



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joonas Mäki

# SÄHKÖNTUOTANNON ILMASTOPÄÄSTÖT

Tekniikka  
2024

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joonas Mäki
Opinnäytetyön nimi	Sähköntuotannon Ilmastopäästöt
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	28
Ohjaaja	Jukka Hautala

---

Työn tarkoituksena oli tarkastella sähköntuotannossa käytettyjä energialähteitä, niiden kehitystä ja sähköntuotannon tulevaisuudenkuvaa sekä vertailla eri maiden kasvihuonepäästöjä suhteessa väkilukuihin.

Sähköntuotannon ilmastopäästöt ovat keskeinen haaste ilmastonmuutoksen torjunnassa. Päästöt syntyvät pääasiassa fossiilisten polttoaineiden käytöstä, kuten hiilestä, öljystä ja maakaasusta. Uusiutuvien energialähteiden, kuten aurinko- ja tuulivoiman, lisääminen on tehokas tapa vähentää näitä päästöjä. Ydinvoima on myös vähäpäästöinen vaihtoehto, mutta se herättää keskustelua turvallisuus- ja ydinjätteiden käsittelykysymyksistä.

Työ toteutettiin hakemalla luotettavaa dataa virallisista lähteistä ja vertailemalla tutkittavaa aineistoa keskenään.

Ilmastopäästöjen vähentäminen sähköntuotannossa on saavutettavissa investoimalla uusiutuvaan energiaan, parantamalla energiatehokkuutta ja kehittämällä päästöttömiä teknologioita. Tässä prosessissa energiapolitiikalla ja kansainvälisillä sopimuksilla on keskeinen rooli. Olennainen haaste on tasapainoilla energiatehokkuuden, taloudellisen kilpailukyvyyn ja ympäristöystävällisyyden välillä. Työssä tarkastelun ulkopuolelle jäi ilmastonlämpenemisen ja hiilidioksidipitoisuuden kasvun muita tekijöitä sekä teknisiä yksityiskohtia, jotka olisi tulevaisuudessa hyvä ottaa huomioon tarkasteltaessa ilmaston lämpenemistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

---

Avainsanat

Sähköntuotanto, ilmastopäästöt, energiatehokkuus

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikka

## ABSTRACT

Author	Joonas Mäki
Title	Climate Emissions from Electricity Production
Year	2024
Language	Finnish
Pages	28
Name of Supervisor	Jukka Hautala

---

The purpose of the study was to examine the energy sources used in electricity generation, their development, the future outlook of electricity generation, and to compare greenhouse gas emissions in different countries relative to their populations.

Climate emissions from electricity generation pose a central challenge in combating climate change. These emissions primarily result from the use of fossil fuels such as coal, oil, and natural gas. Increasing the share of renewable energy sources, such as solar and wind power, is an effective way to reduce these emissions. Nuclear power is also a low-emission alternative, but it raises debates about safety and the handling of nuclear waste.

The study was conducted by gathering reliable data from official sources and comparing the researched material.

Reducing climate emissions in electricity generation is achievable by investing in renewable energy, improving energy efficiency, and developing emission-free technologies. In this process, energy policy and international agreements play a crucial role. Striking a balance between energy efficiency, economic competitiveness, and environmental friendliness poses a significant challenge. The study did not delve into other factors contributing to global warming and the increase in carbon dioxide concentration or into technical details of different energy production methods. These aspects would be valuable to consider in future examinations of the overall picture of climate warming and its influencing factors.

---

Keywords	Electricity production, climate emissions, energy efficiency
----------	--

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET

1	JOHDANTO .....	6
2	TÄRKEIMMÄT ENERGIALÄHTEET SUOMEN SÄHKÖNTUOTANNOSSA .....	7
	2.1 Puupolttoaineet.....	7
	2.2 Öljy .....	8
	2.3 Ydinenergia.....	8
	2.4 Hiili .....	9
	2.5 Vesivoima .....	9
	2.6 Vety .....	9
	2.7 Tuulivoima .....	10
3	SÄHKÖNTUOTANTO JA PÄÄSTÖT ERI MAISSA.....	11
	3.1 Sähköntuotannon tila Suomessa.....	11
	3.1.1 Väkiluku .....	12
	3.1.2 Kasvihuonekaasupäästöt.....	13
	3.2 Sähköntuotannon tila Yhdysvalloissa.....	14
	3.2.1 Väkiluku .....	15
	3.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt.....	16
	3.3 Sähköntuotannon tila Kiinassa .....	17
	3.3.1 Väkiluku .....	18
	3.3.2 Kasvihuonekaasupäästöt.....	19
	3.4 Sähköntuotannon tila Saksassa .....	20
	3.4.1 Väkiluku .....	21
	3.4.2 Kasvihuonekaasupäästöt.....	22
4	KESKILÄMPÖTILA VIIMEISEN 20 VUODEN AIKANA: TAULUKKO JA ANALYYSI..	24
5	POHDINTA .....	26
	LÄHTEET .....	27

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b> Sähköntuotanto energialähteiden mukaan 2000-2022.....	12
<b>Kuvio 2.</b> Suomen väkiluvun kehitys 1980-2022.....	13
<b>Kuvio 3.</b> Suomen kasvihuonekaasupäästöjen muutos prosentuaalisesti.....	14
<b>Kuvio 4.</b> Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys 1980-2020.....	16
<b>Kuvio 5.</b> Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti .....	17
<b>Kuvio 6.</b> Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys 1980-2020.....	19
<b>Kuvio 7.</b> Kiinan kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti .....	20
<b>Kuvio 8.</b> Saksan väkiluvun kehitys 1980-2020.....	22
<b>Kuvio 9.</b> Saksan kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti .....	23
<b>Taulukko 1.</b> Suomen väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.....	13
<b>Taulukko 2.</b> Suomen kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.....	14
<b>Taulukko 3.</b> Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.....	16
<b>Taulukko 4.</b> Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.....	18
<b>Taulukko 5.</b> Kiinan väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.....	18
<b>Taulukko 6.</b> Kiinan kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.....	20
<b>Taulukko 7.</b> Saksan väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.....	22
<b>Taulukko 8.</b> Saksan kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.....	23
<b>Taulukko 9.</b> Suomen keskilämpötila ja ilmakehän CO <sub>2</sub> -pitoisuus 20 vuoden ajalta.....	24

**LYHTENTEET**

<b>TWh</b>	-	Terawatt-hour – Terawattitunti
<b>MW</b>	-	Megawatt – Megawatti
<b>GWh</b>	-	Gigawatt-hour – Gigawattitunti
<b>TEM</b>	-	Ministry of Employment and the Economy of Finland – Työ- ja elinkeinoministeriö
<b>EPA</b>	-	United States Environmental Protection Agency – Yhdysvaltain Ympäristönsuojeluvirasto
<b>EIA</b>	-	United States Energy Information Administration – Osa Yhdysvaltain Energiaministeriötä
<b>EEA</b>	-	European Environment Agency – Euroopan Ympäristökeskus
<b>PPM</b>	-	Parts Per Million – Prosentin ja Promillen kaltainen suhteellinen suhdeyksikkö, joka ilmaisee kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostain

## 1 JOHDANTO

Sähköntuotannon ilmastopäästöt ovat merkittävä osa globaalia ilmastohaastetta, ja niiden ymmärtäminen on olennaista kestävien energiaratkaisujen löytämisessä. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Suomen sähköntuotantoa keskittyen erityisesti eri energialähteiden rooliin ja niiden vaikutukseen ilmastopäästöihin. Vertailukohtana käytetään myös Saksaa, Yhdysvaltoja ja Kiinaa, jotta voidaan hahmottaa eri maiden sähköntuotannon ympäristövaikutuksia suhteessa niiden väkilukuun.

Opinnäytetyön tavoitteena on analysoida ja vertailla näiden maiden sähköntuotannon rakennetta, käytettyjä energialähteitä sekä sitä, miten nämä tekijät vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöihin. Samalla pyritään ymmärtämään, miten väestömäärä ja taloudelliset tekijät voivat vaikuttaa sähköntuotannon ilmastovaikutuksiin eri maissa.

Työn lopputuloksena odotetaan tuotavan esiin tärkeää tietoa siitä, miten eri strategiat ja energialähteet vaikuttavat sähköntuotannon ilmastopäästöihin eri maissa. Tämä tieto voi olla arvokasta päätöksenteossa, kun pyritään edistämään kestäväää sähköntuotantoa ja vähentämään ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia.

## 2 TÄRKEIMMÄT ENERGIALÄHTEET SUOMEN SÄHKÖNTUOTANNOSSA

Suomen sähköntuotannossa käytetään useita eri energialähteitä. Sähköä tuotetaan puupolttoaineilla. Tämän lisäksi sähköä tuotetaan myös ydinvoimalla, turvevoimalla, maakaasulla, öljyllä, hiilellä ja uusiutuvilla energialähteillä, kuten tuulen ja aurinkoenergian avulla. Suomi on edelläkävijä uusiutuvien energialähteiden käytössä ja tavoitteena on lisätä niiden osuutta sähköntuotannossa entisestään. Nykyhetkellä (2024) Suomen energiatuotannosta uusiutuvien energialähteiden osuus sähköntuotannossa on 85 prosenttia. Ydinvoiman osuus nousi Olkiluoto 3:n valmistumisen seurauksena 41 prosentin osuuteen sähkönkulutuksesta. Kotimaisten energialähteiden osuus on yhteensä 55 prosenttia [1, s. 7; 2, s. 7]. Tässä luvussa tarkastellaan Suomen sähköntuotannon tärkeimpiä energialähteitä ja niiden tuottavuutta.

### 2.1 Puupolttoaineet

Puupolttoaineet ovat tärkeä osa Suomen energiantuotantoa ja niiden osuus energiatuotannossa on kasvanut vuosien varrella. Ne ovat pääasiassa puuperäisiä ja ne tuotetaan kotimaisista raaka-aineista, kuten kuoresta, sahanpuruista, selluvalmistuksen mustalipeästä ja jäteliemistä sekä puiden oksista, rangoista, kannoista ja latvuksista, joita syntyy puunjalostuksen ja metsähakkuiden sivutuotteina. Puupolttoaineita käytetään laajalti lämmitykseen sekä teollisuuden ja muiden toimialojen tarpeisiin.

Vuonna 2021 puupolttoaineilla tuotettiin yhteensä 113 TWh energiaa (30 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta vuonna 2021), josta suurin osa tuotettiin metsäteollisuuden jäteliemillä ja mustalipeällä (46 TWh) sekä kiinteillä teollisuus- ja energiatuotannon puupolttoaineilla (46,8 TWh). [3, s. 7.]

## 2.2 Öljy

Öljy on yksi Suomen käytetyistä energialähteistä sähköntuotannossa. Öljy on kuitenkin hiilipäästöiltään suhteellisen korkea, ja siksi Suomen tavoitteena on vähentää öljyn käyttöä sähköntuotannossa ja korvata se muilla vähäpäästöisemmällä polttoaineilla. Tämä on osa Suomen kansallista strategiaa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Öljyn osuus Suomen sähköntuotannossa on ollut selvässä laskussa vuosien mittaan. Vuonna 2022 öljyn osuus Suomen kokonaissähköntuotannosta on ollut enää vain 0,2 prosenttia, eli yhteensä 0,16 TWh. [4, s. 8.]

## 2.3 Ydinenergia

Suomen sähköntuotosta tuotetaan kolmannes ydinenergialla. Ydinenergia on osa Suomen kansallisen energia- ja ilmastostrategiaa, jolla tuotetaan hiilidioksidineutraalia sähköä. Ydinenergian käyttö lisää sähkön toimitusvarmuutta. Tällä hetkellä Suomessa tuotetaan sähköä ydinvoimalla neljällä ydinreaktorilla, joista kaksi sijaitsee Loviisan ydinvoimalaitoksella sekä kaksi Olkiluodon ydinvoimalaitoksella. Suomen tavoitteena on nostaa ydinenergialla tuotetun sähkön määrää; viides reaktori (Olkiluoto 3) otettiin käyttöön Olkiluodossa huhtikuussa 2023. Olkiluodosta tuotetaan Olkiluoto 3:n käyttöönoton myötä kolmannes Suomen sähköstä.

Ydinenergialla tuotettiin kolmannes (33 prosenttia) Suomen sähköntuotannosta (22,9 TWh) vuonna 2021. Suomen sähkönkulutuksesta ydinenergian osuus on ollut reilun neljänneksen (26 prosenttia). [5, s. 8; 6, s. 8.]

## 2.4 Hiili

Hiili on yhä merkittävä energialähde Suomen sähköntuotannossa, vaikka sen osuus onkin vähentynyt viime vuosina. Hiilellä tuotetaan noin 4 prosenttia Suomen sähköstä ja se on tärkeä polttoaine teollisuuden ja muiden toimialojen tarpeisiin. Hiili on kuitenkin hiilipäästöiltään suhteellisen korkea ja siksi Suomen ilmastostrategian tavoitteena on vähentää hiiltä energiakäytössä ja lopettaa hiilen käyttö sähköntuotannossa kokonaan viimeistään 1.5.2029, jonka määrää Finlexin laki hiilen energiakäytön kieltämisestä ja korvata se muilla vähäpäästöisemmällä polttoaineilla. Hiiltä käytetään Suomessa Suomenojan ja Meri-Porin voimalaitoksilla ja Fortumin osaksi omistamissa Naantalin voimalaitoksessa. [7, s. 9; 8, s. 9.]

## 2.5 Vesivoima

Vesivoima on yksi suurimpia energialähteitä Suomen sähköntuotannossa. Vesivoima on luotettava ja päästötön energialähde ja sen osuus sähköntuotannossa on kasvanut vuosittain. Suomi on ottanut vesivoiman hyödyntämisen vakavasti; tavoitteena on lisätä vesivoiman osuutta sähköntuotannossa entisestään. Tällä hetkellä Suomessa on vesivoimalaitoksia n. 250 kpl ja Suomen koko vesivoimakapasiteetti on n. 3200 MW.

Vesivoimaa käytetään ns. säätövoimana Suomen sähköntuotannossa, mikä tarkoittaa sitä, että sillä kyetään reagoimaan sähköntuotannon ja kulutuksen välisiin vaihteluihin nopeasti. Tämä on vesivoimaloiden suurin etu, sillä ne ovat nopeasti ja helposti käynnistettävissä sekä säädettävissä verrattuna muihin voimalatyyppeihin. Vesivoimalla tuotettiin Suomen sähköntuotannosta 24 prosenttia (15,6 GWh) vuonna 2020. [9, s. 9.]

## 2.6 Vety

Vety ei varsinaisesti ole energianlähde, eikä tule maapallolta sellaisenaan, vaan se on valmistettava aina erikseen. Siksi vedystä puhutaan ennemminkin energiankantajana kuin energianlähteenä. Vedyn hiilijalanjälki vaihtelee tuotantomuodosta riippuen, mutta jos

sähkövirtaa tuotetaan esimerkiksi vesi-, tuuli- tai aurinkoenergian avulla, niin vedyn poltosta syntyvä energia on käytännössä päästötöntä.

Ongelmana vedyn kohdalla on sen varastointi, koska vedyn energiasisältö massayksikköä kohden on lähes kolminkertainen bensiiniin tai dieselöljyyn verrattuna. Vedyn varastointi tapahtuu kaasumaisena tai nestemäisenä. Kaasumaisena vety vaatii todella korkeaa painetta ja erikoissäiliötä kantamaan paineen aiheuttamat voimat. Nestemäisenä vety täytyy muuttaa nestemäiseen olomuotoon, jolloin se jäädytetään  $-253\text{ °C}$  lämpötilaan. Myös nestemäinen vety vaatii erikoissäiliön, jonka täytyy pysyä kuljettaessa jatkuvasti jäähdytettynä, tällöin vältetään vedyn muuttuminen takaisin kaasuksi. [10, s. 9-10.]

## **2.7 Tuulivoima**

Tuulivoima on yksi uusiutuvista energianlähteistä ja se on yleistynyt merkittävästi Suomessa viime vuosina. Tuulivoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on kasvanut entisestään vuosittain ja se on nykyisin (vuonna 2024) noin 17 prosenttia Suomen kokonaissähköntuotannosta. Tuulivoiman osuus tulee nousemaan tulevaisuudessa sääolosuhteista riippuen merkittävästi uusien rakennettujen tuulivoimaloiden myötä. Tuulivoiman käyttö sähköntuotannossa on ympäristöystävällistä, sillä se ei tuota päästöjä eikä aiheuta hiilidioksidikuormitusta ympäristölle.

Vuoden 2023 loppuun mennessä Suomessa oli yhteensä 1601 tuulivoimalaa ja niiden kokonaiskapasiteetti on yhteensä 6946 MW. Uusia tuulivoimaloita rakennettiin pelkästään vuoden 2023 aikana 212 kappaletta. Suomen tuulivoimalat tuottivat sähköä vuonna 2022 yhteensä 11,6 TWh, mikä vastasi Suomen kokonaissähkönkulutuksesta 17 prosenttia. [11, s. 10; 12, s. 10.]

### 3 SÄHKÖNTUOTANTO JA PÄÄSTÖT ERI MAISSA

Sähköntuotanto vaihtelee maittain riippuen monista tekijöistä, kuten maan koosta, väestön määrästä, luonnonvarojen saatavuudesta ja teknologisen kehityksen tasosta. Esimerkiksi Yhdysvalloissa sähköntuotanto perustuu pääasiassa hiilen, öljyn ja maakaasun käyttöön, kun taas Euroopassa on panostettu enemmän uusiutuviin energianlähteisiin, kuten aurinko- ja tuulivoimaan. Myös monissa Aasian maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa sähköntuotanto perustuu pääasiassa hiileen, vaikka nämä maat ovatkin alkaneet kehittää enemmän uusiutuviin energianlähteisiin perustuvaa energiantuotantoa. Kaikkiaan sähköntuotanto vaihtelee eri maissa ja se muuttuu jatkuvasti teknologisen kehityksen ja maailmantalouden muutosten mukaan. Tässä luvussa vertaillaan maiden sähköntuotantoa ja energiamuotoja maittain.

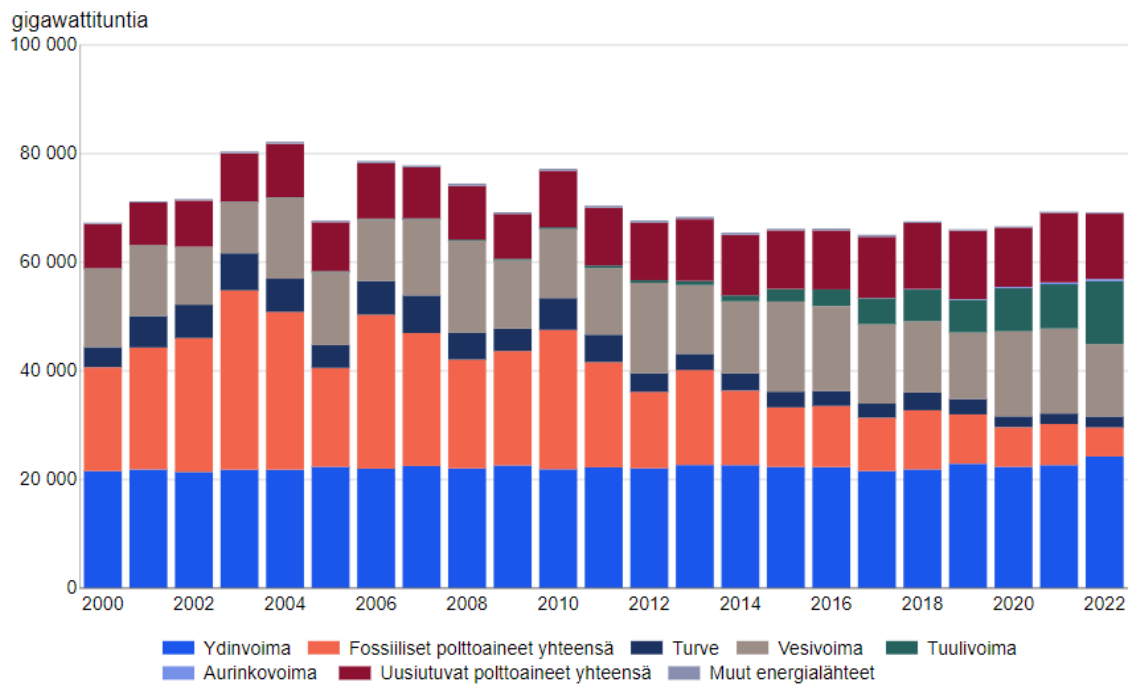
#### 3.1 Sähköntuotannon tila Suomessa

Sähköntuotanto Suomessa perustuu enimmäkseen viimeisimmän datan mukaan (1/2023) suuruusjärjestyksessä ydinvoimaan, vesivoimaan ja uusiutuviin polttoaineisiin. Fingridin datan mukaan sähköntuotanto on nykyhetkellä (1/2024) noin 9343 MW ja kulutus noin 11 439 MW, sähköntuontia korvaamaan kulutusta on 2102 MW.

Sähköntuotannon suhteen Suomi ei ole täysin omavarainen, mutta pyrkii siihen. Tulevaisuudessa sähköntuotanto on tarkoitus saada siihen pisteeseen, että Suomi voi alkaa jopa sähkön vientimaaksi. Suomi kattaa noin 5 prosenttia energian kokonaiskulutuksesta sähkön nettotuonnilla. Suomeen tuodaan öljyä, ydinpolttoainetta, hiiltä, kaasua ja sähköä, joilla saadaan katettua energian kokonaiskulutus.

Kulutusta on saatu kompensoitua mittavasti, kun ydinvoiman osalta Olkiluoto 3 saatiin otettua käyttöön ja näin lisättyä ydinvoiman osuutta energiantuotannossa. Lisäksi olisi hyvä lisätä tuotantoa tuulivoiman ja vesivoiman osalta, mitkä taas ovat riippuvaisia sääolosuhteista. Tuulivoimaloihin sekä vesivoimaan investoiminen ja niiden määrien kasvattaminen lisäisi energiantuotantoa pitkällä aikavälillä, kun yritetään päästä eroon fossiilisten

polttoaineiden käytöstä energiantuotannossa ja vähentää kasvihuonepäästöjen määrää.  
[13, s. 11-12.]



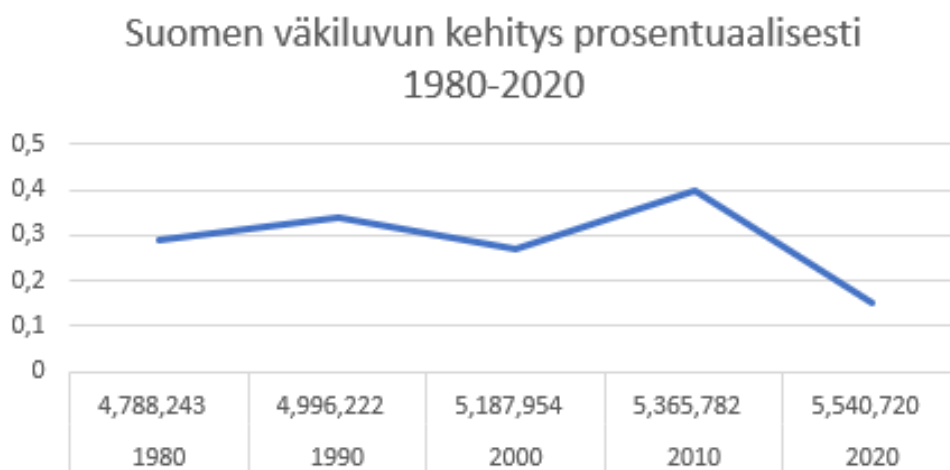
**Kuvio 1.** Sähkön tuotanto energialähteiden mukaan 2000-2022.

### 3.1.1 Väkiluku

Tilastot väkiluvuista on kerätty tarkasteltavaksi exceliin kymmenvuosittain. Vuosina 1980–2020 tarkasteltuna taulukosta 1 huomataan, että väestönkasvu on Suomessa melko tasaista, mutta hidastumaan päin varsinkin vuoden 2010 jälkeen. Energiakulutuksessa se tarkoittaa energiantarpeen vähenemistä ainakin kotitalouksissa. [14, s. 12.]

Suomen väkiluvun kehitys		
Vuosi	Väkiluku	Kasvu (%)
1980	4,788,243	0,29
1990	4,996,222	0,34
2000	5,187,954	0,27
2010	5,365,782	0,4
2020	5,540,720	0,15

**Taulukko 9.** Suomen väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.



**Kuvio 2.** Suomen väkiluvun kehitys 1980-2020.

### 3.1.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tilastot Suomen kasvihuonepäästöistä on kerätty tarkasteltavaksi Exceliin Työ- ja elinkeinoministeriöltä (TEM) ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta (THL). Suomen kasvihuonepäästöjä tarkasteltaessa huomataan, kuinka kasvihuonepäästöt ovat olleet kasvussa vuoteen 2000 asti, tuona aikana liikenteen ja teollisuuden kasvu on nostanut Suomen kasvihuonepäästöjä. Suomen sitoutuminen Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja tavoite kasvihuonepäästöjen vähentämisestä on kuitenkin vaikuttanut näkyvästi vuodesta 2000 eteenpäin

muun muassa uusiutuvan energian käytön, liikenteen päästöjen vähenemisen ja teollisuuden energiatehokkuuden parantua [15, s. 13-14].

Suomen kasvihuonepäästöjen muutos		
Vuosi	CO <sub>2</sub> -ekvivalenteja (milj.tonnia)	Muutos (%)
1980	56,60	0
1990	66,70	17,84
2000	73,30	9,9
2010	64,40	-12,14
2019	53,50	-16,92
2020	51,9	-2,99

**Taulukko 10.** Suomen kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.



**Kuvio 3.** Suomen kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti.

### 3.2 Sähköntuotannon tila Yhdysvalloissa

Yhdysvalloissa sähköntuotanto koostuu pääasiassa fossiilisista polttoaineista, kuten kivihii-  
lestä ja maakaasusta sekä uusiutuvista energialähteistä eli aurinko- ja tuulivoimasta. Hiilen  
osuus Yhdysvaltojen sähköntuotannosta on ollut vähentymässä viime vuosina, kun taas

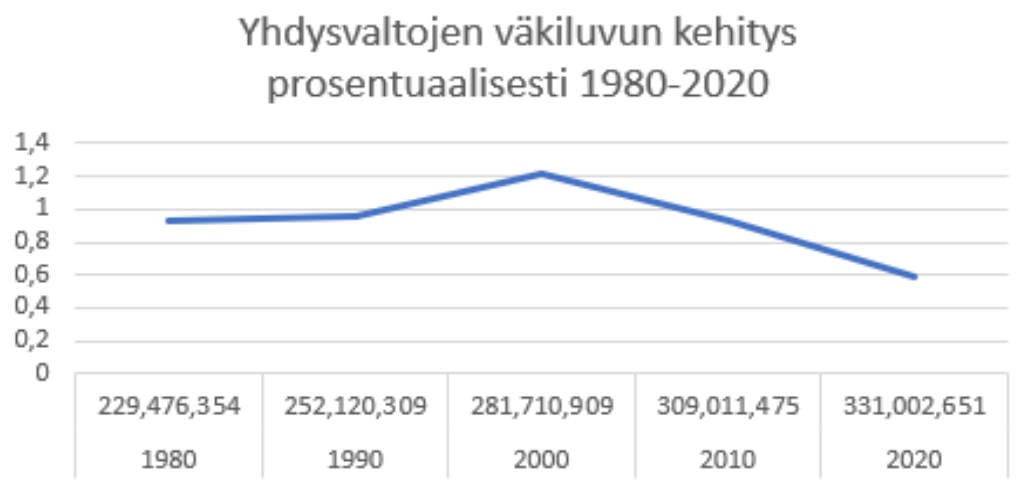
uusiutuvien energialähteiden osuus on kasvanut. Tällä hetkellä (12/2022) uusiutuvat energialähteet kattavat noin 15 prosenttia Yhdysvaltojen sähköntarpeesta. [16, s. 14-15; 17, s. 14-15.]

### **3.2.1 Väkiluku**

Tilastot väkiluvuista on kerätty tarkasteltavaksi Exceliin kymmenvuosittain (macrotrends). Vuosina 1980–2020 tarkasteltuna taulukosta 3 huomataan, että väestönkasvu Yhdysvalloissa on melko tasaista, se on enimmillään kasvussa vuoteen 2000 mennessä, mutta väestönkasvu Yhdysvalloissa on myös hidastumaan päin varsinkin vuoden 2010 jälkeen, mikä energiankulutuksessa tarkoittaa energiantarpeen vähenemistä. Kasvu on kuitenkin muihin vertailtaviin maihin suhteessa minimaalista, vaikka prosentuaalisesti kasvu on suurempaa. [18, s. 15.]

Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys		
Vuosi	Väkiluku	Kasvu (%)
1980	229,476,354	0,93
1990	252,120,309	0,95
2000	281,710,909	1,22
2010	309,011,475	0,93
2020	331,002,651	0,59

**Taulukko 11.** Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.



**Kuvio 4.** Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys 1980-2020.

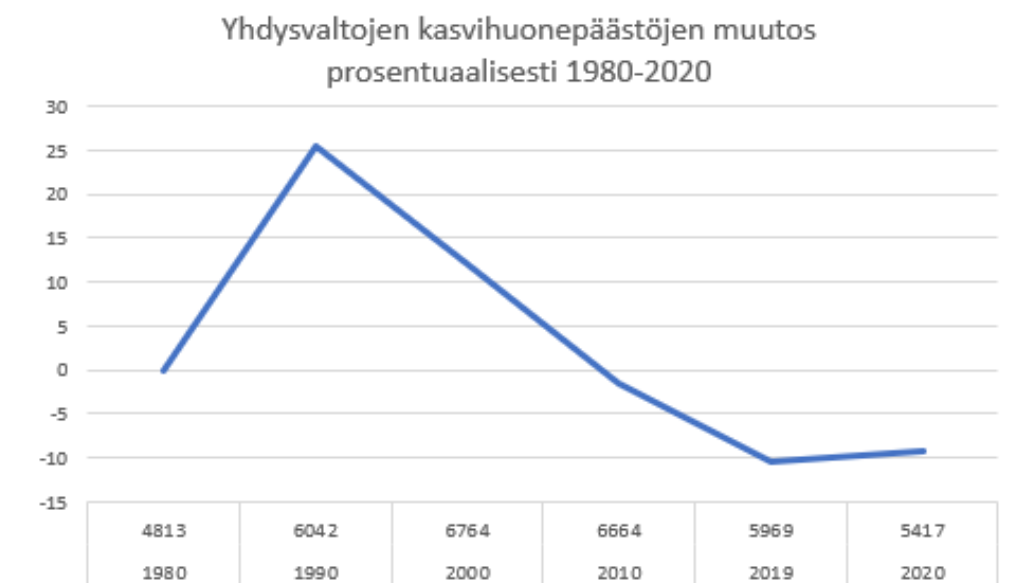
### 3.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tilastot kasvihuonepäästöistä on kerätty tarkasteltavaksi Exceliin Yhdysvaltain Ympäristön-  
suojeluvirastolta (EPA) ja Yhdysvaltain Energiaministeriöltä (EIA). Yhdysvallat on yksi maa-  
ilman suurimmista kasvihuonepäästöjen aiheuttajista. Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöt  
ovat kasvaneet energiankulutuksen- ja teollisuuden kasvun sekä liikenteen lisääntymisen  
seurauksena vuoteen 2000 asti. Kokonaispäästöt ovat kuitenkin laskeneet 1990-luvulta, jol-  
loin Yhdysvalloissa on lisätty uusiutuvan energian käyttöä ja parannettu energiatehok-  
kuutta. Kasvihuonepäästöjen lasku on notkahtanut tästä huomattavasti alaspäin, osasyynä

Yhdysvaltojen osavaltioiden päästövähennystoimet ja liittovaltion hallinnon asettamat tiukemmat päästövähennystavoitteet [19, s. 16-17; 20, s. 16-17].

Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöjen muutos		
Vuosi	CO2-ekvivalenteja (milj.tonnia)	Muutos (%)
1980	4813	0
1990	6042	25,5
2000	6764	11,95
2010	6664	-1,48
2019	5969	-10,43
2020	5417	-9,25

**Taulukko 12.** Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.



**Kuvio 5.** Yhdysvaltojen kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti.

### 3.3 Sähköntuotannon tila Kiinassa

Sähköntuotanto Kiinassa perustuu nykyhetkellä (1/2023) pääasiassa hiileen, vaikka maassa on myös merkittävät tuulivoimarakenteet ja muut uusiutuvat energialähteet. Hiilen käyttö on kuitenkin edelleen yleisintä ja se vastaa noin 70 prosenttia maan sähköntuotannosta. Kiina on maailman suurin hiilen kuluttaja ja tuottaja ja se on myös yksi maailman

suurimmista sähköntuottajista. Maa on kuitenkin viime vuosina alkanut panostaa enemmän uusiutuviin energianlähteisiin ja se on esimerkiksi rakentanut suuria tuulivoimapuitoja. Tämä kehitys jatkuu todennäköisesti tulevaisuudessa. [21, s. 17-18; 22, s. 17-18.]

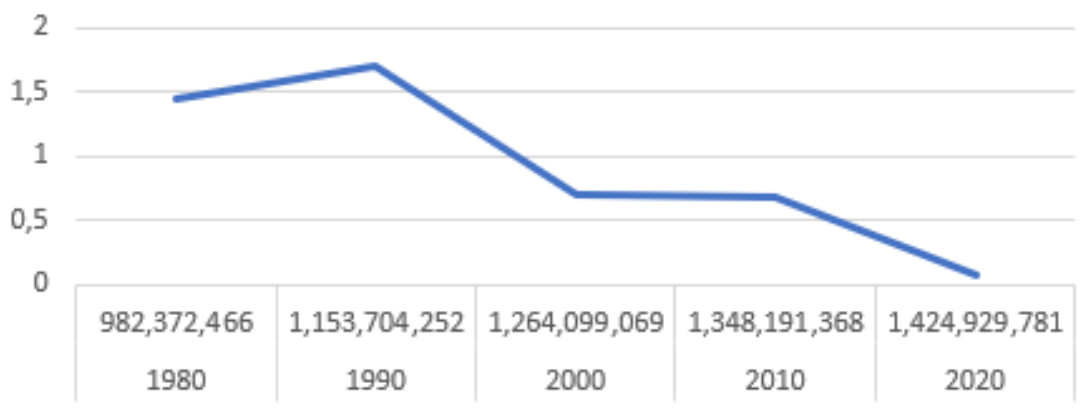
### 3.3.1 Väkiluku

Tilastot väkiluvuista on kerätty tarkasteltavaksi Exceeliin kymmenvuosittain (macrotrends.net). Vuosina 1980–2020 tarkasteltuna huomataan, että Kiinan väestönkasvu on kasvanut nopeasti, mutta kasvu on silti suhteessa hidastunut. Kiinan väestönkasvu on haaste, sillä se on aiheuttanut ympäristö- ja talousongelmia. Väestönkasvuun Kiinassa on koitettu vaikuttaa perheiden lapsilukujen rajoittamisella, mikä on hieman hidastanut kasvua. [23, s. 18.]

Kiinan väkiluvun kehitys		
Vuosi	Väkiluku	Kasvu (%)
1980	982,372,466	1,45
1990	1,153,704,252	1,7
2000	1,264,099,069	0,69
2010	1,348,191,368	0,68
2020	1,424,929,781	0,07

**Taulukko 13.** Kiinan väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.

### Kiinan väkiluvun kehitys prosentuaalisesti 1980-2020



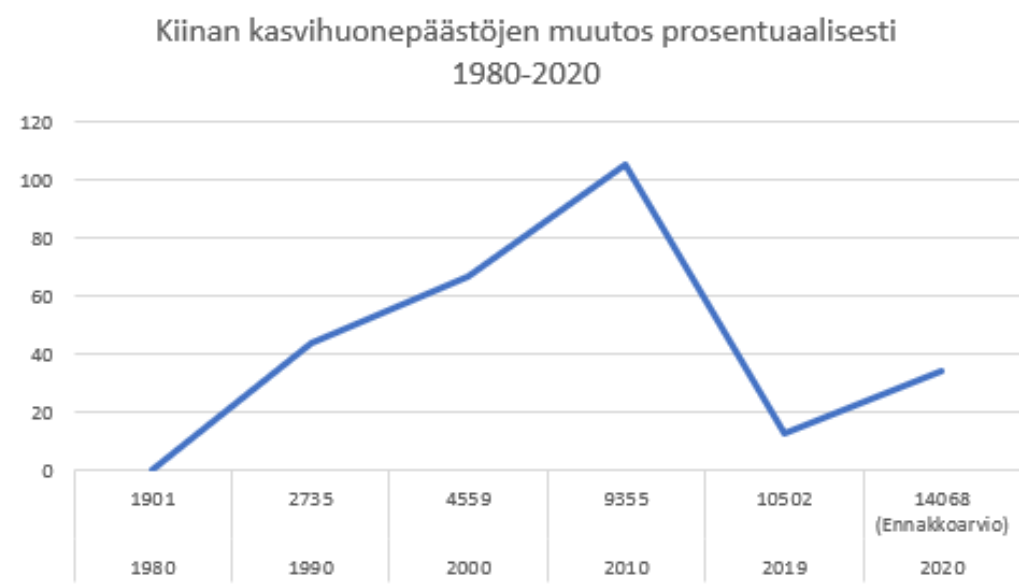
**Kuvio 6.** Yhdysvaltojen väkiluvun kehitys 1980-2020.

#### 3.3.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tilastot kasvihuonepäästöistä on kerätty tarkasteltavaksi Exceliin (statista.com). Kiina on kasvihuonepäästöjen vertailussa maailman suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja. Kiinan hiilidioksidipäästöt ovat olleet hillittyjä vielä 1980-luvulla, mutta teollisuuden nopea kasvu ja energiakulutuksen lisääntyminen ovat aiheuttaneet kymmenvuosittain kasvihuonepäästöjen merkittävää kasvua. Kiinassa on kuitenkin 2010-luvulla tehty toimia päästöjen vähentämiseksi teollisuuden energiatehokkuuden parantamisella ja uusiutuvan energian käytön lisäämisellä, minkä seurauksena kasvihuonepäästöjen kasvu on hieman tasaantunut. Kiina on kuitenkin asettanut tavoitteita päästöjen vähentämiseksi ja sitoutunut saavuttamaan hiilineutraaliuden vuoteen 2060 mennessä. [24, s. 19-20.]

Kiinan kasvihuonepäästöjen muutos		
Vuosi	CO2-ekvivalentteja (milj.tonnia)	Muutos (%)
1980	1901	0
1990	2735	43,87
2000	4559	66,7
2010	9355	105,2
2019	10502	12,26
2020	14068 (Ennakoarvio)	33,96

**Taulukko 14.** Kiinan kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.



**Kuvio 7.** Kiinan kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti.

### 3.4 Sähköntuotannon tila Saksassa

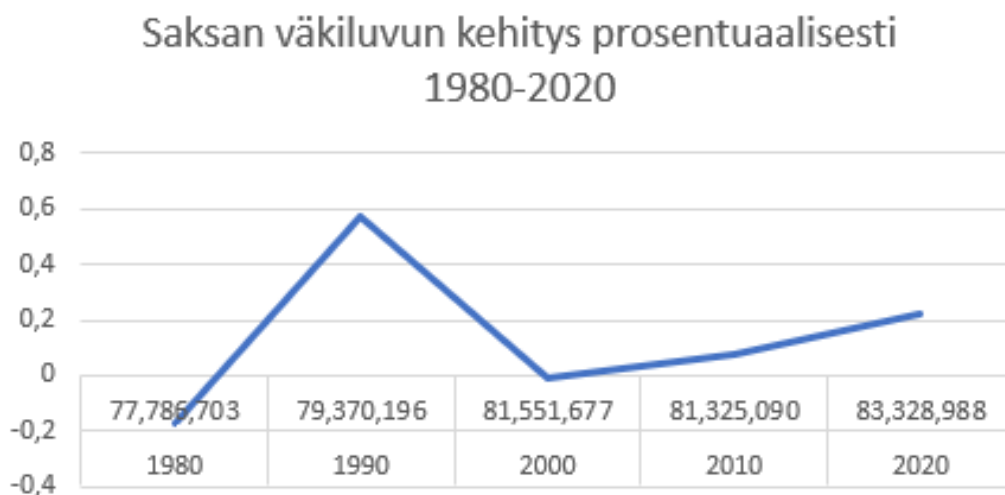
Saksassa sähköntuotanto koostuu pääasiassa fossiilisista polttoaineista, kuten kivihiilestä ja maakaasusta, uusiutuvista energialähteistä, kuten aurinko- ja tuulivoimasta sekä ydinvoimasta. Saksan hallitus on sitoutunut vähentämään hiilidioksidipäästöjään ja lisäämään uusiutuvien energialähteiden osuutta sähköntuotannossa. Tällä hetkellä uusiutuvat energialähteet kattavat noin 40 prosenttia Saksan sähköntarpeesta (1/2023). [25, s. 20-21; 26, s. 20-21.]

### **3.4.1 Väkiluku**

Tilastot väkiluvuista on kerätty tarkasteltavaksi Exceeliin kymmenvuosittain (macrotrends.net). Vuosina 1980–2020 taulukon X väkilukua tarkasteltaessa huomataan, että väestönkasvu Saksassa on ollut melko tasaista ja maltillista kasvun suhteen tällä aikavälillä. [27, s. 21-22.]

Saksan väkiluvun kehitys		
Vuosi	Väkiluku	Kasvu (%)
1980	77,786,703	-0,17
1990	79,370,196	0,57
2000	81,551,677	-0,01
2010	81,325,090	0,08
2020	83,328,988	0,22

**Taulukko 15.** Saksan väkiluvun kehitys kymmenvuosittain.



**Kuvio 8.** Saksan väkiluvun kehitys 1980-2020.

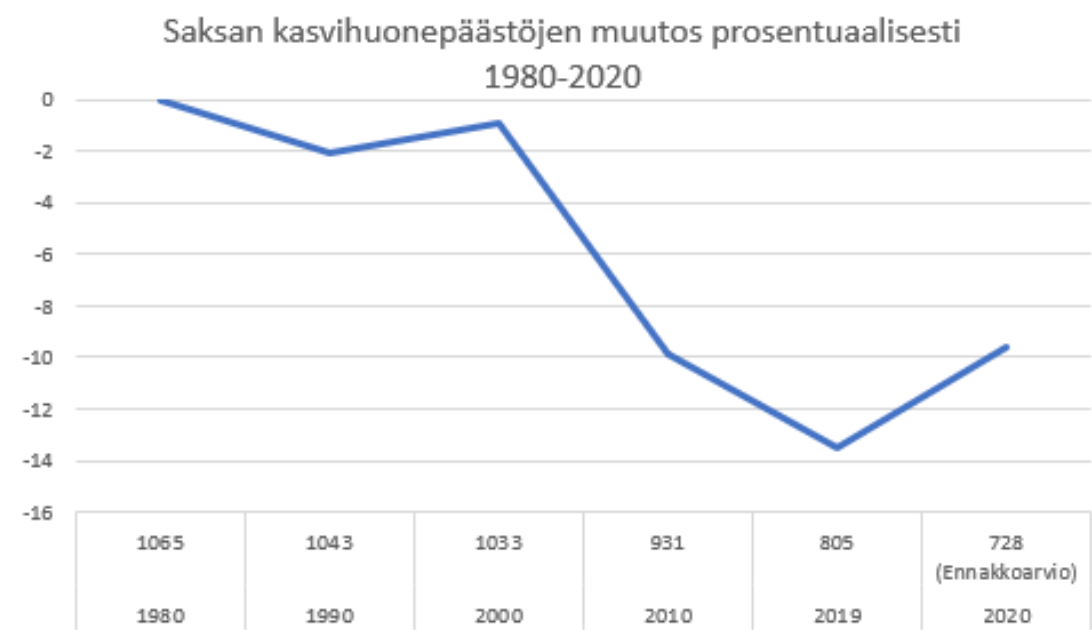
### 3.4.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tilastot kasvihuonepäästöistä on kerätty tarkasteltavaksi Exceliin Euroopan Ympäristökeskukselta (EEA). Saksan kasvihuonepäästöt ovat melko tasaiset ja olleet vuosina 1980–2020 laskussa. Vuonna 1980 Saksan kasvihuonepäästöt olivat vielä kasvussa, mutta 2000-luvulta lähtien - vaikka Saksassa on ollut liikenne ja teollisuus kasvussa - energiamuotoihin ja energiatehokkuuteen panostamalla on saatu kasvihuonekaasupäästöt pidettyä laskussa. Saksa on myös 2010-luvulla entistä voimakkaammin pyrkinyt vähentämään kasvihuonepäästöjä

ja sen tavoitteena on siirtyä hiilineutraaliksi yhteiskunnaksi vuoteen 2050 mennessä. [28, s. 22-23.]

Saksan kasvihuonepäästöjen muutos		
Vuosi	CO2-ekvivalenteja (milj.tonnia)	Muutos (%)
1980	1065	0
1990	1043	-2,07
2000	1033	-0,96
2010	931	-9,87
2019	805	-13,53
2020	728 (Ennakkoarvio)	-9,57

**Taulukko 16.** Saksan kasvihuonepäästöjen muutos kymmenvuosittain.



**Kuvio 9.** Saksan kasvihuonepäästöjen muutos prosentuaalisesti.

#### 4 KESKILÄMPÖTILA VIIMEISEN 20 VUODEN AIKANA: TAULUKKO JA ANALYYSI

Ilmaston lämpeneminen on noussut merkittäväksi huolenaiheeksi maailmanlaajuisesti, ja ymmärtäminen siitä, miten ilmasto on muuttunut viimeisten vuosien aikana, on ensiarvoisen tärkeää kestävien ratkaisujen löytämisessä. Tässä luvussa tarkastellaan ilmaston lämpenemiskehitystä viimeisen kahden vuosikymmenen aikana. Pääpaino on asetettu ilmastodataan ja sen analysointiin, joka esitetään taulukossa 1.

Vuosi	Keskimääräinen Vuotuinen Lämpötila (°C)	Ilmakehän CO <sub>2</sub> -pitoisuus (ppm)	Lähde
2002	6,1		Ilmatieteenlaitos.fi
2003	5,6		Ilmatieteenlaitos.fi
2004	6,2		Ilmatieteenlaitos.fi
2005	6,6		Ilmatieteenlaitos.fi
2006	6,7		Ilmatieteenlaitos.fi
2007	7,0		Ilmatieteenlaitos.fi
2008	7,6		Ilmatieteenlaitos.fi
2009	6,2		Ilmatieteenlaitos.fi
2010	5,0	410	Ilmatieteenlaitos.fi
2011	7,2		Ilmatieteenlaitos.fi
2012	5,9	405	Ilmatieteenlaitos.fi
2013	7,0		Ilmatieteenlaitos.fi
2014	7,3	415	Ilmatieteenlaitos.fi
2015	7,8		Ilmatieteenlaitos.fi
2016	6,6	422	Ilmatieteenlaitos.fi
2017	6,6		Ilmatieteenlaitos.fi
2018	7,3	428	Ilmatieteenlaitos.fi
2019	7,4		Ilmatieteenlaitos.fi
2020	8,7	427	Ilmatieteenlaitos.fi
2021	6,5		Ilmatieteenlaitos.fi
2022	7,3	435	Ilmatieteenlaitos.fi

**Taulukko 9.** Suomen keskilämpötila ja ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuus 20 vuoden ajalta.

Taulukon 1 data keskimääräisistä vuotuisista lämpötiloista ja ilmakehän CO<sub>2</sub> -pitoisuuksista on kerätty ilmatieteenlaitokselta. Lämpötilamittaukset ovat Helsingin Kaisaniemestä. CO<sub>2</sub> pitoisuudet on puolestaan mitattu Helsingin Kumpulassa. Taulukossa esitetään keskimääräinen vuotuinen lämpötila ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuudet vuosittain viimeisen 20 vuoden ajalta. Poikkeuksena ovat ilmakehän hiilidioksidipitoisuudet, joiden data samasta tietolähteestä löytyi vasta vuodesta 2010 alkaen. Nämä tiedot antavat kattavan kuvan ilmaston lämpenemisen tilasta.

Vuodesta 2002 vuoteen 2022 näyttää siltä, että keskimääräinen vuotuinen lämpötila on vaihdellut, mutta havaittavissa on nousutrendiä. Ensimmäisen vuoden, 2002, lämpötila oli 6,1 °C, ja vuoteen 2022 mennessä se oli noussut 7,3 °C:een. Näin voidaan todeta, että vuotuinen keskimääräinen lämpötila ei ole viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana noussut kuitenkaan mitenkään merkittävästi, mutta ilmaston lämpenemistä on havaittavissa. Erityisesti vuodet 2010 ja 2020 erottuvat poikkeuksellisina vuosina. Niiden keskimääräiset lämpötilat olivat merkittävästi matalampia tai korkeampia verrattuna muihin vuosiin. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus (CO<sub>2</sub>) on myös kasvanut kyseisellä ajanjaksolla. Vuonna 2002 CO<sub>2</sub>-pitoisuus on oletettavasti ollut alle 410 ppm, kun taas vuonna 2022 se oli noussut 435 ppm:ään. Kasvihuonekaasupitoisuuden kasvu voi vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen.

On huomionarvoista, että vaikka ilmaston lämpenemisen ja hiilidioksidipitoisuuden kasvun välillä on havaittavissa korrelaatiota, muut tekijät, kuten luonnonvaihtelut ja muut kasvihuonekaasut, voivat myös vaikuttaa ilmastoon. Lisäksi tarkempi analyysi vaatii muita ilmastotietoja ja tilastoja, jotta voidaan tehdä päteviä päätelmiä ja tunnistaa mahdolliset syy-seuraussuhteet. [29, s. 24; 30, s. 25.]

## 5 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin Suomen sähköntuotannon tärkeimpiä energialähteitä sekä vertailtiin sähköntuotantoa ja päästöjä eri maissa. Lisäksi tarkasteltiin ilmaston lämpenemiskehitystä viimeisten 20 vuoden aikana.

Suomen sähköntuotanto nojaa monipuolisesti eri energiamuotoihin, jossa puupolttoaineet, öljy, ydinenergia, hiili, vesivoima, vety ja tuulivoima muodostavat merkittävän osan. Puupolttoaineet ja vesivoima nousevat esille kestävinä ja uusiutuvina energialähteinä, kun taas öljy ja hiili ovat perinteisempiä mutta samalla haasteellisia ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Ydinenergia tarjoaa vähäpäästöisen vaihtoehdon, mutta sen yhteiskunnalliset ja ympäristöön liittyvät kysymykset vaativat huolellista tarkastelua. Tuulivoiman ja vetytalouden rooli kasvaa, ja niitä pidetään lupaavina vaihtoehtoina kestävään sähköntuotantoon.

Vertailussa oli sähköntuotanto ja päästöt neljässä eri maassa: Suomessa, Yhdysvalloissa, Kiinassa ja Saksassa. Suomi erottui edukseen pienellä väestöpohjallaan ja alhaisilla kasvihuonekaasupäästöillään suhteessa sähköntuotantoon. Yhdysvalloissa suuri väestö ja energiantarve näkyivät suurina päästöinä, kun taas Kiinassa sekä väestömäärä että päästöt olivat korkeat. Saksan tapauksessa nähtiin, että vaikka väestö on lujassa kasvussa ja suurempi kuin Suomessa, niin päästöt ovat silti laskussa.

## LÄHTEET

1. Tilastokeskus, Energian kokonaiskulutus energialähteittäin 1970-2022 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: [https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_energia.html](https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html)
2. Energiateollisuus, sähkövuosi 2023: puhdas sähköntuotanto kasvoi, päästöt ja hinnat romahtivat verkkojulkaisu [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://energia.fi/tiedotteet/sahkovuosi-2023-puhdas-sahkontuotanto-kasvoi-paastot-ja-hinnat-romahtivat/>
3. Maa- ja metsätalousministeriö, puupolttoaineet energiantuotannossa. [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puun-energiakaytto>
4. Valtionvelka, Valtion velanhallinnan vuosikatsaus, Energia: tilastoja kulutuksesta [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.valtionvelka.fi/annualreview2022/tilastoja-kulutuksesta/>
5. Teollisuuden voima, Puhtaan Siirtymän Ytimessä [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.tvo.fi/>
6. Työ- ja elinkeinoministeriö, ydinvoimalaitoksilta tulee kolmannes Suomen sähköntuotannosta [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://tem.fi/ydinenergia>
7. Fortum, Fortum ja hiili [Internet]. [viitattu 13.2.2024] Saatavilla: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/uutishuone/tietopakettimedialle/fortum-ja-hiili>
8. Finlex, laki hiilen energiakäytön kieltämisestä [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190416>
9. Energiateollisuus, Vesivoima [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://energia.fi/energiasta/vastuullisuus/miksi-vesivoima>
10. Energiatalous, Vety kestävän kehityksen ytimeen [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.energiatalous.fi/?p=2630>
11. Suomen tuulivoimayhdistys, Tuulivoimakartta [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima-suomessa/kartta>
12. Stat, Sähkön tuotanto tuulivoimalla ja ydinvoimalla nousivat vuonna 2022 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8mo29omxf8t0dukkyy5aa8i1>
13. Fingrid, Suomen sähköjärjestelmän tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/>

14. Tilastokeskus, väestö ja yhteiskunta [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: [https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto.html](https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html)
15. Tilastokeskus, Tietoa kansallisista kasvihuonekaasupäästöistä, niiden alueellisesta jakaumasta ja päästöihin vaikuttavista tekijöistä [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: [https://tilastokeskus.fi/til/khki/2020/khki\\_2020\\_2021-06-03\\_tie\\_001\\_fi.html](https://tilastokeskus.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-06-03_tie_001_fi.html)
16. Energy Information Administration (EIA), Yhdysvaltojen sähköntuotannon tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.eia.gov/>
17. Department of Energy, Yhdysvaltojen sähköntuotannon tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.energy.gov/oe/office-electricity>
18. Macrotrends, Yhdysvaltojen väkiluku 1950-2024 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.macrotrends.net/countries/USA/united-states/population>
19. United States Environmental Protection Agency (EPA), Kasvihuonekaasujen päästölähteet [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>
20. United States Energy Information Administration (EIA), Yhdysvaltojen energiaan liittyvät hiilidioksidipäästöt, 2022 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.eia.gov/environment/emissions/carbon/>
21. Europa EU, Kiinan hiilineutraalius vuoteen 2060 mennessä: mahdollinen pelinmuuttaja ilmaston kannalta [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: [https://www.eeas.europa.eu/eeas/china-carbon-neutrality-2060-possible-game-changer-climate\\_en](https://www.eeas.europa.eu/eeas/china-carbon-neutrality-2060-possible-game-changer-climate_en)
22. National Bureau of Statistics of China, Kiinan sähköntuotannon tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <http://www.stats.gov.cn/english/>
23. Macrotrends, Kiinan väkiluku 1950-2024 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.macrotrends.net/countries/CHN/china/population>
24. Statista, Kiinan alueelliset hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>) fossiilisten polttoaineiden poltosta ja teollisista prosesseista vuodesta 1960 vuoteen 2022 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.statista.com/statistics/239093/co2-emissions-in-china/>
25. BloombergNEF, Saksan sähköntuotannon tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.bnef.com/databrowser/solar/europe/germany>
26. Saksan energiavirasto, Saksan sähköntuotannon tila [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: [https://www.bundesnetzagentur.de/cln\\_132/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/cln_132/DE/Home/home_node.html)

27. Macrotrends, Saksan väkiluku 1950-2024 [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.macrotrends.net/countries/DEU/germany/population>

28. European Environment Agency (EEA), Kasvihuonekaasupäästöjen inventaario [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.eea.europa.eu/datasets/data/inventory-of-greenhouse-gas-emissions-13/ghg-emissions-in-the-eu-6>

29. Ilmatieteenlaitos, vuositilastot kasvihuonekaasujen pitoisuuksista [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet>

30. Ilmatieteenlaitos, vuositilastot keskilämpötiloista [Internet]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot>

