



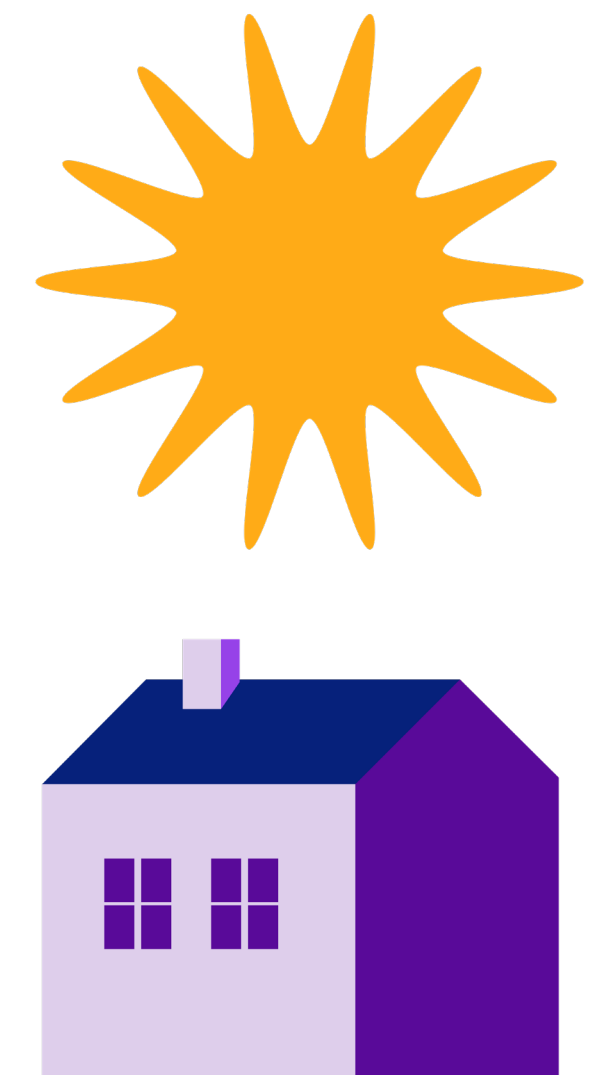
Sisukas suorittaja vai energiamurroksen Euroopan mestari?

Visio menestyvän Suomen
energiatulevaisuudesta



Sisällys

Uutta energiaa Suomen talouteen	3
Puhdas energia kilpailutekijänä ja vihreän kasvun mahdollistajana	5
Puhtaan sähkön ennennäkemätön kasvu	12
Vahvat verkot ja joustava järjestelmä	18
Ratkaisut kestävyyshaasteisiin	22
Yhteenveto: Energiajärjestelmä 2040	26
Askelmerkit päätöksenteolle	29
Viisi askelta Euroopan mestaruuteen	30
Prosessi ja lähteet	36



Uutta energiaa Suomen talouteen

Kansantalouden nollakasvu ja hyvinvointiyhteiskunnan rahoituskriisi. Tämä tarina on valitettavasti kaikille tuttu. Energia-ala tarjoaa ratkaisuja Suomen ongelmiin. Teemme sen investoimalla tulevaisuuteen ja kutsumme kaikki mukaan tekemään muutoksesta totta.

Suomalainen yhteiskunta, energiankäyttäjät ja ympäristö hyötyvät valtavasti energiamurroksen Euroopan mestaruudesta vuonna 2040. Energiaa riittää sähköistyneen yhteiskunnan ja teollisuuden tarpeisiin. Samalla huolehditaan luontopääomasta. Kehittynyt ja puhdas energiajärjestelmä perustuu tuotannon ja kulutuksen joustavaan yhteistyöhön vahvojen verkkojen välityksellä.

2020-luvun haasteet on taklattu mittavilla energiantuotannon ja energiaverkkojen investoinneilla, jotka ovat luoneet otolliset olosuhteet uuden ajan teollisuudelle ja palveluille. On kirjoitettu uusi luku Suomen menestystarinaa ja turvattu hyvinvointivaltion rahoittaminen.

Vähemmänkin rohkeassa tulevaisuuskuvassa Suomi on tehnyt vaativan ja sisukkaan suorituksen. Olemme huolehtineet velvollisuuksistamme, mutta saamme lukea muiden menestystarinoita.





3 MRD €

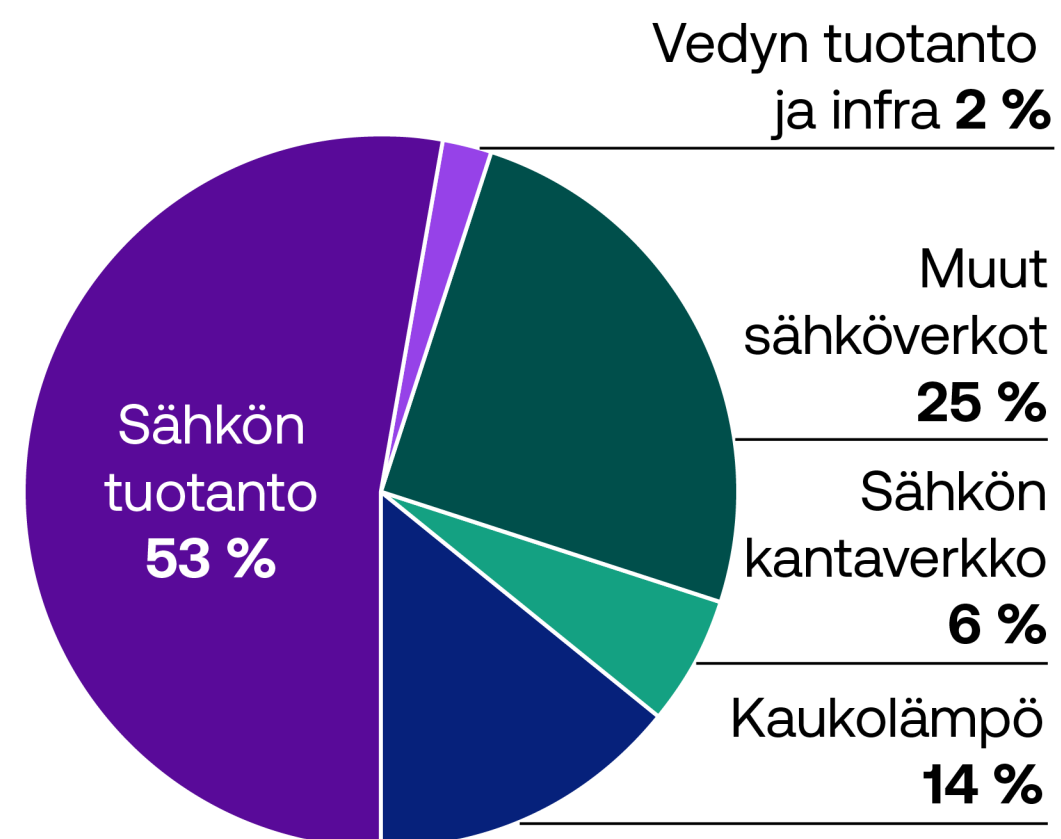
energiainvestoinnit vuosittain



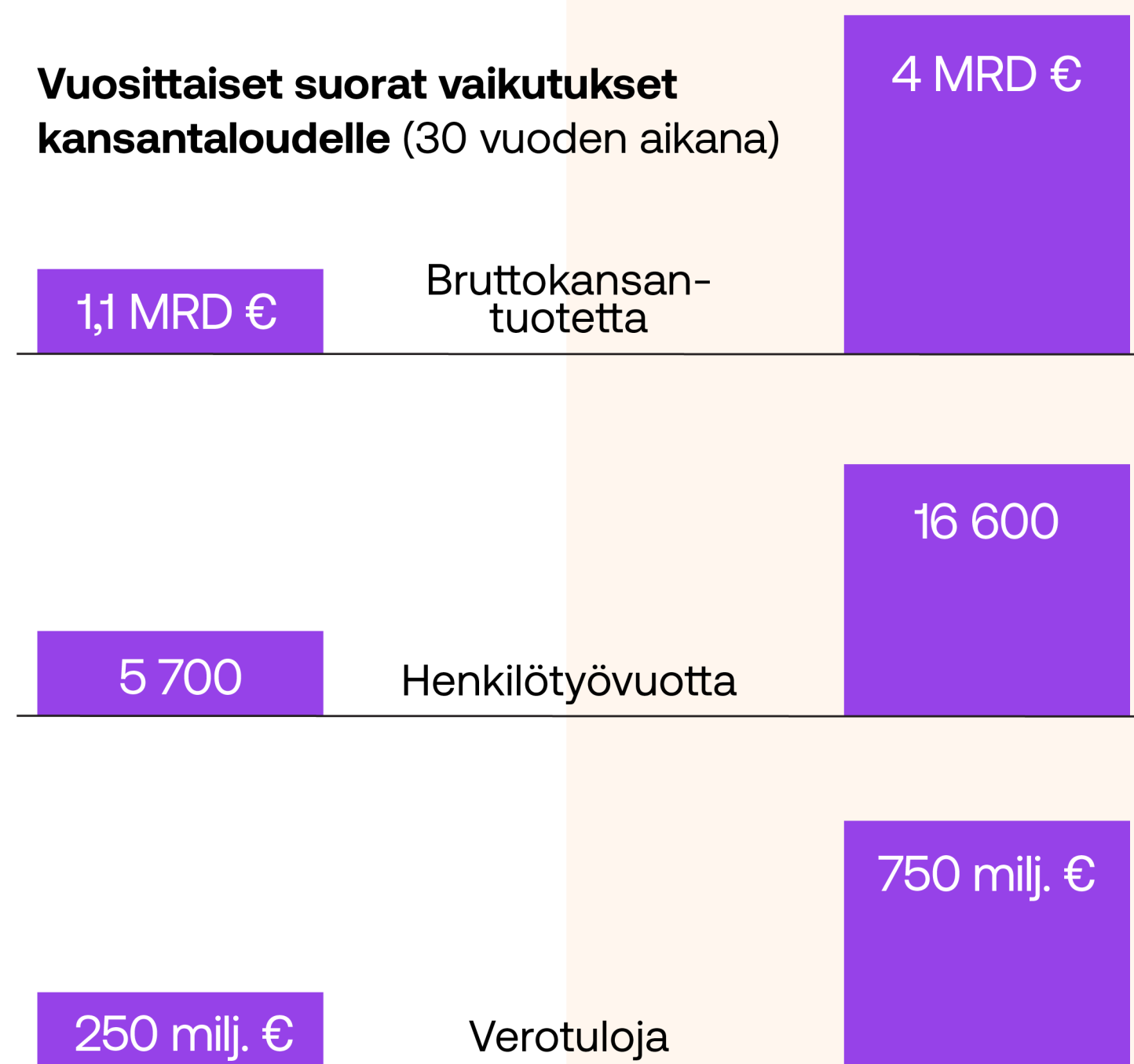
7 MRD €

energiainvestoinnit vuosittain

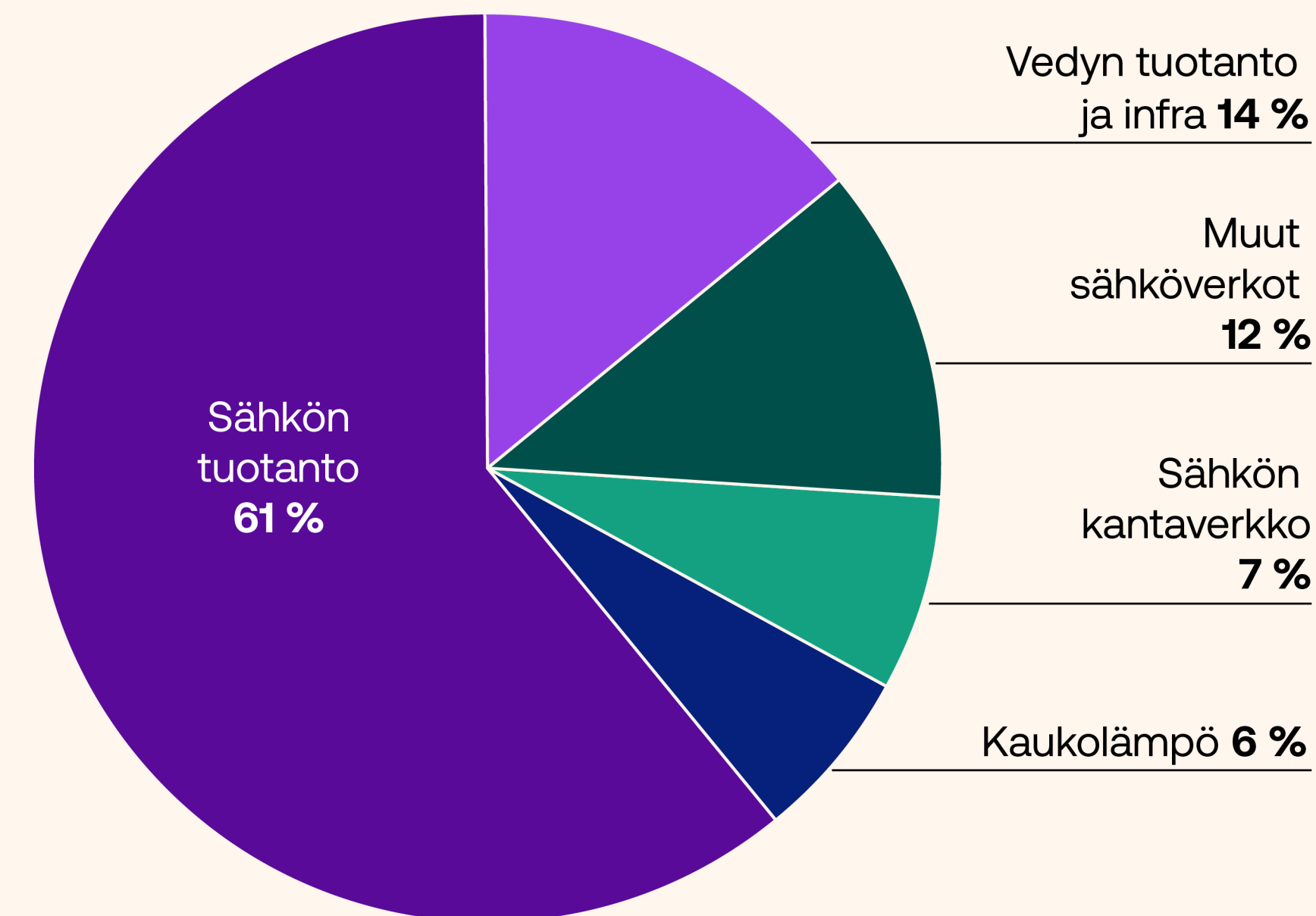
Investointien jakautuminen



Vuosittaiset suorat vaikutukset kansantaloudelle (30 vuoden aikana)



Investointien jakautuminen



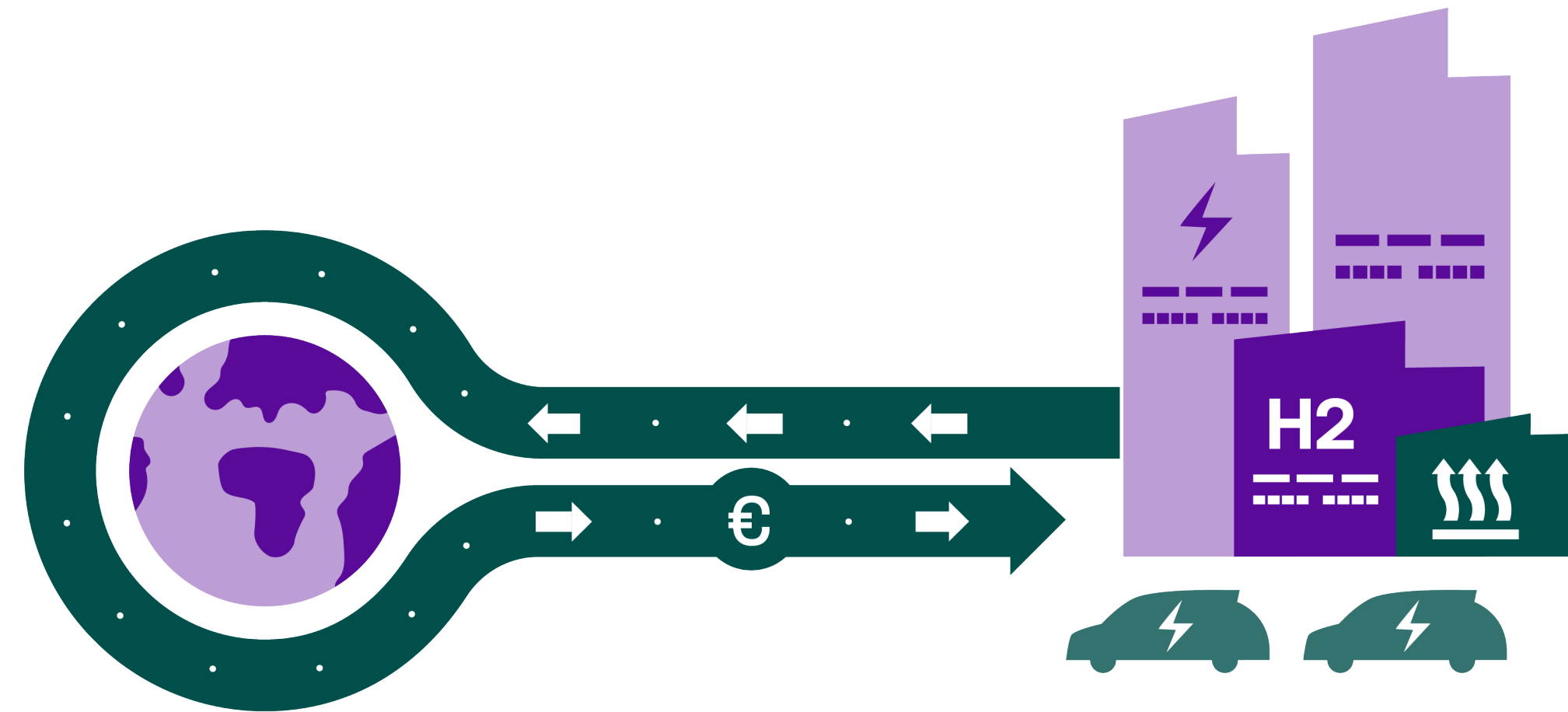
Puhdas energia kilpailutekijänä ja vihreän kasvun mahdollistajana

Energia ratkaisee Suomen suunnan

Euroopan mestarilla on vientiä

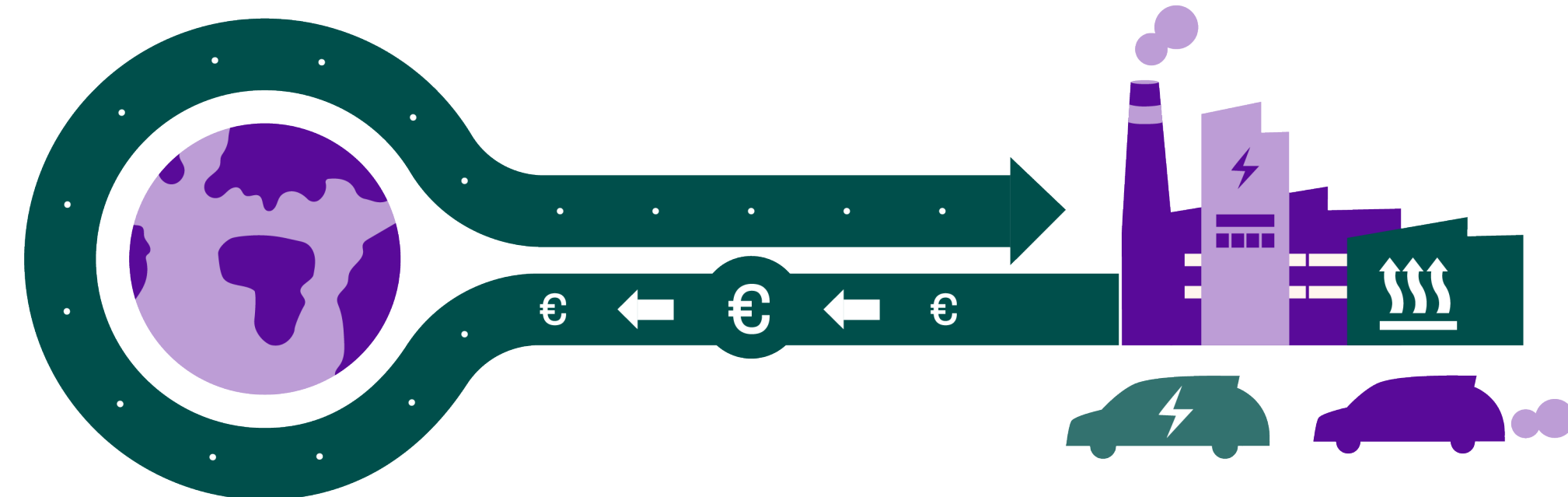
Suomen taloutta 2040 siivittävät teollisuus ja palvelut, jotka perustuvat puhtaaseen sähköön, vetyyn ja talteenotettuun hiilidioksidiin. Niiden rakentuminen pohjaa luotettavaan ja kilpailukykyiseen energiaan.

Puhtaalla sähköllä tuotettua vetyä käytetään teollisuuden puhdistajana ja synteettisten polttoaineiden raaka-aineena. Datatalous palvelinkeskuksineen käyttää paljon puhdasta sähköä. Sähköistynyt talous on iskussa, ja teollisuuden ja palveluiden sivutuotteena syntyvä lämpö pitää kotimme lämpiminä päästöttömästi.



SÄHKÖISTYMISEN ASTE 66 %

2,7-kertainen
vuoteen 2023 nähden



SÄHKÖISTYMISEN ASTE 50 %

2-kertainen
vuoteen 2023 nähden



Vuonna 2040 energiamurroksen Euroopan mestari tahkoaa hyvinvointia

Suomi on Euroopan paras maa energiasäästöiselle teollisuudelle ja tuottaa korkean jalostusarvon tuotteita Euroopan ja maailman markkinoille.

Puhtaalla sähköllä tuotettua vetyä käytetään vientiteollisuudessa, jota on syntynyt Suomeen lisää. Suurinta on vedyn käyttö kemian- ja metalliteollisuuden raaka-aineena. Vedystä tuotetaan myös puhtaita polttoaineita liikenteen ja teollisuuden tarpeisiin. Energiakauppatase on kääntynyt positiiviseksi.

Energiasektorin investoinnit lisäävät työtä elinkaarensa aikana noin 500 000 henkilötyövuotta. Energiainvestoinneilla on lisäksi vahva välillinen vaikutus muiden teollisuusinvestointien ja liiketoiminnan mahdollistajana, joten vaikutus kansantalouteen ja työllisyyteen olisi huomattavasti suoria vaikutuksia suurempi.

Suomea lämmitetään sivutuotteena syntyvän lämmön, lämpöpumppujen, pienydinvoiman ja edullisen sähkön avulla. Yli kahdella miljoonalla sähköautolla hoidetaan yli 80 prosenttia ajetuista kilometreistä. Kotitalouksien energialasku on kohtuullinen suhteessa hyvin kehittyneeseen ostovoimaan.



Vuonna 2040 sisukas suorittaja on pystynyt täyttämään velvoitteensa

Suomi on onnistunut pitämään kiinni osasta energiasäästöistä teollisuuttaan sähköistämällä sen prosessit ja parantamalla energiatehokkuutta. Fossiilinen vety on korvattu puhtaasti sähköllä tuotetulla vedyllä sen perinteisissä käyttökohteissa, kuten polttonesteiden ja typpilannoitteiden valmistuksessa.

Uuden, puhtaan talouden tuotteita tuodaan Ruotsista, Keski-Euroopasta, Yhdysvalloista ja Kiinasta. Energiasektorin investoinnit lisäävät työtä elinkaarensa aikana noin 170 000 henkilötyövuotta.

Suomi lämpenee lämpöpumppujen ja vaihtelevan hintaisen sähkön lisäksi puupolttoaineilla. Miljoonalla sähköautolla hoidetaan yli 50 prosenttia ajokilometreistä. Osa kotitalouksista hillitsee energiakulujaan aktiivisella energiankäytön ohjauksella. Kotitaloudet ovat sopeuttaneet energiankäyttöään polttoaineiden hintojen kohoamiseen ja hintavaihteluun.



120 MRD €

Energiainvestointien lisä
kansantalouteen kumulatiivisesti



34 MRD €

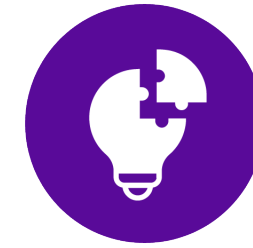
Energiainvestointien lisä
kansantalouteen kumulatiivisesti

Energiatulevaisuus tarvitsee tekijänsä

Mistä koostuu energiamurroksen Euroopan mestaruusjoukkue?

Ainakin asentajista, tuotekehittäjistä, digitaitajista, teknisistä myyjistä, asiakaspalvelijoista, ydinfyysikoista ja poikkitieteellisistä moniosaajista.

He kehittävät ja ottavat käyttöön jatkuvasti uusia yhteiskuntaa, energiankäyttäjiä ja ympäristöä hyödyttäviä ratkaisuja. Erityisen arvokkaita taitoja valoisan energiatulevaisuuden rakentamisessa ovat:



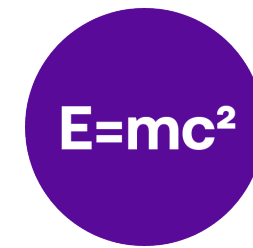
Oppimiskyky, vuorovaikutus ja ongelmanratkaisu



Kyberturvallisuus



Projektijohtaminen



Luonnontieteet ja matematiikka



Asiakaspalvelu ja myynti



Digitalisaatio ja data-analytiikka



Ympäristövastuu ja kestävä kehitys



500 000
henkilötyövuotta

Energiainvestointien tuottama lisä
kumulatiivisesti



170 000
henkilötyövuotta

Energiainvestointien tuottama lisä
kumulatiivisesti

Vetytalous vaatii toteutuakseen lisää sähköä

Vedystä tuotetaan polttoaineita kohteisiin, joissa siirtyminen suoraan sähköön ei kannata. Ilmastoneutraaleja polttoaineita saadaan yhdistämällä vetyä talteenotettuun bioperäiseen hiileen.

Vedyn tuotannon jousto ja varastointi tasaavat sähkön hinnan vaihtelua. Vedyllä käydään myös kansainvälistä energiakauppaa.

Sisukkaan suorittajan skenaariossa voimakkaan vetytalouden kasvun edellytykset eivät ole toteutuneet Euroopassa ja pääosa Euroopan vedyn tarpeesta katetaan tuonnilla. Meilläkin puhtaalla sähköllä tuotettu vety korvaa osan teollisuuden vedyntarpeesta ja uutta synteettisten polttoaineiden tuotantoa on syntynyt rajoitetusti.



Suomi tuottaa
Euroopan vihreästä
vedystä

10 %

ja se vaatii

100 TWh
päästötöntä sähköä



Suomi tuottaa
Euroopan vihreästä
vedystä

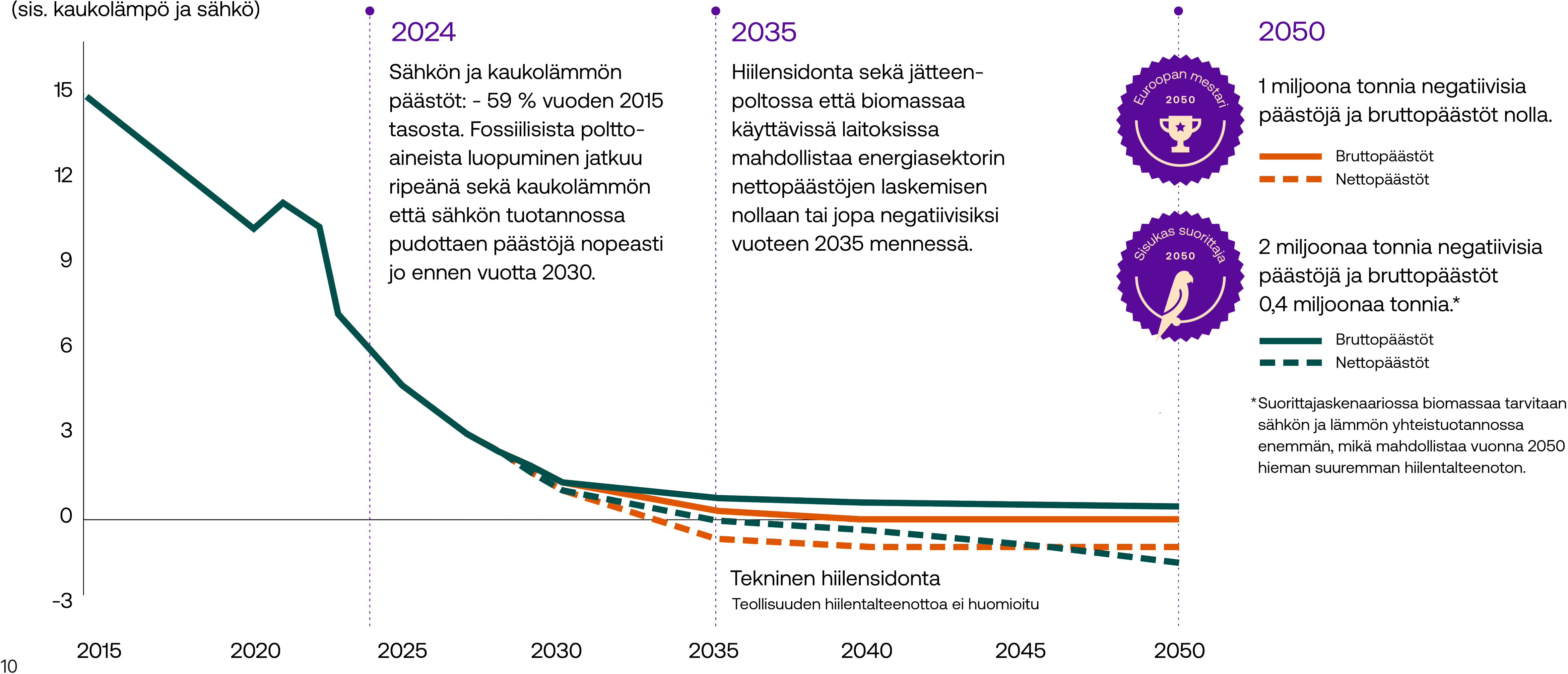
1 %

ja se vaatii

10 TWh
päästötöntä sähköä

Päästöt pakkaselle

Päästöt, MtCO₂
(sis. kaukolämpö ja sähkö)



Uutta teollisuutta hiilidioksidin talteenotosta ja hyötykäytöstä

Suomessa on erityisen hyvät mahdollisuudet ottaa talteen bioperäistä hiilidioksidia ja valmistaa siitä fossiilisten tuotteiden korvaajia.

Suomessa metsäteollisuudessa sekä jätteen ja biomassojen energia-käytössä syntyy vuosittain 30 miljoonaa tonnia bioperäistä hiilidioksidia. Sitä voidaan ottaa talteen ja käyttää fossiilisten raaka-aineiden korvaajana useissa tuotteissa, yhdistäen sitä myös puhtaaseen vetyyn.

Hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön (CCU, carbon capture and utilisation) tuotteina syntyisi muun muassa hiilineutraaleja lento-, laiva- ja tieliikenteen polttoaineita, polymeerejä, täyteaineita ja sementtiä. Tuotanto kasvattaisi teollisuuden arvonlisää ja vähentäisi päästöjä, kun fossiilisia tuotteita korvattaisiin CCU-vaihtoehtoilla Suomessa ja viennin myötä maailmalla.



Mitä tarvitaan?

11 MRD €

investointeja
yhteensä

8 Mt

bioperäistä
hiilidioksidia

50 TWh

puhdasta sähköä

1,2 Mt

puhdasta vetyä



Mitä saadaan?



7 MRD €

tuotantoa vuosittain



1 100 henkilöä

uutta työllistä



2,5 Mt CO₂

vähemmän päästöjä



2 Mt

vähemmän raakaöljyä



700 000 tonnia

vähemmän fossiilipohjaisia
tuotteita

Lähde: VTT, 2024: Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentialista

Puhtaan sähkön ennennäkemätön kasvu

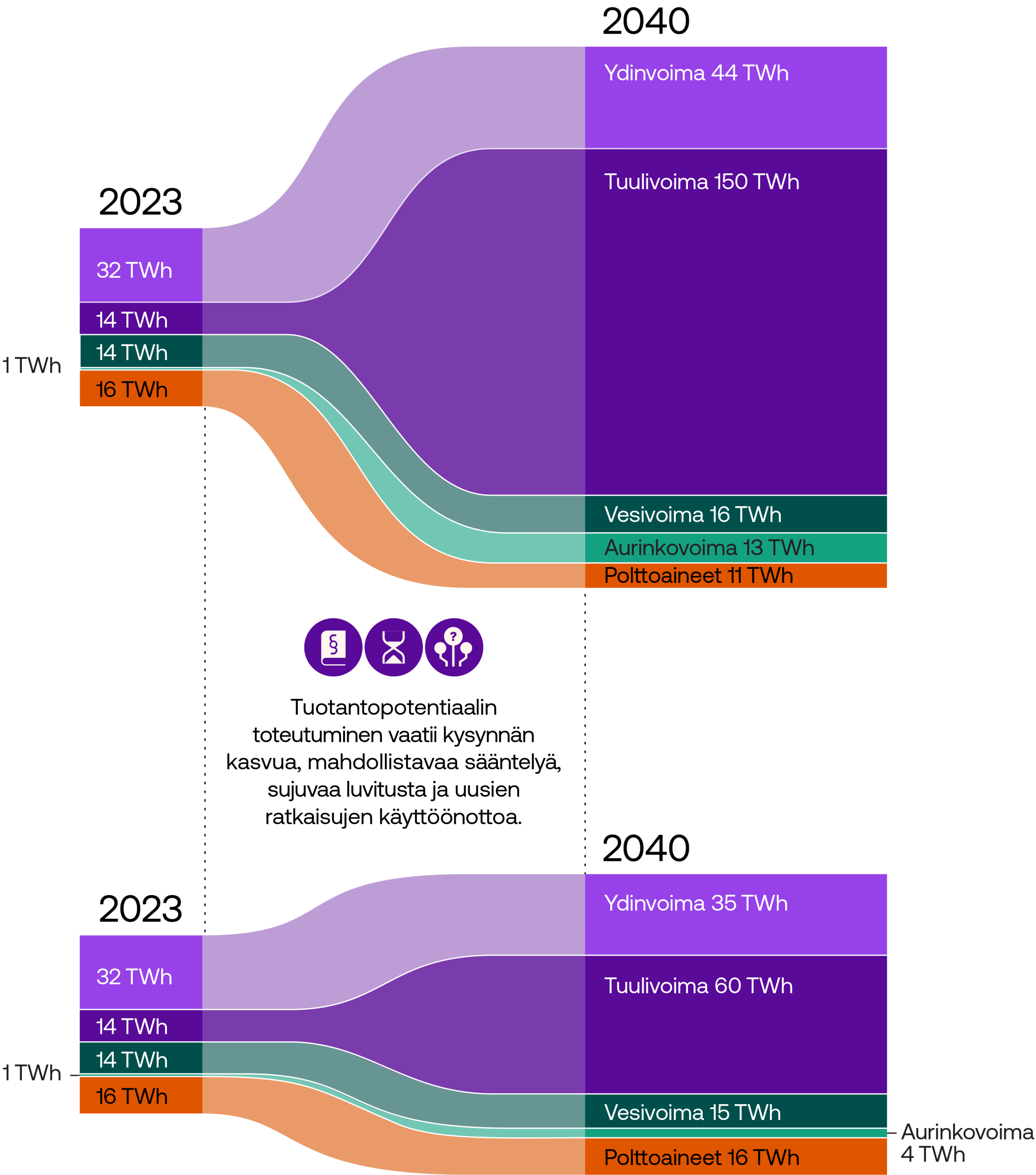
Tuotanto moninkertaistetaan

Puhtaasta energiasta elinvoimaa koko Suomeen

Suomi on puhtaan sähköntuotannon voittaja.

Energiantuotannon Euroopan mestari -skenaariossa maatuulivoiman tuotanto on kahdeksankertaistunut. Mestari tarvitsee myös mittavan määrän merituulivoimaa, aurinkovoimaa ja pienydinvoimaa. Ylläpidetty ja kehitetty vesivoima, perinteinen ydinvoima ja kestävät polttoaineet tasapainottavat tuotantoa. Jos emme pysty tähän, kuka muu muka?

Sisukas suorittaja -skenaariossakin Suomi täyttää ilmasto ja energia-velvoitteensa, mutta talouskasvu jää pieneksi. Puhdasta sähköä saadaan lisää merkittävästä investoinneista tuuli- ja aurinkovoimaan.



2,8-kertainen
vuoteen 2023 nähden



1,6-kertainen
vuoteen 2023 nähden

Vahvuuksiemme hyödyntämistä tulee jatkaa...



Maatuulivoima

- + Hinnaltaan erittäin kilpailukykyinen, hyvät investointinäkymät koko maassa, kunhan Itä-Suomen esteet on saatu ratkaistua
- Tuotannon vaihtelu on suurta



Sähkön ja lämmön yhteistuotanto biomassasta

- + Tärkeää säilyttää huolto- ja toimitusvarmuuden vuoksi sekä sähköjärjestelmän tasapainottajana etenkin talvella
- + Hiilidioksidin talteenotosta uusia liiketoimintamahdollisuuksia
- Kestävän biomassapolttoaineen hinta ja saatavuus



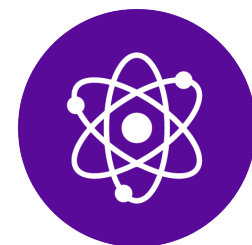
Perinteinen vesivoima

- + Tärkeää huoltovarmuudelle ja sähköjärjestelmän tasapainolle
- Mahdollisuudet lisätä uusia laitoksia ovat rajalliset



Sähkökattilat

- + Erittäin kustannustehokasta lämmön- tuotantoa sähkön ollessa edullista, tuo tasapainoa sähköjärjestelmään, määrä voimakkaassa kasvussa
- Tarvitsee paljon sähkönsiirtokapasiteettia



Nykyisten ydinvoimaloiden käyttöön jatkaminen

- + Pienet käyttökustannukset, laitokset ja niiden infra ovat olemassa

Uudet suuret ydinvoimayksiköt

- + Tunnettua teknologiaa
- Korkeat rakentamiskustannukset, pitkät luvitusprosessit



Jätteen energiakäyttö

- + Kierrätyskelvottoman jätteen polton tuottama energia hyödynnetään sähkön ja lämmön tuotannossa, tulevaisuudessa hiilidioksidin talteenotto mahdollistaa fossiilisten raaka-aineiden korvaamisen tuotteiden valmistuksessa (CCU-teknologiat)



Biokaasu

- + Korvaa dieseliä meri- ja tieliikenteessä
- + Vähentää maatalouden ja jätteiden käsittelyn päästöjä
- Raaka-aineet maantieteellisesti hajallaan

...ja uusien ratkaisujen käyttöönottoa kiihdyttää



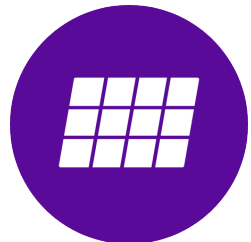
Merituulivoima

- + Teknologia kehittyy nopeasti, suuri investointipotentiaali, tuottaa maatuulivoimaa tasaisemmin
- Talveen liittyviä teknisiä haasteita ja toistaiseksi korkea kustannustaso



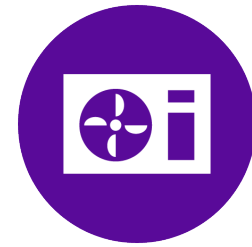
Pumppuvoimalat

- + Tasapainottaisivat sähköjärjestelmää ja tasaisivat hintapiikkejä



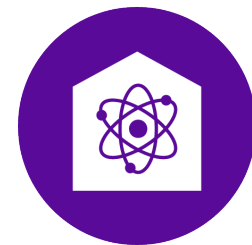
Teollisen tason aurinkovoimalat

- + Hinnaltaan kilpailukykyistä, teknologia kehittyy nopeasti, suuri investointipotentiaali, määrä kasvussa
- Tuotanto on suurinta kesällä ja pientä talvella



Teolliset lämpöpumput

- + Teknologinen kehitys on lupaavaa, mahdollistavat uusien sivuvirtalämpöjen hyödyntämisen kaukolämpöjärjestelmän kehittyessä



Pienet ja modulaariset ydinreaktorit (SMR)

- + Teknologian kehitys on lupaavaa etenkin lämmöntuotantoon suunnitelluissa reaktoreissa, mahdollinen tuotantomuoto sinne, missä sivuvirtalämpöjä ei ole saatavilla
- Toistaiseksi korkeat investointikustannukset, mutta sarjavalmistus voi laskea hintaa



Vety ja e-polttoaineet

- + Suuri potentiaali hyödyntää puhdasta sähköä ja korvata fossiilista energiaa ja raaka-aineita
- + Muodostaa arvoketjuja hiilidioksidin talteenoton ja hyödyntämisen kanssa
- Elektrolyysillä tuotettu vety on toistaiseksi kalliimpaa kuin fossiilinen vety



Vuonna 2040 Euroopan mestarin Suomessa sähköntuotannon kasvussa on onnistuttu

Kilpailukykyisen toimintaympäristön, sujuvan luvituksen ja kasvaneen kysynnän ansiosta Suomeen on rakennettu mittavasti uutta sähköntuotantoa. Ylivoimaisesti suurin tuotantomuoto on maatuulivoima. Myös merituulivoima, aurinkovoima ja ydinvoima ovat kasvaneet tuntuvasti. Säättövoimatilanne on kohentunut vesivoiman tehonkorotusten, muutaman uuden laitoksen ja pumppuvesivoiman ansiosta.

Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa käytetään yhä jonkin verran puupolttoaineita jätepolttaineiden ohella. Vuosittaiset tuotantoinvestoinnit ovat olleet koko 2030-luvun miljardiluokassa.



Vuonna 2040 sisukkaan suorittajan Suomessa on sivu suun menneitä sijoituksia ja lunastamattomia lupauksia

Tuotantoinvestointeja on saatu jatkettua fossiilisten polttoaineiden käytön korvaamiseksi teollisuudessa, liikenteessä ja lämmityksessä. Suomen epävarma toimintaympäristö, hidas luvitus ja teollisuuden sijoittuminen muihin maihin ovat johtaneet siihen, että maa on menettänyt sähköntuotannon investointeja kilpailijoille. Pienydinvoimaa ei ole onnistuttu toteuttamaan Suomessa. Ilmastomuutoksen myötä lisääntynyt sateisuus on kasvattanut jonkin verran vesivoiman tuotantoa ilman uusia investointeja.

Teollisuudella on vielä jäljellä merkittävä määrä sähkön ja lämmön yhteistuotantoa, joka käyttää pääasiassa puupolttoaineita. Jätepolttaineita käytetään sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannossa.



Suomi on pienydinvoiman kärkimaa. Muutama keskikokoinen modulaarinen ydinvoimala tuottaa vakaata mutta säästökykyistä sähköä noin 9 terawattituntia vuodessa. Lisäksi useat pienet ydinlämpökattilat ovat isojen kaupunkien keskeinen polttamaton lämmönlähde teollisen kokoluokan lämpöpumppujen ohella.



Pienydinvoima ei ole saavuttanut teknistaloudellista kannattavuutta Suomessa. Vain osittain modulaarisuuden ja sarjatuotannon mahdollistava lainsäädäntö nostaa kustannuksia, eikä kaavoituksessa ole löydetty toimivia rakennuspaikkoja ydinlämpölaitoksille.

Tuulivoima pyörittää hyvinvointivaltiota

Vuonna 2040 Suomessa on 7 500 tuulivoimalaa. Ne on sijoitettu yhteiskunnan, luonnon ja energiajärjestelmän kannalta fiksuihin paikkoihin maalle ja merelle. Suomen sähköverkot ovat vahvat, ja Itä-Suomen tutkien toimintaan liittyvät haasteet on ratkaistu. Siten tuulivoiman paikalliset hyödyt jakautuvat koko harvaan asuttuun maahan.

Edullisuutensa ansiosta tuulivoimalla tuotetaan kaksi kolmasosaa Suomen sähköstä. Luonto- ja maisemavaikutuksia hallitaan joustavalla sijoittamisella ja vastuullisella hankesuunnittelulla.

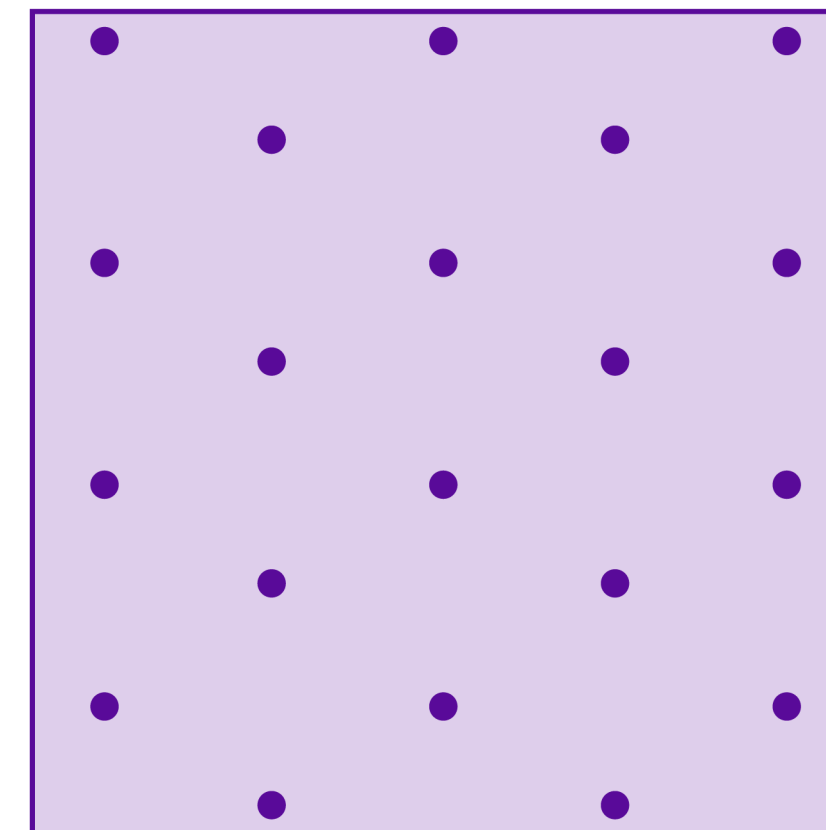
Suorittaja-Suomessa tuulivoimaloita on vain 3 500 ja niiden sijoittelu on keskittynyttä. Suomi ei saa tuulivoimasta kaivattua hyvinvointivaltion uutta moottoria.

Mahtuuko tuulivoima Suomeen?

Euroopan mestari -skenaarion Suomessa tuulivoiman tiheys on vuonna 2040 vain seitsemäsosa Tanskan vuoden 2023 tilanteesta.



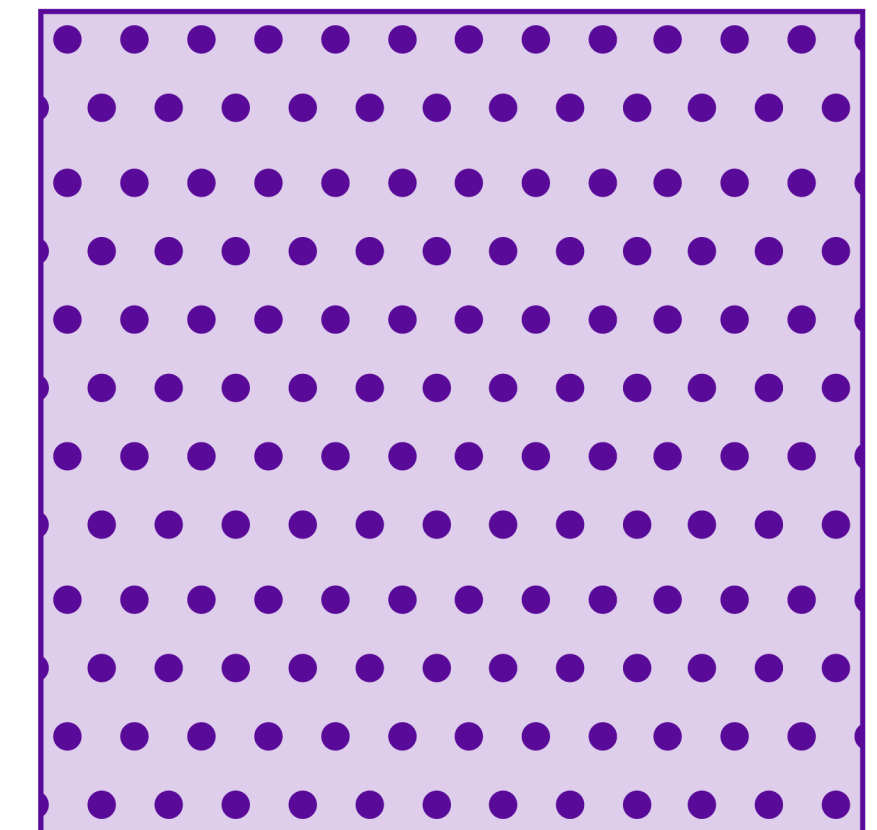
SUOMI 2040



20 tuulivoimalaa
/ 1000 km²



TANSKA 2023



138 tuulivoimalaa
/ 1000 km²

Vahvat verkot ja joustava järjestelmä

Uusi tasapaino löytyy yhteistyöllä

Verkot mahdollistavat murroksen

Uusi energiajärjestelmä perustuu vahvoihin verkkoihin. Suomen onnistuminen verkkojen rakentamisessa pohjaa huippuosaamiseen ja erinomaiseen lähtötasoon sekä älykkäisiin kannusteisiin.

Paljon entistä vahvemmassa sähkönjakeluverkossa uusi tuotanto ja kulutus saadaan kohtaamaan. Vedyllä katetaan peräti puolet Suomen pohjois-eteläsuuntaisesta energiansiirrosta.

Lämpöverkot mahdollistavat teollisuuden ja datakeskusten tuottaman lämmön hyödyntämisen kaupungeissa. Lämpövarastoihin saadaan säilöttyä jopa kesällä tuotettua lämpöä talven varalle.



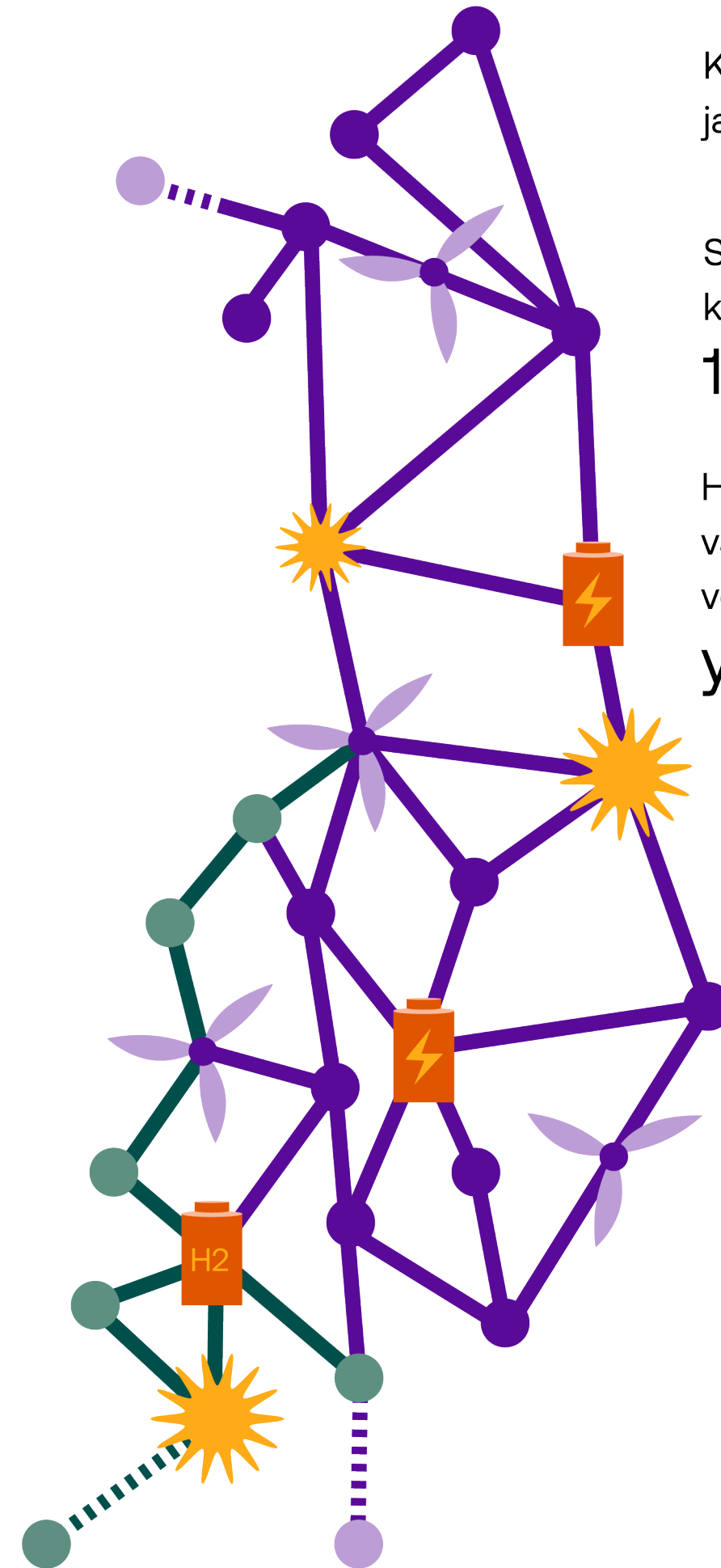
+10
pohjois-eteläsuuntaista
kantaverkkoyhteyttä

Sähkön
rajasiirtoyhteydet
yli 8 000 MW

Kansallinen vetyverkko
ja rajasiirtoyhteydet

Sähkönjakeluverkkojen
kapasiteetti kasvanut
160 %

Hukkalämpöjen
vastaanotto lämpö-
verkoissa kasvanut
yli 100 %



+8
pohjois-eteläsuuntaista
kantaverkkoyhteyttä

Sähkön
rajasiirtoyhteydet
6 000 MW

Ei laajaa
vetyverkkoa

Sähkönjakeluverkkojen
kapasiteetti kasvanut
90 %

Hukkalämpöjen
vastaanotto lämpö-
verkoissa kasvanut
yli 50 %





Euroopan mestaruus saavutetaan vahvojen ja älykkäiden verkkojen varassa vuonna 2040

Sähkön ja vedyn siirtoverkot on toteutettu kokonaisuutena, jossa käyttäjät – sekä teollisuus että kuluttajat – saavat kasvaviin tarpeisiinsa energiaa luotettavasti. Verkkoja ja tuotantolaitosten sijoittumista suunnitellaan energaintensiivisen teollisuuden kanssa. Vety- ja lämpöverkot sekä niihin liittyvät suuret energiavarastot tasaavat tuotannon ja kulutuksen vaihteluita.

Vahvan sähköjakeluverkon palvelemat asiakkaat ovat aktiivisia energiajärjestelmän toimijoita. Heillä on kannusteet lisätä tai vähentää kulutusta tilanteen mukaan. Tekoälyn ja

vahvojen verkkojen ansiosta jousto tapahtuu automaattisesti, toimintavarmuus on hyvä ja kustannukset ovat kohtuullisia.

Energiaa viedään myös naapurimaihin sähkönä, vetynä ja siitä jatkojalostettuina polttoaineina, mutta ennen kaikkea valmiina teollisuus- ja palvelutuotteina.



Sisukas suorittaja ei saa uusiutuvaa energiaa hyötykäyttöön vuonna 2040

Verkkojen käyttöaste on korkea. Ajoittain verkot eivät pysty ohjaamaan tai varastoimaan kaikkea uusiutuvaa energiaa hyötykäyttöön, jolloin tuotantoa joudutaan rajoittamaan. Teollisuudella ja palveluilla on rajoitetusti mahdollisuuksia sijoittua Suomeen, koska siirto- ja jakeluyhteyksiä ei ole riittävästi.

Sähkön riittävyys on ajoittain riippuvaista tuonnista. Sähkön ylituotantotilanteissa lämpöverkot toimivat varastoina.

Vetyverkot ovat paikallisia ja palvelevat teollisuuden tuotantoprosesseja. Synteettisiä polttoaineita valmistetaan kattamaan osa raskaan liikenteen kotimaisesta kulutuksesta. Kiinteistöt ohjaavat omaa energiankulutustaan hintasignaalin perusteella.



Kaukolämpö tasapainottaa merkittävästi myös sähköjärjestelmää: yhteensä kolmen gigawatin tehoiset sähkökattilat ja satojen gigawattituntien lämpövarastot auttavat kysynnän ja tarjonnan hallinnassa. Kaukolämpöverkko mahdollistaa teollisuuden ja palveluiden tuottaman hukkalämmön hyötykäytön, mikä parantaa hankkeiden kannattavuutta.



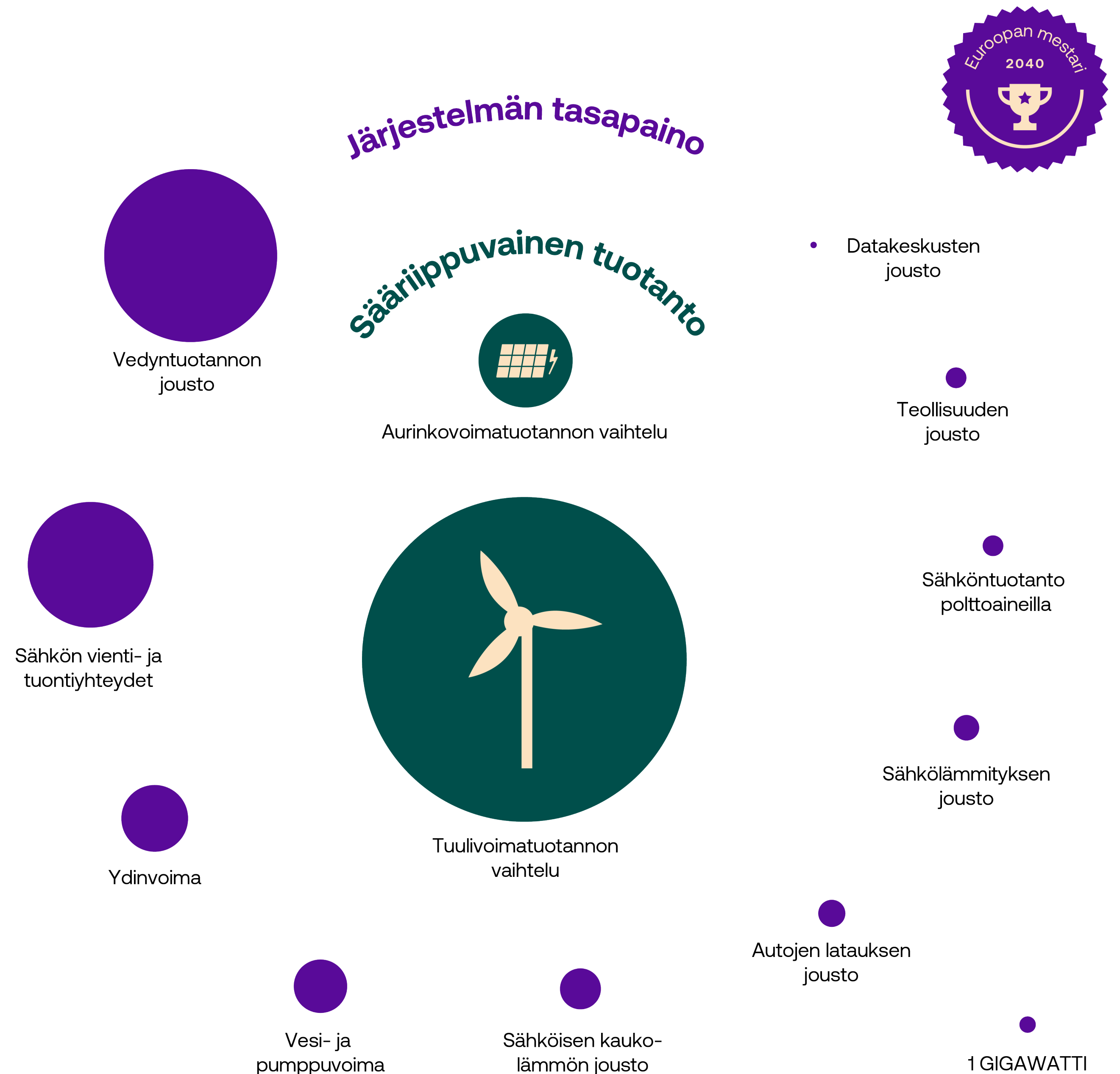
Kaukolämmön sähkökattiloiden ja lämpövarastojen kehitys on hidastunut verotuksen, kaavoituksen ja verkon rajoitteiden vuoksi. Teollisen kokoluokan lämpöpumput hyödyntävät lähinnä ympäristölämpöä, koska uuden teollisuuden sivutuotelämpöä on niukasti saatavilla uusien investointien mentyä sivusuun.

Sähköjärjestelmän tasapaino rakentuu monipuolisista joustoista

Hinnaltaan kilpailukyinen, vaihteleva energiantuotanto on 10-kertaistettu Suomessa. Energiasysteemin tasapainosta huolehditaan kaikilla käytettävissä olevilla keinoilla.

Maa- ja merituulivoiman sekä aurinkovoiman vaihtelua tasapainottavat vesi- ja ydinvoima sekä polttoaineita käyttävä kapasiteetti. Teollisuuden, kotitalouksien ja liikenteen sähkönkäyttö joustaa aktiivisella ja automaattisella ohjauksella. Lämpöverkot varastoivat suuria määriä energiaa.

Vedyn tuotanto joustaa vetyverkoston ja -varastojen avulla. Sähkön siirto-yhteyksiä naapurimaihin tarvitaan mestari-Suomessa yli kaksi kertaa vuotta 2023 enemmän. Tasapainottamista helpottavat sääriippuvaisen tuotannon hyvä ennustettavuus ja alaspäin säätö tarvittaessa.



Ratkaisut kestävyyshaasteisiin

Luonto asettaa energiamurroksen reunaehdot

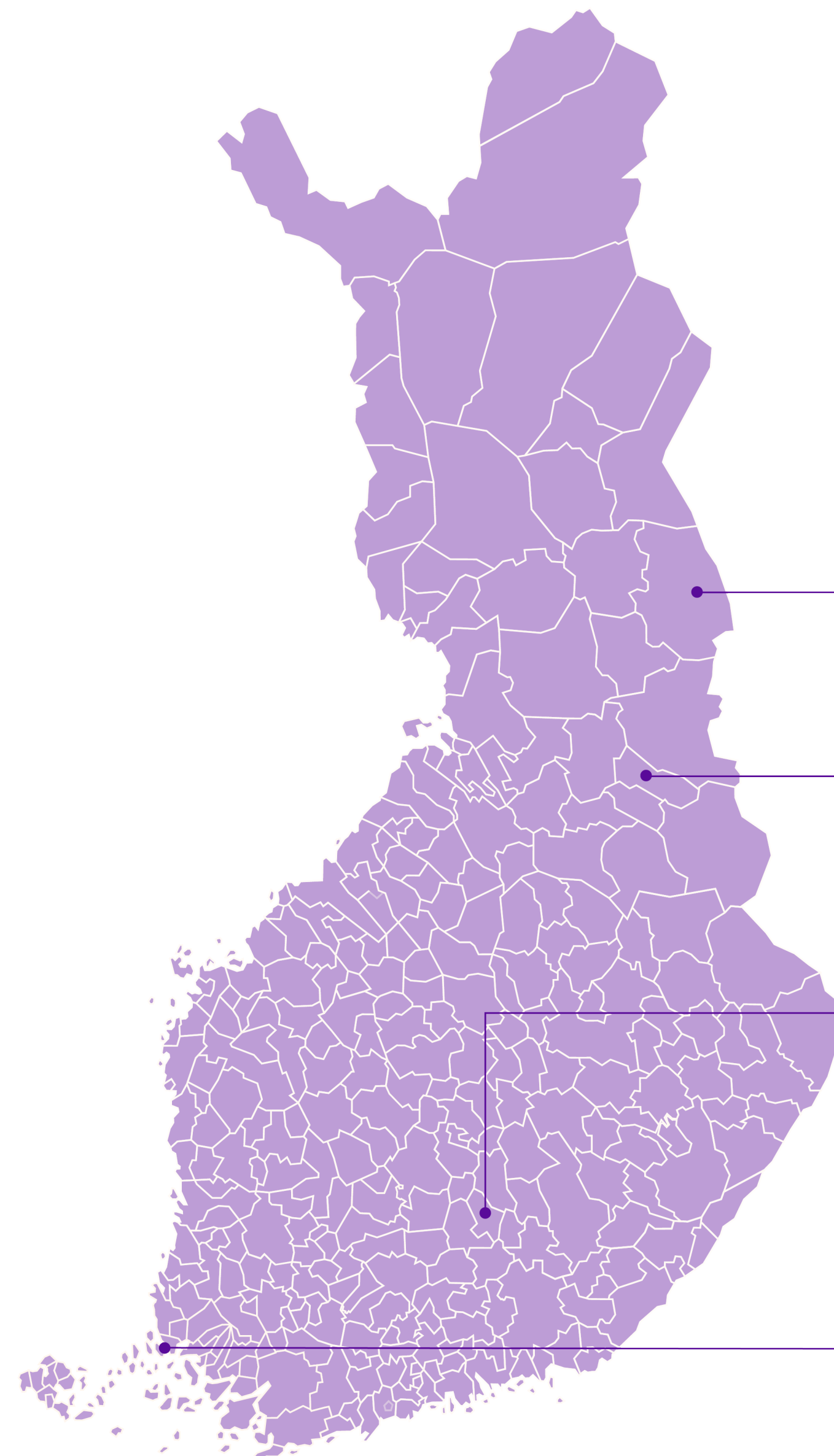
Luontopositiivista energiaa 2040

Irtautuminen fossiilisista polttoaineista ja niiden tuotantoketjuista on energia-alan suurin ympäristöteko. Ilmastomuutoksen hillintä torjuu tehokkaasti luontokatoa.

Luontoarvoista huolehditaan riippumatta siitä, päädymmekö Euroopan mestariksi vai tekemään sisukkaan suorituksen. Haasteen mittasuhteet ja ratkaisutavat ovat osin erilaiset. Vahvan talouskasvun Suomessa energiajärjestelmä on isompi mutta myös mahdollisuudet torjua ja kompensoida luontovaikutuksia ovat suuremmat.

Maankäyttö on keskeinen luontovaikutusten määrittäjä. Tuulivoimalat ovat aiempaa isompia. Siksi ne vaativat vähemmän kokonaispinta-alaa luonnossa, ja luontoarvoiltaan arvokkaimpia alueita on voitu välttää. Lisääntyneen ydinvoiman vähäinen tilantarve on pienentänyt energian maankäyttövaikutuksia.

Monimuotoinen luonto voi menestyä myös energiaverkkojen ja -tuotannon ympäristössä, kun toimitaan sopusoinnussa ja paikallisia olosuhteita vaalien.



Energian tuotantoon ja jakeluun tarvittavat pinta-alat



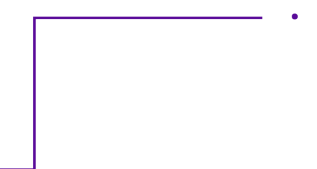
1,7 % Suomen pinta-alasta on alle 500 m etäisyydellä tuulivoimalasta - **vastaa Kuusamon kokoista aluetta**



0,4 % on sähköjohtojen alla tai maakaapeleiden päällä - **vastaa Hyrynsalmen kokoista aluetta**



0,3 % Suomen metsäalaa vastaava määrä puuenergiaa otetaan teollisuuden sivuvirroista kaukolämmöksi ja sähköksi - **vastaa Hartolan kokoista aluetta**



0,05 % Suomesta on aurinkovoiman käytössä - **vastaa Kustavin kokoista aluetta**





Euroopan mestarin energiajärjestelmä on kestävä ja resilientti

Suomi on energiaomavarainen toimija Euroopan energia-markkinoilla monimuotoisen energiajärjestelmänsä turvaamana. Kilpailukykyinen kustannustaso muodostuu tuulivoimasta tärkeimpänä sähköntuottajana ja sen vaihtelun tasapainottamisesta. Taloudellisesti vahva Suomi huolehtii turvallisuudesta ja on sosiaalisesti yhtenäinen.

Energian luontovaikutuksien huomioimiseen on panostettu suunnittelussa ja luvituksessa. Vaikutusten minimoinnin jälkeen jäljelle jääneet vaikutukset on kompensoitu. Vaelluskalojen lisääntyminen on mahdollista useimmissa vesivoimavesistöissä erilaisten ohitusratkaisujen ansiosta. Käyttötarkoituksensa menettäneitä patorakenteita on purettu.

Sähköverkkoja on rakennettu suunnitelmallisesti maankäytön tarvetta minimoiden ja luonnon pirstaloitumista välttäten. Monimuotoiset kedot, perinneympäristöt ja kosteikot kukoistavat johtoalueilla.

Energiantuotantomuotojen ja verkkojen vastuullisuuden ja hyötyjen ansiosta niillä on vahva yleinen tuki. Tämä on näkynyt sääntelyn johdonmukaisuutena.



Sisukas suorittajaan ei jätä luontoa pulaan

Yhteistyössä Pohjoismaiden ja Baltian kanssa Suomi on pääosin energiaomavarainen, ja energiaturvallisuudesta on huolehdittu. Suomi ei ole onnistunut kilpailemaan uuden sähkön-tuotannon ja kulutuksen investoinneista, ja asiakkaat ovat keskenään osin eriarvoisessa asemassa energiamarkkinoilla.

Energian luontovaikutuksia on torjuttu vapaaehtoisin ja pakottavin toimin, osin investointeja rajoittaen. Euroopassa sovitut luonnon tilan vähimmäistavoitteet on saavutettu. Yhtiöillä on hyviä esimerkkejä paikallisista luontohankkeista. Energiantuotannon ja verkkojen hyväksyttävyydestä käydään vilkasta keskustelua.



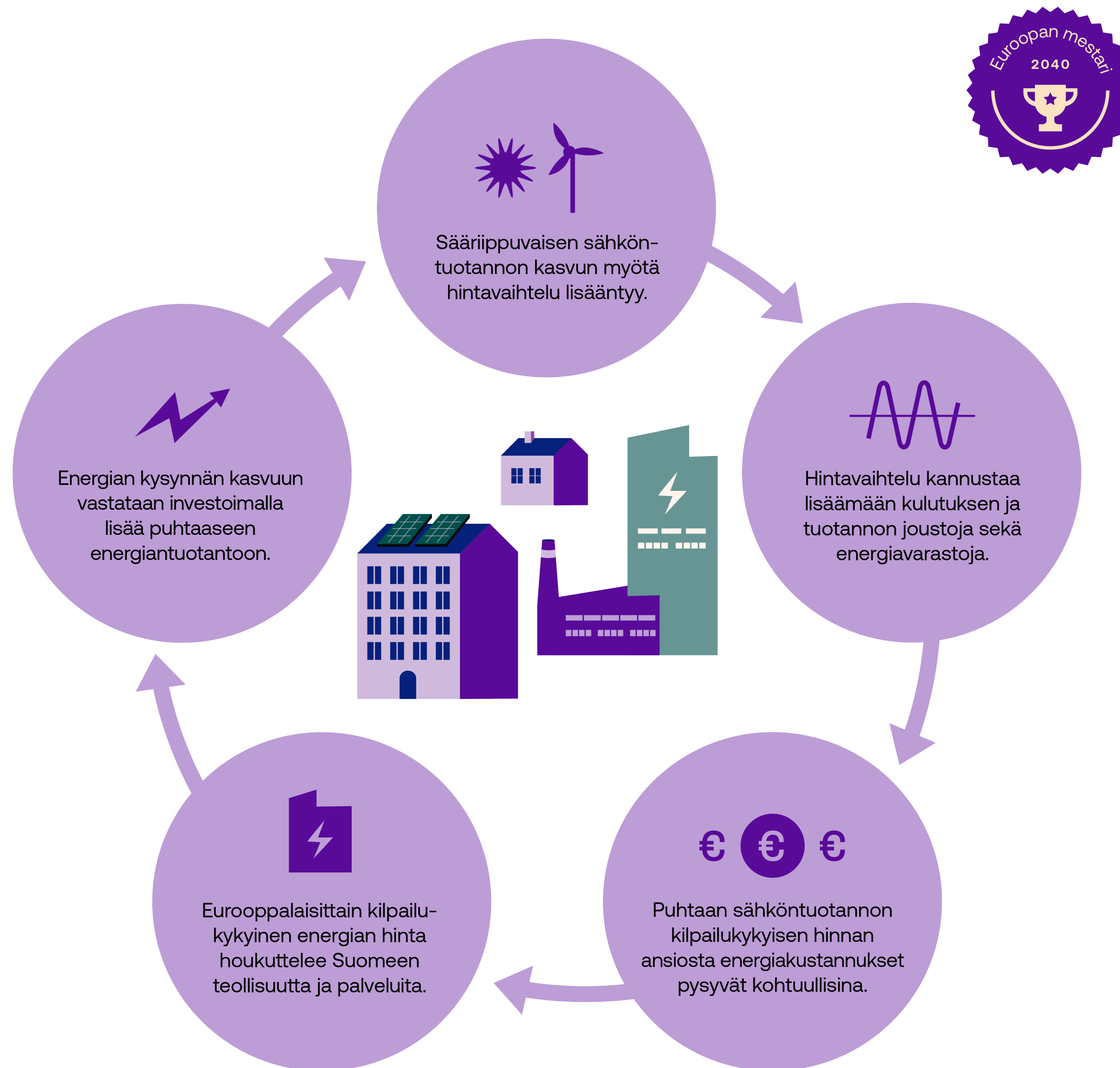
Metsäpolttoaineet kaukolämmön ja sähkön tuotantoon saadaan teollisuuden sivuvirroista, ja niiden käyttö on vähentynyt. Teollisuus noudattaa puunhankinnassaan monimuotoisuuden huomioivia metsänhoitotapoja arvoalueiden turvaamiseksi. Ojitusta on vähennetty, lahopuun määrä on kasvanut, metsien ikärakenne on monipuolinen ja korjuusta jää aiempaa pienemmät jäljet.

Asiakas hyötyy hyvän kiertteestä

Energiamurros ei synny ilmaiseksi, mutta sen tekemättä jättäminen olisi mittaamattoman kallista. Menestyvään Suomeen on sijoittunut kokonaan uusia energiankäyttäjiä, jotka kantavat osansa tuotanto- ja verkkoinvestointien kustannuksista. Vahva talous mahdollistaa hyvinvointivaltion palvelut heikommassa asemassa olevista huolehtimiseksi.

Teollisuus osallistuu aktiivisesti kysynnän ja tarjonnan tasapainon hakemiseen. Asiakkaat voivat hyödyntää hintavaihtelua sopimusmallien, oman energiantuotannon, varastojen ja kulutusohjauksen automatiikan avulla. Lisäksi kotitaloudet ja yritykset voivat valita itselleen sopivan tavan suojautua hintavaihtelun riskeiltä. Energiayhtiöt toimivat näissä asiakkaiden kumppaneina.

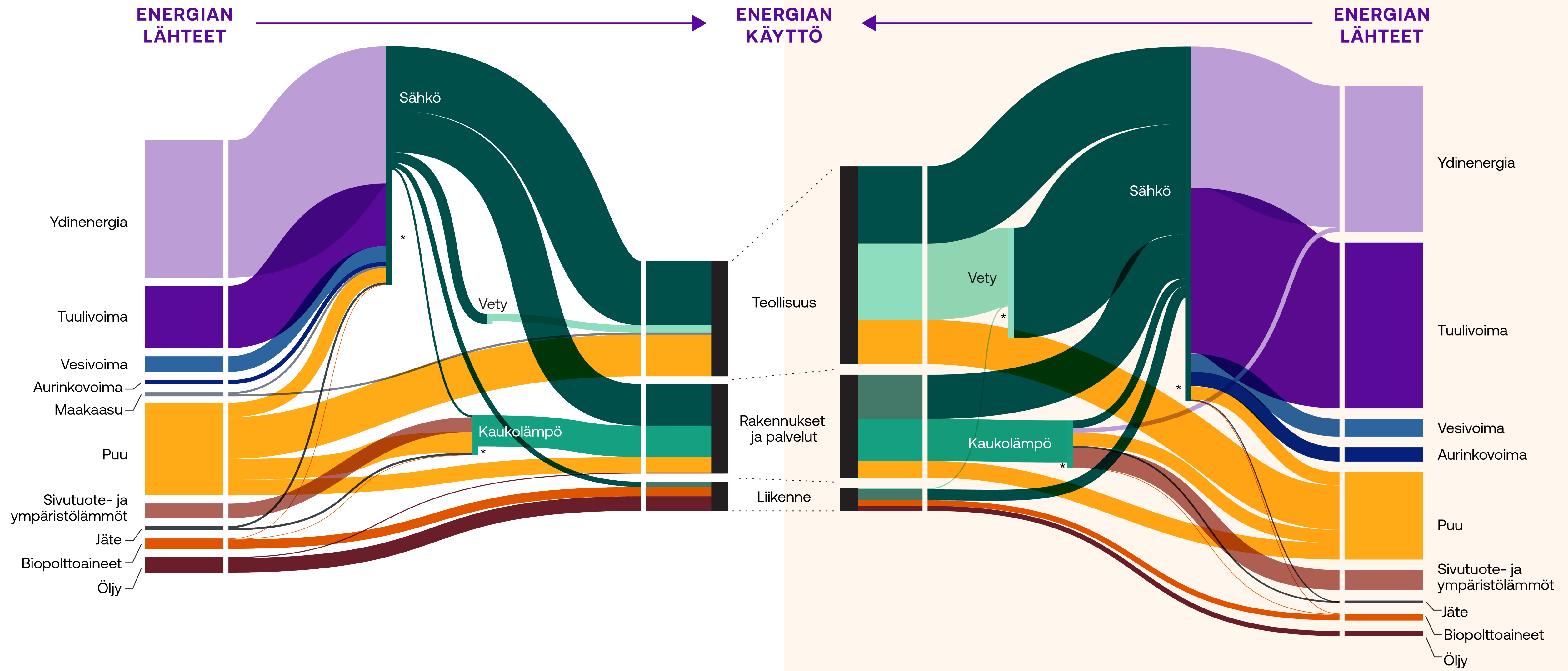
Sisukkaan suorittajan Suomi ei ole houkutellut energiankäyttöinvestointeja, joten sähköntuotantoa, joustoja ja varastoja tarvitaan vähemmän.



Yhteenveto: Energiajärjestelmä 2040



Energian tuotanto ja kulutus Suomessa 2040



* = tuotannon häviöt

Yhteenveto: näköpiirissä valoisa energiatulevaisuus

Energia-ala kutsuu kaikki tekemään Suomesta energiamurroksen Euroopan mestarin. Tehtävä ei ole mikään *Mission: Impossible*. Mahdollisuudet ovat huomattavasti suurempia kuin valoisan tulevaisuuskuvan tiellä olevat rajoitteet.

Suomen tulee tavoitella energiamurroksessa enemmän kuin ilmasto-velvoitteidensa täyttämistä. Puhtaasta energiasta voidaan saada vahva kasvutekijä. Kasvu syntyy investoimalla vielä mittavammin kuin menneinä vuosina. Puhtaaseen energiaan liittyvän teollisuuden ja elinkeinotoiminnan kasvulla on merkittäviä työllisyysvaikutuksia etenkin vientiteollisuudessa, ja se auttaa meitä rahoittamaan hyvinvointivaltion menoja. Sähkön-tuotannon mittavasta kasvusta suurin osa muodostuu tuulivoimasta, mutta muitakin tuotantomuotoja tarvitaan lisää.

Sähköistyminen, vetytalous ja lämpöverkkojen tuomat joustot muodostavat kilpailukykyisen ja luotettavan kokonaisuuden.

Sähkön kanta- ja jakeluverkkojen sekä vetyverkkojen rakentaminen on edellytys kasvulle, sillä niiden avulla uusi tuotanto ja kulutus saadaan tasapainoon. Erityisen tärkeää on ottaa käyttöön kaikki säävaihtelevaa tuotantoa tasapainottavat tekijät ja mukautua uuteen toimintatapaan.

Vahvan kasvun myötä myös vastuu ja kyky löytää uusia tapoja luonnon monimuotoisuudesta huolehtimiseksi on suurempi. Uusi, aiempaa luonnonmukaisempi energiajärjestelmä mahtuu kyllä Suomeen. On tärkeää, että sen tuoma hyvinvointi jakautuu koko maahan.

Energiamarkkinat ohjaavat energiajärjestelmän kehitystä vastaamaan asiakkaan tarpeisiin. Asiakas on uusine vaihtoehtoineen ja palveluineen hyvässä asemassa tulevaisuuden energiamaailmassa.

Valoisa energiatulevaisuus on tehtävissä. 

Askelmerkit päätöksenteolle

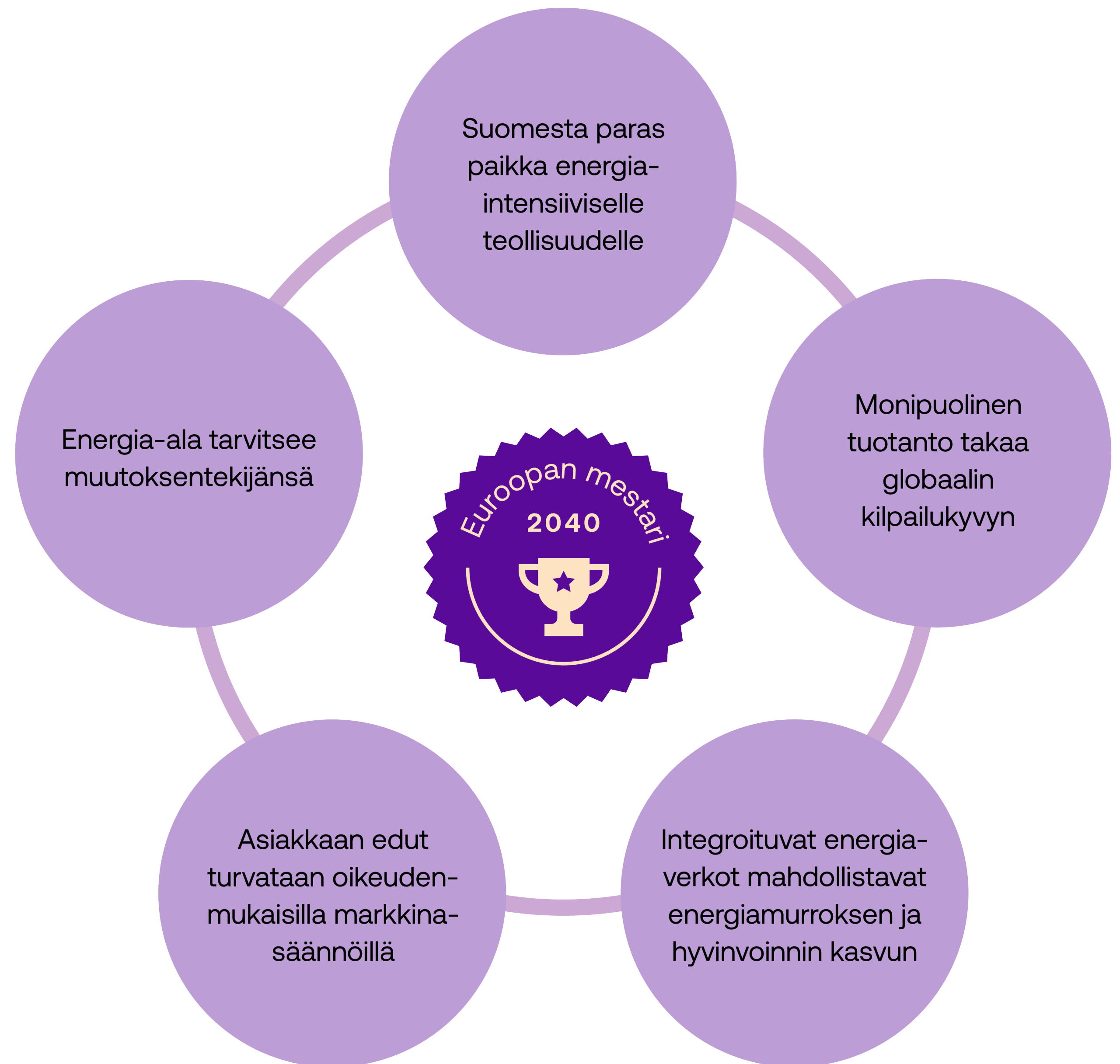
Näin Suomesta tehdään energiamurroksen Euroopan mestari

Viisi askelta Euroopan mestaruuteen

Suomi on kohdannut jatkuvasti talouteen, turvallisuuteen ja ympäristöön kohdistuvia haasteita, eikä kilpailun maailma ole aina reilu. Meidän pitää olla muita parempia luomaan hyvää investointiympäristöä ja tarttumaan omiin vahvuksiimme. Valtiontukikilpailussa emme pärjää.

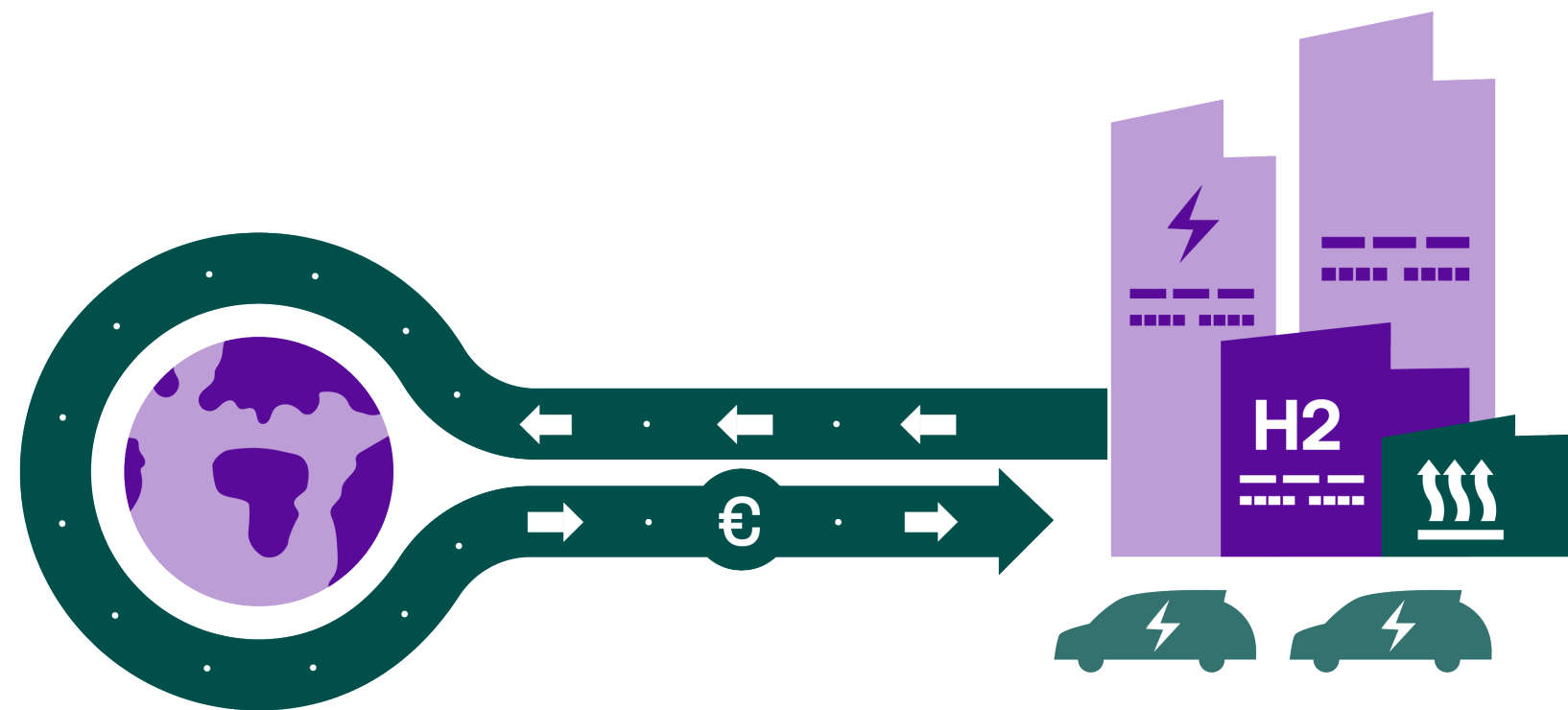
Vahvuuksia meillä on paljon, kuten esimerkiksi hyvät tuuliolot, laaja pinta-ala, korkea osaaminen, varmat verkot, digitalisaatio, vakaa maaperä sekä viileä ilmasto. Kutsumme kaikkia tahoja pelaamaan samaan maaliin ja hyödyntämään vahvuksiamme, sillä yksin emme onnistu energiamurroksessa.

Luodaan politiikalla edellytykset mestaruuden toteutumiselle.



Suomesta paras paikka energiaintensiiviselle teollisuudelle

Miten energiainvestoinnit saadaan
tuottamaan kestävää kasvua ja
työpaikkoja Suomeen?



HAASTE

Mittavia ja pitkäikäisiä investointeja olisi tehtävä runsaasti, mutta niiden kannattavuus riippuu ilmasto- ja energiapolitiikan tulevasta suunnasta ja ohjauskeinojen valinnasta. Kilpailijat houkuttelevat investointeja myös mittavilla valtiontuilla. Epävarmuus hidastaa energiamurrosta ja vaikeuttaa investointien rahoitusta.

RATKAISU

Vahvistetaan näkymää ilmastoratkaisujen kysynnälle markkinoilla asettamalla tavoitteet ja ilmasto-ohjauksen päälinjat aikavälille 2030–2050 EU:ssa ja kansallisesti.

- Jatketaan päästökaupan laajentamista ja vahvistamista, jolloin investointiepävarmuutta lisääviä, esimerkiksi kansalliseen verotukseen tai tukiin perustuvia ohjauskeinoja ei tarvita.
- Energiaverotusta kehitetään pitkäjänteisesti kohti fossiilittoman energian aikaa. Energiamurrosta ei hidasteta verottamalla fossiilitonta energiaa.
- Pidetään kiinni energiapolitiikan pitkästä linjasta ja punnitaan muutosten vaikutukset pitkällä aikavälillä.
- Vauhditetaan investointeja säätämällä luvitukselle kokonaismääräaika ja kehittämällä kattava poikkihallinnollinen sähköinen asiointijärjestelmä.

Monipuolinen tuotanto takaa globaalin kilpailukyvyn

Miten Suomi huolehtii kilpailukyvystä
ja energiaturvallisuudesta?



HAASTE

Energiajärjestelmää tulee muuttaa nopeasti, jotta vastataan ilmastotavoitteisiin ja pysytään mukana kovassa globaalissa kilpailussa. Muuttuvan järjestelmän tulee pysyä koko muutoksen ajan toimintavarmana ja kohtuuhintaisena.

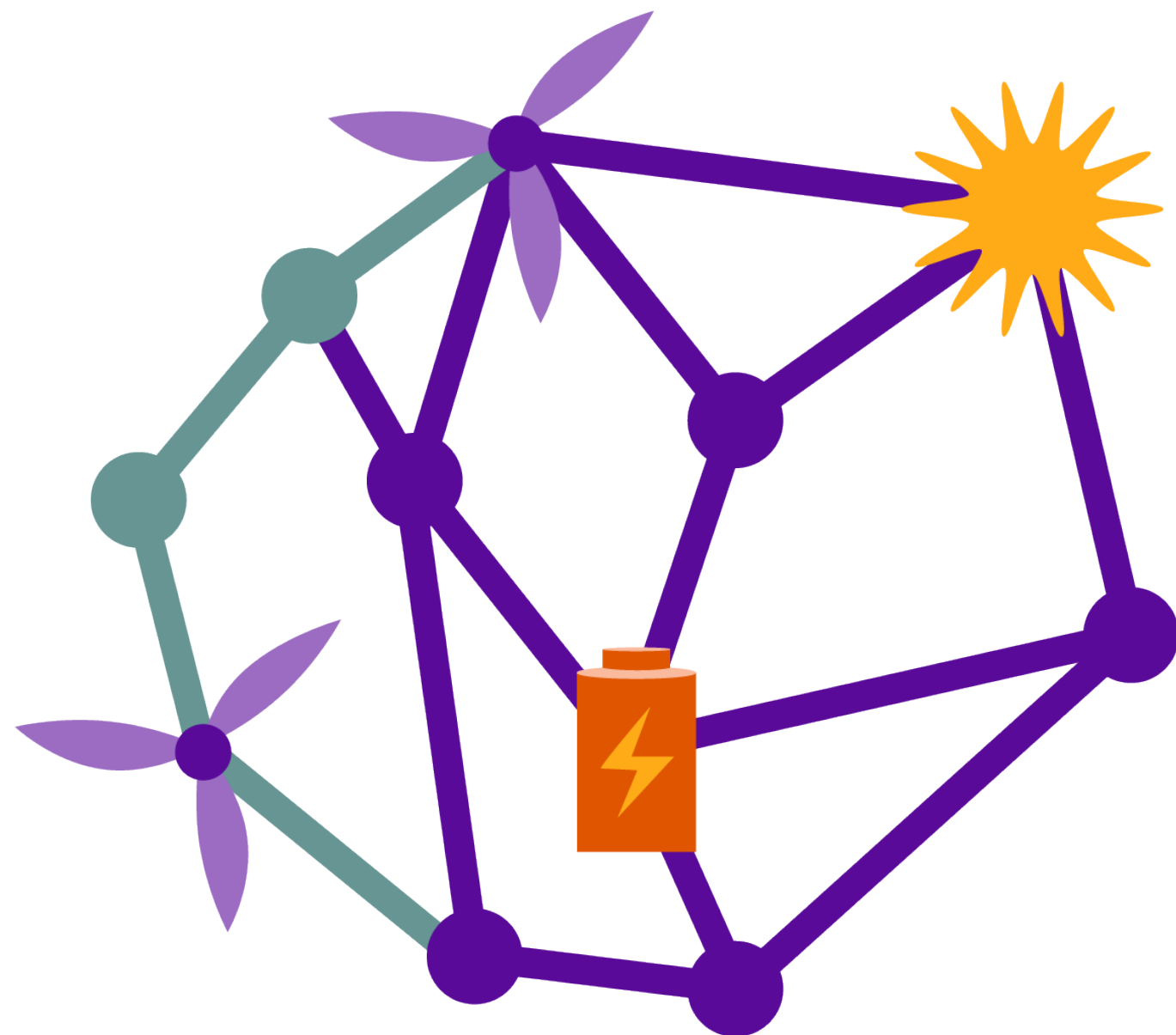
RATKAISU

Varmistetaan Suomen energiapaletin säilyminen monipuolisena huolehtimalla kaikkien meille kilpailuetua ja energiaturvallisuutta tuottavien tuotantomuotojen toimintaedellytyksistä. Ohjataan tuotantomuotojen valintaa tarvittaessa vain rajaamalla niiden haittavaikutuksia, kuten päästöjä ja luontovaikutuksia.

- Kohdellaan ydinvoimaa yhdenveroisena uusiutuvan energian rinnalla ja mahdollistetaan pienydinvoiman rakentaminen kaupunkeihin.
- Huomioidaan vesivoiman tärkeys vesipuitedirektiivissä ja säilytetään vesilaki vesien käyttölakina.
- Turvataan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen sähkön ja lämmön tuotannossa.
- Nopeutetaan maa- ja merituulivoiman rakentamista kaikkialle Suomeen yksinkertaistamalla kaavoitusmenettelyjä ja ratkaisemalla tutkajärjestelmän rajoitteet.
- Muodostetaan talteen otetulle hiilidioksidille arvo eurooppalaisella markkinalla. Hyväksytään kestävästä bioenergiasta ja jätteestä peräisin oleva hiilidioksidi raaka-aineena synteettisten polttoaineiden tuotantoon.

Integroituvat energiaverkot mahdollistavat energiamurroksen ja hyvinvoinnin kasvun

Miten Suomen hiilineutraaliustavoitteet ja kasvu saavutetaan kustannustehokkaasti?



HAASTE

Energiajärjestelmä monipuolistuu, ja sen tulee yhdistää toisiinsa uudenlaista tuotantoa, kulutusta, joustoa ja varastoja. Erityisesti suuria mahdollisuuksia tuovat vaihtelevan sähkön tuotannon kasvu, vedyn tuotanto ja hukkalämmöt, jotka edellyttävät energian siirrolta paljon.

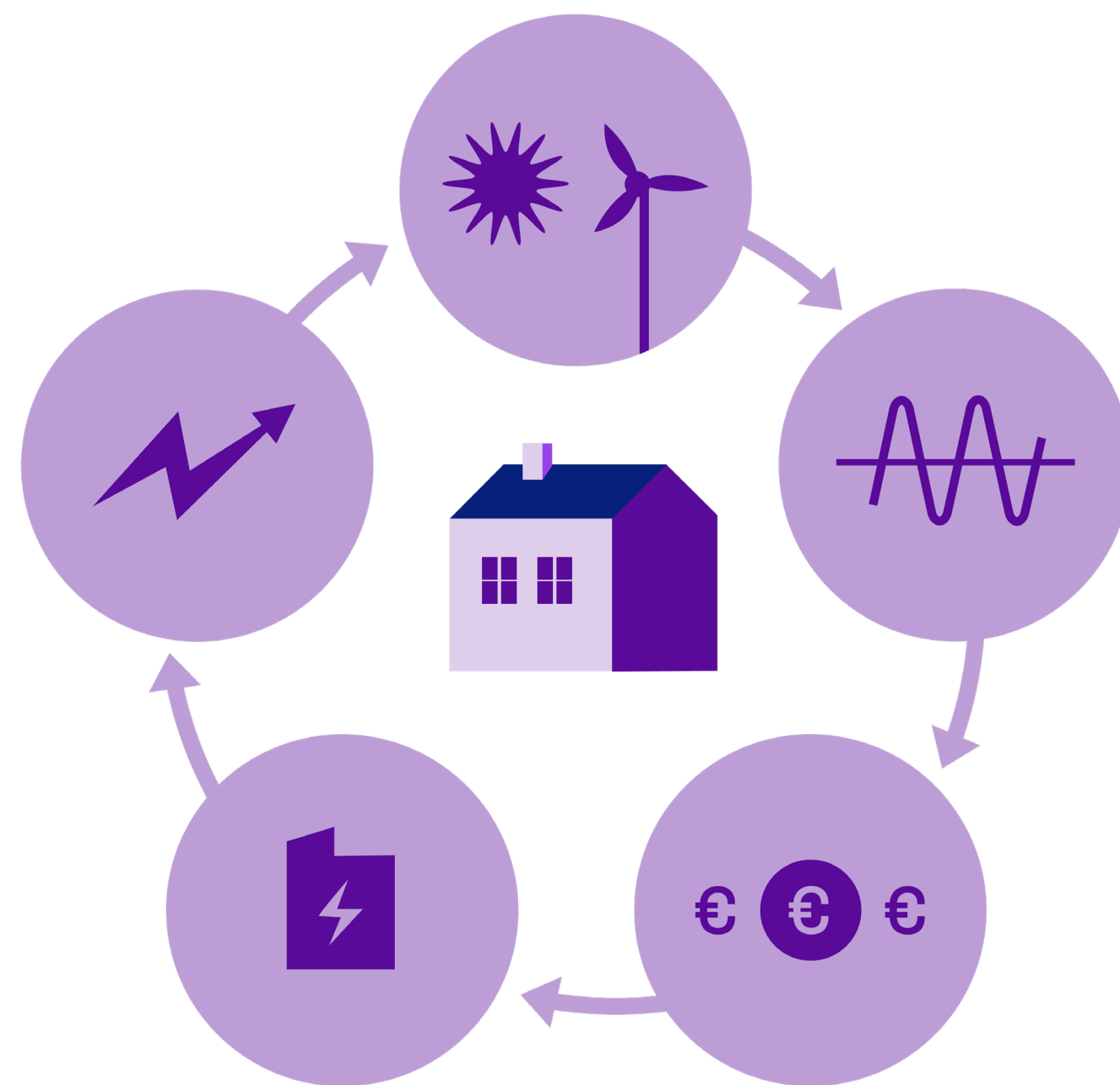
RATKAISU

Luodaan energiaverkoille kannustava ympäristö, joka edistää kestävyyttä, innovaatioita ja joustavuutta energiamarkkinoilla. Pitkäjänteisen sääntely-ympäristön turvin vahvistetaan ja rakennetaan uusia sähkö-, kaasu- ja lämpöverkkoja ennakoivasti asiakkaiden tarpeisiin, tarkastellen näkymää vuosikymmenten yli.

- Sujuvoitetaan verkkojen sijoittamista ja luvittamista koskevia menettelyitä.
- Varmistetaan energiaverkkojen rakentaminen tehokkaasti ja asiakkaan ja toiminnanharjoittajan kannalta reilusti.
- Tehdään puhtaille kaasuille (biokaasu, synteettinen metaani ja vety) kansallinen strategia, jolla vahvistetaan kaasuverkkoja osana tulevaisuuden energiamarkkinaa ja eri sektoreiden integroitumista.
- Luodaan energiaverkoille edellytykset toimia alustana erilaisille energiamuodoille ja -teknologioille, palveluille sekä sektori-integraatiolle.

Asiakkaan edut turvataan oikeudenmukaisilla markkinasäännöillä

Miten kuluttajat ja yritysasiakkaat hyötyvät uudenlaisesta energiajärjestelmästä?



HAASTE

Asiakkaiden tarpeet ja mahdollisuudet ovat erilaisia. Asiakkaan tulee voida sekä osallistua energiamarkkinoille että suojautua riskeiltä. Energiajärjestelmän vastuullinen kehittäminen edellyttää sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten huomiointia. Asiakkaiden tuottaman jouston saaminen markkinoille on hyödyksi kaikille.

RATKAISU

Luodaan lainsäädännöllä edellytykset kehittyneiden energiatuotteiden ja -palveluiden tarjonnalle. Kehitetään energiamarkkinoiden sääntöjä edelleen kohti avoimuutta, tehokkuutta, joustavuutta, tasapuolisuutta ja selkeyttä. Tunnistetaan eroavaisuudet sähkö-, lämpö- ja kaasumarkkinoissa.

- Varmistetaan mahdollisuus ottaa joustoja vastaan energiajärjestelmän osien (sähkö, lämpö, kaasu) kustannustehokkaalla integroinnilla.
- Luodaan tasaveroinen kilpailuasetelma kaukolämmölle ja kiinteistökohtaisille lämmitysratkaisuille. Käytetään rakentamislain päästölaskennassa yrityskohtaisia kaukolämmön päästöskenaarioita. Toteutetaan kaavoituksella ja luvituksella sujuvaa hukkalämpöjen hyötykäyttöä.
- Mahdollistetaan erilaisten hinnoittelumallien tarjoaminen asiakkaille, eikä lisätä sääntelyllä tarpeettomasti näiden tarjoamisen riskejä.
- Poistetaan esteitä sähköistymisen ja muun puhtaan energiateknologian käyttöönotolta ja tuetaan uuden energiateknologian tutkimusta ja kehitystä.

Energia-ala tarvitsee muutoksentekijänsä

Miten energiamurroksen työmahdollisuudet ja osaavan työvoiman tarjonta saadaan kohtaamaan?



HAASTE

Energiamurroksen vaatii huippuosaajia ja jatkuvaa osaamisen uusiutumista. Tarvitaan sekä kokeneita että uusia tekijöitä, jotka kehittävät ja luovat uusia ratkaisuja. Energiayhtiöt työllistävät merkittävästi, mutta alan arvoketjuissa voi työllistyä vielä kolminkertainen määrä ihmisiä. Tulevaisuuden huippuosaamisen saaminen on välttämätöntä, jotta yritykset voivat menestyä ja mahdollistaa tämän laajan työllistymisen.

RATKAISU

Varmistetaan taloudelliset panostukset osaamiseen ja tartutaan ilmastohaasteen ratkaisemisen työmarkkinoille tarjoamiin uusiin mahdollisuuksiin. Huolehditaan osaamisen uudistumisesta kaikilla oppimisen tasoilla.

- Parannetaan luonnontieteellis-matemaattisten aineiden osaamista peruskoulusta alkaen. Se on perusta tulevaisuuden huippuosaamiselle.
- Luodaan ja mahdollistetaan moniosaamista ja poikkitieteellisyyttä kaikilla koulutusasteilla ja -aloilla.
- Varmistetaan, että koulutuspaikkoja on riittävästi ja alueellisesti kattavasti, jotta meillä on tarpeeksi ammattitaitoisia asentajia, tuotekehittäjiä, digiosaajia ja ydinfyysikoita vastaamaan energiamurroksen tarpeisiin.

Energiavision taustaa

Energiajärjestelmävisio 2040 luotiin Energiateollisuus ry:n ja sen jäsenten sekä sidosryhmien yhteistyöllä. Konseptoinnin ja viestinnän konsulttina toimi kestävän kehityksen toimisto Kaskas.

ET kokosi ajantasaisen näkemyksen energiajärjestelmän kehitystarpeista, suunnasta ja haasteista. Tässä hyödynnettiin laajasti alan kotimaisia ja eurooppalaisia selvityksiä.

Näkemys jaettiin kahteen skenaarioon, joita kyseenalaistettiin, täydennettiin ja muokattiin sidosryhmätyöpajoissa marraskuussa 2023. Ensimmäinen työpaja keskittyi energiajärjestelmän kokonaiskuvaan, toimivuuteen ja kehittämisen edellytyksiin. Toinen työpaja keskittyi määrittämään keskeiset kestävyyshaasteet liittyen energian ilmasto-, luonto-, turvallisuus- ja hintakysymyksiin sekä etsimään niihin vastauksia.

Visio julkaistiin 15.4.2024. Visiota päivitettiin keväällä 2025.

Lähteet

EHB: [European Hydrogen Backbone](#) (2022)

Elinkeinoelämän keskusliitto: [Vihreän siirtymän investointikartta](#)

Energiateollisuus: [Vähähiilitiekartta ja taustaselvitys](#) (2020, 2021), [Asiakkaan aika](#) (2018), [Kaukolämpöalan strategia](#) (2023), [Työmarkkinaskenaario](#) (2021), [BD-tiekartta ja tausta-aineisto](#) (2022), [Energiaverkot 2035](#) (2022), [Jakelu-verkkoyhtiön tulevaisuuden rooli](#) (2021)

ENTSO-e, ENTSO-g: [Ten-year network development plans](#) (2022)

Eurelectric: [Decarbonisation speedways](#) (2023), [Power plant](#) (2022), [Power2People](#) (2020), [Connecting the dots](#) (2021)

Fingrid: [sähköjärjestelmävisio](#) (2023)

Gasgrid: [vetytaloushankkeet](#) (2023)

H2 Cluster Finland: [Vetyklusterin strategia](#) (2023)

IEA: [World Energy Outlook 2023](#) (2023)

Quantified Carbon & Fortum: [Nordic power systems 2023](#)

Sitra: [Sähköistämisen rooli Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamisessa](#) (2019)

Suomen ilmastopaneeli: [Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa](#) (2023)

Sweco: [Vihreän siirtymän investointien kansantaloudelliset vaikutukset](#) (2024)

TEM: [Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia](#) (2022)
[Hydrogen Europe Hydrogen Insights](#) (2023)

VNTEAS: [Afry Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet](#) (2022)

VTT: [Selvitys CCU-potentiaalista](#) (2024)



Energiateollisuus