljetuimman energian ja materian kierron.

LIALLISET JA VIRHEELLISET ENERGIAPÄÄTÖKSET AIHEUTTAVAT ONGELMIA, JA YDINVOIMA VAHVISTUU SUOMESSA

Vahva kiertotalouden ajaminen ei ole onnistunut ilman huonoja päätöksiä. EU:n suunnasta noussut vaatimus nopeasti kiertotalouteen siirtymiselle otettiin Suomessa liian aggressiivisesti hallituksen agendalle ja esimerkiksi biomassavoimalaitoksia suljettiin ennen aikaisesta. Liian kunnianhimoiset kiertotalous- sekä energiankäytön vähentämiseen liittyvät tavoitteet vaaransivat Suomen lämmityksen huoltovarmuuden talvella 2025. Suomen yritys olla EU:n energiatehokkuuden ja biomassan hyötykäytön mallimaa ei jättänyt tarpeeksi lämmöntehtoreserviä tavallista kylmempiä talvia varten. Sähkön osalta Suomi on ollut netto-ostaja 2020-luvulla ja 2030-luvun alussa. Sähköntuonnin tarve vähenee uuden ydinvoiman myötä 2035 mennessä.

Epäonnistuneen energiapolitiikan jälkeen ydinvoima ja pienydinvoima on ymmärretty yhä vahvemmin ratkaisuihin sekä sähkössä että lämmössä. Etenkin hiilidioksidineutraalin lämmöntuotannon ja lämmönkulutuksen vaarallisen epätasapainon odotetaan korjaantuvan täysin 2030-luvun puolivälissä uusien kaukolämpö SMR-reaktoreiden aloittaessa tuotannon Etelä-Suomessa. Uuden energiajärjestelmän selkärangaksi ollaan muodostamassa yhdistelmää perinteistä ydinvoimaa, SMR:iä ja tuulivoimaa. Tuulivoiman rakentaminen on kuitenkin hidastunut globaalin materiaalikriisin seurauksena. Vähentyneen biomassan tilalle on tuotu SMR:ien lisäksi myös lämpöpumpuja (sis. maa ja meri) sekä geotermistä energiaa.

Teollisuustoimijoiden, isojen yritysten ja organisaatioiden osalta energiajärjestelmän haavoittuvuus on lisännyt investointihalukkuutta omiin energiaratkaisuihin (esim. akut ja varajärjestelmät).

KULUTTAJAT OVAT AKTIIVISIA ENERGIAMARKKINOILLA

Kotitaloudet ovat osallistuneet aktiivisesti energiamarkkinoille kiertotalousaallossa tuottajina, varastojina ja palveluiden ahkerina käyttäjinä. Suomessa tämä on tarkoittanut erityisesti pienimuotoisen aurinkosähkötuotannon ja kotitalouksien akkujen tulemistä osaksi sähköjärjestelmää niiden sähkön saannin varmistamiseksi.



Skenaario 3: ”Ydinvoiman renessanssi”

Sähköntuotanto ja -kulutus skenaariossa

SKENAARIO 3

Sähkönkulutus (TWh)

2020

2035

	2020	2035
Teollisuus	39	52
Lämmitys	17	21
Liikenne	1	5
Muu kulutus	28	26
Yhteensä	85	104

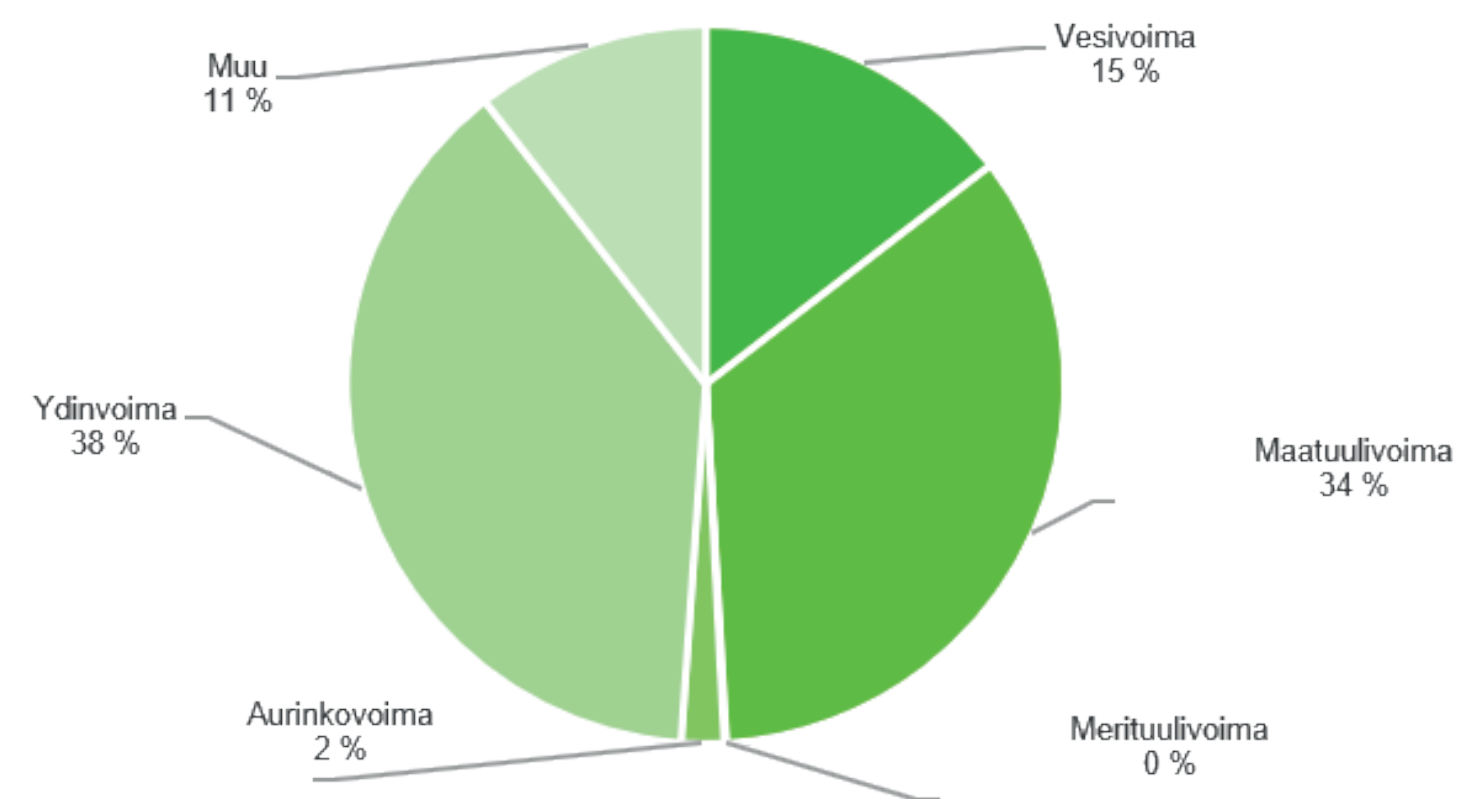
Sähköntuotannon kapasiteetti (MW)

2020

2035

Maatuulivoima	2586	10 000
Merituulivoima	24	24
Ydinvoima	2794	5594
Vesivoima	3190	3250
Aurinkoenergia	300	3000
Muut tuotantomuodot	8000	4000

Sähköntuotanto 2035 (TWh)



Sähköntuotanto (TWh)

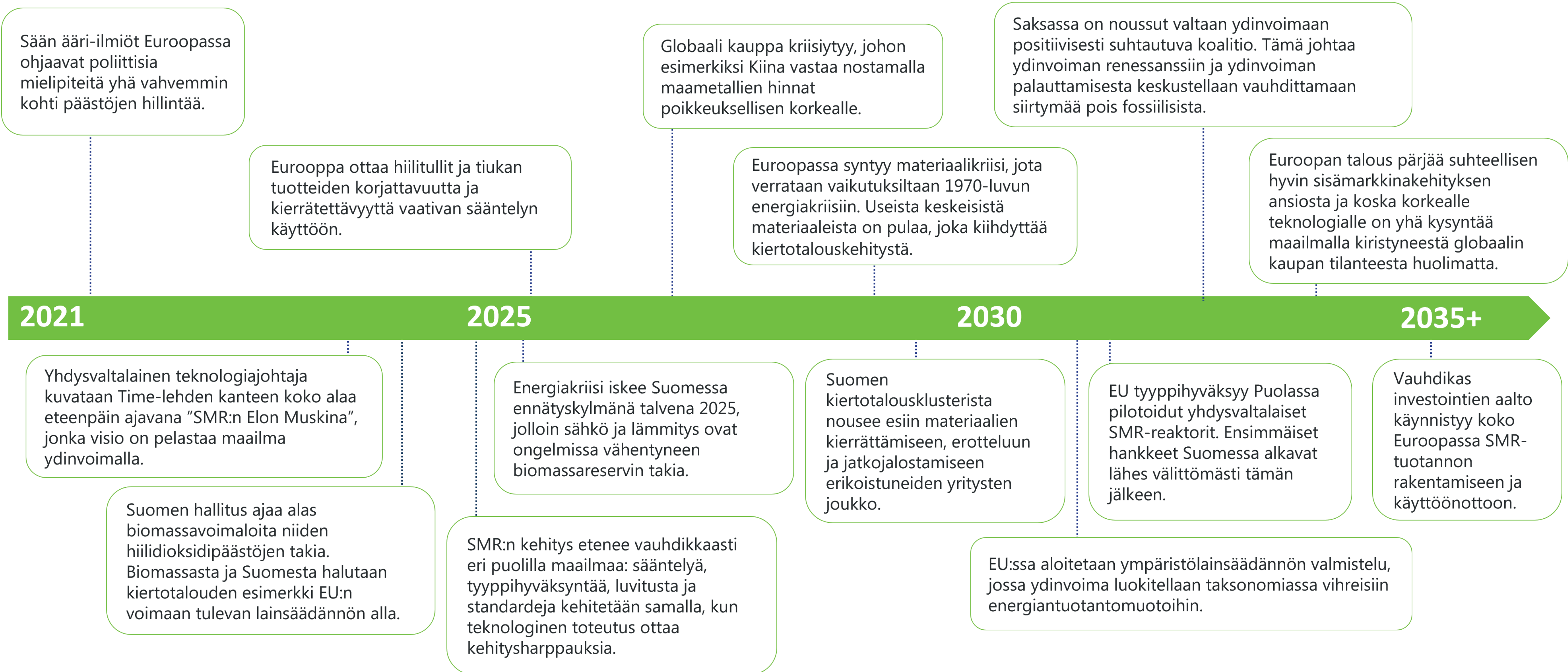
2020

2035

Maatuulivoima	9	36
Merituulivoima	0,1	0,1
Ydinvoima	22	41
Vesivoima	15	15,2
Aurinkoenergia	0,2	2
Muut tuotantomuodot	27	11
Tuotanto yhteensä	73,3	105,3
Kulutus	85	104
Suomen energiatasapaino	-12	+1,3

Skenaario 3: ”Ydinvoiman renessanssi”

Juoni





SKENAARIO 4

EUROOPAN VETYINTEGRAATIO

Osa 7.

Skenaario 4: ”Euroopan vetyintegraatio” 1/2

EUROOPAN UNIONI YHDENTYY JA KASVAA VOIMAKKAASTI

Maailmantalous on ollut voimakkaassa kasvussa jo pitkään. Myös Euroopan unionin talouskasvu on parantunut koronapandemian jälkeen merkittävästi. Investointien ympäristö- ja ilmastokriteerit ovat keskittäneet osaamista sekä teollisuutta Euroopan unionin maihin nostaen EU:n muiden suurten talousmahtien kanssa samalle kasvu-uralle. Kestävää kehitystä ja sen investointeja on tuettu voimakkaasti Euroopan unionin kantaessa velkataakan yhteisesti.

Euroopan unionin kiinnostavuutta kansainvälisten teollisuusyritysten ja sijoittajien keskuudessa on kasvattanut eurooppalainen osaaminen ja nopeasti hiilineutraaliksi kehittyvä yhteiskunta. Kansainväliset investointipankit ohjaavat pääsääntöisesti rahoitusta kestävyyskriteerit täyttävälle investoinneille, mikä parantaa entisestään Euroopan energiatoimijoiden rahoituksen saatavuutta. Perinteiset öljy-yhtiöt pyrkivät uudistumaan ja siirtämään pääomia pois fossiilisista poltto- ja raaka-aineista. Vety koetaan yhdeksi potentiaalisimmista vaihtoehtoista energian kantajista. Sijoittajat, öljy-yhtiöt ja autonvalmistajat tekevät merkittäviä investointeja vetyinfran rakentamiseen ja vetypohjaiseen sähköiseen liikenteeseen.

EU:SSA AJETAAN VOIMAKASTA ILMASTOPOLITIIKKAA

Euroopan unionin integraatio on tiivistynyt. Nuoremman polven päätöksentekijät ovat ajaneet vahvasti kunnianhimoista ilmastopolitiikkaa. Päästöjen merkitys päätöksenteossa on korostunut yli muiden ympäristöasioiden, kuten biodiversiteetin. Ilmastotavoitteet (vrt. Fit for 55) ovat kiristyneet jokaisen vaalikauden aikana entisestään. Taksonomiassa on hyväksytty uusiutuvat, ydinvoima ja maakaasu siltapolttoaineena vetytalouteen. Vesivoima on joutunut taksonomiassa mustalle listalle, mikä on heikentänyt sen kannattavuutta EU-maissa.

Saksan luopuessa ydinvoimasta Ranska on jatkanut oman ydinvoimansa osalta ”Macronin suunnitelmaa”. Ranskan tavoitteena on, että ydinvoimalla tuotetaan noin 50 % Ranskan sähköstä vuonna 2035. Saksan ja muiden ei-ydinvoimamaiden vastustuksesta huolimatta reaali-politiikka on voittanut, ja ydinvoimalla tuotettu vety nähdään yritysten näkökulmasta vihreänä.

Metsien raaka-ainekäytön hyväksyttävyyden on heikentynyt hiilinielujen tarpeen korostuessa 2020- ja 2030-luvuilla. Hiilinielutarpeet ovat korostuneet Saksan ja muun Keski-Euroopan lisätessä maakaasua siirtymävaiheessa vetytalouteen, aiheuttaen suomalaiselle metsäteollisuudelle haasteita edullisen puutavaran saamisessa. Hiilinielupolitiikkaa ei olla merkittävästi purettu 2030-luvulla, vaikka hiilidioksidipäästöt ovat vetytalouden kehittymisen takia olleet laskussa.

EUROOPAN ENERGIAJÄRJESTELMÄ YHDISTYY PUTKIA PITKIN

EU:n integraatiota vahvistavana tekijänä on toiminut vahvan vetyrunkon kehittäminen Euroopan unionin maiden välille. Vuoteen 2035 mennessä maakaasuverkkoa ollaan jo päivitetty isoilla investoinneilla Keski- ja Etelä-Euroopassa vastaamaan vedynsiirron kriteereitä. Päivitetty verkko kuljettaa vuonna 2035 kasvavissa määrin kilpailukykyistä vetyä Etelä- ja Keski-Euroopan välillä sekä tuontivetyä Afrikasta. Vetyverkon laajennus Pohjois-Eurooppaan on jo käynnissä. Norja–Ruotsi yhteys on auennut 2034 ja Suomen putken uskotaan avautuvan 2040-luvun alussa.

Ilmastotavoitteiden tiukentuessa Euroopan unionin maat ovat panostaneet tukien avulla vetytalouden edistämiseen energiasektorilla raskaassa ja energiaintensiivisessä teollisuudessa. Etenkin terästeollisuus ja eurooppalaiset autonvalmistajat ovat toimineet vetytalouden edistäjinä. Esimerkiksi eurooppalaiset autovalmistajat ovat vaatineet teräkseltä hiilineutraaliutta, jolloin vetyteräksen rooli Euroopassa ja maailmalla on jatkanut lisääntymistään.

Vetytaloutta on nopeuttanut elektrolyysereiden kustannusten lasku, tuotantokapasiteetin RED II -suunnitelmia nopeampi kasvu sekä varastointiratkaisujen kehittyminen. Vetyä pystytään varastoimaan suuria määriä Euroopan suolakaivoksiin sekä uusiin pitkän aikavälin tankkeihin ja lyhyen ajan varastoihin teollisuusalueilla. Vetyä myös jatkojalostetaan muiksi yhdisteiksi, joita on helpompi säilöä ja hyödyntää teollisuudessa (esim. ammoniakki ja synteettiset polttoaineet). Vedyn tuotantoon tarvittavaa sähköä on Euroopassa tarjolla laajojen meri- ja maatuulivoima- sekä aurinkosähköinvestointien takia. Vuonna 2035 vedyn tuottaminen keskittyy voimakkaasti Etelä-Eurooppaan aurinkosähköön sekä Länsi- ja Pohjois-Eurooppaan tuulivoimaan.



Skenaario 4: ”Euroopan vetyintegraatio” 2/2

NORJASTA SYNTYY VEDYN VIEJÄ, RUOTSISSA KAKSI VAHVAA VETYKLUSTERIA

Norja ja Ruotsi vievät vetyä kasvavissa määrin Keski-Eurooppaan. Etenkin Norja on pystynyt muuntautumaan maakaasun ja öljyn tuottajasta vedyn vientimaaksi. Norja on lisännyt voimakkaasti tuulivoimaa ja sen avulla vedyntuotantoa, sekä uusinut Saksan kanssa yhteistyössä Norja-Saksa maakaasuputket mahdollistamaan vedyn siirtämisen isossa mittakaavassa. Projektia on rahoitettu Norjan öljyrahaston sekä Saksan valtion toimesta.

Ruotsin teollisuus on siirtymässä Saksan esimerkkiä seuraten vetytalouteen. Ruotsiin on syntymässä kaksi merkittävää vetyklusteria Kiirunan ja Göteborgin alueille.

SUOMEN TALOUDELLA MENEE HYVIN

Myös Suomi on päässyt muun Euroopan mukana vahvan kasvun uralle. Kilpailukykyinen sähkö, suomalainen kustannustehokas ja osaava työvoima, sekä vahva Keski-Euroopan vetytalouden heijastusvaikutus ovat osaltaan vetäneet Suomeen vetyinvestointeja. Pohjoismaiden vahva tuulivoiman tuotanto sekä Suomen ydinvoimatuotanto ovat kiinnostaneet kansainvälisiä vetyä tuottavia yhtiöitä. Suomi nähdään mahdollisena Euroopan vedyn tuottajana ja viejänä muiden Pohjoismaiden rinnalla.

Suomalainen teollisuus on uudistunut pikkuhiljaa vetytalouden ehdoille teräs- ja kemianteollisuus edellä. Teollisuuden kokonaisenergian kulutuksen kasvu on maltillista, sillä kaikista energiantensiivisimmät vetyteollisuuden investoinnit ovat keskittyneet Keski- ja Etelä-Eurooppaan lähemmäksi eurooppalaista vedyn tuotantoa sekä Afrikasta tuotavaa vetyä. Osittain kokonaisenergian kulutuksen maltillista kasvua on tukenut teollisuuden parantunut energiatehokkuus. Esimerkiksi tuotantolaitosten hukkalämpöä on hyödynnetty entistä laajemmin.

Suomalainen metsäteollisuus on joutunut kehittämään toimintaansa Saksan ja muiden Euroopan unionin isojen maiden 2020-luvulla ajaman hiilinielulainsäädännön takia. Sivuvirtojen polttamisesta on tehty EU:n päästökaupan toimesta kannattamatonta, pakottaen metsäteollisuuden etsimään

sivuvirroille lisäarvoa tuottavia ratkaisuja muun muassa uusien pakkaus-, vaate- ja rakennusmateriaalien valmistamisesta.

SUOMESTA VEDYNTUOTTAJA JA VIEJÄ MUUALLE EUROOPPAAN

Suomalainen energiantuotanto pohjautuu entistä vahvemmin maa- ja merituulivoimalla ja ydinvoimalla tuotettuun sähköön, sekä teollisuuden hukkalämpöihin ja lämpöpumppuihin. Suomessa on tehty merkittäviä investointeja sähköntuotantoon 2020- ja 2030-luvuilla. Toteutuneista investoinneista ydinvoimaan ja tuulivoimaan johtuen Suomen rooli vedynviejänä on myös lisääntymässä 2040-luvun ennusteiden osalta. Suomi näyttäytyy kiinnostavana maana vedyn viejäksi Keski-Eurooppaan Euroopan teollisuuden hyväksyessä ydinvoimalla tuotetun vedyn vihreän vedyn rinnalle.

Sähkönkulutus on ollut voimakkaassa kasvussa vedyn tuotannon syödessä valtavia määriä sähköä. Tuulivoimalla tuotettua sähköä käytetään vedyn tuottamiseen lähellä tuulivoimapuistoja. Vetyä siirretään putkia pitkin teollisuuden ja lämmityksen tarpeisiin sekä Suomessa, että muualle Eurooppaan. Vedyn integrointi isoja lämpövarastoja hyödyntävään kaukolämpöön on ollut taloudellisesti voittava ratkaisu. Vedyntuotannon lisäksi myös akkujen ja muiden varastointimenetelmien tarve markkinoilla on kasvanut.

SUOMEN ENERGIAYHTIÖT UUDISTUVAT VETYTALouden MUKANA

Perinteiset energiayhtiöt ovat muuntautuneet vetytalouden osaajiksi, integroijiksi ja mahdollistajiksi. Energiayhtiöt ovat laajentuneet vedyn sekä vedystä johdettujen polttoaineiden tuotantoon. Maailmalla myös suuret öljy- ja kaasuyhtiöt ovat siirtäneet painoa vedystä johdettaviin polttoaineisiin öljyn ja maakaasun kysynnän hiipuesssa. Voittajiksi markkinalla ovat nousseet yhtiöt, jotka ovat pystyneet muuntautumaan esimerkiksi maakaasusillan kautta vetytoimijoiksi.

Myös kotitaloudet osallistuvat vetytalouden rakentamiseen ja sektori-integraatioon. Esimerkiksi rakennuksiin integroitujen aurinkopaneelien hinta on alentunut merkittävästi. Aurinkopaneelit ovat tulleet isoon osaan rakennuskantaa ja kotien energiantuotanto on ohjauksessa.



Skenaario 4: ”Euroopan vetyintegraatio”

Sähköntuotanto ja -kulutus skenaariossa

SKENAARIO 4

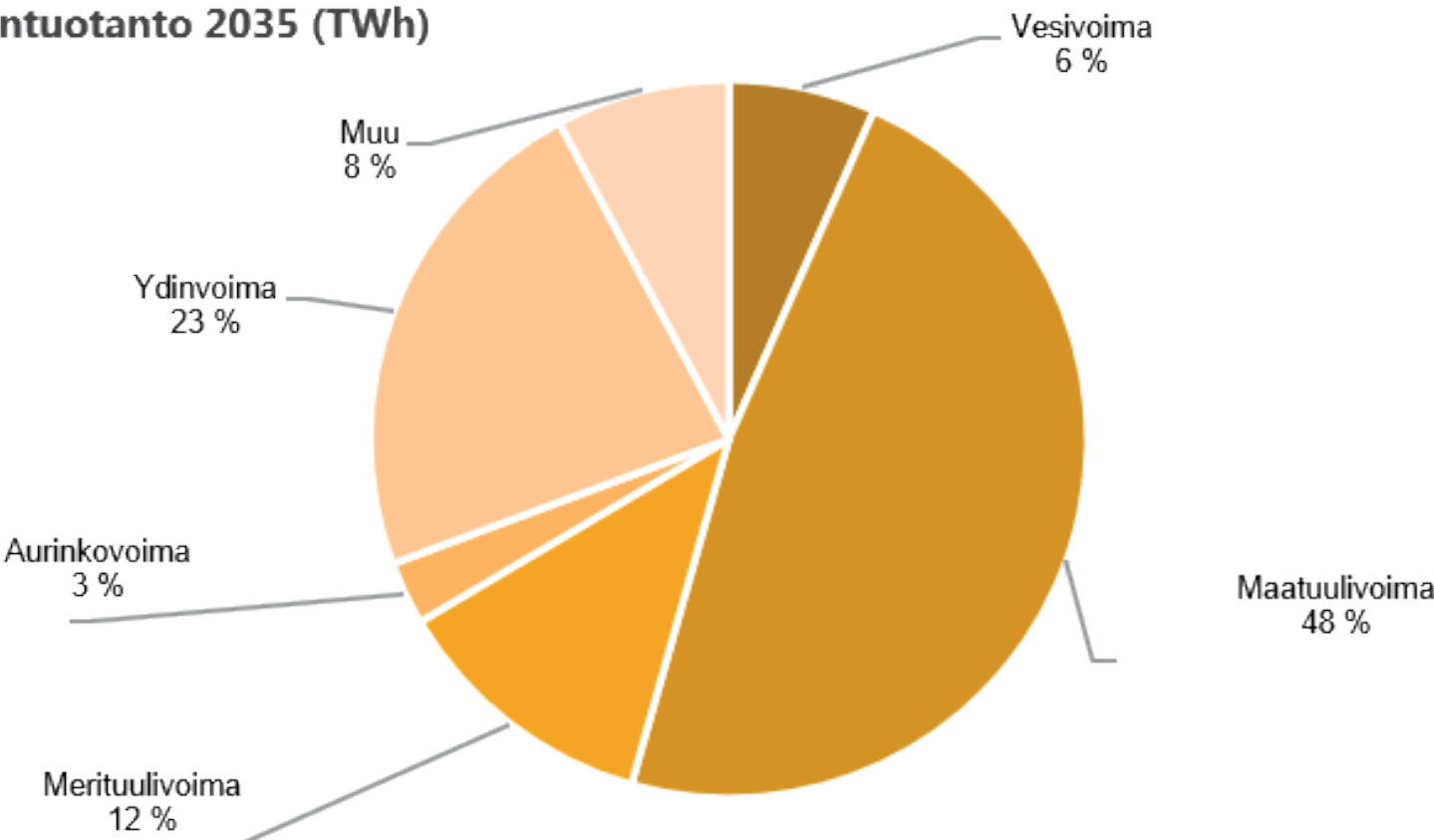
Sähkönkulutus (TWh)

	2020	2035
Teollisuus	39	85
Lämmitys	17	27
Liikenne	1	5
Muu kulutus	28	29
Yhteensä	85	146

Sähköntuotannon kapasiteetti (MW)

	2020	2035
Maatuulivoima	2586	21 000
Merituulivoima	24	3000
Ydinvoima	2794	4394
Vesivoima	3190	2000
Aurinkoenergia	300	6000
Muut tuotantomuodot	8000	4000

Sähköntuotanto 2035 (TWh)



Sähköntuotanto (TWh)

	2020	2035
Maatuulivoima	9	67
Merituulivoima	0,1	17
Ydinvoima	22	32
Vesivoima	15	9,3
Aurinkoenergia	0,2	4
Muut tuotantomuodot	27	11
Tuotanto yhteensä	73,3	140,3
Kulutus	85	146
Suomen energiatasapaino	-12	-5,7

Skenaario 4: "Euroopan vetyintegraatio"

Juoni



**RATKaisevaa
voimaa.**