

Matias Tyry

ENERGIAN JA ILMASTON NYKYTILA JA TULEVAISUUS

Vertaileva tutkimus Suomen ja Ruotsin
energia- ja ilmastosuunnitelmista

Johtamisen ja talouden tiedekunta
Pro gradu -tutkielma
Marraskuu 2024

TIIVISTELMÄ

Matias Tyry: Energian ja ilmaston nykytila ja tulevaisuus
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Hallintotieteiden maisteriohjelma, Ympäristöpolitiikka ja aluetiede
Marraskuu 2024

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia eroja ja samankaltaisuuksia Suomen ja Ruotsin EU:lle toimittamissa kansallisissa energia- ja ilmastosuunnitelmissa esiintyy. Vertailu näiden kahden maan suunnitelmien välillä rajautuu erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämisen, uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden tavoitteisiin, nykytilanteeseen ja ennusteisiin. Näiden lisäksi arvioin, onko Suomen ja Ruotsin osalta löydettävissä viitteitä polkuriippuvuudesta vertailuaineiston puitteissa.

Tutkimuksen teoria- ja käsitetausta koostuu pääosin neljästä käsitteestä, joita ovat uusiutuva energia, energiasiirtymä, hiilineutraalius ja polkuriippuvuus. Näiden käsitteiden kautta on mahdollista arvioida ja vertailla Suomen ja Ruotsin tavoitteita energian ja ilmaston kontekstissa. Teoreettisen ja käsitteellisen taustan lisäksi tutkimuksessa perehdytään kansainvälisten ilmastopöytäkirjojen ja uusiutuvan energian historiaan, mikä osaltaan antaa paremmat edellytykset ymmärtää energiasiirtymän ja hiilineutraaliuden tavoittelun merkityksellisyyttä sekä kansallisella että ylikansallisella tasolla. Tutkimuksen aineisto koostuu Suomen ja Ruotsin vuoden 2024 kansallisista energia- ja ilmastosuunnitelmista. Aineisto on rajattu koskemaan hiilidioksidipäästöjen vähentämistä, uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta. Tutkimusmenetelmänä on vertaileva tapaustutkimus ja siinä käytettävää aineistoa tarkastellaan maiden välisen vertailun keinoin.

Vertailevan analyysin tuloksena aineistosta on saatu esiin eroja ja samankaltaisuuksia hiilidioksidipäästöjen vähentämisen, uusiutuvan energian, energiatehokkuuden sekä polkuriippuvuuden suhteen. Nykytilanteen osalta merkittäviä eroja Suomen ja Ruotsin välillä on erityisesti hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä maankäyttösektorilla. Myös uusiutuvan energian osuudessa energian loppukulutuksesta on havaittavissa eroavaisuuksia. Tavoitteiden asettamisen osalta Suomi näyttää vahvemmin valtiojohtoisena erityisesti uusiutuvan energian osalta. Ruotsi sen sijaan luottaa Suomea enemmän markkinavetoisuuteen. Polkuriippuvuutta on havaittavissa molempien maiden energiantuotannossa erityisesti bioenergian ja ydinvoiman osalta.

Avainsanat: Uusiutuva energia, energiasiirtymä, hiilidioksidipäästöjen vähentäminen, energiatehokkuus, polkuriippuvuus, Suomi-Ruotsi-vertailu

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

ChatGPT

Tekoälysovellusten nimi ja versio:

GPT-4o

Käyttötarkoitus:

Käytin sitä tutkielmani aikana kahteen eri tarkoitukseen: lähdeviitteiden etsimiseen ja tutkielmani rakenteen hahmotteluun. Lähdeviitteiden etsimiseen siitä ei kuitenkaan ollut minun osaltani hyötyä, sillä en päätenyt viittaamaan tutkielmassani yhteenkään tekoälysovelluksen ehdottamaan tutkimukseen tai artikkeliin. Tutkielmani rakenteen hahmottelussa koin siitä kuitenkin olevan hyötyä ikään kuin toissijaisena ohjaajana.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty:

Kaikki.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien tekoälyllä tuotetut osat, ja hyväksyn vastuun mahdollisista julkaisueettisten normien rikkomuksista.

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	1
1.1.	YK:n ilmastosopimukset suunnanantajina Euroopan energiasiirtymälle	2
1.2.	EU:n ilmasto- ja energiapoliittiset päätökset	4
1.3.	Uusiutuvan energian edelläkävijät	4
2.	TEORIA- JA KÄSITETAUSTA	10
2.1.	Uusiutuva energia	10
2.2.	Energiansiirtymä	12
2.3.	Hiilineutraalius	13
2.4.	Polkuriippuvuus	17
3.	KATSAUS SUOMEN JA RUOTSIN ENERGIAPOLITIIKAN KEHITYKSEEN	18
3.1	Suomi	19
3.2	Ruotsi	21
4	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	23
5	TARKASTELUSSA SUOMEN JA RUOTSIN KANSALLISET ENERGIA- JA ILMASTOSUUNNITELMAT	26
5.1	Kansalliset tavoitteet ja päämäärät.....	26
5.1.1	Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen.....	26
5.1.2	Uusiutuva energia.....	31
5.1.3	Energiatehokkuus	39
5.2	Nykytilanne ja ennusteet (WEM).....	45
5.2.1	Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen.....	45
5.2.2	Uusiutuva energia.....	49
5.2.3	Energiatehokkuus	51
6.	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	53
6.1	Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	53
6.2	Uusiutuva energia	55
6.3	Energiatehokkuus	57
6.4	Polkuriippuvuus	59
7.	LÄHTEET.....	61

KUVAT JA TAULUKOT

Kuvat

Kuva 1. Suomen kaukolämpö energialähteittäin.....	38
Kuva 2. Ruotsin fossiilivapaasti tuotettu sähkö vuosittain ja sektoreittain.....	39
Kuva 3. Suomen rakennuskannan lämmitysenergian kokonaiskulutuksen kehitys verrattuna vuoteen 2020.....	43
Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistojen historiallinen kehitys ja ennuste tulevasta kehityksestä vuoteen 2040 asti.....	46
Kuva 5. Suomen uusiutuvan energian kehitys 2000-luvulla ja WEM-ennusteisiin perustuvat arviot tuleville vuosille.....	50
Kuva 6. Suomen primäärienergian ja energian loppukulutuksen kehitys sekä WEM-ennusteiden mukaiset arviot vuoteen 2040 asti.....	52

Taulukot

Taulukko 1. Ruotsin uuden kattodirektiivin mukaiset ilmansaasteiden vähennystavoitteet vuosille 2020 ja 2030 prosentteina verrattuna vuoteen 2005.....	31
Taulukko 2. Suomen tämänhetkiset uusiutuvan energian tavoitteet ja minimiosuudet energian loppukulutuksesta keskipitkällä aikavälillä.....	32
Taulukko 3. Suomen kokonais- ja sektorikohtaiset osuudet uusiutuvan energian loppukulutuksesta WEM-ennusteen mukaan.....	32
Taulukko 4. Ruotsin suuntaa antavat tavoitteet uusiutuvan energian osuudelle energian loppukulutuksesta.....	33
Taulukko 5. Suomen uusiutuva energia sektoreittain ja teknologioittain WEM-ennusteessa.....	34
Taulukko 6. Suomen energiantuotannossa käytettävä biomassa tyypeittäin WEM-ennusteessa.....	36
Taulukko 7. Ruotsin kumulatiivinen energiansäästövelvoite vuosille 2021–2030 perustuen maan keskimääräiseen energian loppukulutukseen vuosilta 2016–2018.....	41

Taulukko 8. Ruotsin sektorikohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja ennusteet tuleville vuosille.....	49
Taulukko 9. Vertailun tulokset hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä.....	53
Taulukko 10. Sektorikohtaiset päästöt Suomessa ja Ruotsissa vuonna 2022.....	55
Taulukko 11. Vertailun tulokset uusiutuvan energian osalta.....	56
Taulukko 12. Vertailun tulokset energiatehokkuuden osalta.....	58

LYHENTEET

BECCS = Bioenergiasta talteenotettu hiilidioksidi (Bioenergy with CCS)

BEMIP = Baltian energiainmarkkinoiden yhteenliittämissuunnitelma (Baltic Energy Market Interconnection Plan)

CCS = Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (Carbon capture and storage)

CO₂-ekv = Hiilidioksidiekvivalentti

ESR = Taakanjakoasetus (Effort sharing regulation)

EU = Euroopan unioni

EU ETS = EU:n päästökauppajärjestelmä (EU Emissions Trading System)

GW = Gigawatti

HVO = Vetykäsitelty kasviöljy (Hydrotreated vegetable oil)

IEA = Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency)

LULUCF = Maankäyttösektori (Land Use, Land-Use Change and Forestry)

Mtoe = Miljoonaa tonnia öljykvivalenttia (Million tonnes of oil equivalent)

NAP2030 = Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2030 (National Climate Change Adaptation Plan 2030)

NECP = Kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelma (National energy and climate plan)

RED = Uusiutuvan energian direktiivi (Renewable Energy Directive)

RES = Uusiutuvan energian osuus (Renewable energy share)

RES-E = Sähköntuotannon uusiutuvan energian osuus (RES-Electricity)

RES-H&C = Lämmityksen ja jäähdytyksen uusiutuvan energian osuus (RES-Heating & Cooling)

RES-T = Liikenteen uusiutuvan energian osuus (RES-Transport)

TEN-E = Asetus Euroopan laajuisista energiaverkoista (Trans-European Networks for Energy)

TWh = Terawattitunti (Terawatt hours)

WAM = Suunnitellut lisätoimenpiteet ja niiden vaikutukset (With additional measures)

WEM = Käytössä olevat politiikat ja toimenpiteet (With existing measures)

YK = Yhdistyneet kansakunnat

1. JOHDANTO

Ilmastonmuutos ja Venäjän hyökkäys Ukrainaan ovat tähän asti kenties kaksi painavinta syytä eurooppalaiselle energiasiirtymälle 2000-luvulla. Näistä ensimmäinen nähdään perustavanlaatuisena uhkana Euroopalle ja koko maailmalle (Euroopan komissio 2024a). Tämä arvio perustuu vuonna 2016 hyväksytyyn YK:n Pariisin ilmastopöytäkirjaan, jossa sopimuksen osapuolet tunnustivat tarpeen toimia kiireellisesti ihmiskunnalle ja maapallolle mahdollisesti peruuttamattoman uhan pysäyttämiseksi. Pariisin ilmastopöytäkirja tähtää rajoittamaan ilmaston lämpenemisen selvästi alle kahden celsiusasteen. (Glanemann ym. 2020)

Energiasiirtymän merkityksellisyys ilmastonmuutoksen vastaisissa toimituksissa hahmottuu vuonna 2019 hyväksytystä Euroopan vihreän kehityksen ohjelmasta (eng. European Green Deal), jonka pitkän aikavälin tavoitteena on ilmaston neutraali EU vuoteen 2050 mennessä. Välitavoitteena tälle on 90 % vähennys kasvihuonekaasujen nettopäästöihin vuoteen 2040 mennessä vuoden 1990 tasoihin verrattuna. Vihreän kehityksen ohjelman mukaan yli 75 % kasvihuonekaasupäästöistä EU:n alueella on peräisin energian tuotannosta ja käytöstä. Tästä syystä energiajärjestelmän siirtymä pois hiilestä kohti kestävämpää ja puhtaampaa energiaa on tärkeää ohjelmassa asetettujen tavoitteiden saavuttamisen kannalta. (Euroopan komissio 2024b)

Euroopan vihreän kehityksen ohjelman ja Pariisin ilmastopöytäkirjan lisäksi EU:n ja Suomen energiasiirtymää on kiihdyttänyt entisestään Venäjän vuonna 2022 aloittama hyökkäyssota Ukrainassa. Tämä on havaittavissa tarkasteltaessa esimerkiksi maakaasun tuontia. Vielä vuonna 2021 EU osti 83 % maakaasustaan muualta. Samana vuonna tästä määrästä yli 50 % tuotiin Venäjältä, kun vastaava luku vuoden 2022 lopulla oli noin 12 %. (Eurooppa-neuvosto 2024a)

Viimeisten noin viiden vuoden aikana energiasiirtymä, erityisesti sähköntuotannon suhteen, on kiihtynyt Suomessa ja muualla Euroopassa merkittävästi. Suomessa jopa niin voimakkaasti, että vuoden 2023 lopulla Yle uutisoi Suomen olevan sähköomavarainen, joka tarkoittaa kotimaisen sähköntuotannon olevan vuositasolla yhtä paljon kuin kulutus. Tämä on merkittävä

saavutus, ottaen huomioon, että vain muutama vuosi sitten sähkön nettotuonti oli noin viidenneksen luokkaa kokonaiskulutuksesta. (Yle 2023; Tilastokeskus 2024)

Tässä tutkielmassa haluan perehtyä Euroopan unionin ja erityisesti sen jäsenvaltioiden nykytilanteeseen ja tavoitteisiin Euroopan vihreän kehityksen ohjelman alaisen hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. Tutkimuksen kohteina tässä tutkielmassa ovat Suomi ja Ruotsi EU:n jäsenvaltioina. Tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen kuva molempien nykytilanteesta ja tavoitteista hiilidioksidipäästöjen vähentämisen ja energiatehokkuuden parantamisen osalta. Keskiössä näissä tavoitteissa on uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen energiantuotannossa, hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja energiatehokkuuden lisääminen eri sektoreilla.

Tutkielmassa pyrin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten Suomen ja Ruotsin kansalliset energia- ja ilmastosuunnitelmat eroavat toisistaan hiilidioksidipäästöjen vähentämisen, uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden osalta?
2. Millaista polkuriippuvuutta suunnitelmat mahdollisesti ilmentävät?

1.1. YK:n ilmastopimukset suunnanantajina Euroopan energiasiirtymälle

Ensimmäinen kansainvälisesti merkittävä ilmastopimus syntyi vuonna 1992 Rio de Janeirossa pidetyssä YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa, jossa allekirjoitettiin United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Tätä ja kahta muuta kestävän kehityksen kannalta keskeistä kansainvälistä sopimusta voidaan pitää ikään kuin alkusysäyksenä myöhemmälle kansainvälisesti laajemmalle työlle taistelussa ilmastonmuutosta vastaan. Riossa hyväksytty ilmastopimus tuli voimaan vuonna 1994. Sopimus ei kuitenkaan sellaisenaan esittänyt konkreettisia toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Tästä syystä vuonna 1995 sopimusmaat aloittivat neuvottelut lisätoimista ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Rion ilmastopimusta täydentävänä asiakirjana syntyi vuonna 1997 hyväksytty Kioton pöytäkirja, joka tuli voimaan huomattavasti myöhemmin, vuonna 2005. Kioton pöytäkirjassa sovittiin ensimmäisistä konkreettisista kansainvälisistä

päästötavoitteista. Allekirjoittaneet maat sitoutuivat vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään yhteensä viisi prosenttia vuoden 1990 tasosta. Tämän tuli pöytäkirjan mukaan tapahtua vuosien 2008–2012 aikana. Kioton pöytäkirja sai osakseen kritiikkiä kunnianhimon puutteesta ja tästä syystä isoista maista Kanada vetäytyi sopimuksesta pian sen allekirjoittamisen jälkeen. Yhdysvallat eivät alun alkaenkaan osallistuneet sopimukseen. (Suomen YK-liitto 2024.)

Kioton pöytäkirjan voimaantulon jälkeen ei tapahtunut moneen vuoteen merkittäviä muutoksia kansainvälisten sopimusten suhteen. Tänä aikana tieteen yksimielisyys ilmastonmuutoksesta kuitenkin kehittyi. Vuonna 1988 perustettu YK:n alainen ilmastonmuutospaneeli IPCC julkaisi neljännen raporttinsa vuonna 2007, jossa se varoitti ilmaston lämpenemisen aiheuttamista äärimmäisistä sääilmiöistä ja merenpinnan noususta. Seuraavien vuosien aikana neuvottelut etenivät hitaasti, mutta lopulta onnistuttiin sopimaan kahdesta tärkeästä asiasta tulevaa ajatellen. Ensimmäisenä päästiin yhteisymmärrykseen siitä, että YK:n jäsenmaat kansainvälisesti eivät halua maapallon keskilämpötilan nousevan yli vaarallisena pidetyn kahden celsiusasteen rajan. Tähän sitouduttiin lopulta vuonna 2010 Cancunissa järjestetyssä ilmastokokouksessa. Toinen sovittu asia koski vuonna 2011 Durbanin ilmastokokouksessa päätettyä aikajanaa. Tällöin päätettiin, että kaikkia maailman maita koskeva ja laillisesti sitova ilmastososopimus pitää saada aikaan viimeistään vuonna 2015. (Suomen YK-liitto 2024.)

Vuonna 2012 Dohan ilmastokokouksessa sovittiin jatkosta vuoteen 2020 asti. Tämä oli myös vuosi, jolloin Kioton pöytäkirjan ensimmäinen kausi päättyi. Suurimpana ongelmana Kioton pöytäkirjan sekä ilmastososopimusten jatkolle nähtiin mukana olleiden maiden vähäisyys. EU oli kuitenkin yksi edelleen Kioton sopimuksessa mukana olleista. Seuraavien vuosien ilmastokokouksissa Varsovassa ja Limassa pyrittiin sopimaan tavoista, joilla uusi ilmastososopimus saataisiin aikaan. Vuonna 2015 Pariisin ilmastokokouksessa päästiin vihdoinkin yhteisymmärrykseen ilmastonmuutoksen torjuntaan vaadittavista toimista. Pariisissa onnistuttiin solmimaan kattava ja oikeudellisesti sitova ilmastososopimus. Tämän sopimuksen tavoitteena oli vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuodesta 2020 alkaen niin, että maapallon keskilämpötila pysyy selvästi alle kahden celsiusasteen. Tähän Pariisin ilmastososopimuksen mukaan tulisi päästä tähtäämällä puoleentoista asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan. Lisäksi tämän sopimuksen voimaantulon vaatimus oli, että sen ratifioineiden maiden yhteenlaskettu päästöjen osuus on 55 prosenttia koko maailman päästöistä. Vaadittu 55 prosentin päästöraja ylitettiin ennätysnopeassa ajassa, kun EU ja Kanada ratifioivat

sopimuksen. Näin ollen Pariisin ilmastopöytäkirja tuli voimaan lokakuussa 2016. (Suomen YK-liitto 2024.)

1.2. EU:n ilmasto- ja energiapoliittiset päätökset

Euroopan energiasiirtymä potkaistiin toden teolla käyntiin vuonna 2009, kun EU hyväksyi ensimmäisen ilmasto- ja energiapaketin. Tätä ennen EU:n tavoitteet olivat olleet hajanainen joukko yksittäisiä linjauksia. Uuden EU:n ilmasto- ja energiapaketin tarkoituksena oli tuoda yhteen joukko tavoitteita, joilla pyrittiin taistelemaan ilmastonmuutosta vastaan sekä vahvistamaan energiaturvallisuutta. Vuoden 2009 ilmasto- ja energiapaketti tuli tunnetuksi 20–20–20-paketiksi, sillä sen tavoitteet olivat vähentää päästöjä 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta, lisätä uusiutuvan energian osuutta 20 prosenttiin EU:n energiankulutuksesta sekä vähentää primäärienergian käyttöä 20 prosentilla ennustettuun verrattuna energiatehokkuutta parantamalla. (Böhringer ym. 2009; EU 2009.) Vuoden 2009 ilmasto- ja energiapaketin sekä vuoden 2016 YK:n Pariisin ilmastopöytäkirjan voidaan katsoa olevan Euroopan vihreän kehityksen ohjelman perusta.

Vuonna 2019 EU esitteli täysin uuden ja erittäin kunnianhimoisen ohjelman hiilineutraaliuden saavuttamiseksi vuoteen 2050 mennessä. Vihreän kehityksen ohjelma (eng. European Green Deal) rakentui EU:n tahdosta toteuttaa kunnianhimoisempaa politiikkaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Vihreän kehityksen ohjelma on laaja ja moniulotteinen politiikka-aloitteiden paketti. EU itse kuvailee ohjelman tukevan EU:n muuntumista oikeudenmukaiseksi ja vauraaksi yhteiskunnaksi, jonka talous tulee sen myötä olemaan nykyaikainen ja kilpailukykyinen. Vihreän kehityksen ohjelman laajuus ja moniulotteisuus näkyy siitä, että se koskee useita eri sektoreita. Näitä ovat ilmasto, ympäristö, energia, liikenne, teollisuus, maatalous ja kestävä rahoitus. (Euroopan komissio 2024c.)

1.3. Uusiutuvan energian edelläkävijät

Yhdysvallat

Tarkastelen luvussa 2 tarkemmin ns. ulkoisia shokkeja, joita ovat mm. ydinonnettomuudet ja Venäjän hyökkäys Ukrainaan. Miten nämä ulkoiset shokit sitten vaikuttivat energiapoliittiseen

liikehdintään Yhdysvalloissa 70-luvulla? Koska käytännössä koko länsimainen energiajärjestelmä oli rakennettu öljyn ja muiden fossiilisten polttoaineiden ympärille, tämä äkillinen hinnannosto vaikutti länsimaisiin talouksiin, erityisesti Yhdysvaltoihin, suuresti. Tämä puolestaan paljasti koko länsimaisen energiajärjestelmän haavoittuvuuden ja pakotti päättäjät pohtimaan keinoja vaihtoehtoisille energiantuotantomekanismeille. Koska länsimailla ei itsellään ollut kovinkaan suuria öljyvarantoja, piti öljyriippuvuutta energiantuotannossa vähentää ja korvaajaksi ehdotettiin mm. kivihiihtä ja maakaasua. Ympäristönsuojelijat kuitenkin tiesivät, että nämä vaihtoehdot aiheuttaisivat vain lisää ympäristöongelmia tulevaisuudessa, joten heitä kiinnostivat uusiutuvat energialähteet. Tuulivoima sai paljon huomiota, sillä olihan tuulimyllyjäkin ollut jo vuosisatojen ajan. Näin ollen Yhdysvaltojen ”Wind Energy Program” sai alkunsa vuonna 1973 tavoitteenaan kiihdyttää luotettavan ja taloudellisesti kannattavan tuulivoiman kehittämistä. (Aklin & Urpelainen, s.35).

Tuohon aikaan Yhdysvalloilla oli kuitenkin muita haasteita hallinnollisella tasolla niin ulko- kuin sisäpoliittisestikin, eikä uusiutuvan energian saralla tapahtunut juurikaan merkittäviä käännteitä ennen vuotta 1977, jolloin Yhdysvaltojen presidentiksi valittiin Jimmy Carter. Carter muistetaan erityisesti hänen aktiivisuudestaan energiapolitiikan suhteen ja mm. hänen aloitteistaan heti vuonna 1977 perustettiin Yhdysvaltain energiaministeriö (US Department of Energy). Samaisena vuonna presidentti Carter perusti myös aurinkoenergian tutkimuslaitoksen (Solar Energy Research Institute) ja asennutti aurinkopaneelit valkoisen talon katolle. Kiinnostus aurinkoenergiaan oli kytkettävissä tuulienergian tavoin vuoden 1973 öljykriisiin. (Aklin & Urpelainen, s.35). Vuonna 1978 tuli voimaan Public Utility and Regulatory Policies Act (PURPA), joka karkeasti suomennettuna tarkoittaa lakia yleishyödyllisistä palveluista ja sääntelypolitiikoista. PURPA on uusiutuvan energian alkutaipaleen kannalta yksi merkittävimmistä presidentti Carterin aikaansaamista lakiuudistuksista Yhdysvalloissa. PURPA pakotti suuret voimalaitoksen ostamaan energiaa pienemmiltä tuottajilta, mukaan lukien uusiutuvan energian tuottajat, sillä edellytyksellä, että niiden tuottama sähkö oli alle tietyn hintaista (Aklin & Urpelainen, s. 36). Vuoden 1979 öljykriisi sekä samana vuonna tapahtunut Three Mile Islandin ydinonnettomuus osaltaan kiihdyttivät kehitystä uusiutuvan energian alalla. Tähän asti Yhdysvallat olivat olleet muutamien vuosien ajan merkittävä toimija uusiutuvan energian saralla. Heitä voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä edelläkävijöistä ja siksi myös historiallisesti erittäin tärkeänä valtiona uusiutuvan energian kehityksestä puhuttaessa. Yhdysvaltojen osalta tämä kehitys kuitenkin pysähtyi useaksi vuodeksi energiapoliittisen ilmapiirin muuttuessa 1980-luvulla.

Vuonna 1981 presidentti Carter hävisi vaalit ja hänen tilalleen valittiin republikaaniehdokas Ronald Reagan. Reagan oli vankkumaton vapaiden markkinoiden kannattaja ja hänen mukaansa valtion ei tulisi puuttua mm. energiasektorin toimintaan. Näin ollen myös Carterin aikana tehtyjä suhteellisen merkittäviä investointeja uusiutuvan energian tutkimukseen ja kehitykseen leikattiin Reaganin toimesta tuntuvasti. Tämä ja monet muut Reaganin ajan energiapolitiittiset suuntaukset ja muutokset merkitsivät uusiutuvan energian kehityksen pysähtymistä Yhdysvalloissa. Yhdysvaltojen johtajuus uusiutuvan energian alalla menetettiin melkein yhtä nopeasti, kuin se alun perin saavutettiin (Aklin & Urpelainen, s. 146). Reaganin suhtautumista uusiutuvaan energiaan kuvastaa mm. hänen päätöksensä poistaa Carterin aiemmin asennuttamat aurinkopaneelit valkoisen talon katolta vuonna 1986.

Saksa

Toisen merkittävän uusiutuvan energian edelläkävijän, Saksan, alkutaival tällä saralla ei ollut aivan yhtä lennokas, kuin Yhdysvalloilla. Vuonna 1982 Helmut Kohlin noustua Saksan liittokansleriksi hän lähes ensitöikseen leikkasi, Yhdysvaltojen Reaganin tapaan, uusiutuvan energian tutkimuksesta ja kehityksestä. Saksan julkinen vuotuinen tuki uusiutuvien energialähteiden tutkimus- ja kehitystyöhön väheni 224 miljoonasta dollarista 93 miljoonaan dollariin. Kohlin hallitus oli tuohon aikaan poliittisesti oikealla ja omasi vahvan tuen tahoilta, joilla oli voimakkaita intressejä fossiiliseen energiaan.

Vielä 70- ja pitkälti 80-luvullakin Saksa oli ikään kuin lukinnut energiantuotantonsa ydinvoimaan ja fossiilisiin energianlähteisiin, kuten kivihiiileen. Aklinin ja Urpelaisen mukaan (2018, s. 147), jos mentäisiin ajassa taaksepäin vuoteen 1985 ja kysyttäisiin Saksan energiapolitiikkaa seuraavalta henkilöltä maan tulevaisuudennäkymistä energiantuotannon suhteen, vastaus tulisi mitä todennäköisimmin sisältämään sanat ”ydinvoima” ja ”kivihiihi”. Tämä johtui mm. siitä, että molempien energiamuotojen infrastruktuuriin oli investoitu suhteellisen reilusti jo 1970-luvulta lähtien. Kivihiihi nähtiin aiemmin mainittujen 70-luvun öljykriisien jälkeen öljyn korvaajana ja öljyriippuvuudesta irtautumisen keinona. Ydinvoiman osuus energiantuotannossa kasvoi valtavasti 80-luvun Saksassa. Vuosien 1982 ja 1989 välisenä aikana Saksassa otettiin käyttöön kymmenen uutta ydinvoimalaa (Aklin ja Urpelainen, s.147). Tästä syystä ydinvoiman osuus maan kokonaisenergiantuotannosta pysyi korkeana siitakin

huolimatta, että ydinvoima oli aikaisemmin saanut osakseen vastustusta mm. Three Mile Islandin tapahtumien jälkeen.

Edellä mainituista syistä uusiutuva energia koki tappioita, mutta onnistui kuitenkin selviämään jopa hieman onnekkaisesti Aklinin ja Urpelaisen (2018, s. 148) mukaan kahdesta syystä. Ensimmäisenä olivat vaikutukset kansalaisten ja äänestäjien mielipiteisiin ydinvoimasta. Vuonna 1986 tapahtunut Tsernobylin tuhoisa ydinonnettomuus romahdutti julkisen kannatuksen liittokansleri Kohlin vahvasti ajamalle ydinvoimakeskiselle energiapolitiikalle. Tämä asetti oikeistolaiset vallanpitäjät vaikeaan tilanteeseen. Vastauksena tälle vuonna 1986 perustettiin, muutama kuukausi Tsernobylin onnettomuuden jälkeen, ympäristöministeriö. Toinen syy uusiutuvan energian selviämiseen ja myöhempään nousuun Saksassa oli vuonna 1992 tehty tutkimus, jonka mukaan 76 % vastaajista ilmaisivat olevansa erittäin huolestuneita ilmaston lämpiämisestä (Brechtin, 2003). Tämän johdosta Kohl julisti julkisesti ilmastonmuutoksen olevan tärkein ympäristöongelma. (Lauber ja Mez, 2004). Tuohon aikaan myös muut tapahtumat, kuten kivihiiheen liittyvät haposateet ja asiantuntijoiden vakavat ennusteet metsien massatuhoista kasvattivat entisestään kansalaisten vastustusta kivihiieltä ja ydinvoimaa kohtaan. Näiden tapahtumien johdantelemana uusiutuvan energian kannatus kasvoi voimakkaasti 90-luvulle siirryttäessä. Vuonna 1991 perustettiin Saksan uusiutuvan energian liitto ja vuonna 1996 Saksan tuulivoimayhdistys.

Mennään kuitenkin hetkellisesti vielä takaisin vuoteen 1990, jolloin Saksan parlamentti säätöi syöttötariffilain (StrEG), joka vaati saksalaisia sähköyhtiöitä ostamaan sähköä uusiutuvan energian tuottajilta 65–90 prosentilla loppuasiakkaan maksamasta tariffista (Lauber ja Mez, 2004). Tämä laki oli hyvin samankaltainen, kuin vuonna 1978 Yhdysvalloissa voimaan tullut PURPA. Molempien vaikutukset kansalliseen uusiutuvan energian tuotantoon olivat suuria ja mahdollistivat pientenkin uusiutuvan energian tuottajien kasvun tehden uusiutuvan energian tuotannosta kannattavaa.

Vaikka uusiutuvan energian teollisuus ei vielä 90-luvun puolivälissä tuottanut kovinkaan merkittävää määrää Saksan sähköenergiasta, oli se kuitenkin kasvanut tarpeeksi suureksi ollakseen merkittävä poliittinen toimija (Michaelowa, 2005; Aklin ja Urpelainen, 2013). Syöttötariffilain jälkeen seuraavaksi merkittävin käänne uusiutuvan energian suhteen oli vuosi 1998. Saksan sosiaalidemokraattisen puolueen ja vihreiden historiallinen voitto johti ensimmäisen punaviherhallituksen muodostamiseen Saksan historiassa (Aklin ja Urpelainen,

s. 150). Gerhard Schröderin uuden hallituksen yksi ensimmäisiä energiapoliittisia uudistuksia oli laki koskien uusiutuvia energianlähteitä vuonna 2000. Tämä EEG:näkin tunnettu laki säädettiin ikään kuin paikkaamaan aikaisemman syöttötariffilain (StrEG) puutteita. Yksi StrEG:n heikkouksia oli, että uusiutuvan energian tuottajat kärsivät sähkön hinnan vaihtelevuudesta ja sitä myötä tuottojen epävarmuudesta. EEG pyrki ratkaisemaan tämän ongelman tarjoamalla uusiutuvasta energiasta tuotetulle sähkölle kiinteää hintaa, joka oli taattu yli 20 vuodeksi (Bruns ym. 2011). StrEG ja EEG yhdessä mahdollistivat uusien markkinoiden luomisen uusiutuville energialähteille tehden niistä myös samalla houkuttelevan kohteen sijoittajille (Aklin ja Urpelainen, s. 151). Hieman myöhemmin samana vuonna (2000) tätä houkuttelevuutta paransi entisestään Schröderin hallituksen päätös luopua ydinvoimasta.

Tanska

Vaikka Tanska on asukasluvultaan ja taloudelliselta merkittävyydeltään huomattavasti pienempi maa, kuin edellä mainitut Yhdysvallat ja Saksa, on sillä historiallisesti suuri merkitys uusiutuvan energian kannalta. Kuten seuraavista kappaleista tarkemmin selviää, Tanska oli merkittävä toimija maailmanlaajuisen tuulivoiman kasvussa erityisesti sen alkutaipaleella.

Vuoden 1973 öljykriisi oli yhtä lailla shokki siihen valmistautumattomalle Tanskalle, kuin se oli muillekin länsimaille. Tämä näkyy mm. siitä, että Lundin (2000) mukaan, Tanska oli käytännössä täysin riippuvainen öljystä vielä ennen ensimmäistä öljykriisiä, sillä mm. 85 % sen sähköntuotannosta vaati öljyä. Vastauksena tähän Tanskan hallitus julkisti suunnitelmansa ydinvoiman rakentamiselle ja vuonna 1976 kansalliseen energiasuunnitelmaan kirjattiin aikeet aloittaa viiden ydinvoimalan rakennustyöt (Aklin ja Urpelainen 2018, s. 122; Hadjilambrinos 2000). Tähän asti Tanskan suunta oli sama muiden edellä mainittujen länsimaiden kanssa. Tavoitteena oli vähentää öljyriippuvuutta ydinvoiman avulla, sillä sen katsottiin olevan tehokkain ja vakain tapa tuottaa sähköä. Tanskassa kuitenkin vastustettiin ydinvoimaa vahvasti ja ydinvoimaa koskevaa tietoa levittävä organisaatio onnistui lykkäämään hallituksen päätöksiä ydinvoimaloiden rakentamisesta useaan otteeseen (Vasi 2011). Tätä jatkui vuoteen 1980 asti, jolloin Tanskan sosiaalidemokraattinen hallitus päätti haudata ajatuksen ydinvoimasta lopullisesti (Heymann 1998).

Vaikka Tanskan vuoden 1976 energiasuunnitelman painopiste oli edellä mainitun mukaisesti vahvasti ydinvoimakaskeinen, mahtui sinne jo tuohon aikaan myös uusiutuva energia ja erityisesti tuulivoima. Syy tähän juontaa juurensa erityisesti tanskalaisten kokeiluista ja osaamisesta tuuliturbiiniteknologian saralla. Aklinin ja Urpelaisen (2018, s. 125) mukaan paras esimerkki tästä on Tvindin tuulivoimala, joka valmistuessaan vuonna 1975 oli maailman suurin. Tvindin tuulivoimala oli eräänlainen kokeilu, joka sai alkunsa Tvindin opettajien ja sen laajemman yhteisön aloitteesta hyödyntää heidän opetusmetodejaan energiantuotantoon liittyvissä ongelmissa (Jamison 1978, s. 26). Lopputuloksena oli vuoden 1975 lopulla valmistunut, siihen aikaan maailman suurin, 53 metriä korkea tuulivoimala, jonka rakentamisessa oli mukana satoja vapaaehtoisia. Tämä ruohonjuuritason projekti teki tuulivoimasta suosittua Tanskassa, sillä jo seuraavana vuonna Tvindin tuulivoimalaa kävi katsomassa yli 100 000 ihmistä. (Aklini ja Urpelainen, 2018 s. 125)

Tanskalainen osaaminen tuulivoimaloiden suhteen oli tuohon aikaan muuta maailmaa edellä. Yhdysvaltojen, Saksan ja Tanskan varhaisia tuulivoimainnovaatioita vertailtaessa huomattiin, että keskeinen syy Tanskan varhaiselle johtoasemalle tuuliturbiinien tuotannossa oli onnistuneet pieni, ehkä jopa käsityöläishenkinen, tuotanto (Heymann 1998 s. 662). Tanskalaiset harrastelijat ja taitavat käsityöläiset olivat innostuneita ja omistautuneita kehittämään tuuliturbiiniteknologiaa. Tämä osaaminen huomattiin myös Yhdysvalloissa ja erityisesti Kaliforniassa, jossa tuohon aikaan 70- ja 80-luvun taitteessa oli käynnissä tuulivoimavimma. (Aklini ja Urpelainen, 2018 s.123) Tämä innostus tuulivoimaa kohtaan Kaliforniassa yhdistettynä Tanskan tuulivoimapioneeriytyteen oli jättimenestys tuulivoimalle ja koko uusiutuvalla energiantuotannolle sen alkutaipaleilla. Tämä johtui siitä, että markkinat tuulivoimateknologialle olivat pienet Tanskassa, joten ilman Kalifornian sen aikaista suurta kysyntää tuulivoimalle, koko alan kehitys olisi voinut jäädä mitättömäksi tai ainakin hidastua merkittävästi. Suurimmin Kalifornian luomasta kysynnästä Tanskassa hyötyi tuuliteknologia-yhtiö Vestas, joka onnistui tarttumaan alan johtajuuteen. Kaliforniaan 1980-luvulla toimitetusta tuulivoimakapasiteetista puolet oli tanskalaisen Vestas-yhtiön valmistamaa (Heymann, 1998; Lewis ja Wiser, 2007; Gipe, 1991).

2. TEORIA- JA KÄSITETAUSTA

2.1. Uusiutuva energia

Panwar ym. (2010) sekä Rathore ym. (2007) määrittelevät uusiutuvan energian seuraavasti: ”Uusiutuvat energialähteet ovat resursseja, joita voidaan käyttää energian tuottamiseen uudelleen ja uudelleen, esimerkiksi aurinkoenergiaa, tuulienergiaa, biomassaenergiaa, geotermistä energiaa ja niin edelleen.” NRDC (Natural Resources Defence Council) puolestaan luonnehtii uusiutuvaa energiaa seuraavanlaisesti: ”Uusiutuva energia, jota usein kutsutaan puhtaaksi energiaksi, tulee luonnollisista lähteistä tai prosesseista, jotka uusiutuvat jatkuvasti. Esimerkiksi auringonvalo ja tuuli jatkavat paistamistaan ja puhaltamistaan, vaikka niiden saatavuus riippuukin ajasta ja säästä.” Edellä mainittujen lisäksi uusiutuvia energialähteitä ovat esimerkiksi vesivoima sekä merestä saatava vuorovesi-, aalto- ja virtausenergia.

Ihmiset ovat käyttäneet uusiutuvia energialähteitä, kuten tuulta ja biomassaa, jo tuhansia vuosia. 1900-luvun loppupuolelle asti uusiutuvan energian käyttö oli kuitenkin suhteellisen mitätöntä nykyaikaisissa teollisuustalouksissa. (Aklin & Urpelainen, 2018) Teoksessaan Aklin ja Urpelainen (2018) kertaavat uusiutuvan energian nousua, jonka voidaan ajatella alkaneen 1970-luvulla kahden suuren länsimaisiin talouksiin vaikuttaneiden öljykriisien takia. Ensimmäinen näistä tapahtui vuonna 1973, jota ennen fossiiliset polttoaineet olivat vakiinnuttaneet asemansa energiantuotannossa jatkuvan taloudellisen kasvun huolettomalla toisen maailmansodan jälkeisellä ajanjaksolla. Vuosi 1973 oli kuitenkin Aklinin ja Urpelaisen mukaan käännteentekevä. Länsimaat olivat jo vuosikymmenien ajan olleet hyvin riippuvaisia Lähi-Idän öljyntuotannosta lähinnä siitä syystä, että öljyä oli ollut saatavilla energiantuotannon tarpeisiin nähden lähes loputtomasti ja ennen kaikkea halvalla. Vuonna 1973 Jom Kippur-sodan alkaessa arabien öljyntuottajajärjestö OPEC kuitenkin nosti öljyn hintaa tuntuvasti vastareaktionä länsimaiden Israelin tuelle.

Toinen, vuonna 1979 tapahtunut öljykriisi, johtui Iranissa alkaneesta vallankumouksesta. Tästä aiheutunut öljyntuotannon lasku vaikutti öljyn hintaan hieman vuoden 1973 tavoin. Kokonaisuudessaan maailmanlaajuinen öljyntuotannon lasku oli suhteellisen marginaalinen,

noin 4 % luokkaa, mutta se oli siitä huolimatta tarpeeksi nostattamaan öljyn hintaa voimakkaasti jo toistamiseen 70-luvun länsimaissa. Vuoden 1973 öljykriisin jälkeen vastaavanlaisen oli länsimaissa jo kuitenkin varauduttu, joten vaikutukset vuonna 1979 eivät olleet aivan edeltävän kaltaiset. Vuonna 1979 tapahtui kuitenkin muutakin, joka entisestään vahvisti mm. ympäristöaktivistien näkemyksiä energiapoliittisen muutoksen tarpeesta. Yhdysvaltain Three Mile Islandin ydinvoimalan reaktorin osittainen sulaminen samaisena vuonna aiheutti radioaktiivisen aineen runsaan leviämisen laitoksen sisätiloihin. Joskin ympäristöön levinneet päästöt olivat vähäisiä. (Yle 2011.)

Näitä edellä mainittuja 1970-luvun tapahtumia Aklin ja Urpelainen luonnehtivat teoksessaan (2018) ulkoisiksi shokeiksi (eng. external shock). Heidän mukaansa ulkoiset shokit ovat välttämättömiä politisoitumisessa ja sitä kautta poliittisen muutoksen aloitteena. Energiapolitiikan suhteen he kuvailevat, kuinka tuohon aikaan 1970-luvulla ja pitkälti vielä sen jälkeenkin elettiin niin kutsuttua hiililukituksen (eng. carbon lock-in) aikaa. Vuoden 1973 ja 1979 öljykriisit sekä 1979 Three Mile Islandin ydinonnettomuus olivat ikään kuin välttämättömiä tapahtumia energiasiirtymän alulle, sillä nämä ulkoiset shokit aiheuttivat energian politisoitumisen ja kriisiytymisen. Sitä kautta ne myös edesauttoivat uusiutuvan energian kasvua ja nykyaikaisen energiasiirtymän alkamista.

Tässä osiossa on myös syytä mainita ydinvoima, vaikka se ei täytäkään uusiutuvan energian kriteereitä, mutta on merkittävässä roolissa fossiilivapaan sähkön tuotannossa. Dell ja Rand (2004) kertovat, että väittely ydinvoiman puhtaudesta tai likaisuudesta on edelleen valloillaan. Heidän mukaansa ydinvoiman kannattajat väittävät, että ydinreaktorista ei vapaudu kasvihuonekaasupäästöjä eikä muita epäpuhtauksia, sillä se on täysin suljettu järjestelmä. Tämän lisäksi maailman uraanivarojen väitetään olevan niin suuria, että ydinvoimaa voisi hyvin kutsua kestäväksi, ellei jopa uusiutuvaksi energiaksi. Vastustajat puolestaan korostavat, että tämän päivän fissiolla toteutetun ydinvoiman tuotoksena syntyy radioaktiivista jätettä, josta täytyy hankkiutua turvallisesti eroon. Vaikka ydinvoima ei täytäkään uusiutuvan energian kriteereitä, se on tehokas tapa tuottaa sähköä fossiilivapaasti eli kuormittamatta ilmakehää hiilidioksidipäästöillä.

Ydinvoiman lisäksi myös uusiutuvaan energiaan liittyy ongelmia ja määrittelykamppailuja. Tästä hyvä esimerkki ovat biopolttoaineet, joiden suosion kasvu saattaa kannustaa maanviljelijöitä muuttamaan metsiä viljelysmaaksi samalla luultavasti kasvattaen

kokonaiskasvihuonekaasupäästöjä. (Aklin ja Urpelainen 2018; Searchinger ym. 2008) Myös puun käyttöön liittyy tekijöitä, jotka ovat ymmärtääkseni edelleen väittelyn alaisia. Tätä puoltaa muun muassa lähes 800 tutkijan allekirjoittama kirje (2018) EU:n parlamentille, jossa he esittävät huolensa puiden tarkoituksellisesta kaatamisesta niiden polttamiseksi energiaksi. Kirjeen mukaan ratkaisuna pitäisi olla direktiivin mukaisen metsäbiomassan rajoittaminen metsäteollisuuden tähteisiin ja jätteisiin. Ongelmana tässä nähdään, että metsäbiomassan tämänhetkinen direktiivin hyväksymä käyttö johtaa laajaan ”hiilivelkaan” aikaikkunassa, joka meillä tällä hetkellä on käytettävissä laajamittaisen ilmastonmuutoksen pysäyttämiseen. Kirjeessä myönnetään, että puiden uudelleen kasvattaminen ja fossiilisten polttoaineiden syrjäyttäminen metsäbiomassaa hyväksikäyttäen saattaa hyvittää direktiivin alaisen puun poltosta syntyneen hiilivelan, mutta vain pitkällä aikavälillä tarkasteltuna.

2.2. Energiasiirtymä

Energiasiirtymällä tarkoitetaan energiajärjestelmän muutosta. Grublerin ym. (2016) mukaan siirtymä on tarkoituksenmukaista määritellä energiajärjestelmän tilan muutokseksi yksittäisten energiateknologioiden tai polttoainelähteiden muutoksen sijaan. Heidän mukaansa paras esimerkki tästä on muutos esiteollisesta energiajärjestelmästä teolliseen, missä perinteinen biomassa ja uusiutuva energia vaihtui hiileen ja höyryvoimaan.

“Nykyaikaisen” energiasiirtymän voidaan sanoa tarkoittavan fossiilisten polttoaineiden korvaamista fossiilivapaalla- ja uusiutuvalla energialla. Tämä määritelmä perustuu Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa määritettyyn tavoitteeseen energiajärjestelmän tilan muutoksesta. Khan ja Kalair (2019) määrittelevät energiasiirtymän tarkoittavan siirtymää 5 prosentista 80 prosenttiin. Tämä tarkoittaa sitä, että energiasiirtymä fossiilivapaan- ja uusiutuvan energian osalta on saavutettu, kun näillä tavoin on tuotettu 80 % energiankulutuksesta. Viimeisimmän EU:n jäsenvaltioita velvoittavan uusiutuvan energian direktiivin (RED III) mukaan tavoite koko EU:n alueelle on tuottaa 42.5 % energiankulutuksesta uusiutuvalla energialla vuoteen 2030 mennessä.

Energiasiirtymä on vahvasti sidoksissa Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteeseen ilmastonutraaliudesta vuoteen 2050 mennessä, sillä energiasektorin kerrotaan aiheuttavan 75 % kaikista EU:n kasvihuonekaasupäästöistä (Euroopan komissio). Uusiutuvaan ja

fossiilittomaan energiaan siirtyminen on tästä syystä yksi merkittävimmistä tekijöistä myös hiilineutraaliustavoitteen saavuttamisessa. Sovacoolin (2017) mukaan kaikilla pohjoismailla on kansallinen tavoite tuottaa kaikki tai vähintäänkin suurin osa energiastaan hyödyntäen uusiutuvaa energiaa. Hänen mukaansa Ruotsi on sitoutunut tavoittelemaan 100 %:n uusiutuvan energian osuutta, kun Suomen tavoitteena on 80 %. IEA:n tilastojen (2023) mukaan Suomen energianloppukulutuksesta noin 50.2 % oli uusiutuvaa energiaa vuonna 2021. Samana vuonna vastaava luku Ruotsissa oli 57.9 %. Tämä on IEA:n mukaan niin kutsuttua *modernia* uusiutuvaa energiaa, mihin ei ole sisällytetty perinteisiä tapoja käyttää biomassaa, kuten puunpolttoa.

Sovacool (2017) alleviivaa vähähiilisen energiasiirtymän epävarmuutta ja vaikeutta. Vaikka hänen mukaansa kaikki menisikin suunnitelmien mukaan, pohjoismaiden tavoittelemassa energiasiirtymässä kestää vuosikausia toteutua. Tämä on hänen mukaansa havaittavissa siitä, että energiasiirtymä on ollut pohjoismaissa käynnissä jo vähintään muutamia vuosikymmeniä, eikä sitä olla vielääkään saavutettu.

2.3. Hiilineutraalius

Hiilineutraalius on suhteellisen helposti lähestyttävä käsite. Sillä tarkoitetaan tilannetta, jossa ihmisen toimista ilmakehään aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat yhtä suuret kuin hiilinielujen kyky sitoa hiilidioksidia itseensä. Toisin sanoen hiilineutraalissa tilanteessa hiilidioksidipäästöjen vaikutus ilmakehään on neutraali (van Soest ym. 2021). Hiilineutraalius on useissa eri ilmastonmuutoksen hillintään, kestävään kehitykseen tai vihreään siirtymään tähtäävissä strategioissa, raporteissa ja jopa markkinoinnissa toistuva käsite. Sitä käytetään usein tavoitteena, joka ikään kuin kuvastaa sitoutumista kestävään kehitykseen ja sen myötä “taisteluun” ilmastonmuutosta vastaan. Tästä hyvänä esimerkkinä Suomen kansallinen ilmasto- ja energiastrategia – Hiilineutraali Suomi 2035.

Hiilineutraaliudesta puhuttaessa on tärkeää muistaa, että se ei välttämättä tarkoita täydellistä hiilestä tai kasvihuonekaasupäästöistä irtautumista. Kuten jo aiemmin mainitsin, kyse on päästöjen tasapainottamisesta, neutraaliuden tavoittelusta, hiilinielujen avulla tietyllä aikavälillä. Nämä hiilinielut voivat olla maankäyttösektoriin (LULUCF) kuuluvia metsien hiilinieluja tai esimerkiksi hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin sisältävää bioenergiaa (BECCS). (van Soest ym. 2021)

Vaikka hiilineutraaliuden vaatima tasapaino päästöjen ja hiilinielujen suhteen on teoreettisesti helppo ymmärtää, sen toteuttaminen on todellisuudessa erittäin monimutkaista. Jing Chen (2021) esittää toimet, joilla päästään hiilineutraaliustavoitteeseen. Tärkeintä hänen mukaansa on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä niin paljon kuin mahdollista mm. korvaamalla fossiiliset polttoaineet fossiilivapaalla energiatuotannolla, kuten uusiutuvalla energialla ja ydinvoimalla. Tämän lisäksi teollinen hiilen talteenotto, poisto, varastointi ja hyödyntäminen sekä kiinteiden jätteiden kierrätys ovat olennainen osa hiilineutraaliuden tavoittelua. Viimeiseksi hän mainitsee energian käytön vähentämisen ja energiatehokkuuden lisäämisen.

Kuten Chenin (2021) esittämistä toimista huomaa, hiilineutraaliuden tavoittelussa energian tuotannolla ja käytöllä on suuri painoarvo. EU:n arvioiden mukaan energian tuotanto ja käyttö aiheuttavat yli 75 % EU:n kasvihuonekaasupäästöistä. Tästä syystä energiasektorin hiilidioksidipäästöjen vähentämisellä on suuri merkitys lyhyen ja pitkän aikavälin ilmasto- ja hiilineutraaliustavoitteissa. (Euroopan komissio 2024a.) Koko maailmanlaajuisessa mittakaavassa energiasektori aiheutti vuonna 2022 n. 72 % kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Nämä hiilidioksidipäästöt koostuivat pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöstä.

Tasapainottelu päästöjen ja nielujen välillä on hankalaa, sillä esimerkiksi kokonaisen valtion päästöjen ja nielujen mittaaminen ja arvioiminen on äärimmäisen monimutkaista. Ilmastonmuutokseen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyen käydään myös jatkuvasti erilaisia määrittelykamppailuja, jotka johtavat päästöjen ja nielujen mittaamisen muuttumiseen ja täten hankaloittaa tarvittavien toimien hahmottamista strategisella aikajanelalla. Esimerkiksi EU on jatkuvasti kiristänyt vuoden 2030 tavoitettaan uusiutuvan energian määrästä energiantuotannossa. Vuonna 2014 tavoite uusiutuvan energian osuudelle energiantuotannossa EU:n alueella oli asetettu 27 %:n vuoteen 2030 mennessä. Tavoitetta on jatkuvasti kiristetty uusien laskelmien ja innovaatioiden myötä ja vuonna 2023 uusiutuvan energian osuuden tavoite on asetettu jo 42.5 %:n vuoteen 2030 mennessä. Tämän kaltaiset tavoitteiden kiristämistoimet ulottuvat myös muihin strategisesti linjattuihin ilmastonmuutoksen torjumiseen suunnattuihin toimiin. Kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän vähentämistavoitetta on säädetty yhä kunnianhimoisemmaksi kuluneen 10 vuoden aikana. Vuonna 2014 tavoitteena oli vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 40 % (vuoden 1990 tasoista) vuoteen 2030 mennessä. Tämänhetkiset EU:n alueelliset tavoitteet ovat 55-valmiuspaketin

nimen mukaiset eli 55 % vuoteen 2030 mennessä. Tämän lisäksi EU pyrkii vihreän kehityksen ohjelman mukaisesti saavuttamaan ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä. (The Guardian 2014; Euroopan komissio 2024d)

Hiilineutraaliuden tavoittelu koskettaa laaja-alaisesti koko yhteiskuntaa ja erilaisia strategioita sen tavoitteluun voi olla monella eri yhteiskunnan tasolla aina yksilöistä koko maailmanlaajuisiin sopimuksiin. Esimerkiksi Suomea ohjaa maailmanlaajuiset ilmastosopimukset, kuten Pariisin ilmastosopimus. Tämän lisäksi hiilineutraaliuden tavoittelemiseen Suomea osaltaan kannustaa ja velvoittaa EU:n vihreän kehityksen ohjelma. Näiden pohjalta Suomi on luonut oman kansallisen ilmasto- ja energiastrategiansa – Hiilineutraali Suomi 2035, joka puolestaan velvoittaa osaltaan kansallisia yrityksiä toimimaan kohti hiilineutraaliutta. Tämä johtaa siihen, että myös yrityksillä ja organisaatioilla on monesti yksilöityjä strategioita hiilineutraaliuden tavoittelulle.

Eurooppalaisesta energiasiirtymästä ja hiilineutraaliudesta puhuttaessa EU:n merkitys on koko moninaisessa strategioiden verkostossa suurin. EU on ottanut tavoitteekseen ikään kuin yhdistää EU-maat ja ajaa kunnianhimoisesti koko Euroopan aluetta kohti yhteistä tavoitetta - ilmastoneutraaliutta. Tämän tavoittelulla EU katsoo olevan useita hyötyjä, joista suurimpana on kuitenkin ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteiden mukaisesti reilusti alle 2 asteeseen esiteollisesta tasosta. Ilmaston ja luonnon monimuotoisuuden turvaamisen lisäksi ilmastoneutraaliuden tavoittelemisen luo EU:n mukaan taloudellista kasvua, parantaa energiaturvallisuutta ja ennen kaikkea luo Euroopasta vihreän kehityksen edelläkävijän. Tämän katsotaan olevan tärkeää, sillä maailmanlaajuisen ilmastonmuutoksen torjuminen vaatii suunnannäyttäjää ja juuri sitä roolia EU kunnianhimoisesti tavoittelee. (Eurooppa-neuvosto 2024.)

Politiikassa, mediassa ja eri tason strategioissa käytetään eri termejä kasvihuonekaasupäästöjen neutralisoinnin tavoittelusta. Pariisin ilmastosopimuksessa sovitun tavoitteen, eli ilmaston lämpenemisen rajoittamisen 1,5 asteen tuntumaan, saavuttamiseksi pyritään kasvihuonekaasupäästöjä mm. vähentämään, poistamaan ja kompensoimaan. Näitä kolmea keinoa hyödyntämällä voidaan tavoitella hieman tilanteesta ja puhujasta tai kirjoittajasta riippuen joko hiilineutraaliutta, ilmastoneutraaliutta tai nettonollaa. Tämä on vähintäänkin epämääräistä, sillä hiilineutraalius ja ilmastoneutraalius tarkoittavat periaatteessa eri asioita. Hiilineutraalius käsittää tarkasti määriteltynä nimensä mukaisesti vain hiilidioksidipäästöt ja

siihen liittyvät neutralisointitavoitteet. Vuosien varrella ilmastonmuutosta ja ilmakehään vaikuttavia kaasuja tutkimalla on huomattu, että hiilidioksidin rinnalla on paljon muitakin kaasuja, jotka ilmakehään vapautuessaan kiihdyttävät ilmastonmuutosta. Tällaisia kaasuja ovat mm. metaani ja fluorikaasut. Tämän takia viime aikoina on ilmastotavoitteiden suhteen enenevässä määrin tuotu esille ilmastoneutraaliutta hiilineutraaliuden sijaan. Ilmastoneutraalius kattaa hiilidioksidin lisäksi kaikki muutkin ilmakehälle haitalliset kasvihuonekaasupäästöt, kuten mm. mainitsemani metaanin ja fluorikaasut. Nettonolla on käsitteenä ympäröivä näistä kolmesta ja sillä saatetaan tilanteesta riippuen tarkoittaa vain hiilidioksidipäästöjä, kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä tai jotain siltä väliltä. Voidaan puhua nettonollapäästöistä, joka viittaa ilmastoneutraaliuteen. Tämän lisäksi voidaan puhua nettonolla hiilidioksidipäästöistä, joka puolestaan viittaa hiilineutraaliuteen. Poliitikassa, mediassa, yritysmarkkinoinnissa ja jopa kansallisissa strategioissa kaikkia näitä termejä saatetaan käyttää hyvin epämääräisesti toistensa synonyymeinä. Hiilineutraaliudesta puhuttaessa saatetaan käsitellä kaikkia kasvihuonekaasuja. Tästä esimerkkinä Ranskan kansallinen ilmastostrategia (Rogelj ym. 2021). Toisinaan puolestaan ilmastoneutraaliutta saatetaan käyttää synonyyminä nettonollalle tarkentamatta, mitä nettonolla kussakin yhteydessä kattaa.

Myös Rogelj ym. (2021) korostavat ilmastoneutraaliustavoitteiden haasteellisuutta. Heidän mukaansa eri ilmastoneutraaliusstrategioiden tavoitteet ovat vielä liian epämääräisiä. Ongelmana on se, että strategioita on vaikea vertailla, sillä määritelmät ovat liian väljiä. Tämä viittaa käsittäkseni ylemmän tason standardoinnin ja tarkempien yksityiskohtien puutteeseen, joka johtaa hajanaiseen joukkoon eri tavoittein rakennettuja nettonolla päästötavoitteita. Artikkelin (2021) mukaan jotkut tavoitteet keskittyvät pelkästään hiilidioksidipäästöihin, kun taas toiset kaikkiin kasvihuonekaasupäästöihin. Myös nettonollan tavoitteluun pyritään erilaisin keinoin. Yritykset saattavat esimerkiksi sisällyttää niihin vain suoraan hallinnassaan olevat päästöt tai ottaa huomioon laajemmin myös tuotteidensa kulutuksesta ja hävittämisestä koituvat päästöt. Nettonollan voi siis saavuttaa vähentämättä omia päästöjään ja kompensoimalla aiheutetut päästöt muualla. (Rogelj ym. 2021)

Eri valtioilla ja ylikansallisilla toimijoilla on myös erilaisia nettonollatavoitteita. Esimerkkinä näistä EU:n strategia kattaa kaikki kasvihuonekaasut pyrkien ilmastoneutraaliuteen vuoteen 2050 mennessä, kun taas Kiinan ilmastostrategia kattaa vain hiilidioksidipäästöt tavoitellen hiilineutraaliutta vuoteen 2060 mennessä. USA:n tavoite on saavuttaa nettonollapäästöt

vuoteen 2050 mennessä, mutta heidän strategiassaan ei määritellä mitä kasvihuonekaasuja päästövähennystavoitteisiin lukeutuu. (Rogelj ym. 2021)

Hiilineutraalius voidaan saavuttaa usealla eri tavalla. Ilmastotavoitteiden näkökulmasta paras vaihtoehto olisi kasvattaa energiatehokkuutta ja vähentää päästöjä mahdollisimman paljon. Koska täydellinen päästöttömyys ei ole käytännössä mahdollista, tulee jäljelle jäävät päästöt kompensoida hiilinieluilla tai ostamalla päästökaupparektoriin kuuluvia päästöoikeuksia. Päästöjen kompensointi ja päästöoikeudet mahdollistavat kasvihuonekaasupäästöjen tasapainottamisen, ja näin ollen hiilineutraaliuden saavuttamisen, päästöjä vähentämättä. Tämä saattaa aiheuttaa ongelmia maailmanlaajuisten kokonaispäästöjen mittaamisessa, sillä hiilinielujen laskennallisen kapasiteetin todentaminen monimutkaistuu ja nielujen kaksinkertaisen laskennan riski kasvaa. Jos esimerkiksi Sierra Leonessa toteutettava metsänistutushanke myy kompensatiohyvityksiä Microsoftille, tämä päästövähennys saatetaan laskea kaksinkertaisena, jos se sisällytetään myös Sierra Leonen päästötavoitteisiin (Rogelj ym. 2021).

Hiilineutraalius on tutkielmani kannalta tärkeä käsite. Se on keskiössä ja päätavoitteena useissa ilmasto- ja energiastrategioissa, erityisesti tutkielmani kannalta merkittävissä Suomen ja Ruotsin kansallisissa energia- ja ilmastosuunnitelmissa. Hiilineutraaliutta voidaan pitää eräänlaisena globaalina ylätasoin strategiana, sillä se on jo muutaman vuosikymmenen ajan ollut ihmiskunnan yhteinen toiminta ja tavoite ilmastonmuutoksen tainnuttamiseksi (Caineng Zou ym. 2021). Hiilineutraaliuden tai nettonollapäästöjen tavoittelua ehdotettiin ymmärtääkseni ensimmäisen kerran maailmanlaajuisesti ratkaisuksi ilmastonmuutoksen torjuntaan vuoden 2015 Pariisin ilmastokokouksessa.

2.4. Polkuriippuvuus

Polkuriippuvuus on varsinkin yhteiskuntatieteissä usein käytetty käsite, jota hyödyntämällä voidaan paremmin ymmärtää esimerkiksi muutosprosesseja. Yleisesti polkuriippuvuudella viitataan ajatukseen siitä, kuinka aikaisemmat tapahtumat vaikuttavat tulevaisuuden tapahtumiin. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat kehityskulut, jotka vakiinnuttavat teknologisen kehityksen kasvavien tuottojen seurauksena. (Djelic ja Quack 2007.) Tarkemmin määriteltynä polkuriippuvuus luonnehtii Mahoneyn (2000) mukaan erityisesti sellaisia historiallisia

tapahtumasarjoja, joissa tapahtumat käynnistävät institutionaalisia malleja tai tapahtumaketjuja, joilla on deterministisiä ominaisuuksia. Polkuriippuvuuden tunnistaminen edellyttää Mahoneyn (2000) mukaan sekä tietyn lopputuloksen jäljittämistä tiettyihin historiallisiin tapahtumiin että osoittamista, miten nämä tapahtumat ovat sellaisia satunnaisia tapahtumia, joita ei voida selittää aiempien historiallisten olosuhteiden perusteella.

Polkuriippuvuuteen johtavat tapahtumasarjat voivat rakentua kahdella eri tavalla. Ensimmäistä luonnehditaan institutionaaliseksi uusintamiseksi, joka rakentuu itseään vahvistavista jaksoista. Nämä uusintamismekanismit voivat olla kausaalisesti niin tehokkaita, että ne lukitsevat (lock-in) tietyn institutionaalisen mallin. Institutionaalisten mallien lukkiutuksessa, niitä on äärimmäisen vaikea poistaa. Usein tämä lukkiutuneen "polun" muutos vaatii voimakkaan ulkoisen häiriön (external shock), joka aiheuttaa tarvittavan suunnan muutoksen institutionaalisissa malleissa. Toinen tapahtumasarja koostuu reaktiivisista jaksoista, jotka ovat ajallisesti järjestyneitä ja kausaalisesti toisiinsa liittyviä tapahtumien ketjuja. Nämä jaksot ovat reaktiivisia siksi, että jokainen jakson tapahtuma on osittainen reaktio ajallisesti edeltäviin tapahtumiin. (Mahoney 2000; Djelic ja Quack 2007)

Tämän tutkimuksen osalta polkuriippuvuuden suhteen riittää ymmärrys sen "heikommasta muodosta". Tämä tarkoittaa Sewellin (1996) mainitsemaa yleistä ideaa polkuriippuvuudesta, jonka mukaan aikaisemmin tapahtunut vaikuttaa myöhemmässä vaiheessa tapahtuvan tapahtumasarjan mahdollisiin lopputuloksiin. Polkuriippuvuus siis sisältää ajatuksen siitä, että tietyillä tapahtumilla tai päätöksillä on syy-seuraussuhteensa ja näitä "polkuja" seuraamalla on mahdollista esimerkiksi ymmärtää paremmin, miksi Suomen tai Ruotsin tapauksissa biomassalla sekä ydinvoimalla on suuri rooli molempien energiantuotannossa. Tai vaihtoehtoisesti miksi Suomen ja Ruotsin hiilineutraaliustavoitteet eroavat toisistaan ajallisesti.

3. KATSAUS SUOMEN JA RUOTSIN ENERGIAPOLITIIKAN KEHITYKSEEN

3.1 Suomi

Monen muun länsimaan tavoin myös Suomessa käynnistettiin energiakeskustelu 1970-luvulla vastauksena energian hinnanvaihteluihin. Energia mainittiin ensimmäistä kertaa erikseen hallitusohjelmassa vuonna 1972 ja ensimmäinen energiapoliittinen ohjelma hyväksyttiin vuonna 1979. Ohjelman päätavoitteena oli edistää kotimaisen energian tuotantoa ja käyttöä. Tuohon aikaan se tarkoitti pääasiassa puun ja turpeen tuotannon ja käytön edistämistä energialähteenä. Ohjelma uudistettiin vuonna 1982 ja tämän jälkeen varsinaiset energiastrategiat implementoitiin vuosina 1992 ja 1997. (Hildén ja Kivimaa, 2022.)

Energiaturvallisuuden ja energiatehokkuuden parantaminen ovat olleet ydinasioita suomalaisessa energiakeskustelussa aina ensimmäisistä ohjelmista lähtien. Energiaturvallisuuden suhteen aikaisimmissa ohjelmissa keskityttiin tapoihin vähentää riippuvuutta öljystä. Tämän lisäksi mainittiin myös tuonnin turvaamisen ja omavaraisuuden merkitys kansallisesti. Vuoden 1982 uudistetusta energiaohjelmasta lähtien on huomioitu energiatehokkuus ja energiankulutuksen vähentämisen merkitys. Tämä näyttäytyy erityisesti mainintoina pyrkimyksistä suhteellisesti irrottaa energiankulutus ja talouskasvu toisistaan. Ilmastonmuutos ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen astuivat kuvaan suomalaisessa energiakeskustelussa 90-luvun lopulla. Tämä on havaittavissa mm. vuoden 1997 energiastrategiasta, jossa on alleviivattu tarve hiilidioksidipäästöjen vähentämiselle. (Hildén ja Kivimaa, 2022.)

Ydinvoimaa on Suomessa perusteltu vastauksena energiaturvallisuuden kysymyksiin. Näihin liittyvät pyrkimykset vähentää riippuvuutta öljystä sekä venäläisen sähkön tuonnista. Yhtenä perusteena kansallisen ydinvoiman rakentamiselle onkin käytetty argumenttia siitä, että sähköä ostetaan Venäjältä, jossa se tuotettaisiin vielä epäluotettavammilla ydinvoimalaitoksilla. Vuonna 2010 julkistetun eurobarometrin mukaan kansalaisten asenteet ydinvoimaa kohtaan ovat positiivisempia maissa, joissa on asennettua ydinvoimakapasiteettia (verrattuna maihin, joissa ei ole). Kyselytutkimuksen mukaan yhteensä 75 % suomalaisista oli sitä mieltä, että ydinvoimakapasiteetti tulisi pitää nykyisellä tasollaan tai jopa kasvattaa sen määrää. Tutkimuksesta selviää myös, että 67 % suomalaisista uskoi ydinvoimalla olevan positiivinen rooli ilmastonmuutoksen kannalta. (Hildén ja Kivimaa, 2022; Eurobarometri, 2010.)

Toinen suomalainen energiakeskustelu käsittää turpeen käytön energiantuotannossa. Varhaisissa energiastrategioissa turvetta kaavailtiin hiilen korvaajaksi ja näin ollen vuoden 1997 energiastrategiassa linjattiin turpeen käytön jatkamisen puolesta erityisesti sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Turpeen tuottajat ja käyttäjät ovat pitkään vaatineet, että se olisi uusiutuva energialähde. Vuonna 2000 kauppa- ja teollisuusministeriö (nyk. työ- ja elinkeinoministeriö) tilasi tutkimuksen, joka osoittaisi turpeen olevan hitaasti uusiutuva energialähde. Tämän tarkoituksena oli vaikuttaa kansalliseen ja ylikansalliseen keskusteluun takaamalla turpeen käytön jatkumisen ottamatta huomioon siitä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Yritys kuitenkin epäonnistui. Vaikka turpeella on edelleen jokseenkin käyttöä suomalaisessa energiantuotannossa viimeisimmän energia- ja ilmastostrategian mukaisesti, diskurssi on muuttunut ja sen luonne fossiilisenä polttoaineena on yleisesti hyväksytty. (Hildén ja Kivimaa, 2022; Leinonen, 2010; Valtioneuvosto, 1997; Valtioneuvosto, 2017.)

Suomen energiapolitiikassa on havaittavissa vahvaa polkuriippuvuutta, joka kumpuaa metsäteollisuuden ja yleisemmin bioenergian sekä raskaan teollisuuden keskeisestä asemasta Suomessa. Metsäteollisuuden merkittävää roolia suomalaisen talouden osalta kuvastaa se, että vuonna 2018 yli 75 % uusiutuvasta energiasta tuotettiin metsäteollisuuden “sivutuotteilla” eli kiinteillä biopolttoaineilla. Vertailun vuoksi esimerkiksi Ruotsissa ja Itävallassa, joilla on yhtä lailla suuret metsäluonnonvarat, vastaava luku uusiutuvan energian suhteen oli noin 50 %:n luokkaa. Historiallisesti tarkasteltuna metsät olivat Suomen teollistumisen perusta ja niiden merkitys on säilynyt siitä lähtien. Vielä vuonna 1980 metsäteollisuuden osuus Suomen viennistä oli yli 40 %, mutta se on hiljalleen laskenut ja vuonna 2018 se oli n. 20 %. Tästä huolimatta metsäteollisuus on edelleen merkittävä poliittinen toimija ja Suomesta onkin pyritty aktiivisesti rakentamaan mm. metsään perustuvan biotalouden edelläkävijää. 2010-luvulla kasvaneet metsähakkuut biotalouden kasvattamiseksi ovat kuitenkin keskipitkän aikavälin hiilineutraaliuden tavoittelun yhteydessä johtaneet poliittisiin jännitteisiin sekä kotimaassa että EU:n tasolla. Pääasiassa nämä jännitteet johtuvat metsähakkuiden negatiivisesta vaikutuksesta Suomen metsien hiilinieluihin, jotka ovat kriittinen tekijä hiilineutraaliuden tavoittelussa. (Hildén ja Kivimaa, 2022)

3.2 Ruotsi

Ruotsalainen sähköntuotanto nojautui sen alkuaikoina vahvasti vesivoimaan. Mielenkiinto ydinvoimaa kohtaan kuitenkin kasvoi 1950 –luvulla, kun maa harkitsi ydinaseiden kehittämistä asevoimilleen. 1960 –luvun loppuun mennessä kasvanut sähköntarve sekä vastustus jokien jatkuvaa hyödyntämistä vesivoiman tuotantoa varten edellytti uusien energialähteiden löytymistä sähköntuotannossa. 1970 –luvulla öljyn korvaaminen sähköntuotannossa nähtiin tärkeänä ja ydinvoima näyttäytyi luonnollisimmalta vaihtoehdolta. Vastustus ydinvoimaa kohtaan sai kuitenkin alkunsa jo 1960 –luvun lopulla ja se huipentui Three Mile Islandin ydinvoimalaonnettomuuteen vuonna 1979 sekä sitä seuranneeseen kansanäänestykseen Ruotsissa vuonna 1980. Kansanäänestyksen siivittämänä Ruotsin eduskunta päätti poistaa ydinvoimalat käytöstä. Tästä päätöksestä huolimatta ydinvoiman tuotanto jatkoi kasvuaan, sillä viimeinen ydinreaktori otettiin Ruotsissa käyttöön vuonna 1985. Ydinvoimaa koskevat kysymykset ovatkin hallinneet Ruotsin energiakeskustelua pitkään. Parhaimmillaan ydinvoimalla tuotetun sähkön määrä oli lähes 50 %. Sama luku oli 30 % vielä vuonna 2022, yli 40 vuotta ydinvoimaloita koskevan päätöksen jälkeen. Ruotsin edelleen suuri tarve ydinvoimalle yhdistettynä sen olemassa oleviin alasajosuunnitelmiin ja kunnianhimoisiin ilmastotavoitteisiin ovatkin luoneet poliittisen kytköksen, jonka ympärille suuri osa Ruotsin energiapolitiikasta on rakentunut. (Johansson 2022; IEA 2022.)

Energiapolitiikan eriytymisen erilliseksi politiikanalaksi käynnisti huoli energiaturvallisuudesta 1970 –luvulla Ruotsissa. Tämä huoli kuitenkin kaikkosi energiakeskustelusta pitkäksi aikaa, sillä kansallisen energiajärjestelmän koettiin olevan vakaa ja öljyn tuonnin uskottiin olevan turvattu suhteellisen vakaiden kansainvälisten markkinoiden takia. Tästä huolimatta, toimitusvarmuuden merkitys on kasvanut viime vuosina. Tämä on seurausta sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosten sekä ydinvoiman alasajoaikeista, joka puolestaan johtuu kannattavuuden heikkenemisestä. Samaan aikaan vaihtelevaa sähköntuotantoa (esim. tuulivoimaa) lisätään ja tuloksena on kasvava riski kapasiteettipulasta osissa Ruotsia. Keskustelu uusiutuvan energian kyvystä tuottaa sähköä yhtä edullisesti, vakaasti ja kysyntään vastaten kuin ydinvoima on edelleen käynnissä. Ydinvoiman kannalta mielenkiintoista on, että Eurobarometrin (2010) mukaan Ruotsissa 73 % uskoo ydinvoimalla

olevan positiivinen rooli ilmastonmuutoksen kannalta. 76 % pitäisi kapasiteetin ennallaan tai kasvattaisi sitä. (Johansson 2022; Eurobarometri, 2010.)

Kunnianhimoisilla ilmastotavoitteilla on laaja kannatus ruotsalaisen ilmasto- ja energiapolitiikan piirissä. Tästä huolimatta erimielisyyttä aiheuttaa tavoitteiden ajoitus, saavuttamismenetelmät ja ilmastonmuutoksen torjunnan tarkat tasot. Jatkuvaa keskustelua käydään esimerkiksi siitä, mikä tulisi olla markkinoiden rooli verrattuna julkisiin menojärjestelyihin ja kuinka paljon tulisi keskittyä ilmastonmuutoksen torjumiseen valtion rajojen sisällä, kun vaihtoehtona on myös investoida päästökompensatioihin ulkomailta. Keskustelusta huolimatta markkinoiden roolia on ruotsalaisella energiasektorilla pidetty tärkeänä jo pitkään. Tämän voi havaita jo 1980 –luvulla alkaneesta sähkömarkkinoiden sääntelyn purkamisesta, joka huipentui uuteen, yhä enemmän sääntelyä purkaneeseen lainsäädäntöön vuonna 1996. (Johansson, 2022.)

Kuten Suomella, myös Ruotsilla on suuri metsäteollisuus. Noin 70 % Ruotsista on metsää, joten uusiutuvat luonnonvarat bioenergian suhteen ovat laajat. Historiallisesti, aikana ennen fossiilisia polttoaineita, puuperäiset polttoaineet hallitsivat ruotsalaista energiahuoltoa. Myöhemmin erityisesti vuoden 1973 öljykriisi käynnisti uudelleen heränneen kiinnostuksen kotimaista ja uusiutuvaa energialähdettä kohtaan. Tämä kiinnostus kasvoi entisestään 90-luvulla osana kunnianhimoisempaa ilmastopolitiikkaa. Olemassa oleva suuren metsäteollisuuden ympärille rakentunut infrastruktuuri ja kaukolämpöjärjestelmä mahdollistivat nopean fossiilisten polttoaineiden korvaamisen biomassalla tuotetulla energialla. Arvioiden mukaan maataloudesta ja metsämaasta saatavan biomassan tuotanto voi lisääntyä merkittävästi tulevaisuudessa. Kotimainen kysyntä Ruotsissa kuitenkin riippuu vahvasti sähköistymisen asteesta ja energiatehokkuuden parantumisesta teollisuuden ja liikenteen sektoreilla. (Johansson 2022; Kander & Stern 2014; Ericsson ym. 2004; Börjesson, 2016; Börjesson ym. 2017)

4 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Jo aivan tutkimuksen alkuvaiheilla oli selvää, että vertailu tutkimusmenetelmänä on minulle mieluisin tapa, sillä halusin alustavasti tutkia Suomen uusiutuvan energian nykytilaa ja tavoitteita vertaillen niitä Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan. Tutkimuksen edetessä huomasin, että Suomen hiilineutraaliustavoitteet ovat huomattavasti EU:n jäsenvaltioilleen asettamia tavoitteita kunnianhimoisempia ja tämä herätti mielenkiintoni. Mahdollista tutkimuksessa käytettävää aineistoa etsiessäni ajauduin umpikujaan, sillä en kyennyt löytämään vertailukelpoista aineistoa, joka olisi helposti saatavilla. Onnekseni satuin löytämään EU:n jäsenvaltioiden raportit kansallisista energia- ja ilmastosuunnitelmista. Näiden suunnitelmien rakenne ja sisältö ovat yhteneväisiä ja näin ollen melko helposti vertailtavissa.

Päädyin siihen, että olisi perusteltua vertailla Suomea useampaan EU:n jäsenvaltioon hiilineutraaliustavoitteiden suhteen. Tämä osoittautui kuitenkin hyvin nopeasti liian monimutkaiseksi, sillä jäsenvaltioiden energia- ja ilmastosuunnitelmat olivat satojen sivujen mittaisia raportteja. Lyhyen keskustelun jälkeen päädyimme ohjaajani kanssa siihen, että opinnäytetyöni kannalta olisi perusteltua vertailla Suomea ja Ruotsia keskenään. Suunnitelmien laajuuden takia päätin rajata aineiston hiilineutraaliustavoitteen kannalta olennaisimpiin osioihin.

Näin ollen tutkimukseni aineisto koostuu Suomen ja Ruotsin päivitetystä vuoden 2024 kansallisista energia- ja ilmastosuunnitelmista. Nämä suunnitelmat ovat osa energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnoinnista annettua asetusta (EU) 2018/1999. Hallinnointiasetuksen mukaan EU:n jäsenvaltioiden oli toimitettava komissiolle 30.6.2024 mennessä päivitettyt versiot kauden 2021–2030 kansallisista toimintasuunnitelmista. Nämä luonnokset tullaan mitä todennäköisimmin analysoimaan EU:n komission toimesta aikaisemmin toimitettujen suunnitelmien tavoin. Jos aikataulu on vastaavanlainen kuin edellisten kokonaisarvioiden osalta, voimme odottaa komission maakohtaisten suositusten julkaisemista loppuvuodesta 2024. (Euroopan komissio, 2024e.)

Aineiston analyysiosiossa vertailen Suomen ja Ruotsin vuonna 2024 päivitettyjä kymmenvuotisia kansallisia energia- ja ilmastosuunnitelmia vuosille 2021–2030. Nämä

suunnitelmat ovat keskenään hyvinkin vertailukelpoisia, sillä niiden sisältö on määritelty EU:n komission toimesta. Jokaisen kansallisen suunnitelman tulee sisältää hahmotelmat energiaunionin viidestä (5) eri ulottuvuudesta:

- Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen
- Energiatehokkuus
- Energiaturvallisuus
- Energian sisämarkkinat
- Tutkimus, innovaatiot ja kilpailukyky

Kuten jo mainitsin, rajasin aineistoni koskemaan edellä mainituista ulottuvuuksista hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ja energiaterhokkuutta, jotka mielestäni kytkeytyvät parhaiten tutkimukseni teoreettiseen viitekehykseen ja tutkimuskysymykseen. Valitsemieni ulottuvuuksien osalta tarkastelen kunkin maan kansallisia tavoitteita ja päämääriä sekä nykytilannetta ja ennusteita. Rajauksien jälkeen aineiston pituus oli yhteensä 120 sivua.

Tutkimukseni on vertaileva tapaustutkimus ja siinä käytettävää aineistoa tarkastellaan maiden välisen vertailun keinoin. Aineiston analyysi on toteutettu ensin värikoodaamalla mielestäni olennaisimmat havainnot suoraan aineistoon ja tämän jälkeen vielä kerran valikoimalla näistä havainnoista vertailukelpoisimmat kirjoitusprosessin aikana.

Kaiken kaikkiaan pyrin löytämään aineistosta sekä eroavaisuuksia että samankaltaisuuksia niiltä osin, kun aineistot olivat vertailukelpoisia keskenään. Vertailukelpoisuus ei kuitenkaan aina ollut itsestäänselvyys, sillä varsinkin Ruotsin suunnitelman rakenne oli osittain poukkoilevaa ja teksti vaikeaselkoista.

Miksi tutkimus on tärkeä?

Kansalliset energia- ja ilmastosuunnitelmat ovat hyvin ajankohtaisia, sillä ne on julkaistu päivitetystä muodossaan kesäkuussa 2024. Niillä on suuri painoarvo sekä kansallisten että EU:n koko alueen tavoitteiden saavuttamisessa. Tästä syystä niiden arviointi on kriittistä yhteisten energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Vaikka en tässä tutkimuksessa varsinaisesti arvioikaan kyseisiä suunnitelmia, pyrin tuomaan esiin sellaisia eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia Suomen ja Ruotsin väillä, mitkä voivat antaa mahdollisuuden tunnistaa

parhaita käytäntöjä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Nämä voivat olla arvokkaita kansallisesti tai jopa ylikansallisesti EU:n tasolla.

5 TARKASTELUSSA SUOMEN JA RUOTSIN KANSALLISET ENERGIA- JA ILMASTOSUUNNITELMAT

5.1 Kansalliset tavoitteet ja päämäärät

5.1.1 Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

Ruotsin ja Suomen suunnitelmissa vaikutusten arvioinnin yhteydessä käytetään eri termejä, jotka on hyvä avata tässä vaiheessa. Suomen suunnitelmassa käytetään termejä *With Existing Measures (WEM)* ja *With Additional Measures (WAM)*. Ruotsin suunnitelmassa puolestaan käytetään termejä *Baseline Scenario* ja *Case of Sensitivity*. Nämä termit kuvastavat laskelmia ja arvioita skenaarioista, jotka on tehty perustuen:

1. Käytössä oleviin politiikkoihin ja toimenpiteisiin (*WEM ja Baseline Scenario*)
2. Suunniteltuihin lisätoimenpiteisiin ja niiden vaikutuksiin (*WAM ja Case of Sensitivity*)

EU:n taakanjakoasetuksen mukaan sekä Suomella että Ruotsilla on samat velvoitteet taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen suhteen. Tämä tarkoittaa, että molempien maiden tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä, kun verrokkina on vuoden 2005 tasot. Lisäksi EU:n taakanjakoasetus määrittää yhdeksälle jäsenvaltiolle, mukaan lukien Suomi ja Ruotsi, oikeuden taakanjakosektorin (ESR) joustoon. Sekä Suomi että Ruotsi ovat ilmoittaneet suunnitelmassaan hyödyntävänsä tätä kertaluonteista 2 %:n mahdollisuutta mitätöidä päästökaupasektoriin (ETS) kuuluvia päästöoikeuksia taakanjakosektorilla asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa päästökaupasektorille tarkoitettujen päästöoikeuksien käyttämistä taakanjakosektorilla. Joustomahdollisuuden vuotuiseksi maksimimääräksi on Suomelle asetettu 0.7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv ja Ruotsille miljoonaa tonnia CO₂-ekv (Suomen NECP, s. 47, 2024; Ruotsin NECP, s. 37, 2024.)

Kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat

Suomi

Suomen suunnitelmasta selviää, että viisivuotisen jakson aloituspisteen (2021) päästöt olivat taakanjakosektorilla 27.2 miljoonaa tonnia CO₂-ekv, joka on noin 1.6 miljoonaa tonnia CO₂-ekv alle EU:n Suomelle määrittelemän rajan. Vastaavasti vuoden 2022 päästöt olivat 26.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv ja noin 1.4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv alle määrärajan. (Suomen NECP, s. 47, 2024.)

LULUCF-asetuksen (EU 2018/841) mukaan jäsenvaltion on huolehdittava siitä, että sektorin laskennalliset kokonaispäästöt eivät ylitä laskennallisia nieluja kauden 2021–2025 aikana. Suomen LULUCF -sektorin laskennallisten kokonaispäästöjen suhteen suunnitelmassa todetaan, että Suomi tulee toimittamaan EU:lle vuoden 2027 maaliskuuhun mennessä raportin, johon sisältyy kauden 2021–2025 päästöjen ja poistumien kokonaistase. Viimeisimmän LULUCF -asetuksen mukaan Suomen nettohiilinelun tulisi olla vähintään -17.8 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2030. Tämä tarkoittaisi vähintään 2.9 miljoonan tonnin CO₂-ekv kasvua nettonieluihin verrattuna vuosien 2016–2018 keskiarvoon, jota käytetään viiteajanjaksona LULUCF-asetuksessa. (Suomen NECP, s. 48–49, 2024.)

Suomi mainitsee muiksi tavoitteiksi liikenteessä käytettävän biopolttoaineen osuuden kasvattamisen. Biopolttoaineiden osuus kaikesta tieliikenteessä käytettävästä polttoaineesta tulisi suunnitelman mukaan olla 34 % vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi tavoitteena on kasvattaa sähkö- ja kaasuautojen määrää liikenteessä. Sähköautojen kokonaismäärän tulisi olla 750 000 ja kaasuautojen 130 000 vuoteen 2030 mennessä. Energiatuotannon suhteen muiden tavoitteiden alla on maininta turpeesta, jonka käytön vähentämiselle ei suunnitelman mukaan tällä hetkellä ole oikeudellisesti sitovaa tavoitetta. Tästä huolimatta turpeen käytön kerrotaan vääjäämättä poistuvan käytöstä päästökauppasektorilla energiaturpeelle asetetun hintalapun vuoksi. (Suomen NECP, s. 49, 2024.)

Hiilen talteenoton ja varastoinnin (CCS) suhteen ei Suomessa ole aktiivisia toimia. Suunnitelmassa mainitaan Nesteen aiemmista pyrkimyksistä tuottaa sinistä vetyä. Projektin

todetaan kuitenkin kariutuneen Venäjän hyökättyä Ukrainaan, mitä seurasi venäläisen maakaasun tuonnin loppuminen. Toisena mainitaan SSAB:n Raahen terästehdas, jossa CCS-tekniikkaa voisi käyttää. SSAB:lla on kuitenkin kunnianhimoiset tavoitteet fossiilivapaan teräksentuotannon suhteen. Tämä tarkoittaa sitä, että CCS-tekniikkaa ei kannata hyödyntää Raahen tehtaalla, sillä sen odotetaan muuntuvan vähäpäästöiseksi suhteellisen nopealla aikataululla. Tästä huolimatta, fokusalueeksi CCS:n saralla mainitaan talteen otetun hiilen hyödyntäminen. Suomessa on käynnissä useita hankkeita, joissa yhdistetään (lähinnä biologista alkuperää oleva) hiilidioksidi ja puhdas vety synteettisen metaanin valmistamiseksi liikennesektorin käyttöön. Näiden kerrotaan aloittavan toimintansa vuoden 2024 aikana. (Suomen NECP, s. 49–50, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin taakanjakosektorin päästöjen yläraja vuodelle 2021 oli noin 31.3 miljoonaa tonnia CO₂-ekv ja vuodelle 2022 noin 30.7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Taakanjakoasetuksen mukainen 50 %:n päästöjen vähennys tarkoittaisi Ruotsin suunnitelman mukaan 21.6 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2030. Heidän arvioidensa mukaan tämä ei tule toteutumaan, sillä baseline scenarion mukaan päästäisiin parhaimmillaan 25.3 miljoonaan tonniin CO₂-ekv ja case of sensitivityn mukaan 24.3 miljoonaan tonniin CO₂-ekv. (Ruotsin NECP, s. 37, 2024; EU 2023/1319.)

LULUCF-sektorilla päästöjen perusarvot on määritetty jäsenmaiden vuosien 2016–2018 keskiarvosta. LULUCF-asetus velvoittaa Ruotsin kasvattamaan nettonielujaan 4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuoteen 2030 mennessä. Kokonaisuudessaan tämä tarkoittaisi hieman alle 49 miljoonaa tonnia CO₂-ekv nettonielujen suhteen vuonna 2030. Ruotsi arvioi vuoden 2030 tavoitteisiin pääsemisen olevan epätodennäköistä, sillä olettaen keskimääräisen kasvun nettonielujen on arvioitu päätyvän LULUCF-sektorilla noin 42 miljoonaan tonniin CO₂-ekv. Hieman varovaisemman skenaarion mukaan, olettaen keskimääräistä heikomman kasvun, nettonielujen on arvioitu olevan noin 29 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Ensimmäisen skenaarion mukaan kokonaisnettonielut jäisivät 7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv tavoitteesta ja jälkimmäisen mukaan jopa 19 miljoonaa tonnia CO₂-ekv tavoitteesta vuonna 2030. (Ruotsin NECP, s. 3, 2024.)

Edellä mainittujen linjausten lisäksi muiksi tavoitteiksi on listattu myös konkreettisempia toimia. Yhtenä näistä on kiertotalouden vahvistaminen, joka näkyy Ruotsin tavoitteena kasvattaa uudelleenkäytettävien pakkausten määrää 30 % vuosina 2022–2030. Tämä koskee erityisesti take away –ruokarasioita ja –kuppeja. Ruokahävikkiä on myös tavoitteena vähentää vähintään 20 % aikavälillä 2020–2025. Kaksi muuta tavoitetta kiertotalouden vahvistamiselle koskevat yhdyskuntajätteen sekä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen kierrättämistä ja uudelleen käyttöä. (Ruotsin NECP, s. 39, 2024.)

Hiilen talteenoton ja varastoinnin (CCS) suhteen Ruotsilla puolestaan on voimassa olevia ja suunniteltuja toimia. Tästä ikään kuin vetovastuun on ottanut vuodesta 2021 lähtien Ruotsin energiavirasto, jonka tehtävänä on edistää CCS:n tehokasta toimeenpanoa Ruotsissa. Suunnitelmassaan he puhuvat erityisesti BECCS:n potentiaalista ja hyödyntämisestä eli hiilidioksidin talteenotosta sellaisista laitoksista, joissa käytetään biomassaa raaka-aineena ja/tai polttoaineena. Tämän teoreettisen potentiaalin kerrotaan olevan suuri, jopa 20–30 miljoonaa tonnia talteenotettua hiilidioksidia vuodessa pelkästään sellutehtaista sekä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksista. (Ruotsin NECP, s. 78, 2024.)

Sopeutuminen ilmastonmuutokseen

Suomi

Suomi on ottanut suunnitelmassaan huomioon ilmastonmuutoksen ennustetut vaikutukset ja riskitekijät jokaisella sektorilla. Tämän takia Suomella on olemassa erillinen vuonna 2022 hyväksytty kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelma (NAP2030), joka kattaa keskipitkän aikavälin ennusteet ja sektorikohtaiset suunnitelmat ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. NAP2030 toteuttaa Suomen kansainvälisiä ilmastovelvoitteita, erityisesti vuoden 2016 Pariisin ilmastopöytäkirjan ja Euroopan ilmastolain puitteissa. (Suomen NECP, s. 51, 2024.)

Kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman ennusteiden mukaan keskimääräisen lämpötilan lisäksi sademäärät tulevat kasvamaan Suomessa. Tämä kasvattaa vesivoimalla generoidun energian määrää n. 3 % seuraavan 20 vuoden aikana. Toisaalta yhtäjaksoiset vähäsatteiset jaksot ovat myös todennäköisiä. Tämä vaikuttaa vesivoiman tuotantoon ja on merkittävää, sillä

vesivoima on Suomessa ja koko pohjoismaisella alueella merkittävä säätövoiman lähde vaikuttaen sähkön hintoihin. (Suomen NECP, s. 52, 2024.)

Ennusteet tuulivoiman ja aurinkovoiman suhteen vaihtelevat. Viimeisimpien ennusteiden mukaan ilmastonmuutos ei tulisi juurikaan vaikuttamaan tuuliolosuhteisiin Suomessa. Toisaalta aurinkosäteilyn odotetaan kasvavan hieman seuraavien vuosikymmenten aikana. (Suomen NECP, s. 52, 2024.)

Keskimääräisen lämpötilan nousun myötä talvista odotetaan leudompia ja kesistä kuumempia. Tämä vaikuttaa rakennusten lämmitys- ja viilennystarpeisiin. Suunnitelman arvion mukaan lämmitykseen tarvittava energiamäärä tulee keskimäärin vähentymään enemmän, kuin viilennykseen vaadittava energiamäärä vastaavasti kasvaa. Näin ollen koko rakennuskannan lämmitysenergian nettotarpeen ennustetaan vähentyvän 0.3–0.4 % vuodessa, mikä tarkoittaa energiatarpeen vähenemistä 3.6 % vuoden 2020 ja 2030 välillä sekä 6.7 % vuonna 2040. (Suomen NECP, s. 53, 2024.)

Ruotsi

Myös Ruotsi raportoi suunnitelmassaan ottaneensa huomioon ilmastonmuutokseen sopeutumisen, mikä näkyy Ruotsin hallituksen tavoitteena vähentää kansallisia haavoittuvuuksia ja pyrkiä aktiivisesti tarttumaan mahdollisuuksiin ilmastonmuutoksen suhteen. Ruotsi on ottanut vuonna 2018 käyttöön kansallisen ilmastonmuutokseen sopeutumista koskevan strategian, jossa määritetään mm. koordinointiin, seurantaan ja arviointiin liittyvät mekanismit ilmastonmuutokseen sopeutumisen suhteen. Strategian päivittämistä ja siitä raportointia varten on samana vuonna perustettu kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumista käsittelevä asiantuntijaneuvosto. Raportoinnin tarkoituksena on muun muassa pitää maan hallitus ajan tasalla sopeutumiseen liittyvistä fokusalueista ja prioriteeteista, jotka perustuvat riskien, kustannusten ja hyötyjen arviointiin. (Ruotsin NECP, s. 125, 2024.)

Toinen ilmastonmuutokseen sopeutumiseen ja päästöjen vähentämiseen tähtäävä politiikka on Ruotsin direktiivi ilmanlaadun parantamiseksi. Tätä kutsutaan suunnitelmassa myös nimellä “kattodirektiivi”. Taulukosta 1 näkyy Ruotsin kattodirektiivissä suhteellisen tarkasti määritellyt

lineaariset vähennystavoitteet typen oksideille (NO_x), rikkidioksidille (SO₂), haihtuville orgaanisille yhdisteille (NMVOC), ammoniakille (NH₃) ja pienhiukkasille (PM_{2,5}). Nämä päästövähennystavoitteet, tai päästöjen enimmäismäärät, kuten suunnitelmasta käy ilmi, tulee saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Lineaaristen päästövähennysten toteutumiseksi Ruotsi on asettanut välitavoitteet vuodelle 2025. (Ruotsin NECP, s. 39–40, 2024.)

Air Pollution	Decrease to 2020 [%]	Decrease to 2030 [%]
NOX	36	66
SO2	22	22
NMVOC	25	36
NH3	15	17
PM2,5	19	19

Taulukko 1. Ruotsin uuden kattodirektiivin mukaiset ilmansaasteiden vähennystavoitteet vuosille 2020 ja 2030 prosentteina verrattuna vuoteen 2005. (Ruotsin NECP, s. 40, 2024.)

5.1.2 Uusiutuva energia

Euroopan unionilla on sitova tavoite saavuttaa vähintään 42.5 % uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta vuoteen 2030 mennessä. EU:n uusiutuvan energian direktiivin mukaisesti jokaisen jäsenvaltion on osallistuttava unionin yhteisen tavoitteen saavuttamiseen edistämällä omaa uusiutuvan energian osuuttaan. (EU 2023/2413.)

Suomi

Taulukosta 2 näkyy Suomen tämänhetkinen tavoite uusiutuvan energian määrälle kokonaisloppukulutuksesta. Se on EU:n uusiutuvan energian direktiivin (RED III) mukaisesti 62 % vuonna 2030. Suunnitelmassa todetaan, että uusiutuvan energian sektorin kehitys on edennyt erittäin hyvin ja tämän kehityksen ennustetaan jatkuvan. Tästä syystä on oletettavaa, että uusiutuvan energian määrä kasvaa nopeammin, kuin alun perin vuoden 2019 suunnitelmassa ennustettiin. Tuolloin tavoitteena oli edellisen uusiutuvan energian direktiivin (RED II) mukaisesti suhteellisen maltillinen 51 % osuus vuoteen 2030 mennessä. (Suomen NECP, s. 54, 2024.)

Target	2020	2022	2025	2027	2030
Finland's EU obligation	38%	-	-	-	-
Finland's RES target for 2030 and the minimum level for the intermediate years	-	NA	49%	54%	62%

Taulukko 2. Suomen tämänhetkiset uusiutuvan energian tavoitteet ja minimiosuudet energian loppukulutuksesta keskipitkällä aikavälillä. (Suomen NECP, s. 55, 2024.)

Energian loppukulutuksen suhteen Suomella on taulukon 3 mukaiset sektorikohtaiset tavoitteet uusiutuvan energian määrästä sähkön (RES-E), lämmityksen ja jäähdytyksen (RES-H&C) sekä liikenteen (RES-T) suhteen. Tavoitteet perustuvat WEM-ennusteeseen, johon ei ole laskettu mukaan esimerkiksi jo ehdotettua vuoden 2030 tavoitetta kestävien lentopolttoaineiden sisällyttämisestä RES-T-sektoriin. Tämän ehdotuksen mukaan vuonna 2030 kestävien lentopolttoaineiden olisi katettava 6 % RES-T tavoitteesta. (Suomen NECP, s. 56, 2024.)

Indicator	2020	2022	2025	2027	2030
RES overall	44%	48%	55%	58%	62%
RES-E	40%	48%	61%	63%	65%
RES-H&C	58%	59%	66%	69%	74%
RES-T	14%	19%	26%	37%	53%

Taulukko 3. Suomen kokonais- ja sektorikohtaiset osuudet uusiutuvan energian loppukulutuksesta WEM-ennusteen mukaan. (Suomen NECP, s. 57, 2024.)

Ruotsi

Ruotsilla ei ole kansallista tavoitetta uusiutuvan energian määrälle vuodelle 2030. Sen sijaan käytössä on toistaiseksi Ruotsin energiaviraston pitkän aikavälin energia- ja ilmastosuunnitelma vuodelta 2023, mikä perustuu EU:n vuodelle 2030 asettamiin yleisiin tavoitteisiin uusiutuvan energian saralla. Energiaviraston viiteskenaarion mukaan, EU:n suositukset huomioiden, uusiutuvan energian osuus kokonaisloppukulutuksesta tulisi Ruotsissa

olla 67 % vuonna 2030. Tämä näkyy myös taulukosta 4, jossa on eritelty myös välitavoitteet vuosien 2020 ja 2030 välille. Suunnitelmassa mainitaan, että aikaisemmassa, vuoden 2019 raportissa uusiutuvan energian osuuden oli laskettu saavuttavan 65 % vuonna 2030. (Ruotsin NECP, s. 42, 2024.)

Uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön lisäksi Ruotsi mainitsee tuottavansa suuren osan sähköstään fossiilivapaasti ydinvoimalla, jonka määrän on arvioitu olevan 52 TWh vuonna 2030. Ydinvoima ja uusiutuva energia yhteenlaskettuna tarkoittaa, että fossiilivapaan energian osuus on noin 78 % Ruotsin energiantuotannosta. (Ruotsin NECP, s. 43, 2024.)

Baseline scenario (%)	
Objective 2020	49
<i>18 % of Objective 2022</i>	<i>52</i>
<i>43 % of Objective 2025</i>	<i>57</i>
<i>65 % of Objective 2027</i>	<i>61</i>
Contribution 2030	67

Taulukko 4. Ruotsin suuntaa antavat tavoitteet uusiutuvan energian osuudelle energian loppukulutuksesta, %. (Ruotsin NECP, s. 42, 2024.)

Arvioidut uusiutuvan energian teknologian kehityssuunnat

Suomi

Suomella ei ole keskushallinnollista suunnitelmaa kunkin teknologian asennetun kapasiteetin kehittymisestä sähkön ja lämmityksen sektoreilla. Suunnitelmassa kuitenkin arvioidaan WEM-ennustein, että vuonna 2030 tuulivoiman asennettu kapasiteetti olisi 10 GW huippukuormitustuntien ollessa 3200. Aurinkovoiman suhteen arvioidaan, että vuoteen 2030 mennessä asennettu kapasiteetti tuottaisi 5.8 GW olettaen, että vuotuisia huippukuormitustunteja kertyy 900. Aurinkovoiman suhteen tämä olisi lähes kuusinkertainen määrä tämänhetkiseen asennettuun kapasiteettiin nähden. Vesivoiman kapasiteettiin, joka tällä hetkellä on 3.2 GW, ei ole odotettavissa merkittäviä muutoksia tulevien vuosien aikana. Taulukosta 5 näkyy Suomen ennusteet uusiutuvan energian kehityksestä vuoteen 2030 asti. (Suomen NECP, s. 58, 2024.)

Indicator	2022	2025	2027	2030
RES Overall				
Hydropower	15	15	15	15
Wind power	17	25	28	33
Solar energy	1	2	4	6
Bioenergy	99	111	114	116
Heat pumps	10	11	11	12
Total	141	164	171	181
RES-E				
Hydropower	15	15	15	15
Wind power	17	25	28	33
Solar energy	1	2	4	6
Bioenergy	12	14	14	14
Total	44	56	61	67
RES-H&C				
Solar energy	0	0	0	0
Bioenergy	81	91	91	91
Heat pumps	10	11	11	12
Total	91	101	102	103
RES-T (excl. coefficients)				
Liquid biofuels	5	6	8	10
Biogas	0.4	0.7	0.8	1.1
Renewable electricity	0.6	1.1	1.9	3.0
Total	6	8	10	14

Taulukko 5. Suomen uusiutuva energia sektoreittain ja teknologioittain WEM-ennusteessa (TWh, kokonaisloppukulutus) (Suomen NECP, s. 59, 2024.)

Merituulivoiman suhteen Suomi on asettanut osana BEMIP-merituulityöryhmää TEN-E (Trans-European Networks for Energy) asetuksen mukaisesti sitomattomia tavoitteita. BEMIP (Baltic Energy Market Interconnection Plan) on suunnitelma, jonka tarkoituksena on luoda avoimet ja integroidut sähkö- ja kaasumarkkinat Itämeren alueen EU-maiden välille. BEMIP-jäsenmaat Suomen lisäksi ovat Tanska, Saksa, Viro, Latvia, Liettua, Puola ja Ruotsi. (Euroopan komissio, BEMIP, 2024.) Suomen sitomattomat merituulivoimatavoitteet ovat 1 GW vuodelle 2030, 5 GW vuodelle 2040 ja 12 GW vuodelle 2050. (Suomen NECP, s. 60, 2024.)

Vedyn tuotannon osalta Suomella ei suunnitelman mukaan ole sitovia tavoitteita, mutta viimeisimmässä hallitusohjelmassa todetaan, että Suomen tavoite on sekä tuottaa että käyttää 10 % koko EU:n alueen puhtaasta vedystä.

Ruotsi

Ruotsin hallitus ei ole ottanut kantaa siihen, millaisia energiamuotoja ja missä määrin kutakin teknologiaa olisi käytettävä ennusteen mukaisen uusiutuvan energian kehityssuunnan saavuttamiseksi. Sektorikohtaisen uusiutuvan energian kehityksen alleviivataan olevan puhtaasti markkinavetoista eri teknologioiden suhteen. Tästä huolimatta Ruotsin energiavirasto on tehnyt baseline scenarion mukaisen ennusteen uusiutuvan energian asennetun kapasiteetin kehitykselle vuosille 2020–2030. Tämän ennusteen mukaan asennetun sähköntuotannon kapasiteetti tulisi kasvamaan 26 GW:a päätyen kokonaisuudessaan 67 GW:n vuonna 2030. Tuulivoiman osuuden kasvusta ennustetaan olevan 14 GW ja aurinkovoiman noin 8 GW. (Ruotsin NECP, s. 43, 2024.)

Lisäksi skenaariossa ennustetaan energian loppukulutuksen hieman nousevan. Vuonna 2020 kulutus oli 34 Mtoe (miljoonaa tonnia öljykvivalenttia), kun vuonna 2030 sen arvioidaan olevan 38.9 Mtoe. Sektorikohtaisessa tarkastelussa lämmitys- ja jäähdytyssektorin energiankulutuksen arvioidaan nousevan kymmenvuotisella periodilla 1.1 Mtoe:a päätyen kokonaisuudessaan 16.8 Mtoe:n vuonna 2030. Liikennesektorilla kulutus hieman vähenee päätyen 6.4 Mtoe:n vuonna 2030. Sähkösektorilla kulutus puolestaan kasvaa 5.9 Mtoe, joka tarkoittaa kokonaisuudessaan 17.9 Mtoe vuonna 2030. (Ruotsin NECP, s. 43–44, 2024.)

Ennusteet bioenergian kysynnässä sektoreittain

Suomi

Bioenergian kerrotaan olevan avainasemassa suomalaisen uusiutuvan energian tuotannossa. Bioenergian tuotanto on suurelta osin integroitu metsäteollisuuteen, jonka jätettä ja muuta jäämää hyödynnetään bioenergiana. Tästä hyvä esimerkki on mustalipeä (eng. black liquor), jota syntyy kemiallisen sellunvalmistuksen sivutuotteena. Taulukosta 6 on nähtävissä, että

biomassan käyttö primäärienergiana eli energiatuotannon raaka-aineena saavuttaa huippunsa vuosien 2025–2030 välillä ja kääntyy hiljalleen laskuun siitä eteenpäin. Energia- ja ilmastoennusteissa vuodelle 2030 metsähakkeen määrä lämmön ja sähkön tuotannossa kerrotaan aavistuksen nousevan, noin 22 TWh:n tai noin 11 miljoonaan kuutioon vuodessa. (Suomen NECP, s. 60–61, 2024.)

Type of biomass	2020	2025	2030
Black liquor and other concentrated liquors	40	45	45
Industrial wood residue and forest chips	47	50	52
Small-scale combustion of wood, pellets, etc.	16	14	12
Waste (biodegradable fraction)	4	5	4
Total	106	113	113

Taulukko 6. Suomen energiatuotannossa käytettävä biomassa tyypeittäin WEM-ennusteessa (TWh) (Suomen NECP, s. 61, 2024.)

Koska suurin osa puuperäisestä energiasta tuotetaan metsäteollisuuden jätteestä ja muusta jäämästä, ei se suunnitelman mukaan juurikaan vaikuta LULUCF-sektorin hiilinieluihin. Sahanpurun, puunkuoren, mustalipeän ja muiden metsäteollisuuden sivutuotteiden käyttö bioenergian tuotannossa ei suoranaisesti vaikuta hiilinielujen tasoon niin kauan kun metsäbiomassan kokonaispoistot eivät kasva merkittävästi. Kasvu on kuitenkin suunnitelman mukaan epätodennäköistä, sillä on odotettavissa, että suuri osa biopolttoaineiden raaka-aineista tuodaan tulevaisuudessa muualta. (Suomen NECP, s. 61–62, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin energiaviraston viimeisimmät pitkän aikavälin ennusteet ovat baseline scenario – ennusteiden mukaisia. Arvioiden mukaan bioenergian kokonaiskulutus vähenee 22.5 TWh:a vuosien 2022 ja 2025 välillä asettuen lopulta noin 133 TWh:iin vuonna 2025. Tämän jälkeen sen ennustetaan pysyvän lähes samoissa lukemissa, sillä vuonna 2030 bioenergian kokonaiskulutuksen arvioidaan olevan 134 TWh:a ja vuonna 2040 133 TWh:a. (Ruotsin NECP, s. 44, 2024.)

Sektorikohtaisesti ennusteet kertovat bioenergian käytön joko vähenevän tai pysyvän lähes samalla tasolla nykytilanteeseen nähden. Lämmitys- ja jäähdytyssektorilla bioenergian käyttö tulee vähenemään noin 9.5 TWh:a vuosien 2022 ja 2025 välillä ja tämän jälkeen edelleen 2 TWh:a asettuen kokonaiskulutukseltaan noin 106 TWh:iin vuonna 2030. (Ruotsin NECP, s. 44, 2024.)

Liikennesektorilla bioenergian käytön ennustetaan vastaavasti vähenevän 10.5 TWh:lla vuosien 2022 ja 2025 välillä ja edelleen 1.5 TWh vuoteen 2030 mennessä. Vähentymisen syyksi kerrotaan pääasiassa HVO:n eli vetykäsitellyn kasviöljyn, niin sanotun uusiutuvan dieselin, käytön väheneminen noin 13 TWh:lla. Bioenergian kokonaiskulutus liikennesektorilla vähenee entisestään 4 TWh:a vuosien 2030 ja 2040 välillä liikenteen sähköistymisen vuoksi. (Ruotsin NECP, s. 45, 2024.)

Sähköntuotannon sektori on ennusteen mukaan ainoa ala, jolla bioenergian käyttö ei vähene. Tällä sektorilla bioenergian käyttö kasvaa marginaalisesti, noin 1 TWh vuosien 2022 ja 2040 välillä. (Ruotsin NECP, s. 45, 2024.)

LULUCF-sektorin hiilinielujen osalta myös Ruotsi toteaa, että biopolttoaineiden kehityksellä ei ole juurikaan vaikutusta. Tätä he perustelevat sillä, että Ruotsissa käytettävien biopolttoaineiden raaka-aineet ovat pääsääntöisesti peräisin metsäteollisuuden jätteistä ja muista sivutuotteista. (Ruotsin NECP, s. 46, 2024.)

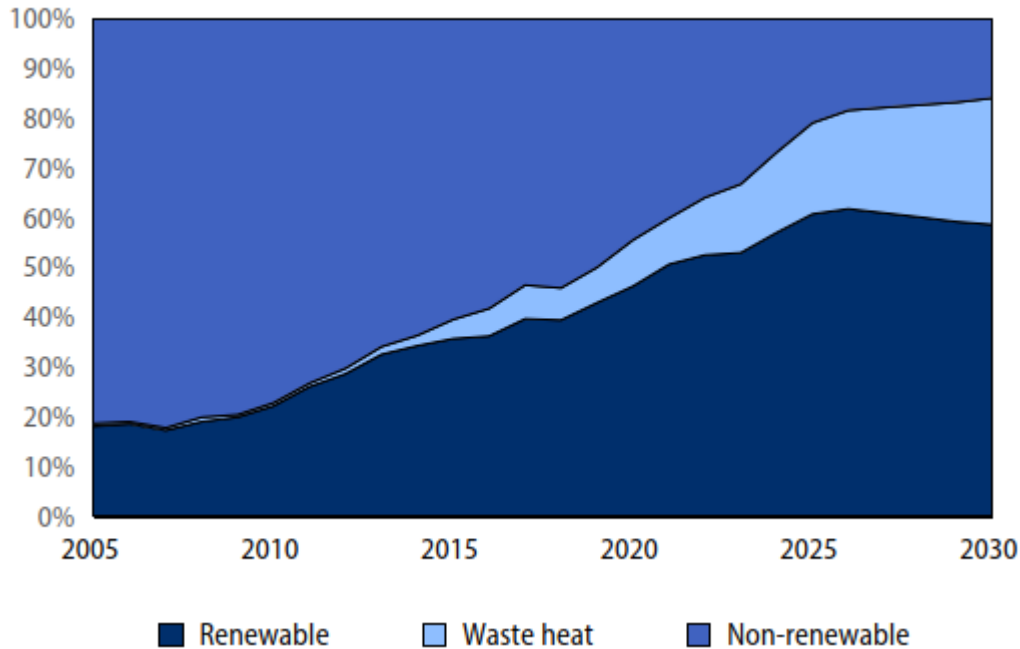
Muut uusiutuvan energian tavoitteet

Suomi

Suomi mainitsee muiksi tavoitteikseen uusiutuvan energian määrän lisäämisen lämmitys- ja jäähdytyssektorilla. Tämä koskee erityisesti kaukolämpöä ja -jäähdytystä, jonka uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseen EU:n uusiutuvan energian direktiivi kannustaa. Kuvasta 1 näkyy Suomen kaukolämmön uusiutuvan energian osuuden kehitys vuoteen 2030 asti. Huomion arvoista on myös, että vuonna 2021 muutettu maankäyttö- ja rakennuslaki velvoittaa rakennuksissa käytetyn kaupallisen energian olevan vähintään 38 % uusiutuvaa. Tämä koskee

uusien rakennusten lisäksi myös vanhoja peruskorjattavia rakennuksia. (Suomen NECP, s. 62–63, 2024.)

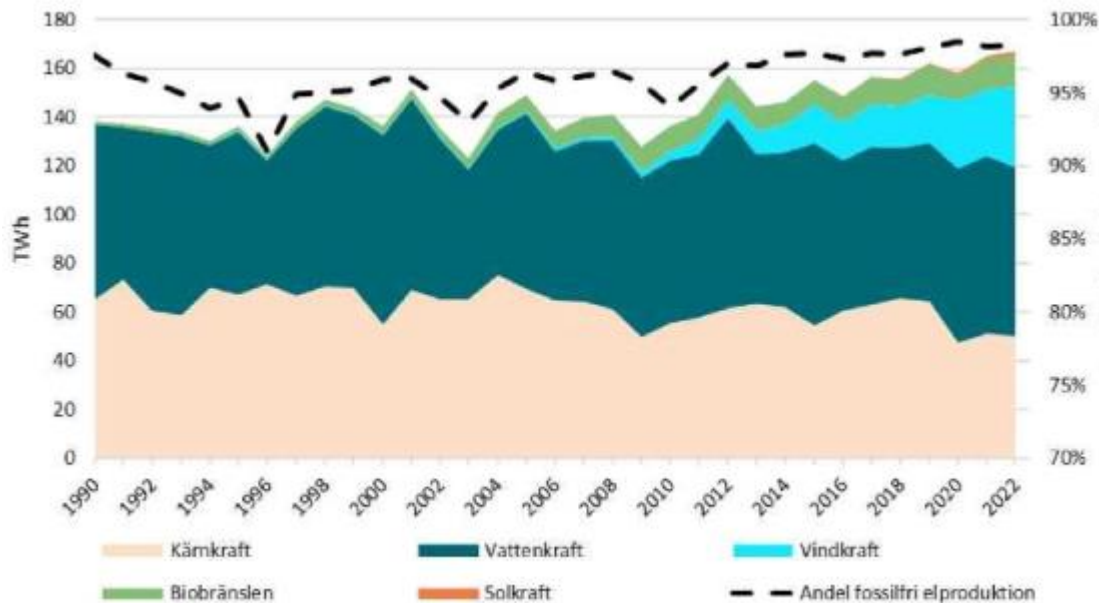
District heat by energy source



Kuva 1. Suomen kaukolämpö energialähteittäin. (Suomen NECP, s. 63, 2024.)

Ruotsi

Ruotsi painottaa tässä osiossa tavoitettaan 100 % fossiilivapaan sähkön tuotannosta vuoteen 2040 mennessä. Tässä he ovat jo melko lähellä, sillä suunnitelman mukaan vuonna 2022 98 % kaikesta sähköntuotannosta oli fossiilitonta, mikä näkyy myös kuvasta 2. Samana vuonna sähköntuotannon uusiutuvasta energiasta 41 % oli tuotettu vesivoimalla, 29 % ydinvoimalla, 19 % tuulivoimalla, 7 % bioenergialla ja noin 1 % aurinkovoimalla. Fossiilisten polttoaineilla tuotetun sähkön määrä oli kokonaisuudessaan 3 TWh tai 1.7 %. Pääasiassa fossiiliset polttoaineet koostuivat jätteiden fossiilisista komponenteista, mutta osa siitä oli myös turvetta, hiiltä, öljyä sekä maakaasua. (Ruotsin NECP, s. 46–47, 2024.)



Kuva 2. Ruotsin fossiilivapaasti tuotettu sähkö vuosittain ja sektoreittain (Ruotsin NECP, s. 47, 2024.)

5.1.3 Energiatehokkuus

Kansalliset energiatehokkuustavoitteet

EU laati energiatehokkuusdirektiivinsä uudelleen syyskuussa 2023. Tarkistetun direktiivin takia EU:lla on kunnianhimoisempi tavoite energiatehokkuuden suhteen vuodelle 2030. Tämä näkyy direktiivissä kiinteänä kaikkien jäsenmaiden yhteisenä energian kulutuksen ylärajana, joka on asetettu 763 Mtoe:n energian loppukäytön suhteen ja 992.5 Mtoe:n primäärienergian kulutuksen suhteen. Näistä energian loppukäytön yläraja on sitova ja primäärienergian kulutuksen vastaava on suuntaa antava. Kaikkiaan nämä tavoitteet vuodelle 2030 ovat 11.7 % alhaisempia, kuin kolme vuotta aikaisemmin asetetut vanhat rajat. (Ruotsin NECP, s. 48, 2024.)

Suomi

Energiatehokkuusdirektiivin mukaisen laskutavan mukaan laskettuna Suomen energian loppukulutuksen ennustetaan olevan 20.6 Mtoe tai 239.6 TWh vuonna 2030. Vastaavasti primäärienergian kulutus olisi 29.78 Mtoe tai 346.3 TWh samana vuonna. Laskelmien osalta kuitenkin todetaan, että lukuja tarkennetaan Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategian

valmistelun yhteydessä. Tämän strategian tulisi suunnitelman mukaan olla valmiina keväällä 2025. (Suomen NECP, s. 64, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin laskelmissa ennustetaan energian loppukulutuksen asettuvan 350 TWh:n vuonna 2030. Öljykvivalentiksi muunnettuna tämä vastaa noin 30.1 Mtoe. Primäärienergian kulutuksen osalta pitkän aikavälin skenaarioissa ennustetaan kulutuksen päätyvän 479 TWh:n eli noin 41.2 Mtoe vuonna 2030. (Ruotsin NECP, s. 48, 2024.)

Suunnitelmassaan Ruotsi suhtautuu epäilevästi EU:n asettamiin sitoviin ylärajoihin energian loppukulutuksen suhteen. Suunnitelmassa kerrotaan EU:n aliarvioivan Ruotsin energian loppukulutuksen vuonna 2030 noin 70 TWh:lla. Tätä Ruotsi perustelee sillä, että EU:n skenaariot eivät ota huomioon sähköistymisen ja ilmastosiirtymän vaikutuksia energian kulutukseen Ruotsin teollisuussektorilla. Vaikka Euroopan komission korjasi Ruotsin indikatiivista energiatehokkuuden tavoitetta maaliskuussa 2024, Ruotsi on edelleen sitä mieltä, että maan ilmastosiirtymästä ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä aiheutuvaa sähkön kulutuksen kasvua ei ole huomioitu tarvittavissa määrin. (Ruotsin NECP, s. 48–49, 2024.)

Ruotsilla on myös oma kansallinen energiaintensiteettiä koskeva tavoite, jonka mukaan Ruotsin energian käytön tehokkuutta pyritään parantamaan 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä (verrattuna vuoteen 2005). Energiaintensiteettitavoitteet lasketaan suunnitelman mukaan primäärienergian ja reaalisen bruttokansantuotteen välisenä suhteena. Energiatehokkuuden kannalta tämä tarkoittaa sitä, että energiaintensiteetin laskiessa energiatehokkuus kasvaa. (Ruotsin NECP, s. 50–51, 2024.)

Kumulatiivinen energiansäästövelvoite

Vuoden 2023 energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti jokaisella jäsenvaltiolla on velvoite kumulatiiviselle energiansäästölle, koskien erityisesti energian loppukäyttöä, vuosina 2021–2030. Säästövelvoitteen määrä kasvaa muutaman vuoden välein, mutta periodin keskiarvoksi tulee 1.49 % energian loppukäytöstä. (Ruotsin NECP, s. 51, 2024.)

Suomi

Suomen kumulatiivinen energiansäästövelvoite vuosille 2014–2020 oli energiatehokkuusdirektiivin (2018) mukaan 47 TWh. Samalla aikavälillä Suomi saavutti yhteensä 91.1 TWh:n kumulatiiviset energiasäästöt. Uusi direktiivin alainen kumulatiivinen säästövelvoite vuosille 2021–2030 on 187.5 TWh. (Suomen NECP, s. 64, 2024.)

Suunnitelmasta löytyy 11 kohdan lista vaihtoehtoisista energiapoliittisista toimenpiteistä, joilla arvioiden mukaan kyetään saavuttamaan 199 TWh:n kumulatiiviset säästöt vuosina 2021–2030. Esimerkkejä listan vaihtoehtoisista toimenpiteistä ovat kohta 3 “lämpöpumput omakotija rivitaloihin” sekä kohta 8 “verovapautus täyssähköautoille”. (Suomen NECP, s. 64–65, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin suunnitelmasta löytyy erinomainen taulukko, joka auttaa hahmottamaan kumulatiiviset vaikutukset sekä havainnollistamaan säästövelvoitteen kasvamisen kymmenvuotisella periodilla. Taulukosta 7 näkyy, että Ruotsin uusi kumulatiivinen energiansäästövelvoite vuosille 2021–2030 on 237 TWh.

	Percent	TWh	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2021	0.8 %	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2022	0.8 %	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3
2023	0.8 %	3			3	3	3	3	3	3	3	3
2024	1.3 %	4,9				4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
2025	1.3 %	4,9					4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
2026	1.5 %	5,6						5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
2027	1.5 %	5,6							5,6	5,6	5,6	5,6
2028	1.9 %	7,1								7,1	7,1	7,1
2029	1.9 %	7,1									7,1	7,1
2030	1.9 %	7,1										7,1
Total year (TWh)			3	6	9	13,9	18,8	24,4	30	37,1	44,2	51,3
			Total Savings (TWh)									237

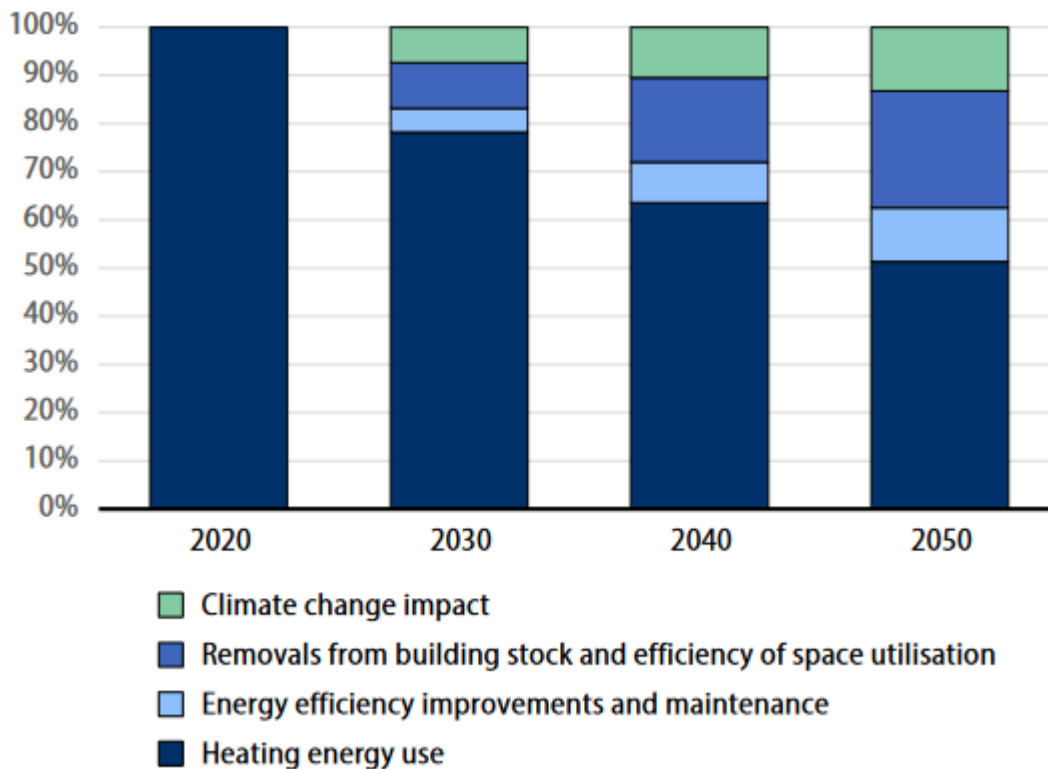
Taulukko 7. Ruotsin kumulatiivinen energiansäästövelvoite vuosille 2021–2030 perustuen maan keskimääräiseen energian loppukäyttöön vuosilta 2016–2018 (373 TWh). (Ruotsin NECP, s. 52, 2024.)

Pitkän aikavälin korjausrakentamisen tavoitteet

Suomi

Suomen pitkän aikavälin tavoitteena mainitaan rakennuskannan hiilestä irtautuminen vuoteen 2050 mennessä. Tämä tarkoittaa suunnitelman mukaan luopumista öljylämmityksestä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä kaukolämmön tuotannossa. Näitä ja mahdollisesti muita rakennusten energiatehokkuutta parantavia korjauksia tullaan myös tukemaan valtion toimesta. Tavoite kattaa omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot sekä talousrakennukset. (Suomen NECP, s. 67, 2024.)

Lämmityksen ja jäähdytyksen pitkän aikavälin strategian mukaan Suomen rakennuskannan lämmitykseen käytetyn energian lähtötaso oli vuonna 2020 noin 71 TWh, josta ostettua energiaa oli 65 TWh. Vuonna 2021 rakennusten lämmitykseen käytettiin energiaa noin 80 TWh. Näistä määristä 6.4 TWh ja 8.1 TWh oli lämpöpumpuilla tuotettua energiaa vuosina 2020 ja 2021. Alustavat tavoitteet rakennuskannan lämmitysenergian kokonaiskulutukselle ovat 56 TWh vuonna 2030, 45 TWh vuonna 2040 ja 36 TWh vuonna 2050 (mukaan lukien lämpöpumppujen keräämä energia). Tämä tarkoittaa, että rakennuskannan lämmityksen energiansäästötavoitteet verrattuna vuoteen 2020 ovat 22 % vuonna 2030, 36 % vuonna 2040 ja 49 % vuonna 2050. Kuvasta 3 näkyy, miten energiasäästöt tulevat pääasiassa ilmastonmuutoksesta, energiatehokkuuden parantamisesta sekä rakennuskannan poistoista ja tilankäytön tehostamisesta. (Suomen NECP, s. 67, 2024.)



Kuva 3. Suomen rakennuskannan lämmitysenergian kokonaiskulutuksen kehitys verrattuna vuoteen 2020.

Rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöt olivat pitkän aikavälin strategian mukaan 7.8 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2020. Tavoitteelliset päästöt tulevat olemaan 2.9 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2030, 1.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2040 ja 0.7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2050. Verrattuna vuoteen 2020, tämä tarkoittaa 63 %:n (v. 2030), 81 %:n (v. 2040) ja 92 %:n (v. 2050) kokonaispäästövähennyksiä. Näitä päästövähennyksiä perustellaan energiatehokkuuteen vaikuttavien tekijöiden lisäksi rakennusten eri lämmitystapojen hiilidioksidipäästöjen vähenemisellä. Erityisesti öljylämmityksestä luopumisella sekä keskitetyn energiantuotannon, kuten kaukolämmön ja sähkön vähähiilistymisellä on strategian mukaan suuri merkitys Suomen rakennuskannan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. (Suomen NECP, s. 68, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin energiatehokkuustavoitteita rakennuskannan osalta luonnehditaan strategiassa alustaviksi välitavoitteiksi vuosille 2030, 2040 ja 2050. Tavoitteena on muun muassa vähentää

rakennuskannan energiankulutusta, parantaa rakennusten energiatehokkuusluokitusta ja saavuttaa rakennuskannan hiilineutraalius vuoteen 2040 mennessä. Tarkemmat arviot odotetuista energiansäästöistä paljastavat, että kerrostalojen, koulujen ja toimistorakennusten osalta lämmitykseen käytettävä energia lämpöpumput mukaan lukien voisi laskea 3.2 TWh:a vuosien 2020 ja 2030 välillä. Tämä tarkoittaisi noin 9 %:n energiasäästöä ko. periodilla. (NECP of Sweden, s. 27)

Ruotsi kertoo raportoineensa maan pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiasta Euroopan komissiolle vuonna 2020. Tämä raportti pitää sisällään myös alustavat välitavoitteet rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseksi vuosille 2030, 2040 ja 2050. Ensimmäinen välitavoite on vähentää rakennuskannan energiankulutusta. Toinen on rakennuskannan energialuokituksen parantaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa Ruotsin suunnitelman mukaan enemmän rakennuksia, joiden energialuokitus on A-C ja vähemmän luokituksen E-G omaavia. Kolmantena Ruotsi tavoittelee rakennuskannassa käytettyjen fossiilisten polttoaineiden osuuden pudottamista 0 %:n vuoteen 2040 mennessä. Nämä tavoitteet kattavat omakotitalot, asuinkerrostalot ja julkiset rakennukset. (Ruotsin NECP, s. 53, 2024.)

Kerrostalojen, koulujen ja toimistojen osalta ostetun lämmitysenergian määrän arvioidaan vähentyvän 3.2 TWh aikavälillä 2020–2030. Tämä vastaa noin 9 %:n pudotusta. Ostetun sähkön määrän arvioidaan vähentyvän noin 0.3 TWh samalla aikavälillä, mikä vastaa noin 2 %:n pudotusta. (Ruotsin NECP, s. 54, 2024.)

5.2 Nykytilanne ja ennusteet (WEM)

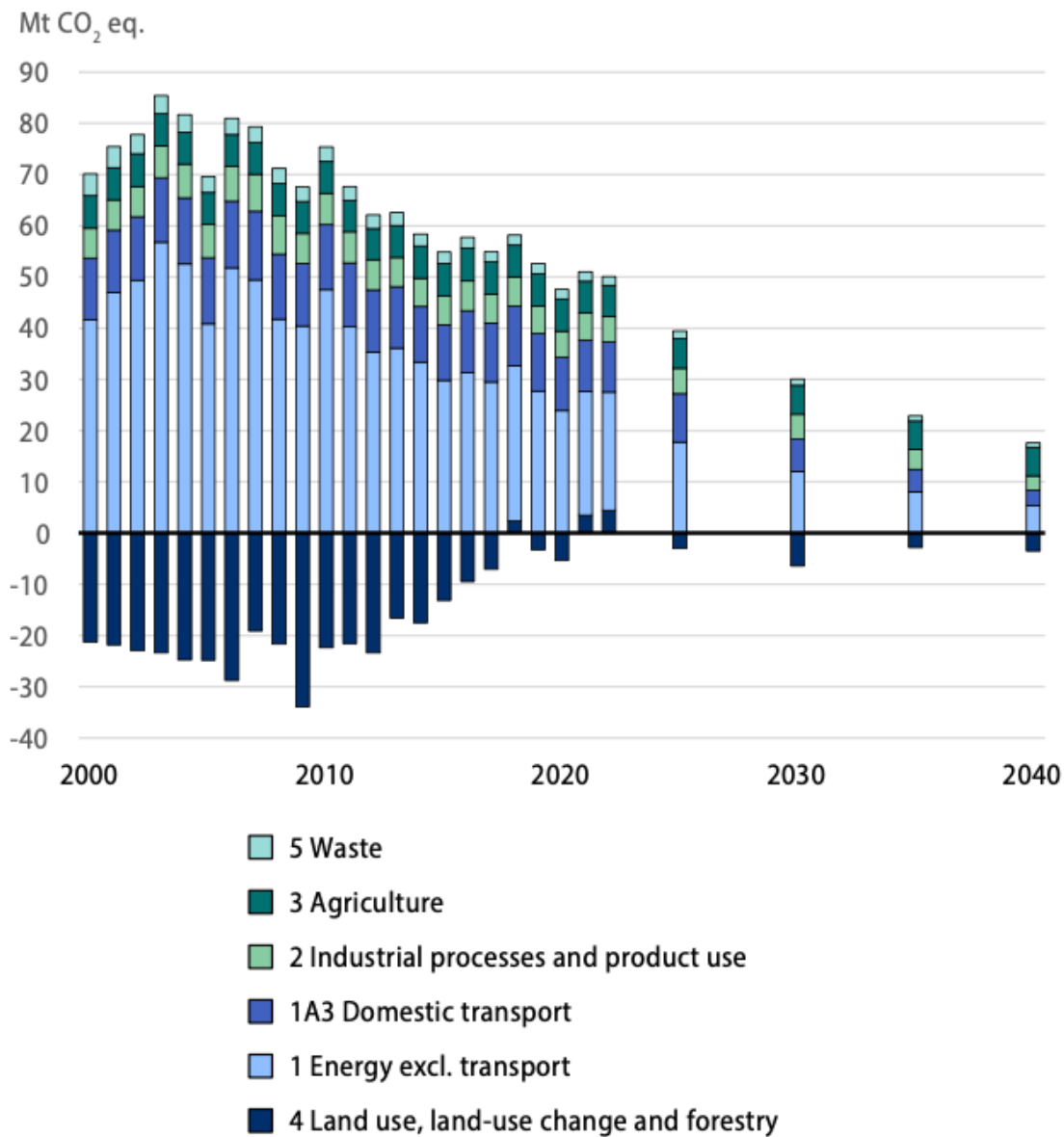
5.2.1 Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

Kasvihuonekaasupäästöjen ja –poistumien nykytilanne ja kehityssuunnat

Suomi

Toisin kuin aikaisemmissa suunnitelmissa, vuoden 2024 suunnitelmassa on huomioitu energiakriisin ja muuttuneen energianäkymän vaikutukset. Suunnitelmassa kerrotaan, että muuttuneeseen energianäkymään on merkittävästi vaikuttanut Venäjän hyökkäys Ukrainaan. Näiden lisäksi LULUCF-sektorin osalta viimeisimmät tulokset puuston kasvun vähenemisestä muodostavat perustan arviointityölle. (Suomen NECP, s. 168, 2024.)

Kuvasta 4 on nähtävissä Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistojen historiallinen kehitys sekä ennusteet tuleville vuosille. Suomen suunnitelmassa ei kerrota tarkkoja lukuja maan kasvihuonekaasupäästöistä viime vuosilta, mutta Tilastokeskuksen mukaan ne olivat ilman LULUCF-sektoria 46.0 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022, mikä oli 3 % vähemmän kuin tätä edeltävänä vuonna (2021). Jos vuoden 2022 päästöjä verrataan vuoteen 1990, kokonaisuudessaan ne ovat laskeneet 35 %. Tilastokeskuksen artikkelin mukaan vuonna 2003 päästöt olivat huipussaan aikavälillä 1990–2022. Vuoden 2003 päästöihin verrattuna vuoden 2022 lukema on 46 % pienempi. (Tilastokeskus, 2023.)



Kuva 4. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistojen historiallinen kehitys ja ennuste tulevasta kehityksestä vuoteen 2040 asti. (Suomen NECP, s. 173, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin kasvihuonekaasupäästöt ilman LULUCF-sektoria olivat 45.2 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022, mikä oli 5.3 % vähemmän kuin tätä edeltävänä vuonna (2021). Jos päästöjä verrataan vuoteen 1990, kokonaisuudessaan ne ovat laskeneet 37 %. Suunnitelmassa kerrotaan, että vuosien 1990 ja 2021 välillä päästöt ovat vaihdelleet vuositasolla. Huipussaan ne olivat vuonna 1996, jolloin lukema oli 77 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Alhaisimmillaan puolestaan 46.3 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2020. Vuotuisia vaihteluita perustellaan lämpötilan

ailahtelevuudella, sademäärillä ja suhdannevaihteluilla, mutta pidemmällä aikavälillä kasvihuonekaasupäästöjen kehityksen kerrotaan olevan vähenemään päin. (Ruotsin NECP, s. 181, 2024.)

Nykytilanne ja ennusteet sektoreittain

Suomi

Liikennesektorilla kotimaan liikenteen, pois lukien kotimaan lentoliikenne, kasvihuonekaasupäästöjen kerrotaan olleen 9.8 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022. Liikennesektorin päästöt ovat kokonaisuudessaan noin viidesosa Suomen kokonaispäästöistä ja noin 36 % koko taakanjakosektorin päästöistä. Kotimaan liikenteen päästöt ovat suunnitelman mukaan vähentyneet vuodesta 2008 lähtien ja kokonaisuudessaan ne ovat tippuneet noin 2.7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv tai 22 % aikavälillä 2005–2022. (Suomen NECP, s. 174, 2024.)

Maataloussektorilla kasvihuonekaasupäästöt olivat 6.1 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022. Maataloussektorin kerrotaan olevan toiseksi suurin kasvihuonekaasupäästöjen lähde Suomessa. Tämä tarkoittaa sitä, että sen päästöt ovat noin 13 % Suomen kokonaispäästöistä ja noin 23 % taakanjakosektorin päästöistä. Maatalouden päästöennusteet päivitettiin keväällä 2024 ja niiden mukaan sektorin päästöt tulevat vähenemään 0.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuoteen 2030 mennessä, minkä jälkeen päästöt tulevat pysymään 5.5–5.6 miljoonassa tonnissa CO₂-ekv vuoteen 2055 saakka. Suunnitelman WEM-ennusteiden mukaan tämä johtuu siitä, että maatalouseläinten määrä tulee pysymään samana vuoden 2025 jälkeen. (Suomen NECP, 174–175, 2024.)

Jätteenkäsittelyn kasvihuonekaasupäästöt olivat 1.7 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022, mikä on noin 6 % Suomen taakanjakosektorin päästöistä. Vuosien 2005 ja 2022 välillä jätteenkäsittelyn kokonaispäästöjä on onnistuttu pudottamaan 45 %. WEM-ennusteiden mukaan tämä luku tulee olemaan noin 60 % vuoteen 2030 mennessä (verrattuna vuoden 2005 tasoihin). Suurin osa jätteenkäsittelyn päästöistä on kaatopaikoilta vapautuvaa metaania siitäkin huolimatta, että kaatopaikkojen metaanipäästöjä on onnistuttu vuosien varrella vähentämään merkittävästi. Kaatopaikkojen metaanipäästöjen vähentyminen johtuu osaltaan

yhdyskuntajätteen polttamisen kasvusta. Vuonna 2008 Suomessa poltettiin noin 17 % yhdyskuntajätteestä, kun vuonna 2022 luku oli 55 %. (Suomen NECP, s. 176, 2024.)

Teollisuuden energiaan ja prosesseihin liittyvät kasvihuonekaasupäästöt olivat 8.9 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022. Tähän ei ole laskettu erilaisten koneiden käytöstä aiheutuneita päästöjä, jotka olivat erikseen 2.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv samana vuonna. Teollisuuden kehittyessä entistä energiatehokkaammaksi päästöt sektorilla pienenevät vaikka teollinen toiminta jatkaa kasvuaan. Teollisuudesta aiheutuvien päästöjen arvioidaan olevan 7.2 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2030. Tänä päivänä yli 90 % teollisuuden päästöistä asettuu päästökauppasektorille. (Suomen NECP, s. 176–177, 2024.)

Energiasektorin kasvihuonekaasupäästöissä on ennustettavissa tasaista laskua. Päästöt vuonna 2022 olivat 12.9 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. WEM-ennusteiden mukaan suurimmat tulevaisuuden muutoksen energiasektorilla nähdään uusiutuvan energian lisääntymisessä. Tämä tarkoittaa pääasiassa tuulivoiman lisääntymistä, biomassan lisääntyvää käyttöä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, hukkalämmön tehokkaampaa hyödyntämistä kaukolämmön tuotannossa sekä aurinkovoiman kasvua. Suunnitelman mukaan kaikki nämä yhdessä uuden Olkiluoto 3 ydinvoimalan kanssa parantavat energiaomavaraisuutta ja vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä energiasektorilla. Suurin osa energiateollisuuden päästöistä kuuluvat päästökauppasektorille. (Suomen NECP, s. 177, 2024.)

LULUCF-sektorin nettokasvihuonekaasupäästöt olivat 4.4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022. Se on 10 % Suomen saman vuoden kokonaispäästöistä, johon ei ollut laskettu LULUCF-sektorin päästöjä. Muutos vuoden 1990 nettopoistumien ja vuoden 2022 nettopäästöjen välillä on 119 %. LULUCF-sektorin kerrotaan olleen nettonielu vuosina 1990–2017, mutta vuodesta 2018 eteenpäin tilanne on vaihdellut nettonielun ja nettopäästölähteen välillä. Syitä tälle on suunnitelman mukaan monia, mutta suurimmin tähän ovat vaikuttaneet kaupallisten hakkuiden lisääntyminen ja samaan aikaan tapahtunut puuston tilavuuskasvun vähentyminen. Suomen metsien ja metsämaan kerrotaan olleen kaiken aikaa nettonielu, mutta muusta maankäytöstä aiheutuneet päästöt ovat vaikuttaneet koko sektorin päästöihin merkittävästi.

Ruotsi

	1990	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energy excluding transport	32,2	16,9	16,2	13,2	9,6	8,4	8,0	7,8
Domestic transport	20,0	14,0	17,1	13,9	10,2	7,0	4,9	3,7
Industrial processes and product use	7,4	6,9	6,7	5,2	3,9	2,9	2,9	2,9
Agriculture	7,4	6,5	6,3	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6
Waste	4,1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
Total emissions	71,3	45,2	47,2	39,2	30,2	24,8	22,0	20,5
Total emissions options	71,3	45,2	46,0	38,1	29,4	24,2	21,7	20,3
EU ETS emissions incl. aviation		18,0	17,3	13,8	9,6	8,1	7,8	7,7
ESR Emissions		27,3	28,7–29,8	24,3–25,3	19,8–20,6	16,2–16,7	13,8–14,2	12,5–12,7
Total LULUCF net removals	–51	41	–	–33–45	–29–42	–25–38	–18–33	–16–31
								–20–34

Taulukko 8. Sektorikohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja ennusteet (miljoonaa tonnia CO₂-ekv). (Ruotsin NECP, s. 185, 2024.)

Taulukosta 8 näkyy Ruotsin kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistojen kehitys ja ennusteet tuleville vuosille. LULUCF-sektorin kerrotaan olevan edelleen suuri nettohiilinielu, jonka nettopoistot olivat -41 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2022. Suunnitelmassa kuitenkin kerrotaan nettonielujen lähteneen laskuun 2010-luvun lopulla. Tämän kerrotaan johtuneen vuoden 2018 kuivuudesta ja tätä seuranneesta kirjanpainajakuoriansen runsaasta lisääntymisestä. Vielä 1990 luvulla ja kauan sen jälkeenkin nettonielujen määrä oli vuosittaisella tasolla yli -50 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Tämä näkyy myös siitä, että vuosien 1990 ja 2022 välillä vuotuiset nettonielut olivat keskiarvoltaan noin -50 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. (Ruotsin NECP, s. 181 ja 186, 2024.)

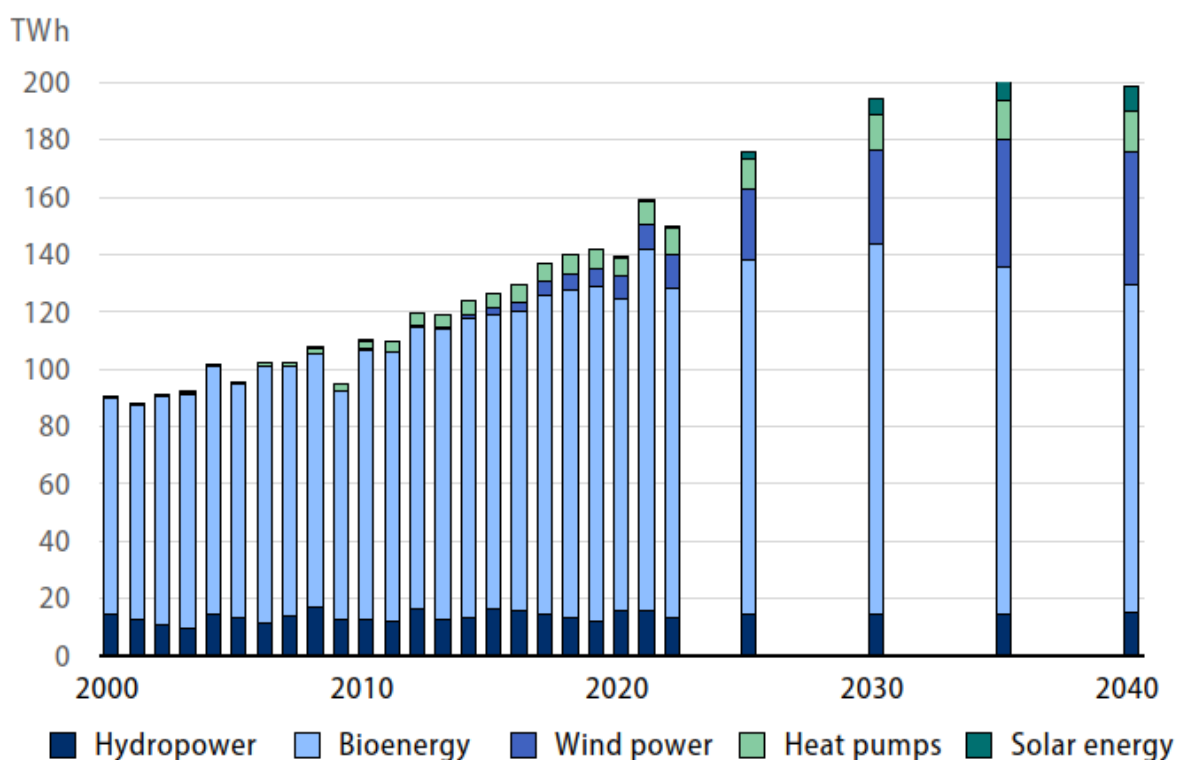
LULUCF-asetuksen mukaan Ruotsin nettohiilinielujen tulisi olla 4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv enemmän vuonna 2030 verrattuna vuosien 2016–2018 keskiarvoon. Tämä tarkoittaisi kokonaisuudessaan nettonielujen kasvattamista -49 miljoonaan tonniin CO₂-ekv vuoteen 2030 mennessä. Metsämaan keskimääräisen kasvun skenaarion mukaan nettonielujen ennustetaan päätyvän -42 miljoonaan tonniin CO₂-ekv vuonna 2030. Se tarkoittaisi 7 miljoonan tonnin CO₂-ekv vajavuutta tavoitteesta. (Ruotsin NECP, s. 186, 2024.)

5.2.2 Uusiutuva energia

Suomi

Uusiutuvalla energialla kerrotaan olevan merkittävä tekijä Suomen energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Suunnitelmassaan Suomi mainitsee olevansa yksi maailman johtavista uusiutuvan energian käyttäjistä, jonka tärkeimmät uusiutuvan energian lähteet ovat puuenergia ja puuperäiset polttoaineet. Näiden lisäksi käytetään vesivoimaa, tuulivoimaa, aurinkovoimaa sekä ilma- ja maalämpöpumppuja. Metsäteollisuuden korkean puunkäytön tason kerrotaan kuitenkin muodostavan selkärangan maan uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamiselle. Tämä näkyy myös kuvasta 5, joka osoittaa mm. bioenergian suuren osuuden uusiutuvasta energiasta Suomessa. (Suomen NECP, s. 182, 2024.)

Uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta oli Suomessa vuonna 2022 47.9 %. EU:n Suomelle asettama tavoite vuodelle 2020 oli 38 % uusiutuvaa energiaa, mikä suunnitelman mukaan täyttyi ensimmäistä kertaa jo vuonna 2014. Energian loppukulutuksen suhteen Suomi käyttää toiseksi eniten uusiutuvaa energiaa EU:n alueella. (Suomen NECP, s. 182, 2024.)



Kuva 5. Suomen uusiutuvan energian kehitys 2000-luvulla ja WEM-ennusteisiin perustuvat arviot tuleville vuosille. (Suomen NECP, s. 184, 2024.)

Ruotsi

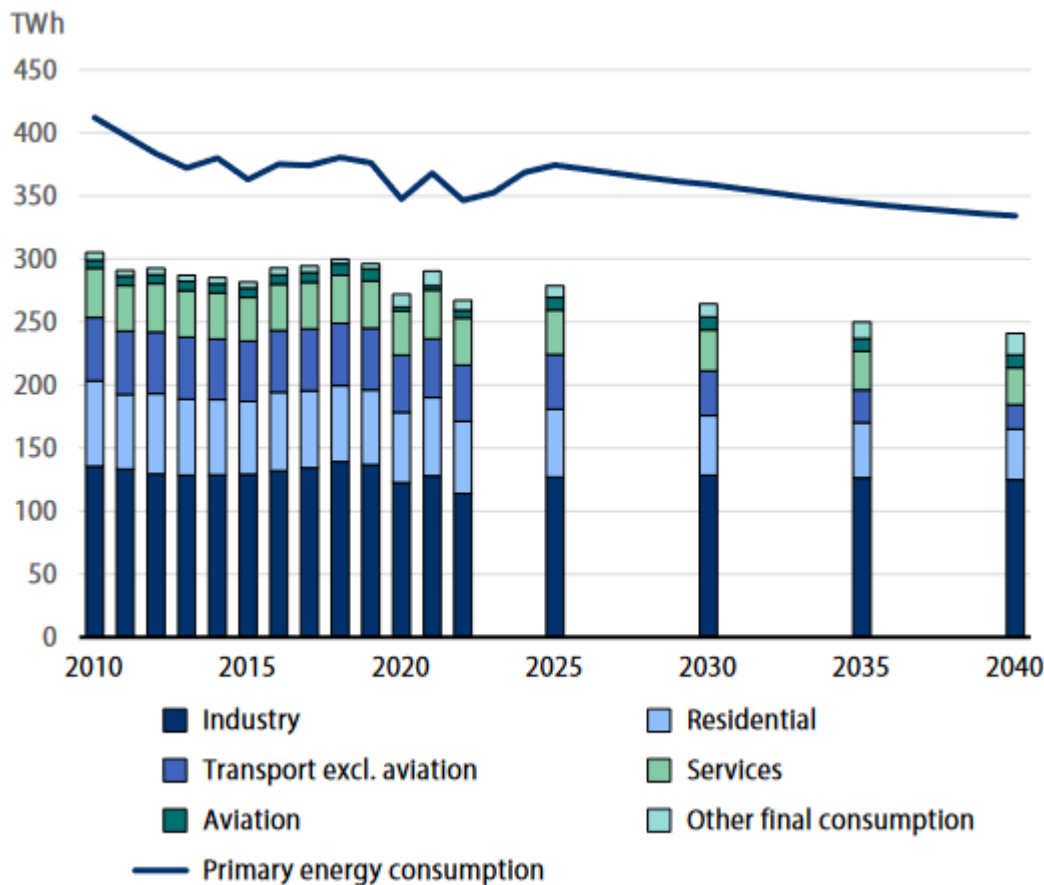
Ruotsin suurimpia ja siten myös tärkeimpiä uusiutuvan energian lähteitä ovat biopolttoaineet ja vesivoima. Näiden lisäksi käytetään tuulivoimaa, aurinkovoimaa ja lämpöpumppuja. Kokonaisuudessaan uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta oli Ruotsissa 66 % vuonna 2022. EU:n Ruotsille asettama tavoite samalle vuodelle oli 49 % uusiutuvaa energiaa. Suunnitelmassa kerrotaan, että Ruotsi on ylittänyt EU:n asettamat uusiutuvan energian osuuden tavoitteet jo vuodesta 2005 lähtien. (Ruotsin NECP, s. 189 ja 192, 2024.)

Uusiutuvaa energiaa käytettiin Ruotsissa yhteensä 263 TWh vuonna 2022, mikä on 7 TWh enemmän kuin edeltävänä vuonna. Kasvua perustellaan pääasiassa tuulivoiman vahvalla kasvulla, mutta myös aurinkovoimalla, biopolttoaineilla ja lämpöpumpuilla tuotetun energian lisääntymisellä. Vuonna 2022 biopolttoaineet vastasivat 53 %:sta uusiutuvan energian tuotannon suhteen. Vesivoimalla tuotetun uusiutuvan energian määrä oli samana vuonna 26 %. Tuulivoiman osuus oli 13 %, lämpöpumppujen 7 % ja aurinkovoima tuotti 0.8 % uusiutuvasta energiasta Ruotsissa vuonna 2022. (Ruotsin NECP, s. 190–192, 2024.)

5.2.3 Energiatehokkuus

Suomi

WEM-ennusteen mukaan Suomen primäärienergian kulutus tulee olemaan 357 TWh vuonna 2030. Energian loppukulutus tulee puolestaan olemaan 265 TWh, josta suurin osa eli 128 TWh kulutetaan teollisuussektorilla. Asuminen kuluttaa ennusteen mukaan 47 TWh, liikenne 36 TWh, palvelut 35 TWh, kansainvälinen lentoliikenne 10 TWh ja muut sektorit yhteensä 9 TWh. Vastaavia sektorikohtaisia numeerisia arvioita primäärienergian kulutukselle ei ole, mutta kuvasta 6 näkee mm. havainnollistavan ennusteen energiankulutuksen kehityksestä Suomessa. (Suomen NECP, s. 185, 2024.)



Kuva 6. Suomen primäärienergian kokonaiskulutuksen ja energian loppukulutuksen kehitys sekä WEM-ennusteen mukaiset arviot vuoteen 2040 asti. (Suomen NECP, s. 186, 2024.)

Historiallisesti Suomi kertoo aloittaneensa aktiiviset toimet energiatehokkuuden parantamiseksi jo vuoden 1973 öljykriisin jälkeen. Maan hallitus käynnisti ensimmäisen kattavan energiatehokkuussuunnitelman vuonna 1993 ja perusti kestävän kehityksen yrityksen Motivan toteuttamaan suunnitelman läpivientä. Muun muassa tällä pitkällä energiatehokkuustyön historialla Suomi perustelee kertomaansa siitä, että energiatehokkuuden laajamittainen parantaminen tulee olemaan haastavaa tulevina vuosina. Haastavuutta lisää entisestään energiaintensiivisten sektoreiden, kuten datakeskusten, metsäteollisuuden ja vedyntuotannon lisääntyvä energian tarve. (Suomen NECP, s. 187, 2024.)

Ruotsi

Ruotsin energian kulutuksen arvioidaan pysyvän tasaisena vuoteen 2040 asti asumisen ja palveluiden sektorilla. Tämän kerrotaan johtuvan siitä, että vaikka rakennusten energiatehokkuus arvioiden mukaan paranee ja näin ollen vähentää kulutusta, niin muun

muassa datakeskusten on arvioitu kuluttuvan energiaa kasvavissa määrin. Liikennesektorilla energian kulutuksen kerrotaan laskevan baseline scenarion mukaan 24 TWh vuosien 2020 ja 2040 välillä johtuen pääasiassa liikenteen sähköistymisestä, mutta myös lentokoneiden energiatehokkuuden kasvamisesta. Teollisuussektorilla puolestaan ennustetaan jyrkkää nousua energian kulutuksen suhteen. Tämä johtuu vedyntuotannon lisääntymisestä, minkä takia sektorin sähkönkulutuksen arvioidaan nousevan peräti 95 TWh vuosien 2020 ja 2040 välillä. (Ruotsin NECP, s. 216–217, 2024.)

6. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

	Suomi	Ruotsi
Taakanjakosektorin päästötavoitteet	2022: 27.9 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv 2030: ei mainintaa	2022: 30.7 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv 2030: 21.6 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv
LULUCF-sektorin päästötavoitteet vuodelle 2030	-17.8 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv	-49 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv
Kasvihuonekaasupäästöt koko maassa vuonna 2022 (pois lukien LULUCF)	46.0 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv	45.2 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv
LULUCF-sektorin päästöt vuonna 2022	4.4 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv	-41 miljoonaa tonnia CO ₂ -ekv
Hiilen talteenoton ja varastoinnin tavoitteet	Ei aktiivisia toimia/tavoitteita	Tavoitteena hyödyntää hiilen talteenottoa bioenergian tuotannossa (sellutehtaissa ja CHP-laitoksissa)

Taulukko 9. Vertailun tulokset hiilidioksidipäästöjen vähentämisen osalta.

EU:n taakanjakoasetuksen mukaan sekä Suomen että Ruotsin tulisi vähentää taakanjakosektorinsa päästöjä 50 % vuoden 2005 tasoista. Suomi ei ole vielä laskenut

kasvihuonekaasupäästöjensä tavoitetta vuodelle 2030, mutta Ruotsi arvioi tämän tarkoittavan 21.6 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna 2030. Ruotsin arvion mukaan tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä parhaimmassakin tapauksessa maan päästöt voisivat taakanjakosektorilla tippua 24.3 miljoonaan tonniin CO₂-ekv vuonna 2030.

LULUCF-sektorin tavoitteiden suhteen Suomella on lähes mahdoton tehtävä ottaen huomioon nettohiilinielujen nykytilanteen. LULUCF-asetuksen mukaan sektorin täytyisi olla -17.8 miljoonan tonnin CO₂-ekv nettohiilinielu vuonna 2030. Vuonna 2022 sektori aiheutti kokonaisuudessaan 4.4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv päästöjä nielujen sijaan. Ruotsilla puolestaan on huomattavasti parempi tilanne LULUCF-asetuksen tavoitteiden suhteen, sillä heidän tulisi kasvattaa nettohiilinielujään ”vain” 4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuoteen 2030 mennessä. Tästä huolimatta Ruotsi arvioi tavoitteisiin pääsemisen olevan epätodennäköistä. LULUCF-sektorin nettohiilinielujen kehitys tuntuisi olevan äärimmäisen hankalaa ennustaa. Tämä näkyy ensinnäkin siitä, että Suomen nettohiilinielut ovat romahtaneet suhteellisen lyhyessä ajassa. Toisaalta myös siitä, että Ruotsin nettohiilinielujen kehityksen skenaarioissa on suuria vaihteluita. Heidän arvioidensa mukaan vuoden 2030 nettohiilinielut voivat olla mitä vaan -42- ja -29 miljoonan tonnin CO₂-ekv välillä.

Maiden kasvihuonekaasupäästöt ilman LULUCF-sektoria olivat lähes identtiset vuonna 2022. Suomella 46.0 ja Ruotsilla 45.2 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Vuoteen 1990 verrattuna molempien päästöt ovat myös tippuneet lähes yhtä paljon. Suomella 35 % ja Ruotsilla 37 %.

Taulukosta 9 näkyy Suomen ja Ruotsin vuoden 2022 kasvihuonekaasupäästöt niiltä sektoreilta, jotka on mainittu aineistossa molempien maiden osalta.

Sektorikohtaiset päästöt vuonna 2022 (miljoonaa tonnia CO₂-ekv)

	Suomi	Ruotsi
Liikenne	9.8	14.0
Maatalous	6.1	6.5
Jäte	1.7	0.9
Teollisuus	8.9	6.9
Energia	12.9	16.9

Taulukko 10. Sektorikohtaiset päästöt Suomessa ja Ruotsissa vuonna 2022 (miljoonaa tonnia CO₂-ekv).

Taulukkoon 10 on kerätty Suomen ja Ruotsin sektorikohtaiset päästöt vuonna 2022. Kohtalaisia sektorikohtaisia eroja on havaittavissa puolin ja toisin. Ylivoimaisesti suurin ero löytyy kuitenkin LULUCF-sektorilta, joka Suomen osalta oli nettopäästölähde, kun taas Ruotsissa sektori on edelleenkin suuri nettohiilinielu. Suomen tilanne hiilinielujen suhteen on vähintäänkin huolestuttava. Ennusteiden mukaan Suomen LULUCF-sektori kääntyisi nettohiilinieluksi vuoteen 2025 mennessä ja myös säilyisi sellaisena aina vuoteen 2040 asti. Hiilinielujen taso tulee kuitenkin ennusteiden mukaan olemaan maltillinen verrattuna Ruotsin ennusteisiin oman LULUCF-sektorinsa kehityksestä. Kaikista huonoimman skenaarionkin mukaan LULUCF-sektori olisi Ruotsissa vähintään -18 miljoonan tonnin CO₂-ekv nettohiilinielu vuonna 2040.

6.2 Uusiutuva energia

Uusiutuva energia

Suomi

Ruotsi

Tavoite uusiutuvan energian osuudelle energian loppukulutuksesta vuonna 2030

62 %

Ei kansallista tavoitetta
(Suuntaa-antava tavoite perustuen EU:n asettamiin tavoitteisiin on 67 %)

Sektorikohtaiset tavoitteet uusiutuvan energian osuudelle

Kaukolämmön ja -kylmän uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen

Ei sektorikohtaisia tavoitteita
(Kehitys on puhtaasti markkinavetoista)

Fossiilivapaan energian tavoitteet (uusiutuva energia + ydinvoima)

Ei mainintaa

78 % energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030
100% fossiilivapaa sähköntuotanto vuonna 2040

Uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta vuonna 2022

47.9 %

66 %

Kansallisesti suurin uusiutuvan energian lähde vuonna 2022

Bioenergia

Bioenergia

Taulukko 11. Vertailun tulokset uusiutuvan energian osalta.

Taulukossa 11 vertaillaan Suomea ja Ruotsia uusiutuvan energian osalta. Suomi on omaksunut tavoitteekseen EU:n uusiutuvan energian direktiivin asettaman 62 %:n osuuden kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. Ruotsi luottaa markkinavetoisuuteen, eikä tästä syystä ole asettanut kansallisia tavoitteita uusiutuvan energian osuudelle energian loppukulutuksen osalta. Tarkempien sektorikohtaisten uusiutuvan energian osuuden tavoitteiden osalta Suomi luottaa osin Ruotsin tavoin markkinavetoisuuteen (esim. sähköntuotannon suhteen). Lämmityksen ja jäähdytyksen osalta tavoitteeksi on asetettu uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen kaukolämmön ja -kylmän tuotannossa. Molempien maiden tilastot ovat WEM ja baseline scenarioihin perustuvia ennusteita.

Merkittävää kasvua molemmissa maissa uusiutuvan energian osalta tullaan ennusteiden mukaan näkemään erityisesti tuulivoiman asennetussa kapasiteetissa. Suomen ennusteissa tuulivoiman asennetun kapasiteetin arvioidaan olevan 10 GW vuonna 2030. Ruotsin ennusteet tuulivoiman kasvusta ovat tätäkin suuremmat, peräti 14 GW:n asennetun kapasiteetin kasvu vuosien 2020 ja 2030 välillä. Vertailun vuoksi uusimman Olkiluoto 3-ydinreaktorin kapasiteetti on täydellä teholla 1.6 GW.

Ruotsissa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta oli vuonna 2022 66 %, kun vastaava lukema Suomessa oli 47.9 % samana vuonna. Tästä huolimatta Suomella ja Ruotsilla on hyvin samankaltainen rakenne uusiutuvan energian lähteiden suhteen. Vaikka Ruotsi ei metsäteollisuuden merkitystä uusiutuvan energian tuotannolleen suoraan tässä osiossa mainitsekaan, on sen tärkeys tästä huolimatta havaittavissa bioenergian osuudesta uusiutuvan energian tuotannossa. Kuten Suomi suunnitelmassaan mainitsi, on metsäteollisuuden tuottama energia maan selkäranka uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamisessa. Samaa voidaan mielestäni sanoa Ruotsista, jossa biopolttoaineiden osuus uusiutuvasta energiasta oli 53 % vuonna 2022. Ainoa suhteellisen merkittävä ero maiden välillä on vesivoiman merkitys uusiutuvan energian tuotannossa. Ruotsissa sen osuus on selvästi Suomea suurempi.

Kaiken kaikkiaan Ruotsin nykytilanne uusiutuvan energian osuuden suhteen on huomattavasti Suomea parempi. Ennusteet eivät myöskään anna syytä olettaa, että kummankaan maan uusiutuvan energian osuuden kehitys hidastuisi. Päinvastoin kehitys näyttäisi kiihtyvän tulevina vuosina. Markkinavetoisuus ja keskushallinnollisen kontrollin puuttuminen kehityksen tavoitteiden osalta näyttäisi toimivan ainakin Ruotsissa.

Näiden lisäksi haluan tässä osiossa mainita Ruotsin uusimmasta päätöksestä ydinvoiman suhteen. Vaikka ydinvoimaa ei kategorioidakaan uusiutuvaksi energiaksi, kirjoitan siitä tähän osioon sen vuoksi, että Ruotsi mainitsee ydinvoiman useaan otteeseen suunnitelmansa uusiutuvan energian osioissa. Vielä vuoden 2023 loppupuoliskolle asti Ruotsi tavoitteli 100 % uusiutuvan energian osuutta sähkön tuotannossa. Tämä muuttui kuitenkin yllättäen tavoitteeksi, jonka mukaan Ruotsi tuottaa 100 % sähköstään fossiilivapaasti. Ruotsin NECP:stä nimittäin selviää, että marraskuussa 2023 Ruotsin hallitus julkaisi suunnitelmansa uuden ydinvoiman rakentamisesta. Tavoitteena Ruotsilla on rakentaa uutta ydinvoimaa 2500 MW:n edestä vuoteen 2035 mennessä, joka tarkoittaa karkeasti kahta uutta isoa ydinreaktoria. Lisäksi pidemmän aikavälin tavoitteena on rakentaa NECP:n mukaan kaiken kaikkiaan noin 10 uutta ydinreaktoria vuoteen 2045 mennessä.

6.3 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus

Suomi

Ruotsi

Energian loppukäytön (FEC) ja
primäärienergian
kokonaiskulutuksen (PEC) tavoitteet
vuodelle 2030

FEC: 239.6 TWh
PEC: 346.3 TWh

FEC: 350 TWh
PEC: 479 TWh

Kansallinen kumulatiivinen
energiansäästövelvoite 2021-2030

187.5 TWh

237 TWh

Pitkän aikavälin
korjausrakentamisen tavoitteet

**Rakennuskannan hiilineutraalius
vuoteen 2050 mennessä**
(1.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuonna
2040)

**Rakennuskannan hiilineutraalius
vuoteen 2040 mennessä**

Energian loppukäyttö (FEC) ja
primäärienergian kokonaiskulutus
(PEC) vuonna 2021

FEC: noin 290 TWh
PEC: noin 370 TWh

FEC: 369 TWh
PEC: 510 TWh

Taulukko 12. Vertailun tulokset energiatehokkuuden osalta.

Taulukosta 12 näkyy vertailun tuloksia energiatehokkuuden suhteen. Energiatehokkuustavoitteiden osalta Suomen suunnitelma ei tarjoa vielä kovinkaan tarkkoja lukuja, sillä kansallinen strategia tämän suhteen on vielä rakenteilla ja valmistuu suunnitelman mukaan 2025 keväällä. Suomi kuitenkin painottaa saavuttaneensa aiemmat energiatehokkuustavoitteet ongelmitta ja vaikuttaa suhtautuvan optimistisesti myös tuleviin tavoitteisiin. Ruotsi puolestaan suhtautuu epäileväisesti EU:n asettamiin sitoviin tavoitteisiin energian loppukulutuksen suhteen. Omien laskelmiensa mukaan EU:n tavoitteet Ruotsille ovat lähes mahdottomia saavuttaa. Kumulatiivisen energiansäästövelvoitteen osalta Suomi raportoi velvollisuudekseen vähentää energian kulutusta 187.5 TWh kymmenvuotisella periodilla 2021–2030. Vastaavasti Ruotsi kertoo, että heidän velvoitensa on 237 TWh samalla periodilla.

Korjausrakentamisen suhteen Ruotsilla on hieman Suomea kunnianhimoisemmat tavoitteet. Suomen rakennuskannan kasvihuonekaasupäästötavoitteet vuodelle 2040 ovat 1.5 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Ruotsi puolestaan raportoi tavoittelevansa rakennuskantansa täydellistä hiilineutraaliutta vuoteen 2040 mennessä. Pääasiassa näillä tavoitteilla tarkoitetaan rakennusten lämmittämisestä aiheutuvia päästöjä, joita koituu esimerkiksi öljylämmityksestä.

Energiatehokkuuden nykytilanteen suhteen Suomi ja Ruotsi näyttäisivät olevan suhteellisen samassa tilanteessa. Molempien maiden energian loppukulutuksen kehitys on pysynyt tasaisena viime vuosien aikana. Eroavaisuuksia on kuitenkin havaittavissa ennusteiden suhteen. Suomen ennusteissa sekä primäärienergian kulutus että energian loppukulutus näyttäisivät laskevan seuraavien vuosikymmenten aikana. Ruotsi puolestaan ennustaa energian loppukulutuksen pysymistä tasaisena aina vuoteen 2040 asti. Ruotsin perustelut energiankulutuksen kasvamisesta mm. datakeskusten ja teollisuuden lisääntyvän energian tarpeen vuoksi vaikuttavat rationaalisilta ja voisi kuvitella, että samanlaista kehitystä olisi havaittavissa Suomessa. Suomi kuitenkin arvioi näiden tekijöiden vain hidastavan energian loppukulutuksen laskua. Suomen ennusteissa sekä primäärienergian kulutus että energian loppukulutus näyttäisivät laskevan seuraavien vuosikymmenten aikana. Ruotsi puolestaan ennustaa energian loppukulutuksen pysymistä tasaisena aina vuoteen 2040 asti. Ruotsin perustelut energiankulutuksen kasvamisesta mm. datakeskusten ja teollisuuden lisääntyvän energian tarpeen vuoksi vaikuttavat rationaalisilta ja voisi kuvitella, että samanlaista kehitystä olisi havaittavissa Suomessa. Suomi kuitenkin arvioi näiden tekijöiden vain hidastavan energian loppukulutuksen laskua.

6.4 Polkuriippuvuus

Suomen ja Ruotsin kansallisista energia- ja ilmastosuunnitelmista on molemmista havaittavissa polkuriippuvuutta erityisesti metsäteollisuuden ja sen tuottaman puuperäisen polttoaineen suhteen. Kuten tutkielmassa on jo useaan otteeseen mainittu, on molemmilla mailla pitkä historia metsäteollisuuden ja sen tuottamien puuperäisten polttoaineiden käytöstä. Molempien maiden historiallisen metsäriippuvuuden voidaankin katsoa olevan yksi vaikuttavimmista tekijöistä Suomen ja Ruotsin tämän hetken suhteellisen korkealle uusiutuvan energian osuudelle energiantuotannossa. Tämä näkyy erityisen selkeästi Suomen uusiutuvan energian tuotannosta, josta ylivoimaisesti suurin osa on puuperäistä bioenergiaa. Myös Ruotsin tuottamasta ja käyttämästä uusiutuvasta energiasta suurin osa on bioenergiaa ja erityisesti puuperäisiä polttoaineita, joskin ei niin merkittävässä määrin kuin Suomessa.

Metsiin ja metsäteollisuuteen liittyvä polkuriippuvuus sekä Suomessa että Ruotsissa johtuu molempien maiden suurista metsävarannoista ja sen ympärille kehittyneestä

metsäteollisuudesta. Mahoneyn (2000) kuvaamia polkuriippuvuuteen johtamia tapahtumasarjoja hyväksi käyttäen Suomen ja Ruotsin metsäteollisuuden polkuriippuvuuden tapahtumasarjojen voidaan päätellä rakentuneen institutionaalisen uusintamisen keinoin. Aivan kuten fossiiliset polttoaineet aikaisempina vuosikymmeninä, myös metsäteollisuuteen liittyvät uusintamismekanismit ovat olleet kausaalisesti niin tehokkaita, että ne ovat onnistuneet ikään kuin lukitsemaan oman roolinsa yhteiskunnassa.

Toinen polkuriippuvuutta ilmentävä seikka liittyy myös energiaan. Ydinvoima on molemmissa maissa tuottanut merkittävän osan sähköstä aina 1970-luvun lopulta asti. Kuten jo aiemmin tässä osiossa mainitsin, on Ruotsi päättänyt aiemmista pitkäkestoisista aikeistaan huolimatta luopua ydinvoiman alasajoaikeista ja sen sijaan tavoitella merkittävän suurta määrää ydinvoimaa seuraavan 20 vuoden aikana. Ruotsin riippuvuutta ydinvoimasta voidaan metsäteollisuuden tavoin pitää polkuriippuvaisena, sillä alasajoyrityksistä huolimatta ydinvoima on edelleen 40 vuoden jälkeenkin merkittävä energiatuotannon muoto Ruotsissa. Sama pätee myös Suomen osalta, sillä maan uusin ja suurin ydinreaktori Olkiluoto 3 otettiin käyttöön vuonna 2022. Suomen NECP:stä selviää myös, että Olkiluoto 3 oli valmistuessaan koko Euroopan ensimmäinen uusi ydinreaktori yli 15 vuoteen.

Vastauksena toiseen tutkimuskysymykseeni voidaan todeta, että sekä Suomessa että Ruotsissa on havaittavissa samankaltaista polkuriippuvuutta aineistoni puitteissa ainakin energiantuotannon, tarkemmin bioenergian ja ydinvoiman, suhteen. Molempien maiden ennusteiden ja tavoitteiden lisäksi tätä vahvistaa entisestään nykyaikaisen energiasiirtymän eteneminen, joka vahvistaa sekä bioenergian että ydinvoiman roolia energiantuotannossa entisestään.

7. LÄHTEET

- Aklin, M. & Urpelainen, J. 2013. Political Competition, Path Dependence, and the Strategy of Sustainable Energy Transitions. *American Journal of Political Science*. Vol. 57, Iss. 3. 643-658. <https://doi.org/10.1111/ajps.12002>
- Aklin, M. & Urpelainen, J. 2018. *Renewables: the politics of a global energy transition*. MIT Press.
- Brechin, S.R. 2003. Comparative public opinion and knowledge on global climatic change and the Kyoto Protocol: the US versus the world? *International Journal of Sociology and Social Policy*. Vol 23, Iss 10. 106-134. <https://doi.org/10.1108/01443330310790318>
- Bruns, E., Ohlhorst, D., Wenzel, B. & Köppel, J. 2011. *Renewable Energies in Germany's Electricity Market*. Berlin: Springer.
- Böhringer C., Rutherford F., Tol R. 2009. The EU 20/20/20 targets: An overview of the EMF22 assessment. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.10.010>
- Börjesson, P. 2016. Potential för ökad produktion och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi IMES Rapport 97. Lund: Environmental and Energy Systems Studies, Lund University
- Börjesson, P., Hansson, J., & Berndes, G. 2017. Future demand for forest-based biomass for energy purposes in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 383, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.018>
- Caineng Z., Huaqing X., Bo X., Guosheng Z., Songqi P., Chengye J., Ying W., Feng Ma, Qian S., Chunxiao G., Minjie L. 2021. Connotation, innovation and vision of “carbon neutrality”. *Natural Gas Industry B*, Volume 8, Issue 5, Pages 523-537. <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2021.08.009>
- Chen, Jing. 2021. Carbon neutrality: Toward a sustainable future. *The Innovation*. Vol 2, Iss 3. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100127>
- Dell, R. & Rand, D.A.J. 2004. *Clean Energy*. The Royal Society of Chemistry. 68-69.
- Djelic, ML., Quack, S. Overcoming path dependency: path generation in open systems. *Theor Soc* 36, 161–186 (2007). <https://doi.org/10.1007/s11186-007-9026-0>
- Ericsson, K., Huttunen, S., Nilsson, L. J., & Svenningsson, P. 2004. Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden. *Energy Policy*, 32(15), 1707–1721. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00161-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00161-7)

- EU, 2009. Euroopan parlamentin ja komission direktiivi 2009/28/EC. Luettu 12.3.2024.
<https://eurlex.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj>
- Eurobarometri, 2010. Europeans and nuclear safety. Luettu 26.3.2024.
<https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/769>
- Euroopan komissio, 2024a. Climate change. Luettu 3.2.2024.
https://climate.ec.europa.eu/climate-change_en
- Euroopan komissio, 2024b. Energia ja vihreän kehityksen ohjelma. Siirtyminen puhtaaseen energiaan. Luettu 16.2.2024. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_fi
- Euroopan komissio, 2024c. The European Green Deal. Luettu 25.3.2024.
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Euroopan komissio, 2024d. Commission welcomes completion of key ‘Fit for 55’ legislation, putting EU on track to exceed 2030 targets. Luettu 26.3.2024.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4754
- Euroopan komissio, 2024e. National energy and climate plans. Luettu 14.5.2024.
https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en
- Euroopan komissio, 2024f. Renewable energy. Luettu 3.6.2024.
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy_en
- Eurooppa-neuvosto, 2024a. Infographic – Where does the EU’s gas come from? Luettu 14.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-gas-supply/>
- Eurooppa-neuvosto, 2024b. Climate change: what the EU is doing. Luettu 16.1.2024.
<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/>
- Gipe, P. 1991. Wind Energy Comes of Age: California and Denmark. *Energy Policy*. Vol 19 Iss 8: 756–767. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(91\)90045-P](https://doi.org/10.1016/0301-4215(91)90045-P)
- Glanemann, N., Willner, S.N. & Levermann, A. 2020. Paris Climate Agreement passes the cost-benefit test. *Nat Commun*. Vol 11, Iss 110. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13961-1>
- Grubler, A., Wilson, C., Nemet, G. 2016. Apples, oranges, and consistent comparisons of the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*. Vol 22. 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.015>
- Hadjilambros, C. 2000. Understanding Technology Choice in Electricity Industries: A Comparative Study of France and Denmark. *Energy Policy*. Vol 28 Iss 15: 1111–1126.
[https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00067-7)

- Heymann, M. 1998. Signs of Hubris: The Shaping of Wind Technology Styles in Germany, Denmark, and the United States, 1940–1990. *Technology and Culture*. Vol 39 Iss 4: 641–670. <https://doi.org/10.1353/tech.1998.0095>
- Hildén, M., Kivimaa, P. 2022. Energy Governance in Finland. *Handbook of Energy Governance in Europe*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43250-8_9
- IEA, 2022. Energy system of Sweden. Luettu 13.6.2024. <https://www.iea.org/countries/sweden>
- IEA, 2022. Energy System of Finland. Luettu 13.6.2024. <https://www.iea.org/countries/finland>
- Jamison, A. 1978. Democratizing Technology. *Environment* Vol 20 Iss 1: 25-28. <https://doi.org/10.1080/00139157.1978.9929711>
- Johansson, B. 2022. Energy Governance in Sweden. *Handbook of Energy Governance in Europe*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43250-8_30#DOI
- Kander, A., & Stern, D. I. 2014. Economic growth and the transition from traditional to modern energy in Sweden. *Energy Economics*, 46, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.08.025>
- Khan, N., Kalair, E., Abas, N., Kalair, A.R., Kalair, A. 2019. Energy transition from molecules to atoms and photons. *Engineering Science and Technology, and International Journal*. Vol 22, Iss 1. 185-214. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.05.002>
- Kirje. 2018. Letter from scientists to the EU Parliament regarding forest biomass. Luettu 28.2.2024. https://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2018/04/UPDATE-800-signatures_Scientist-Letter-on-EU-Forest-Biomass.pdf
- Lauber V. & Mez L. 2004. Three Decades of Renewable Electricity Policies in Germany. Volume 15, Issue 4. <https://doi.org/10.1260/0958305042259792>
- Leinonen, A. 2010. Turpeen tuotanto ja käyttö: Yhteenveto selvityksistä. VTT Technical Research Centre of Finland.
- Lewis, J. I. & Wisner, R. H. 2007. Fostering a Renewable Energy Technology Industry: An International Comparison of Wind Industry Policy Support Mechanisms. *Energy Policy*. Vol 35 Iss 3: 1844–1857. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.06.005>
- Lund, H. 2000. Choice Awareness: The Development of Technological and Institutional Choice in the Public Debate of Danish Energy Planning. *Journal of Environmental Policy and Planning*. Vol 2, Iss 3: 249–259. [https://doi.org/10.1002/1522-7200\(200007/09\)2:3%3C249::AID-JEPP50%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1522-7200(200007/09)2:3%3C249::AID-JEPP50%3E3.0.CO;2-Z)
- Mahoney, J. 2000. Path dependence in historical sociology. *Theory and Society*, 29(4), 507–548. <https://www.jstor.org/stable/3108585>

- Michaelowa A. 2005. The German wind energy lobby: how to promote costly technological change successfully. *European Environment*. Vol. 15, Issue 3. 192-199. <https://doi.org/10.1002/eet.382>
- NRDC. 2022. Renewable Energy: The Clean Facts. Luettu 2.2.2024. <https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts#sec-what-is>
- Panwar N.L., Kaushki S.C., Kothari S. 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 15, Iss. 3. 1513-1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
- Rathore N.S., Panwar N.L. 2007. *Renewable Energy Sources for Sustainable Development*. New India Publishing Agency.
- RED III, 2023. Renewable Energy Directive. Luettu 16.2.2024. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- Rogelj J, Geden O, Cowie A, Reisinger A. 2021. Three ways to improve net-zero emissions targets. *Nature*. 591(7850). 365–368. https://www.researchgate.net/profile/Oliver-Geden/publication/350092616_Three_ways_to_improve_net-zero_emissions_targets/links/6079d600881fa114b409f792/Three-ways-to-improve-net-zero-emissions-targets.pdf
- Ruotsin NECP, 2024. Sweden’s Integrated National Energy and Climate Plan. Luettu 15.7.2024. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/se_final_necp_main_en_0.pdf
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T. 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science*. Vol 319, Iss 5867. 1238-1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- Sewell, W. H. (1996). Three temporalities: Toward an eventful sociology. In T. J. McDonald (Ed.), *The historic turn in the human sciences*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Sovacool, B.K. 2017. Contestation, contingency, and justice in the Nordic low-carbon energy transition. *Energy Policy*. Vol 102. 569-582. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.045>
- Suomen NECP, 2024. Finland’s Integrated National Energy and Climate Plan. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/fi_final_necp_main_en_0.pdf
- The Guardian, 2014. EU sets targets of 40% carbon cut and 27% share of renewables by 2030. Luettu 26.3.2024. <https://www.theguardian.com/environment/blog/2014/jan/22/eu-energy-and-climate-targets-live#block-52dfa6d8e4b0f7ffe46e7182>

- Tilastokeskus, 2024. Kotimaisella sähkön tuotannolla katettiin 98 % Suomen sähkön tarpeesta vuonna 2023. Luettu 13.1.2024. <https://stat.fi/julkaisu/cln2zc9wg8fgb0cut7vm9hi18>
- Valtioneuvosto. 1997. Suomen energiastrategia: valtioneuvoston energiapoliittinen selonteko (VNS 5/1997vp; Valtioneuvoston Selonteko Eduskunnalle).
- Valtioneuvosto. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030.
- Van Soest, H.L., Den Elzen, M.G.J., Van Vuuren, D.P. 2021. Net-zero emission targets for major emitting countries consistent with the Paris agreement. Nature Communications. Vol 12, Iss 1. 1-9.
- Vasi, I.B. 2011. Winds of Change: The Environmental Movement and the Global Development of the Wind Energy Industry. New York: Oxford University Press.
- YK-liitto, 2024. Ilmastopimus -aikajana. Luettu 23.4.2024. <https://www.ykliitto.fi/yk-teemat/kestava-kehitys/ilmastopimus-aikajana>
- Yle, 2011. Säteilyturvakeskus: Reaktorin sydämen sulaminen mahdollista, mutta epätodennäköistä. Luettu 3.2.2024. <https://yle.fi/a/3-5323973>
- Yle, 2023. Suomi on nyt sähköomavarainen – näin se näkyy hinnassa. Luettu 13.1.2024. <https://yle.fi/a/74-20065984>