

Riku Vääriskoski

KAUPUNGIN ENERGIATASEEN MIT- TAAMINEN

Tampereen energiatase 2018

TIIVISTELMÄ

Riku Vääriskoski: Kaupungin energiataseen mittaaminen / Tampereen energiatase 2018
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikka
5 2020

Tampere on yksi Suomen kasvavista kaupungeista ja sen energiarakenne muuttuu jatkuvasti. Energiantuotanto siirtyy uusiutuviin energianlähteisiin ja energiankulutus muuttuu teknologian kehittyessä. Vuonna 2015 on Tampereen kaupungin uusiutuvien energianlähteiden kuntakatselmuksen yhteydessä arvioitu Tampereelle energiatase, jonka tiedot pohjautuvat vuoden 2014 tilastoihin. Kunnan energiarakenne on kuitenkin muuttunut huomattavasti ja tase ei enää kuvaa tämänhetkistä tilaa. Tampereen kaupunki on asettanut tavoitteekseen hiilineutraaliuden vuoteen 2030 mennessä. Projektin kehityksen seuraaminen energia- ja päästötavoitteiden kannalta vaatii ymmärrystä ja seurantaa ajankohtaisesta energian kokonaiskulutuksesta.

Tutkimuksessa selvitetään, mistä energianlähteistä Tampereella käytettävä energia on peräisin ja missä kohteissa ja muodossa energia käytetään, eli laaditaan Tampereen energiatase vuoden 2018 tietojen perusteella. Tiedot energiavirroista on kerätty eri tahoilta, kuten viranomaisilta, yhdistyksiltä, energian tuottajilta ja asiantuntijoilta. Työssä arvioidaan myös eri tietolähteiden ja tilastojen luotettavuutta sekä sitä, kuinka tietojen tarkkuus vaikuttaa energiataseen vertailtavuuteen eri vuosien välillä. Energiatase laaditaan siten, että se voidaan toteuttaa myös tulevinä vuosina samoja lähteitä käyttäen.

Taseessa huomioidaan energian häviöt sähkön ja lämmön siirto- ja tuotannon häviöiden osalta. Energianlähteet on jaoteltu polttoaineittain ja työssä oletetaan kaikki alueella tuotettu sähkö käytettäväksi kuntarajojen sisällä. Sähkön kulutuksen ja tuotannon välinen erotus luetaan ostosähköksi, joka kuvataan omana energianlähteenään.

Tampereen vuoden 2018 energiataseessa suurimpana yksittäisenä primäärienergianlähteenä on maakaasu, jonka osuus kaikesta energiasta on 22 %. Maakaasun kulutus on laskenut huomattavasti vuoden 2014 kulutuksesta samalla kun puun ja jätteen energiakäyttö on kasvanut. Sähköntuotanto kaupungin alueella on kuitenkin laskenut huomattavasti kulutuksen pysyessä ennallaan. Vuonna 2014 sähköä tuotettiin kaupungin alueella 56 % kulutuksesta, kun vuoden 2018 kulutetusta sähköstä tuotettiin alueella vain noin kolmasosa, 35 %.

Hiilineutraalien energianlähteiden, kuten puun, jätteen ja maalämmön käyttö on kunnan alueella lisääntynyt hieman. Näiden energianlähteiden osuus koko energiataseessa ei ole suuri, mutta verrattuna vuoden 2014 taseeseen maalämmön osuus on yli kaksinkertaistunut ja jätteen energiakäyttö on aloitettu vasta vuoden 2014 jälkeen.

Tulevaisuudessa liikenteen sähköistyminen sekä rakennusten lämmitysmuotojen muutos aiheuttavat energiataseeseen muutoksia. Kaupungin hiilineutraaliustavoitteen varmistamiseksi olisi sokin tarpeellista tarkastella, miten alueella vähenevän sähkönkulutuksen korvaaminen ostosähköllä vaikuttaa energiankäytön kokonaispäästöihin. Energiataseen laatiminen vuosittain antaisi ajankohtaista tietoa päätöksenteon tueksi. Samalla vuotuiset vaihtelut lämpötiloissa ja muissa tekijöissä voitaisiin huomioida ja vertailukelpoisuutta eri vuosien taseiden välillä parantaa.

Avainsanat: energiatase, Tampere, energia, kaukolämpö, sähkö, energiankulutus, energiantuotanto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. TEOREETTINEN TAUSTA JA LÄHTÖKOHDAT	2
2.1 Energiatase	2
2.2 Häviöt energiataseessa	2
2.3 Kaupungin energiataseen mittaamisen haasteet	3
2.4 Tampereen energiatase 2014	3
3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO	5
3.1 Energiantuotanto Tampereella	5
3.2 Sähkön ja lämmön tuotanto- ja kulutustiedot	6
3.3 Polttoaineiden jakelu- ja käyttötiedot	7
3.3.1 Nestepolttoaineet	7
3.3.2 Maakaasu	7
3.4 Kiinteistökohtainen lämmitys	8
4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	9
4.1 Energiatuotteiden kokonaiskäyttö ja energiankulutus energiantuotannossa	9
4.2 Kaukolämmön tuotanto ja kulutus	10
4.3 Sähkön tuotanto ja kulutus	10
4.4 Polttoaineiden jakelu ja käyttö	12
4.4.1 Nestepolttoaineet	12
4.4.2 Maakaasu	13
4.4.3 Rakennusten lämmitys	13
5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSMAHDOLLISUUDET	15
5.1 Tampereen kokonaisenergiatase 2018	15
5.2 Taseen esittäminen ja tunnusluvut	16
5.3 Energiataseen muutos vuoden 2014 jälkeen	18
5.4 Jatkotutkimusmahdollisuudet	19
LÄHTEET	20
LIITE A: TAMPEREEN KOKONAISENERGIATASE 2018	22

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1.</i>	<i>Tampereen energiatase 2014 (Ramboll Finland Oy 2015).....</i>	<i>4</i>
<i>Kuva 2.</i>	<i>Tampereen sähkölaitoksen tuotannon polttoaineet (Tampereen sähkölaitos 2018).....</i>	<i>5</i>
<i>Kuva 3.</i>	<i>Energian kokonaiskäyttö energiantuotannossa energianlähteittäin (GWh).....</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 4.</i>	<i>Kaukolämmön energiankäyttö ja kulutus (GWh).....</i>	<i>10</i>
<i>Kuva 5.</i>	<i>Sähköntuotannon energijakauma polttoaineittain (GWh).....</i>	<i>11</i>
<i>Kuva 6.</i>	<i>Sähkön kulutus- ja tuotantotase (GWh).....</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 7.</i>	<i>Nestepolttoaineiden myyntijakauma (GWh).....</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 8.</i>	<i>Kiinteistökohtaisen lämmityksen polttoainejakauma (GWh).....</i>	<i>14</i>
<i>Kuva 9.</i>	<i>Tampereen energiatase vuodelta 2018 (GWh).....</i>	<i>15</i>
<i>Kuva 10.</i>	<i>Tampereen alueen primäärienergian kulutusjakauma, TPES (GWh).....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 11.</i>	<i>Tampereen käytetyn energian kokonaisjakauma, TFC.....</i>	<i>17</i>
<i>Kuva 12.</i>	<i>Tampereen Sähkölaitoksen sähkön ja lämmön hankinnan jakauma polttoaineittain ja energiatuotteittain (GWh).....</i>	<i>18</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

HHV	Ylempi lämpöarvo. (engl. Higher Heating Value)
LHV	Alempi lämpöarvo(engl. Lower Heating Value)
toe	Megaöljykvivalenttonni, energiamäärä, joka vapautuu poltettaessa tonni raakaöljyä. IEA-standardimääritelmän mukaan 41,868 GJ
TFC	Total Final Consumption, energiataseen tunnusluku, joka kuvaa lopputuotteen energiataseen
TPES	Total Primary Energy Supply, energiataseen tunnusluku, joka kuvaa primäärienergian energiataseen

1. JOHDANTO

Tampereen kaupunki on asettanut tavoitteekseen hiilineutraaliuden vuoteen 2030 mennessä. Tätä tavoitetta varten on luotu Kestävä Tampere 2030 -ohjelma, jossa jaetaan kaupungin tavoitteet kuudelle eri osa-alueelle: kestävä liikkuminen ja kaupunkirakenne, kestävä asuminen ja rakentaminen, energian kestävä tuotanto ja kulutus, kestävä kulutus ja materiaalitalous, kestävä kaupunkiluonto sekä hyvä ympäristön tila. Energian kestävä tuotanto ja kulutus on jaettu useisiin osatavoitteisiin: energiantuotannon hiilineutraalisointi, rakennuskannan energiankulutuksen vähentäminen, uusien toimintamallien käyttöönotto tehovaihteluiden tasaamiseen, liikenteen energiankulutuksen vähentäminen sekä energialiiketoiminnan ja -osaamisen kasvattaminen. (Tampereen Kaupunki 2018)

Tampereen asukasmäärä on muiden Suomen suurimpien kaupunkien tavoin ollut kasvussa pitkään ja jatkaa edelleen kasvuaan (Tilastokeskus, 2019a). Asukasmäärän kasvu sekä kaupungin hiilineutraaliustavoite luo vaatimuksia energiantuotannon sekä energiatehokkaiden ratkaisujen kehittämiseksi. Vielä 2014 maakaasua käytettiin energiantuotannossa 2609 GWh ja sen osuus Tampereen energiantuotannosta oli jopa 60%. Öljyä käytettiin tuona vuonna Tampereen alueella 1595 GWh. (Ramboll Finland Oy 2015)

Tavoitteiden saavuttamiseksi ja toimivien suunnitelmien kehittämiseksi on tärkeää tuntea energian tuotannon ja kulutuksen nykytilat ja kyetä tarkastelemaan aikaisempien päätösten vaikutuksia. Energiantuotannon sekä -kulutuksen tarkkailuun ja havainnollistamiseen voidaan käyttää energiatasetta, joka kuvaa energianlähteiden sisältämän energian, eli primäärienergian muuntumista loppukulutukseksi (Tilastokeskus 2019b). Energiatase sisältää lämmön- ja sähköntuotannon lisäksi liikenteen, teollisuuden ja kotitalouksien energiankulutuksen ja kuvaa kaupungin energivirtoja kokonaisuutena. Sen tarkoituksena on esittää päätöksenteon tueksi tietoa alueen energiantuotannosta sekä käytöstä. Energiatase auttaa ymmärtämään eri energiatuotteiden suhdetta toisiinsa ja sitä, kuinka eri energiatyypit lopulta käytetään.

Työn tarkoitus on selvittää Tampereen energiatase sähkön- ja lämmöntuotannon, näiden kulutuksen sekä liikenteen osalta vuodelta 2018 ja arvioida tietojen luotettavuutta. Tavoitteena on, että työssä tuotettu energiatase voidaan luoda tulevina vuosina uudestaan, vertailu eri vuosien välillä on mahdollista ja tiedot sekä tilastot uutta laskentaa varten on mahdollista löytää. Alueellisen energiataseen mittaamiseen liittyy kaksi ongelmaa: systeemin rajapinnan määrittäminen sekä tiedon laatu ja saatavuus (Grubler, et al. 2012). Valtion sisäiseen tarkasteluun verrattuna näiden ongelmien vaikutus kaupungin tasetta laskettaessa on huomattavasti suurempi, sillä tarkkaa seuranta kaupungin rajat ylittävistä materiaalista ja energiasta ei ole.

Työn tutkimuskysymyksinä ovat:

- kuinka kaupungin energiatasetta on mahdollista tutkia
- mikä on Tampereen energiatase
- kuinka luotettavia käytetyt tiedot ovat
- ja kuinka taseen analysointia voisi kehittää?

Työssä tarkastellaan energian tuottoa ja kulutusta Tampereen kaupungin rajojen sisäpuolella. Energiavirtojen häviöistä otetaan huomioon energiantuotannon ja -jakelun häviöt kaukolämmön ja sähkön osalta. Tutkimuksen toisessa luvussa määritetään energiatase sekä periaatteita, joita voidaan soveltaa taseen laskemiseen kunnallisella tasolla sekä perehdytään lyhyesti Tampereen kaupunkiin energiantuottajana ja -kuluttajana. Kolmannessa luvussa käsitellään, mistä taseen muodostamiseen tarvittavat tiedot ja tilastot löytyvät sekä kuinka luotettavia ja kattavia nämä tiedot ovat. Neljännessä luvussa käydään tilastoja läpi sekä havainnollistetaan niitä yksittäisillä kuvaajilla. Viidennessä luvussa kootaan hankitut tiedot yhteen ja muodostetaan sähkön, lämmön ja Tampereen kokonaisenergiatase sekä pohditaan, kuinka tutkimusta voisi tulevina vuosina kehittää tarkemman tuloksen saamiseksi.

2. TEOREETTINEN TAUSTA JA LÄHTÖKOHDAT

Primäärienergia kuvaa energianlähteen sisältämää energiamäärää. Sekundäärienergiaksi kutsutaan primäärienergianlähteistä tuotettua energiaa, kuten sähköä ja lämpöä. Tässä energian konversioprosessissa syntyy häviöitä ja tuotettu sekundäärienergiamäärä onkin pienempi kuin alkuperäinen primäärienergiamäärä. (Energy Star 2019)

Polttoaineiden sisältämä primäärienergiamäärä voidaan määrittellä aineen sisältämän lämpöarvon mukaan. Tämä arvo ilmaisee energiamäärän, joka vapautuu aineen täydellisessä palamisessa massayksikköä kohden. Kalorimetrinen lämpöarvo eli ylempi lämpöarvo vakiotilavuudessa (engl. Higher Heating Value, HHV) kuvaa lämpömäärää, kun palamistuotteet jäähtyvät tiettyyn lämpötilaan. Palamisen jälkeen vedyn palamistuotteena syntynyt sekä polttoaineen sisältämä vesi oletetaan nestemäiseksi. Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa (engl. Lower Heating Value, LHV) on veden höyrystymislämmön verran ylempää lämpöarvoa pienempi, sillä siinä oletetaan vedyn palamistuotteena syntynyt sekä polttoaineen sisältämä vesi vesihöyryksi. (Neutrium 2014) Kun polttoaineen lämpöarvo kerrotaan käytetyn aineen massalla, saadaan energiamäärä, joka aineen palamisessa vapautuu.

2.1 Energiatase

Energiatase kuvaa primäärienergian muuntumista loppukulutukseksi. Taseessa erotellaan primäärienergianlähteet, varastomuutokset, energian tuotanto ja muunto, energian loppukulutus ja raaka-ainekäyttö. (Tilastokeskus 2019b) Tasetta voidaan kokonaisuudessaan havainnollistaa Sankey-diagrammilla, jossa kuvataan energialähteet ja -virrat sekä energian loppukäyttö virtoina, jotka etenevät energian käytön mukaan vasemmalta oikealle. Energiataseen tärkeä ominaisuus on, että energianlähteiden ja loppukäytön suuruus on sama, eli energiaa ei katoa taseessa, vaan primäärienergia muuttuu joko käyttöenergiaksi tai häviöiksi tai käytetään sellaisenaan.

Taseessa kaikki energia ilmoitetaan samassa mittayksikössä, mikä mahdollistaa eri energiavirtojen vertailun sekä energiamuotojen käytön hyötysuhteiden laskemisen (Grubler et al. 2012). Esimerkiksi globaalia energiatasetta on järkevää käsitellä megaöljykvivalenttitonneissa (Mtoe), kun taas kaupungin tasetta gigawattitunneissa. Energiatasetta kuuluu tulkita kokonaisuutena. Koska tase on tehty tiettyyn viitekehukseen, jossa tiedot on suhteutettu toisiinsa ja määritelty yhteneväisillä kriteereillä, ei siinä ilmoitettuja tietoja voi esittää sellaisenaan ilman tätä viitekehystä.

Tärkeimpiä energiataseteen tunnuslukuja ovat primäärienergian kokonaisjakauma (TPES, engl. Total Primary Energy Supply), käytetyn energian kokonaisjakauma (TFC, engl. Total Final Consumption) sekä sähkön ja lämmön tuotannon energianlähteiden jakauma. TPES kuvaa alueella käytettävät energianlähteiden jakauman ennen niiden muuntamista muiksi energiatuotteiksi. TFC kuvaa loppukäyttäjien, kuten kotitalouksien, teollisuuden ja palveluiden energiankäyttöä niinä energiatuotteina, joina energia kohteessa käytetään. (Millard 2017) TFC:n määrittämiseksi on ensin määriteltävä, mikä on energian loppukäyttöä kyseisessä viitekehyksessä.

2.2 Häviöt energiataseteessa

Energiavirroissa esiintyy häviöitä energian konversioprosessissa, jakelussa, loppukäytössä sekä loppuenergian hyödyntämisessä. Konversioprosessit sisältävät muun muassa sähkön tai lämmön tuotannon polttoaineista ja öljyn jalostuksen nestepolttoaineiksi. Sähkön jakelu sähköverkossa aiheuttaa jännitehäviöitä, ja polttoaineiden kuljetus vaatii energiaa. Käyttökohteessa laitteet, kuten kodinkoneet tai auton moottori, hukkaavat käyttämästään energiasta osan hukkalämpönä. Viimeinen häviökohde, loppuenergian hyödyntäminen, kuvaa sitä, kuinka paljon energiaa teoriassa tarvittaisiin laskennan alaisena olevaan tehtävään. Esimerkiksi auton moottorin aikaansaama kineettinen energia siirtää sekä matkustajia että itse autoa, jolloin auton liikuttaminen voidaan katsoa hyödyntämättömäksi energiaksi. (Grubler et al. 2014)

Kaupungin energiavirtoihin sisältyy kaikkia edellä mainittuja häviöitä, ja energiatasetta muodostettaessa on määritettävä, kuinka nämä häviöt lasketaan ja mitä häviöitä on syytä ottaa huomioon. Taseen käyttötarkoitus määrittää sen, kuinka tiedot halutaan esittää, millä tarkkuudella ne esitetään sekä mitä taseessa huomioidaan. Kaupungin energiatasetta tarkoituksena voi olla antaa tietoa päätöksenteon tueksi, joten yksi kriteeri häviöiden huomioimiseen on se, voiko niihin vaikuttaa kunnallisessa päätöksenteossa. Esimerkiksi tuotantolaitosten hyötysuhteeseen on hyvinkin mahdollista vaikuttaa päivittämällä niiden tekniikkaa, mutta kodinkoneiden, laitteiden ja kulkuneuvojen häviöt eivät ole kunnallisen päätöksenteon vaikutuspiirissä.

Kun sähköä tai lämpöä tuotetaan polttoaineista joko tuotantolaitoksissa tai teollisuuden prosesseissa, syntyy energian tuotantohäviöitä. Häviöiden suuruus on siis polttoaineen energiasisällön ja saadun hyötyenergian välinen erotus. On kuitenkin erilaisia tapoja arvioida näiden energiamäärien suuruutta. Polttoaineen energiasisältö on Suomessa usein ilmoitettu LHV-arvona (VTT 2016), mutta esimerkiksi Euroopassa maakaasumarkkinoilla ja Yhdysvalloissa on yleisesti käytössä polttoaineen ylempi lämpöarvo.

Sähköverkko voidaan jakaa siirto- sekä jakeluverkkoon. Siirtoverkko-operaattori vastaa valtakunnallisesta sähkönsiirrosta, järjestelmän tehotasapainosta sekä yhteyksistä naapurimaihin. Myös keskitetyt tuotantolaitokset sekä suurimmat kulutuskohteet ovat liittyneenä siirtoverkkoon. Jännitetaso siirtoverkolla on 110-400 kV ja keskimääräiset häviöt noin yhden % verran. Jakeluverkkoon kyttyy valtaosa kulutuksesta sekä sähkön pien- ja mikrotuotanto. Tämän verkon jännitetaso on 0,4-110 kV ja häviöt keskimääräisesti noin kaksi %. (Energiateollisuus ry 2015)

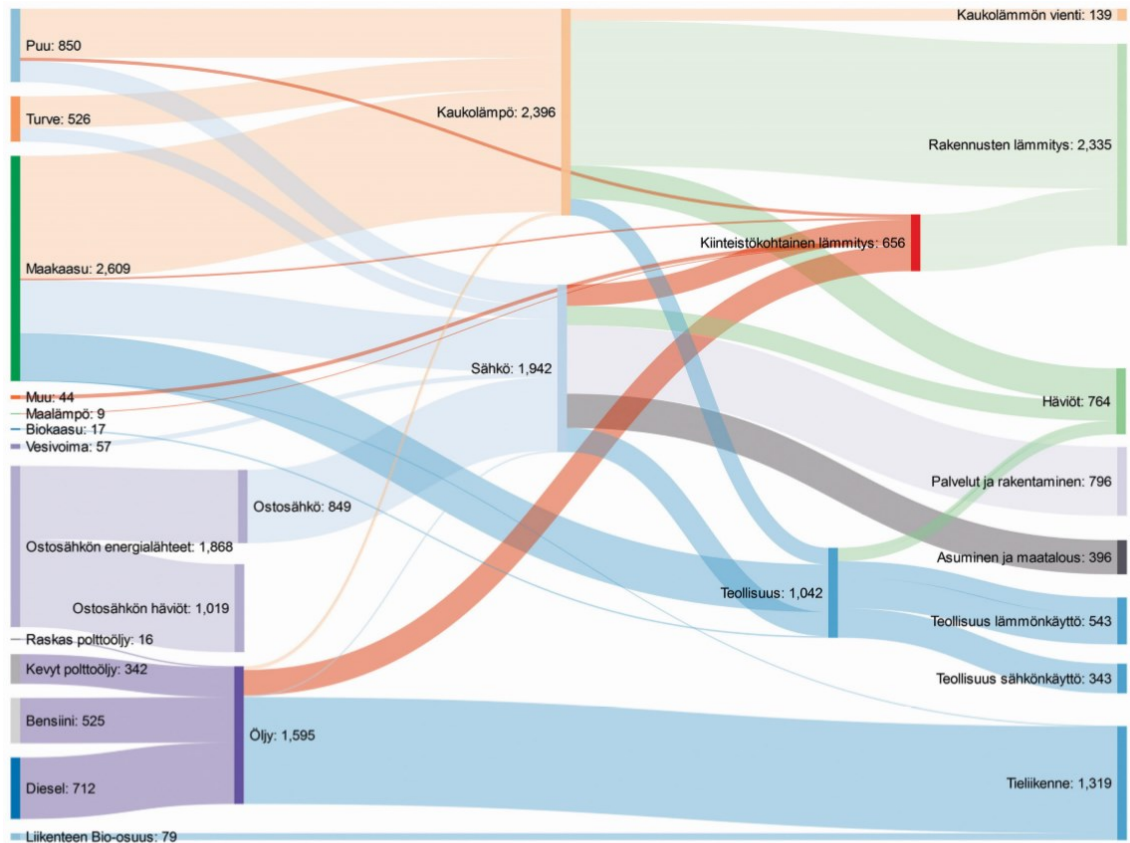
2.3 Kaupungin energiatasetta mittaamisen haasteet

Alueellisen energiatasetta kuvaama alue voidaan rajata maantieteellisesti, jolloin rajana pidetään esimerkiksi kuntarajaa. Rajaus voidaan tehdä myös tietyn kriteerin, kuten asukastiheyden mukaan, mikäli tarkastellaan esimerkiksi esikaupunki- tai metropolialuetta. Toisaalta rajanvetoa on tehtävä myös siihen, mitä energiavirtoja taseessa huomioidaan. (Millard 2017) Esimerkiksi kaupungin rajojen kautta kulkenut tai alueella säilytettävä polttoaine voi vaikuttaa huomattavasti vuotuiseen energiatasettaeseen. Mikäli tarkasteltavalla alueella ei ole polttoaineiden jakeluasemaa, voi eri laskentatavoilla saada hyvinkin erilaisia tuloksia liikenteen energiankulutuksesta.

Suomessa viranomaiset sekä energiayhtiöt ja -järjestöt ylläpitävät tilastoja käytetystä ja tuotetusta sähköstä, kaukolämmöstä sekä kulutetuista ja jakeluun päätyneistä polttoaineista. On huomioitava, kuvaavatko ilmoitetut energiamäärät primääri- vai loppuenergiaa tai mitä häviöitä niissä on jo huomioitu. (Millard 2017) Primäärienergia voidaan myös ilmoittaa useilla eri tavoilla ja on varmistuttava siitä, että eri tahojen ilmoittamat lukemat ovat vertailukelpoisia. Myös energian konversioprosessit, esimerkiksi tavat, kuinka polttoaineista luodaan sähköä tai lämpöä, vaihtelevat ja saattavat tarkastelualueella poiketa huomattavastikin esimerkiksi kansallisesta keskiarvosta. Tuotantolaitokset voivat olla toimintaperiaatteiltaan hyvinkin erilaisia, joten luotettavin tieto saadaan useimmiten suoraan energian tuottajalta.

2.4 Tampereen energiatasetta 2014

Tampereen energiatasetta on tutkittu aiemmin vuodelta 2014. Selvitys liittyi uusiutuvan energian kuntakatselmukseen, jonka Tampereen kaupunki oli tilannut ja Ramboll toimittanut. Raportissa esitetään Tampereen energiatasetta, alueelliset uusiutuvan energian resurssit ja potentiaalit sekä mahdollisuudet lisätä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä energiantuotannossa. Lisäksi selvitykseen kuului toimenpide-ehdotuksia, joilla uusiutuvan energian käyttöä voisi Tampereella lisätä. (Ramboll Finland Oy 2015) Kuvassa 1 on esitetty Tampereen energiatasetta vuodelta 2014.



Kuva 1. Tampereen energiatase 2014 (Ramboll Finland Oy 2015)

Taseessa on kuvattu sähkön- ja lämmöntuotannon sekä liikenteen energiankulutus Tampereen kuntarajojen sisällä. Häviöt on huomioitu energian konversioprosesseissa, mutta siirto- ja tuotannon häviöitä ei ole eritelty. Lisäksi häviöt on arvioitu teollisuuden prosesseista sekä ostosähkön tuotannosta ja siirrosta. Hieman alle puolet Tampereella käytetystä ostettiin muualta. Kaukolämmön osalta suurin osa käytettiin kuntarajojen sisällä ja kaukolämmön osuus koko lämmitystarpeesta oli huomattava. Loput rakennukset lämpenivät lähinnä joko öljyllä tai sähköllä. Uusiutuvan energian osuus koko energiankulutuksesta oli melko vähäistä.

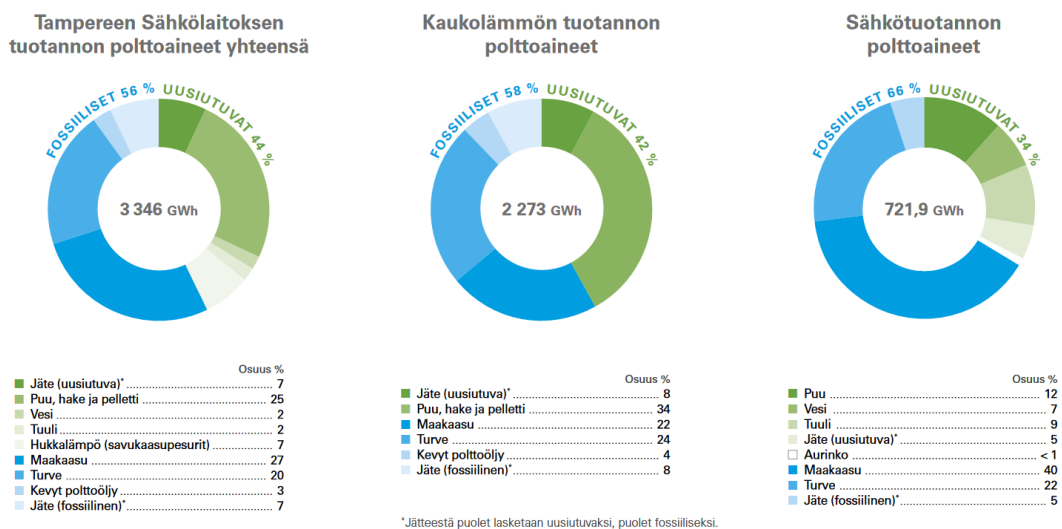
Nestepolttoaineiden bio-osuutta säädellään Suomessa lailla. Lain 13.4.2007/446 mukaan polttoaineiden jakelijoiden on toimitettava polttoaineiden kulutukseen biopolttoainetta erikseen vuosittain määritelty osuus polttoaineen energiasisällöstä. Osuus lasketaan polttoaineen LHV-arvosta, jotka on erikseen lakiin kirjattu. Vuonna 2014 lain 13.4.2007/446 asettaman osuus biopolttoaineille oli kuusi % ja vuonna 2018 15 %. Mikäli biopolttoaine on tuotettu jätteestä, tähteistä tai syötäväksi kelpaamattomasta selluloosasta tai lignoselluloosasta, lasketaan sen energiasisältö jakeluvoitteeseen kaksinkertaisena. (Verohallinto 2016)

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Aineisto vuoden 2018 Tampereen energiataaseeseen on kerätty Tampereen sähkölaitos Oy:ltä, Tilastokeskukselta, Energiategollisuus ry:ltä sekä muilta viranomaisilta ja yhdistyksiltä. Joitakin tietoja oli saatavilla useilta eri tahoilta, ja näiden tietojen lukuarvot saattoivat vaihdella jonkin verran. Edellä mainituissa tilanteissa pyrittiin arvioimaan tietojen luotettavuutta sekä sitä, kuinka tase pysyisi vertailukelpoisena tulevaisuudessa laadittavien taseiden kanssa. Tämän lisäksi jotkin työhön tarvittavat aineistot on jouduttu keräämään vuodelta 2017 kohdevuoden tilastojen puutteesta.

3.1 Energiantuotanto Tampereella

Tampereella energiaa tuotetaan sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannolla että erillistuotannoilla. Polttoaineina käytetään muun muassa maakaasua, puuta, turvetta sekä jätettä. Kivihiiltä tai ydinvoimaa ei energiantuotannossa käytetä lainkaan. Tuotetun sähkön määrä on kuitenkin vain reilu kolmannes sähkön kokonaiskulutuksesta, joten energiaa tuodaan alueelle huomattavasti. Tuotannon polttoaineiden energijakaumat sähkön-, lämmön- ja kokonaistuotannossa on esitetty kuvassa 2. Kuvan energiamäärät ovat tuotantolaitoksilta lähteneitä määriä, eikä niissä ole huomioitu siirto- tai jakeluhäviöitä. Polttoainejakaumassa on myös huomioitu kuntarajojen ulkopuolella tuotettu tuulisähkö, joka jätetään työn energiataaseen ulkopuolelle.



Kuva 2. Tampereen sähkölaitoksen tuotannon polttoaineet (Tampereen sähkölaitos 2018)

Tampereella suurin osa energiasta tuotetaan sähkön ja lämmön yhteistuotannolla. Voimalaitoksia on neljä, Naistenlahti 1, Naistenlahti 2, Lielahden voimalaitos sekä Tammervoiman hyötyvoimalaitos. Naistenlahti 1 on siirretty suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin tehoreserviin, eikä se ole aktiivisessa käytössä. (Tampereen sähkölaitos 2018)

Sähköä tuotetaan erillistuotantona kolmessa vesivoimalaitoksessa. Tammerkosken keskiputouksen, Tampellan sekä Finlaysonin voimalaitoksien yhteisteho on 16,4 MW. Vesivoimalla sähköä tuotettiin vuonna 2018 yhteensä 52,8 GWh (Tampereen sähkölaitos 2018). Lämpöä tuotetaan erillistuotantona lämpökeskuksissa, joita Tampereen alueella on yhteensä 8. Tampereen sähkölaitos omistaa lisäksi kaksi lämpökeskusta Pirkkalassa ja Ylöjärvellä. Taulukossa 1 on esitetty Tampereella sijaitsevien voimalaitosten nimellistehot.

Taulukko 1: Tampereen alueella sijaitsevat voimalaitokset ja niiden nimellistehot

Voimalaitos	Sähköteho (MW)	Lämpöteho (MW)
Naistenlahti 1	129	144
Naistenlahti 2	60	120
Lielahdi	147	160
Tammervoima	12	40
Keskiputous	8	
Tampella	2,6	
Finlayson	3,6	
Nekala		120
Hakametsä		120
Hervanta		100
Naistenlahti		93
Sarankulma		73
Rahola		40
Ratina		40
Hervanta		49,5

Naistenlahti 2 -voimalaitoksen polttoaineina käytetään puuta, turvetta, kaasua sekä öljyä. Voimalaitos uudistetaan lähivuosina, ja tulevaisuudessa sen polttoaineina voidaan käyttää sataprosenttista biopolttoainetta. Lielahden voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 1988 ja sen pääpolttoaineena on maakaasu sekä varapolttaineena kevyt polttoöljy. Tammervoiman hyötyvoimalaitos polttaa vuosittain noin 150 000 t jätettä ja tuottaa siitä noin 310 GWh kaukolämpöä ja 90 GWh sähköä. Voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 2015. (Tampereen sähkölaitos 2019)

Työn alueellisen rajauksen takia kaikkia Tampereen sähkölaitoksen ilmoittamia tuotantotietoja ei huomioida, vaikka ne olisivatkin Tampereen sähkölaitoksen myyntitilastoissa. Hyötytuulen tuulivoimalaitokset eivät sijaitse kuntarajojen sisäpuolella, vaan länsirannikolla, joten ne jätetään tarkastelussa huomioimatta. Tutkimuksessa kerätään tietoja viranomaisilta, kaupungilta ja Tampereen sähkölaitokselta sekä arvioidaan puuttuvat tiedot parhaiden käytössä olevien tilastojen ja tietojen avulla.

3.2 Sähkön ja lämmön tuotanto- ja kulutustiedot

Sähkön ja lämmön tuotantotiedot selvitettiin sähköpostitse (Vähätiitto & Pekkinen, 2019) Tampereen sähkölaitokselta. Vuosikertomuksessa ilmoitetut tiedot olivat jokseenkin epätarkkoja ja niissä oli huomioitu tuulivoimatuoantto, jota tähän taseeseen ei lasketa mukaan. Sähköpostitse oli ilmoitettu myös sähkön ja lämmön jakelun häviöt sekä kaukolämmön myyntimäärä muihin kuntiin. Tiedoista ei selviä yksittäisten voimalaitosten tuotantotietoja, vaan tuotannon energiamäärä ja häviöt on jaettu käytettyihin polttoaineisiin. Tampereen sähkölaitoksen puolelta tietojen lähettämisestä vastasi data-analytikko Juko Vähätiitto sekä Tammervoiman toimitusjohtaja Mika Pekkinen.

Tampereen sähkölaitos ilmoittaa vuoden 2018 sähkönsiirron kokonaishäviöiksi 53,2 GWh, johon on huomioitu myös ostosähkön siirtohäviö (Vähätiitto & Pekkinen 2019). Sähkön kokonaiskäytöstä tämä on 2,9 %, joten huomattavaa poikkeamaa kansalliseen energiateollisuuden ilmoittamasta vuoden 2015 keskiarvoon ei ole.

Energiateollisuus ry ilmoittaa sähkön kuntakohtaiset kulutustiedot verkkosivuillaan tilastona. Kulutus on jaettu asumiseen ja maatalouteen, teollisuuteen sekä palveluihin ja rakentamiseen. Huomion arvoista on, että asumisen ja maatalouden osuus sisältää sähkölämmitteisten rakennusten lämmityksen. Myös kaukolämmön jakelutiedot löytyvät Energiateollisuuden verkkosivuilta ja niissä on jonkin verran eroavaisuutta Tampereen sähkölaitoksen ilmoittamiin lukuihin. Energiateollisuus ilmoittaa Tampereella käytetyn kaukolämmön määräksi 1955,1 GWh (Energiateollisuus ry 2019a), kun taas Sähkölaitoksen ilmoittama lukema on 1947,8 GWh (Vähätiitto & Pekkinen 2019). Työssä käytetään Tampereen sähkölaitoksen ilmoittamaa lämmöntuotannon määrää, jotta se olisi yhteneväinen ilmoitetun polttoaineenkäytön ja sähköntuotannon kanssa.

Tampereen sähkölaitoksella on asiakkaita myös Tampereen ulkopuolella ja Tampereella käytetään myös muualta tuotua energiaa. Tästä tuodusta energiasta osa tuotetaan Suomessa ja osa tuodaan ulkomailta, kuten Ruotsista, Virosta tai Norjasta ja sen tuotantomuodot vaihtelevat tuotantopaikan ja ajan suhteen. Tamperelaiset voivat ostaa sähkö vapaasti kaupungin ulkopuolelta ja vastaavasti Tampereen sähkölaitoksen tuottama sähkö voidaan käyttää muualla. Laskennan yksinkertaistamiseksi oletetaan, että Tampereella tuotettu sähkö käytetään kokonaisuudessaan kaupungin rajojen sisällä ja tuotannon ylittävä sähkönkulutuksen määrä ostetaan muualta. Tuontisähkön tuotannon häviöitä ei myöskään oteta huomioon.

3.3 Polttoaineiden jakelu- ja käyttötiedot

Polttoaineita käytetään Tampereella energiantuotannon lisäksi liikenteessä, teollisuudessa sekä kiinteistöissä. Nestepolttoaineita ovat kevyt ja raskas polttoöljy, moottoribensiini sekä diesel. Liikenteen lisäksi öljyä käytetään kiinteistökohtaisessa lämmityksessä. Maakaasua käytetään energiantuotannon lisäksi teollisuuden prosesseissa sekä jonkin verran kiinteistöissä kaasuliesissä sekä lämmityksessä sekä liikenteessä.

3.3.1 Nestepolttoaineet

Kuntakohtaiset tiedot öljyn ja biopolttoaineiden jakelumääristä on aikaisemmin ostettu Öljy- ja biopolttoala ry:ltä. Yhdistyksen lopetettua toimintansa vuoden 2019 alussa, on tietoja alkanut kerätä Tilastokeskus. Polttoaineiden myyntitiedot selvitettiin Tilastokeskukselta sähköpostitse. Tilastossa ilmoitetaan eri polttoaineiden jakelumäärät tonneina. Tietojen lähettämisestä vastasi Aleksi Sandberg, Tilastokeskuksen yliaktuaari ympäristö ja energia -osastosta.

VTT:n LIPASTO-tietokannasta löytyvät kuntakohtaiset tiedot liikenteen energiankulutuksesta. Tilaston mukaan Tampereella liikenteen yhteensä kuluttama energiamäärä on 3705 terajoulea, joka on noin 1029 GWh. Tilasto ei ole kovin tarkka, sillä tietokannan mukaan ainoa paikkakuntakohtaisesti mitattu lähtötieto on maantiesuorite, joka saadaan mittaamalla Helsingin ja Vantaan liikennettä ja laskemalla väkiluvun perusteella kuntakohtainen tieto. Vertailun vuoksi mainitaan, että vuoden 2015 tiedot liikenteen polttoaineenkulutuksesta VTT:n ja Öljy ja biopolttoala ry:n välillä olivat hyvinkin erilaiset. VTT:n tilaston mukaan polttoaineita kulutettiin 1036 GWh (VTT 2019), kun taas yhdistyksen antama arvio oli 1319 GWh (Ramboll Finland Oy 2015). Liikenteen energiankulutusta on arvioitu myös SYKE:n kuntien päästölaskennassa (SYKE 2020), mutta viimeisimmät tiedot ovat vuodelta 2017, joten työssä käytetään VTT:n tuottamia tietoja.

3.3.2 Maakaasu

Maakaasua käytetään Tampereella energiantuotannossa, teollisuudessa ja kotitalouksissa ja siirretään käyttäjille siirto- ja jakeluverkkoja pitkin. Jakeluverkko on Tampereen Sähkölaitoksen hallinnassa, kun taas siirtoverkosta vastaa Gasum Oy. Maakaasun jakelutiedot Tampereen Sähkölaitoksen osalta löytyvät energiaviraston verkkosivuilta. Tilastossa on ilmoitettu kaasun jakelutiedot yrityksittäin sekä Gasumin siirtoverkossa valtakunnallisesti jaeltu määrä.

Sähkölaitoksen jakeluverkossa on suurin osa kaasun käyttäjistä, mutta jotkin suuret teollisuuslaitokset ovat suoraan Gasumin siirtoverkossa. Täten Sähkölaitokselta saatavissa kaasun jakelutiedoissa ei näy käytetyn kaasun määrä kokonaisuudessaan. Energiavirasto julkaisee vuosittain eri jakeluyhtiöiden siirtämän maakaasun määrän jaoteltuna käyttäjäkohteittain. Maakaasun jakelukohteet jaetaan tilastossa pientaloihin ja kaasuliesikäyttäjakohteisiin, rivi- ja kerrostaloihin, palvelu-, liike- ja julkisiin rakennuksiin, aluelämpöyhtiöihin ja lämpölaitoksiin, kasvihuoneisiin, teollisuuteen, voimalaitoksiin sekä ajoneuvoihin. Tässä työssä kuluttajakohteet jaetaan kahteen kategoriaan: teollisuuteen, johon sisältyy lämpölaitokset ja teollisuus sekä kiinteistökohtaiseen käyttöön, johon yksityisten rakennusten lisäksi liitetään palvelu- liike- ja julkiset tilat. Tampereen Sähkölaitos ei jakele maakaasua kasvihuoneisiin.

Kaasukäyttöisten autojen määrä on kasvanut Suomessa vuodesta 2016 reilusti: vuoden 2016 alussa kaasukäyttöisten autojen määrä Manner-Suomessa oli 1571, kun vuoden 2018 lopussa

autoja oli jo 5601 kappaletta. Tampereella kaasukäyttöisten autojen määrä on myös kasvanut ja kasvaa jatkuvasti. Vuoden 2018 lopussa Pirkanmaalla oli 114 maakaasulla kulkevaa autoa. (TRAFI 2020) Kaasukäyttöisen auton keskimääräinen kulutus on noin 6 kg sadalla kilometrillä ja Suomessa rekisteröityjen autojen keskimääräinen ajosuorite on 14000 kilometriä (Lahtinen 2018). Vaikka kaikki Pirkanmaan alueella kulkevat autot kulkisivat Tampereen alueella, olisi niiden maakaasun kokonaiskulutus vain noin yhden gigawattitunnin verran vuodessa, joten tämä jätetään energiataaseissa huomioimatta.

Tieto Tampereen alueelle siirtyvästä kaasun kokonaismäärästä selvitetiin Gasgrid Finland Oy:ltä sähköpostitse. Gasgrid toimii Suomessa järjestelmävastaavana kaasun siirtoverkonhaltijana. Tietojen lähettämisestä vastasi Jarmo Lonka. Gasgridin ilmoittamaan käyttömäärään sisältyy maakaasun kokonaiskäyttö sisältäen liikenteen, energiantuotannon, teollisuuden ja kiinteistöjen kaasunkäytön. Biokaasun määrää pystytty erottelamaan, sillä biokaasun osuus on määriteltävä ainoastaan kaupallisissa järjestelmissä ja asiakastasolla. (Lonka 2020) Vuonna 2014 arvioitu biokaasun käyttö teollisuudessa oli 17 GWh (Ramboll Finland Oy 2015) ja biokaasun käyttömäärä on kasvanut valtakunnallisella tasolla vuosittain (Huttunen et al. 2018). Täysin luotettavaa tietoa biokaasun jakelumäärästä ei ole, eikä vuoden 2014 arviota ole kuntakatselmuksessa perusteltu, joten se jätetään tässä työssä huomioimatta.

3.4 Kiinteistökohtainen lämmitys

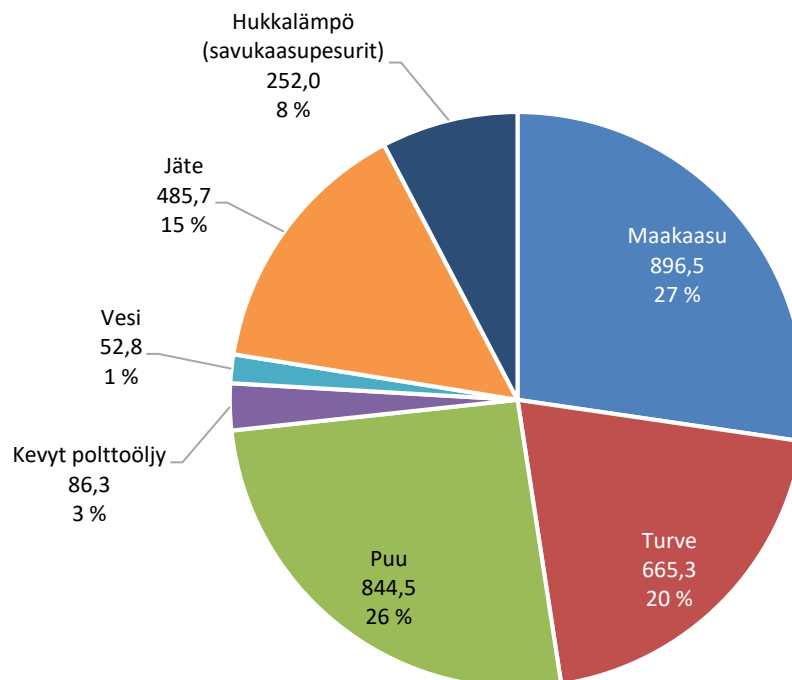
Tampereella noin 30 % rakennuksista lämpenee kaukolämmöllä. Kuitenkin kunnan rakennuspinta-alasta kaukolämmöllä lämmitetään 75 %. Loput luetaan kuuluvaksi erillislämmitykseen, jota ovat muun muassa sähkö- öljy- ja puulämmitys sekä maalämpö. Öljy- ja kaasulämmitteisiä rakennuksia on Tampereella yhteensä noin 6300 kappaletta, joista suurimman osan voidaan olettaa olevan öljylämmitteisiä (Tilastokeskus 2019c).

Paras arvio kiinteistöjen lämmitysenergiankäytöstä löytyy SYKE:n kuntien päästötutkimuksesta. Tutkimuksessa on laskettu kuntakohtaiset energia- ja päästötiedot vuodelle 2017, eikä vuoden 2018 tietoja ole vielä saatavilla. Öljy-, puu- ja muu erillislämmitys on laskettu tutkimuksessa Suomen kokonaiskulutuksen kautta, joka on jaettu kunnille tietyin allokaatioperustein. Sähkölämmitys ja maalämpö lasketaan rakennustyyppikohtaisten, lämmitystarpeella painotettujen ominaislämpökulutusten ja rakennustietokantojen perusteella. (SYKE 2020)

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1 Energiatuotteiden kokonaiskäyttö ja energiankulutus energiantuotannossa

Tampereen sähkölaitos tuotti energiaa vuonna 2018 yhteensä 2931,6 GWh, josta kaukolämmön osuus oli 2272,6 GWh ja sähkön osuus 659,0 GWh. Polttoaineiden kokonaiskulutus oli 3283,1 GWh, josta suurin osa, jopa 73 % koostuu biomassasta, maakaasusta sekä turpeesta. Biomassan osuus on 25,7 %, maakaasun 27,3 % ja turpeen 20,3 %. Vastikään, vuonna 2016 toiminnan aloittanut Tammervoiman hyötyvoimalaitos käytti kokonaisenergiasta jätteenä 14,8 % ja vesivoiman osuus oli 1,6 %. Kevyt polttoöljy kattaa tuotannosta 2,6 % ja savukaasupesureilla talteen saadaan 252 GWh, mikä on energiantuotannosta 7,7 %. (Vähätiitto & Pekkinen 2019) Kuvassa 3 on esitetty energiantuotannon energianlähteiden käyttö.



Kuva 3. *Energian kokonaiskäyttö energiantuotannossa energianlähteittäin (GWh)*

Polttoaineiden kokonaiskulutukseen luettava hukkalämmön talteenotto näkyy kuvaajassa omana primäärienergianlähteenään, vaikka tosiasiasa sen talteen ottama lämpö on peräisin muista käytetyistä energianlähteistä. Polttoaineiden yhteenlaskettu energiasisältö ilman lämmön talteenottoa on 3031,1 GWh.

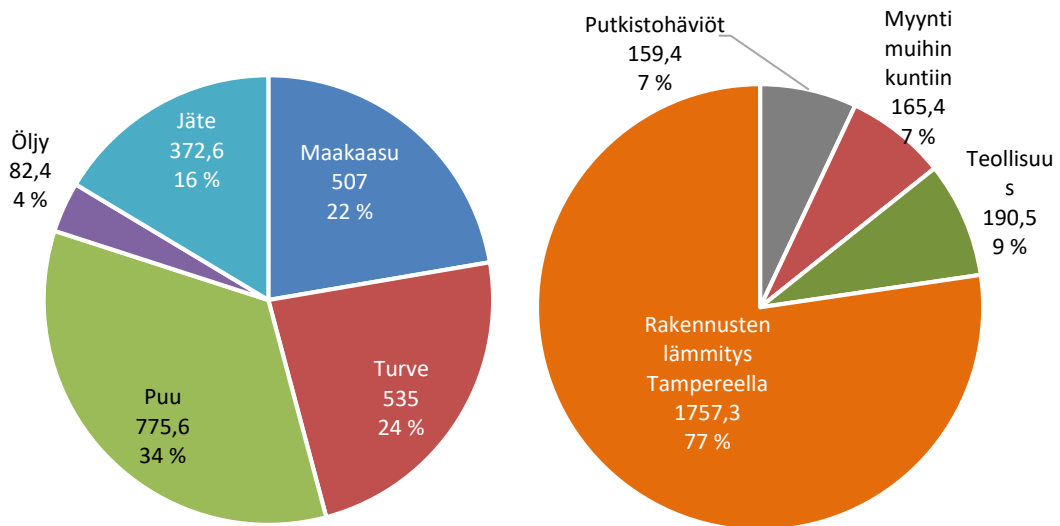
Koska savukaasupesureiden talteen ottama lämpö on ilmoitettu erillisenä energianlähteenä, joudutaan tämä tuotettu energia jakamaan muille energianlähteille. Turpeen, puun ja jätteen häviö-määriin on lisätty savukaasupesureiden suhteellinen osuus lämmöntuotannosta. Tämän jälkeen energiantuotannon kokonaishäviöistä on siirretty savukaasupesureiden talteen ottaman lämpö-määrä tuotettuun kaukolämpöön. Polttoaineiden kokonaishäviöt on laskettu jakamalla savukaasupesureiden talteen ottama lämpö tuotetun lämmön kokonaismäärällä ja kertomalla tulos kyseisestä polttoaineesta tuotetulla lämmöllä. Tähän tulokseen on lisätty alkuperäinen polttoaineen ilmoitettu häviömäärä. Tällä laskentatavalla primäärienergianlähteiden energiamäärät sekä tuotetun sähkön ja lämmön määrät pysyvät ennallaan. Laskentatapa kuitenkin vääristää tietoa siitä, kuinka paljon eri polttoaineiden käytössä häviöitä todellisuudessa syntyy.

4.2 Kaukolämmön tuotanto ja kulutus

Kaukolämpöä tuotetaan maakaasulla, turpeella, puulla, jätteellä sekä jonkin verran öljyllä. Puulla ja pelletillä tuotetaan kolmannes, 34 %, kaikesta kaukolämmöstä. Maakaasun osuus on 22,3 % ja turpeen 23,5 %. Jätteestä tuotetaan lämpöä 372,6 GWh, joka on lämmön kokonaistuotannosta 16,4 %. (Vähätiitto & Pekkinen 2019) Savukaasupesurien talteen ottama lämpö on huomioitu turpeesta, puusta ja jätteestä saatavassa energiamäärässä. Kuvassa 4 on esitetty kaukolämmön tuotanto energianlähteittäin sekä kulutuskohteet.

Tampereella uuden teknologian avulla sähkön- ja lämmön yhteistuotannossa hyötysuhde saadaan nostettua erittäin korkeaksi jopa 90 %:iin, jonka jälkeen savukaasujen hukkalämpöä otetaan vielä talteen savukaasupesureilla. Tämä nostaa hyötysuhteen joissain tapauksissa jopa yli 100 %:iin, sillä polttoaineesta saadaan enemmän energiaa talteen, kuin sen laskennallinen LHV-arvo on. Ongelma työn taseessa korjataan kuvaamalla savukaasupesureiden talteen ottama lämpö lämmöntuotannon häviöistä, jolloin primäärienergianlähteet voidaan kuvata Tampereen sähkölaitoksen ilmoittamilla arvoilla, eikä energianlähteitä tarvitse lisätä taseeseen.

Kaukolämmön siirrosta aiheutuu putkistohäviöitä. Nämä häviöt ovat Tampereen sähkölaitoksen mukaan 7 %, joten putkistohäviöihin menetetään energiaa yhteensä 159,4 GWh. Lämmöstä suurin osa, 1947,8 GWh, myydään Tampereelle. Muihin kuntiin on kaukolämpöä siirretty 165,4 GWh, joka on 7,8 % asiakkaille myydyistä lämmöstä. (Vähätiitto & Pekkinen 2019) Energiateollisuus ry:n mukaan Tampereella käytetystä kaukolämmöstä 190,5 GWh on päätynyt teollisuuden käyttöön (Energiateollisuus ry 2019a).



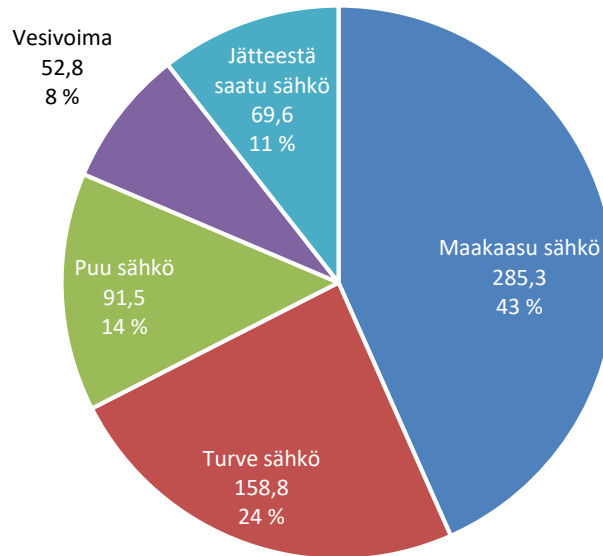
Kuva 4. Kaukolämmön energiankäyttö ja kulutus (GWh)

Rakennusten lämmitykseen käytettävä kaukolämpö jakautuu asuintaloasiakkaiden käyttämään lämpöön ja muiden, kuten kunnallisten rakennusten lämmittämiseen. Sähkölaitoksella on Tampereella asuintaloasiakkaita yhteensä 3790 kappaletta, jotka käyttävät lämpöä 1115,9 GWh. Lisäksi energiategollisuuden mukaan muita kuin teollisuus- tai asuintaloasiakkaita on 887 kappaletta. (Energiategollisuus ry 2019a) Työn taseessa kaukolämmön käyttö jaetaan teollisuuden lämmönkäyttöön ja rakennusten lämmitykseen, johon kuuluvat sekä asuintalo- että muut asiakkaat.

4.3 Sähkön tuotanto ja kulutus

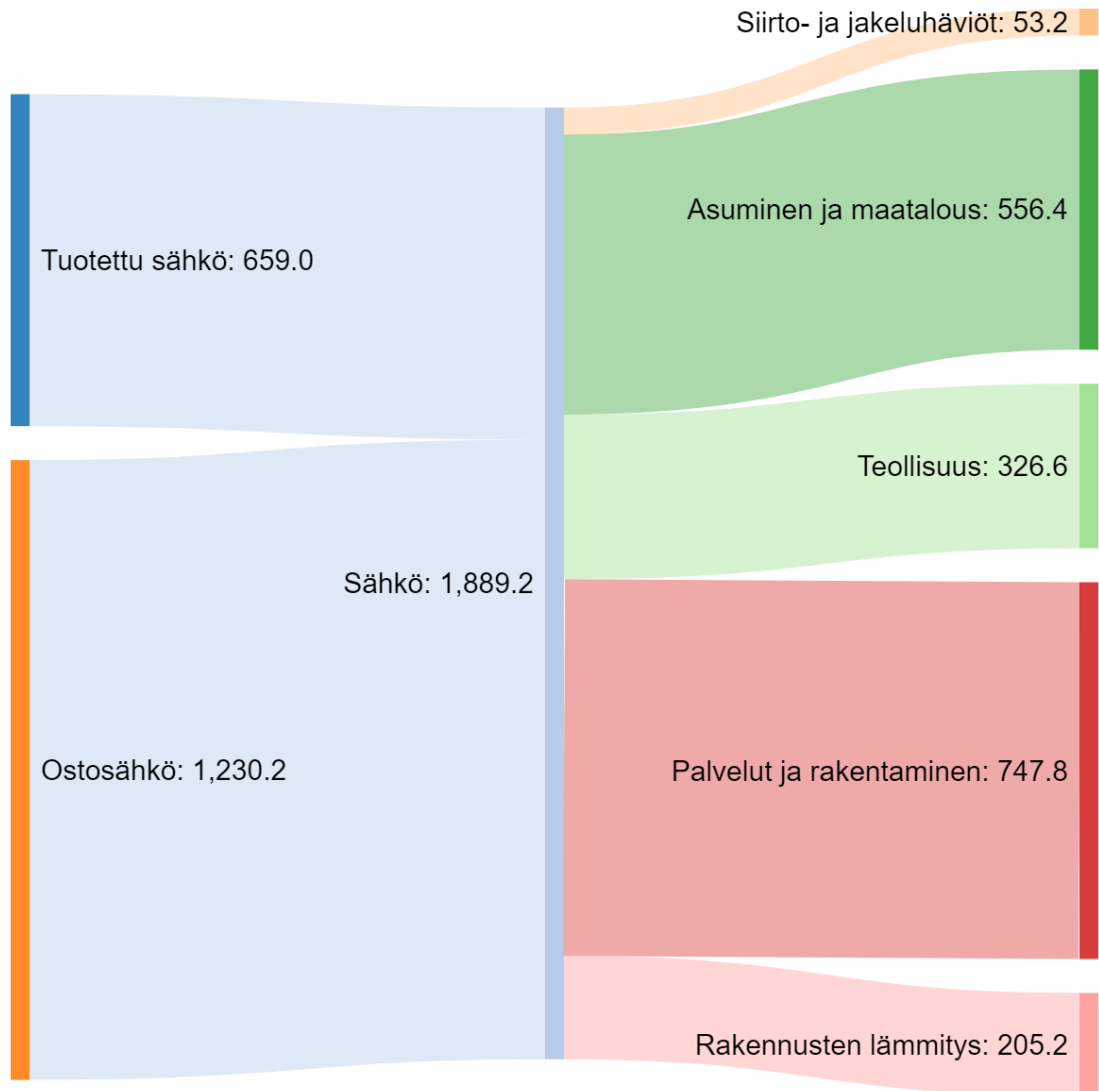
Kuvassa 5 on esitetty sähköntuotannon energianlähteiden jakauma. Sähköä tuotetaan yhteensä 659,0 GWh, josta suuri osa, 43,3 %, saadaan maakaasusta. Turpeesta sähköä tuotetaan 24,1 % ja puusta 13,9 %. Vesivoimalla tuotetaan 8,0 % sähkön määrästä. Tammervoiman hyötyvoimalaitos tuottaa jätteestä 69,9 GWh sähköä, mikä on 10,6 % tuotannosta. Myös biokaasusta saadaan jonkin verran polttoainetta sähköntuotantoon, mutta saatu energiamäärä jää vähäiseksi,

vain 1 GWh:iin, eikä sitä huomioida taseessa. Biokaasun käyttö määrää sähköntuotannossa ei voida arvioida, joten myös se jätetään tässä tarkastelussa huomioimatta.



Kuva 5. Sähköntuotannon energijakauma polttoaineittain (GWh)

Tampereen sähkön kokonaiskulutus oli vuonna 2018 1836GWh, josta asumisen ja maatalouden osuus oli 721GWh, teollisuuden osuus 348GWh sekä palveluiden ja rakentamisen osuus 767GWh (Energiateollisuus ry 2019b). Luvut sisältävät sektorien sähkölämmityksen energiankulutuksen. Kulutustilastossa ei ole häviöitä mukana, joten se kuvaa energian loppukäyttöä. Kun sähkön kokonaiskulutukseen lisätään jakelun häviöt sekä vähennetään Tampereella tuotetun sähkön määrä, saadaan ostosähkön määräksi 1230,2 GWh. Kuvassa 6 on esitetty sähköntuotanto, siirto- ja jakeluhäviöt, ostosähkö sekä sähkön kulutuskohteet Sankey-diagrammina.



Kuva 6. Sähkön kulutus- ja tuotantotase (GWh)

Energiateollisuus ry:n ilmoittaman asumisen ja maatalouden sähkönkäytön osuus sisältää sähkölämmitteisten rakennusten lämmityksen. SYKE:n kuntien päästölaskennassa on arvioitu rakennusten sähkölämmitysten energiamääräksi asumisen osalta 164,1 GWh, palveluiden osalta 19,2 GWh, teollisuuden osalta 21,4 GWh ja maatalouden osalta 0,5 GWh. Sähkölämmityksen kokonaisenergiankulutus on täten 205,2 GWh. (Tampereen Kaupunki 2018)

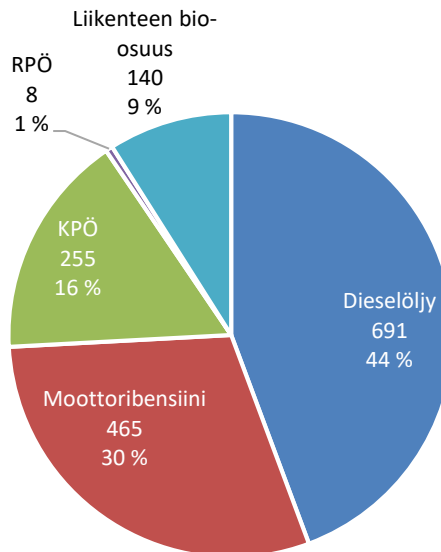
4.4 Polttoaineiden jakelu ja käyttö

4.4.1 Nestepolttoaineet

Tilastokeskuksen mukaan (Sandberg 2019) Tampereella myytiin vuonna 2018 moottoribensiiniä 43554 tonnia, dieselöljyä 62758 tonnia, kevyttä polttoöljyä 23315 tonnia ja raskasta polttoöljyä 819 tonnia. VTT:n ilmoittamien tehollisten oletuslämpöarvojen (VTT 2016) avulla voidaan laskea kunkin polttoaineen primäärienergiämäärä. Moottoribensiinille tehollinen lämpöarvo on 41,9 GJ/t, dieselöljylle 43,2 GJ/t, kevyelle polttoöljylle 43 GJ/t ja raskaalle polttoöljylle 40,2 GJ/t.

Liikenteen lakisääteinen bio-osuus vuodelle 2018 oli 15 % sisältäen tuplalaskennan ja 9 % ilman tuplalaskentaa (Verohallinto 2016). Laskennan helpottamiseksi tässä työssä se jaetaan kaikkien

polttoaineiden kesken, vaikka lakisääteisesti sen voi kukin jakeluyhtiö jakaa eri polttoaineille haluamallaan tavalla. Polttoaineiden yhteenlasketusta energiasisällöstä laskettu 9 % bio-osuus on 140 GWh. Primäärienergiämääräksi saadaan moottoribensiinille 465 GWh, dieselöljylle 691 GWh, kevyelle polttoöljylle 255 GWh ja raskaalle polttoöljylle 8 GWh. Kuvassa 7 on esitetty nestepolttoaineiden myyntijakauma.



Kuva 7. Nestepolttoaineiden myyntijakauma (GWh)

Osa jakeluun päätyneestä öljystä käytetään rakennusten lämmitykseen kiinteistökohtaisessa lämmityksessä ja osa kaukolämmön ja sähkön tuotannossa. Loppu polttoaineen käyttö lasketaan liikenteen energiankäytöksi. SYKE:n mukaan Tampereella öljylämmitykseen kulunut energiamäärä oli yhteensä 106,5 GWh. Tilasto on vuodelta 2017.

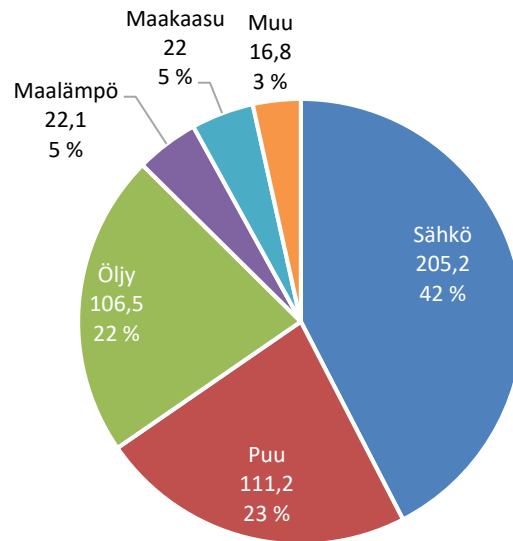
4.4.2 Maakaasu

Tampereen Sähkölaitos jakelee maakaasua kiinteistökohtaisesti 2219 tuhatta ja teollisuudessa 9239 tuhatta kuutiometriä. Maakaasun oletuslämpöarvo on 36 GJ/m³ (VTT 2016), joten gigawattitunneiksi muutettuna jakelun määrä kiinteistöihin on 22 GWh ja teollisuudelle 93 GWh. Gasum Oy:n antaman tiedon mukaan maakaasun kokonaiskäyttö Tampereella oli 140 931 260 m³, joka on 1409,3 GWh. Kun Gasumin ilmoittamasta kaasumäärästä vähennetään Tampereen Sähkölaitoksen jakelumäärä, energiantuotannon käyttömäärä sekä liikenteen kaasunkulutus, saadaan kaasumäärä, joka siirtyy siirtoverkosta suoraan käyttäjille.

Maakaasun yhteiskulutus Tampereella sisältää teollisuuden, kiinteistöjen, liikenteen sekä energiantuotannon kaasunkulutuksen. Teollisuuden käyttömäärä saadaan siis vähentämällä kokonaiskulutuksesta muut kulutuskohteet. Energiantuotantoon maakaasua käytetään 896,5 GWh ja jakeluun kiinteistökohtaisesti Tampereen Sähkölaitoksen kautta 22 GWh. Liikenteen maakaasunkäyttömäärää ei sen vähäisyyden takia huomioida. Teollisuuden kaasun käyttömäärä on siis 490,8 GWh.

4.4.3 Rakennusten lämmitys

SYKE:n kuntien päästöraportin mukaan puulla lämmitetään kiinteistöjä 111,2 GWh vuodessa. Lisäksi maalämmöllä lämmitetään rakennuksia 22,1 GWh:lla vuodessa. Muu lämmitys tilastossa pitää sisällään maakaasun, raskaan polttoöljyn, turpeen ja hiilen, eikä näitä ole eritelty. Yhteensä polttoaineita käytetään vuodessa 108 GWh, joista suurin osa, 91,2 GWh kuluu teollisuudessa. Koska teollisuuden maakaasunkäyttö on laskettu taseeseen erikseen, ei tätä muuta lämmityskulutusta päällekkäisten laskentojen ehkäisemiseksi oteta huomioon. Muun kuin teollisuuden lämmitykseen muita polttoaineita kuluu 16,8 GWh vuodessa. Kuvassa 8 on esitetty Tampereella erillislämmityksen energianjakauma polttoaineittain.



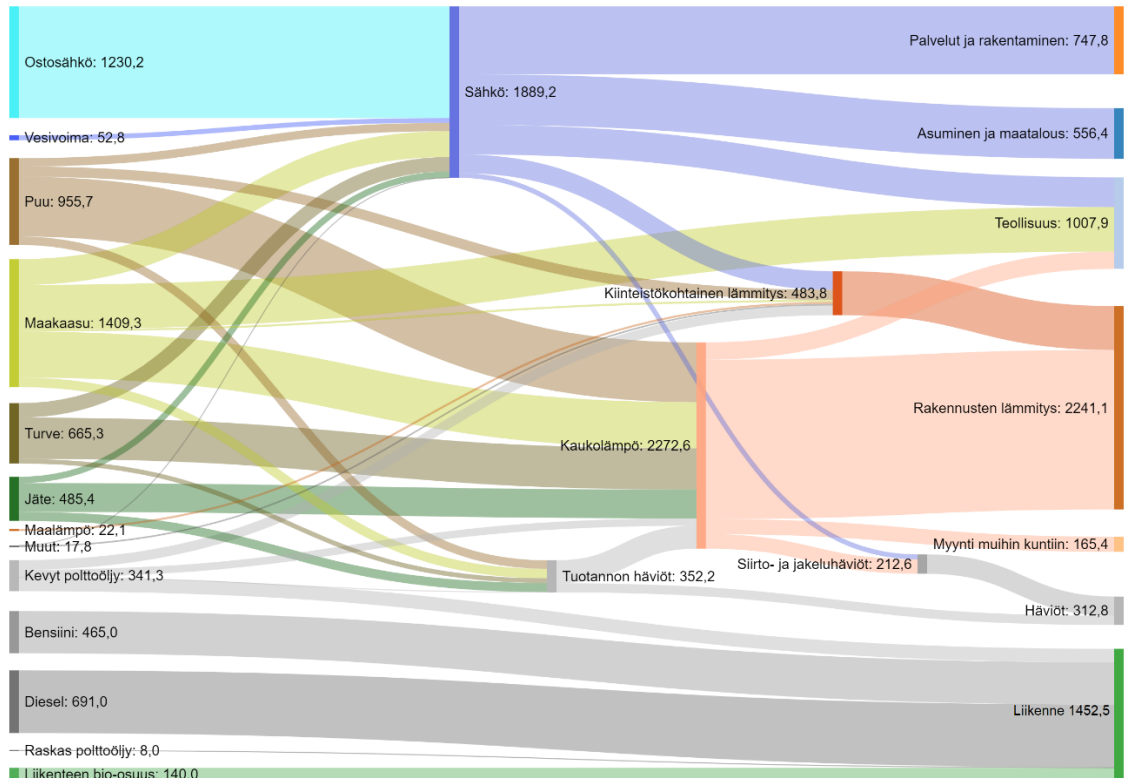
Kuva 8. Kiinteistökohtaisen lämmityksen polttoainejakauma (GWh)

Kiinteistökohtaisen lämmityksen kokonaisenergiankulutus on 483,8 GWh, joka on noin 22% kaikesta rakennusten lämmitykseen kuluvasta energiasta. Suurin osa erillislämmityksestä koostuu sähkölämmityksestä, mutta huomattava osa rakennuksista lämpiää vielä öljyllä ja puulla. Tulos ei kuitenkaan ole tarkka, sillä mitattua tietoa erillislämmitysten energiamääristä ei ole. Arvio on tehty allokoidulla valtakunnalliset lämmityspolttoaineet kunnille tietyin alueellisin ja rakennuskantaan perustuvien kriteerien perusteella.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUS-MAHDOLLISUUDET

5.1 Tampereen kokonaisenergiatase 2018

Kokonaisenergiatase on kuvattu kuvassa 9 Sankey-diagrammin avulla. Kuva on suurempana työn liitteenä (liite A).



Kuva 9. Tampereen energiatase vuodelta 2018 (GWh)

Tampere on väkiluvultaan kasvava kaupunki, joten vertailua energiataseen kehittymisestä tulee tehdä myös suhteessa väestöön. Väestön kasvaessa myös energiantarve kasvaa niin sähkön, lämmön kuin polttoaineidenkin osalta. Toisaalta uudet teknologiat mahdollistavat energiatehokkaampia ratkaisuja. Energiankulutuksen jatkuva kasvu lisää tarvetta uuden energiantuotannon lisäämiselle. Sähkönkulutus voidaan kattaa ostosähköä lisäämällä, mutta lämmitystarpeen kasvu luo paineita maalämmön, kaukolämmön ja muiden lämmitysmuotojen kehittämiseksi ja edistämiseksi.

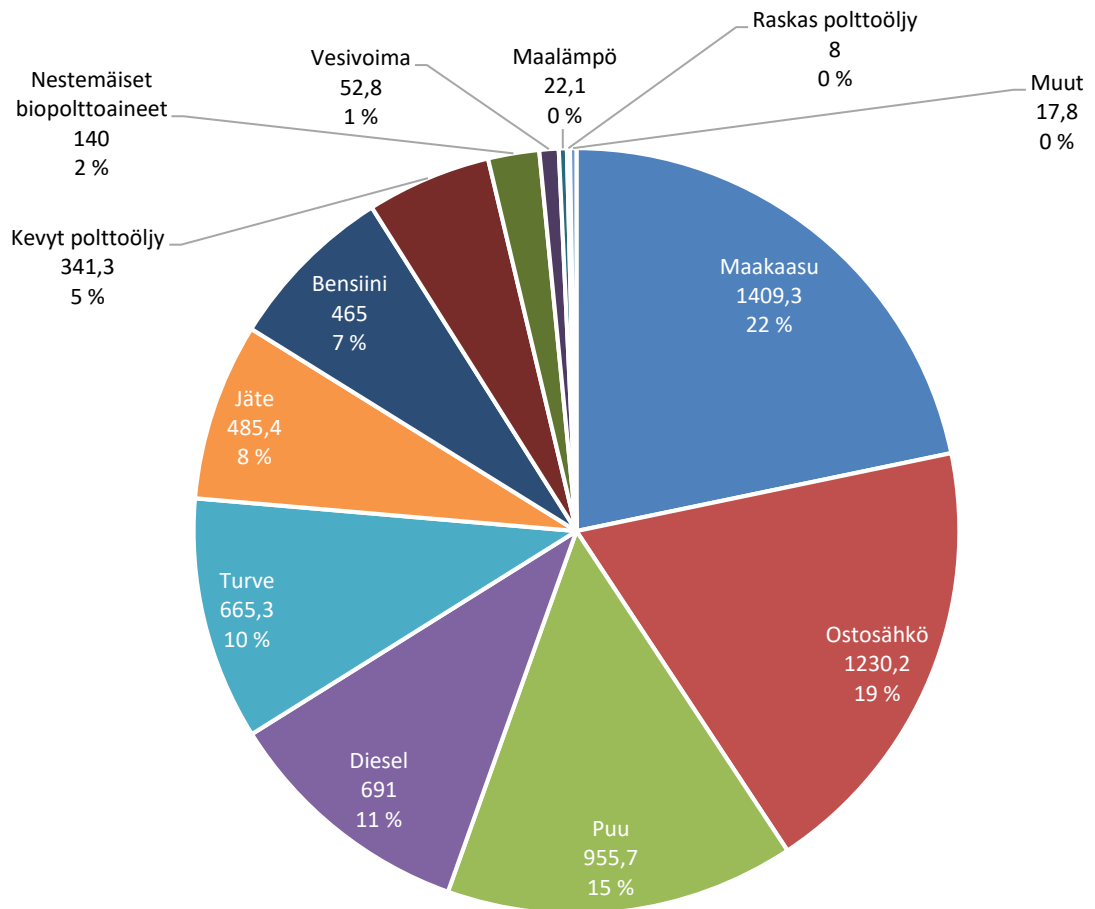
Yleistyvät sähköautot sekä muun sähköisen liikenteen yleistyminen vähentää öljypohjaisten polttoaineiden käyttöä, mutta lisää tarvittavan sähkön määrää samalla, kun sähköntuotantoa Tampereen alueella vähennetään. Yhä suuremmissa määrin päästölaskentoja ja poliittisia päätöksiä tehtäessä on huomioitava, kuinka käytettävä sähkö tuotetaan, jotta voidaan vertailla vaihtoehtoisten ratkaisujen vaikutuksia aiheutettuihin kokonaispäästöihin.

Taseessa on otettu huomioon keskitetyn lämmöntuotannon tuotanto- ja siirtohäviöt, mutta kiinteistökohtaisen lämmityksen häviöt eivät tässä näy. Täten kiinteistökohtainen lämmitys on hieman todellisuutta suurempi osuus rakennusten lämmityksestä. Tämä koskee öljy-, sähkö, sekä puulämmitteisiä rakennuksia, joiden hyötysuhde on arviolta hyvin suuri.

5.2 Taseen esittäminen ja tunnusluvut

Tampereen energiatase halutaan esittää yhtenä selkeänä kokonaisuutena ja vertailun edellisiin ja tuleviin taseisiin on oltava helppoa. Sankey-diagrammi on selkeä tapa esittää tasetta kokonaisuudessaan, mutta yksityiskohtien tarkasteleminen tästä diagrammista on haastavaa. Kokonaisuutena taseen tueksi tulisi esittää myös osittaisia energiavirtoja, sekä eri energiamäärien suhteita toisiinsa.

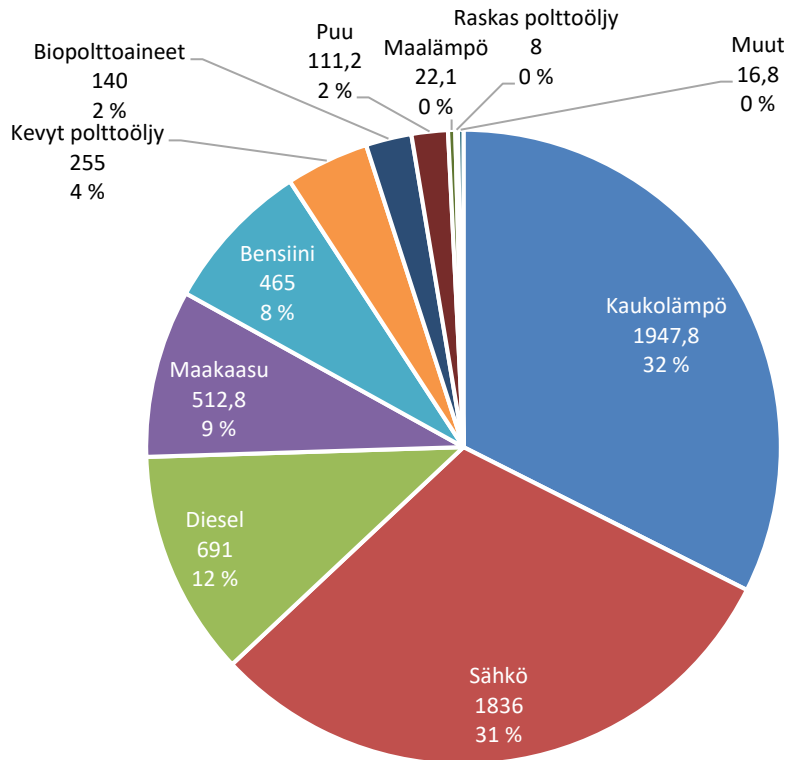
Kuvassa 10 on kuvattu, mistä energianlähteistä alueella käytettävä energia on peräisin. Suurin yksittäinen energianlähde on maakaasu, josta saadaan hieman yli viidesosa tarvittavasta energiasta. Vähäinen sähköntuotanto kulutukseen nähden johtaa siihen, että toiseksi suurin primäärienergianlähde on alueelle ostettu sähkö. Nestepolttoaineista dieseliä kulutetaan eniten, energian kokonaiskulutuksesta 11 % ja bensiiniä 7 %.



Kuva 10. Tampereen alueen primäärienergian kulutusjakauma, TPES (GWh)

Jätteen energiankäyttö tuottaa myös huomattavan suuren osan kokonaisenergiasta, jopa 8 %. Biosekoitevalvoituksen ansiosta biopolttoaineiden osuus on myös merkittävä.

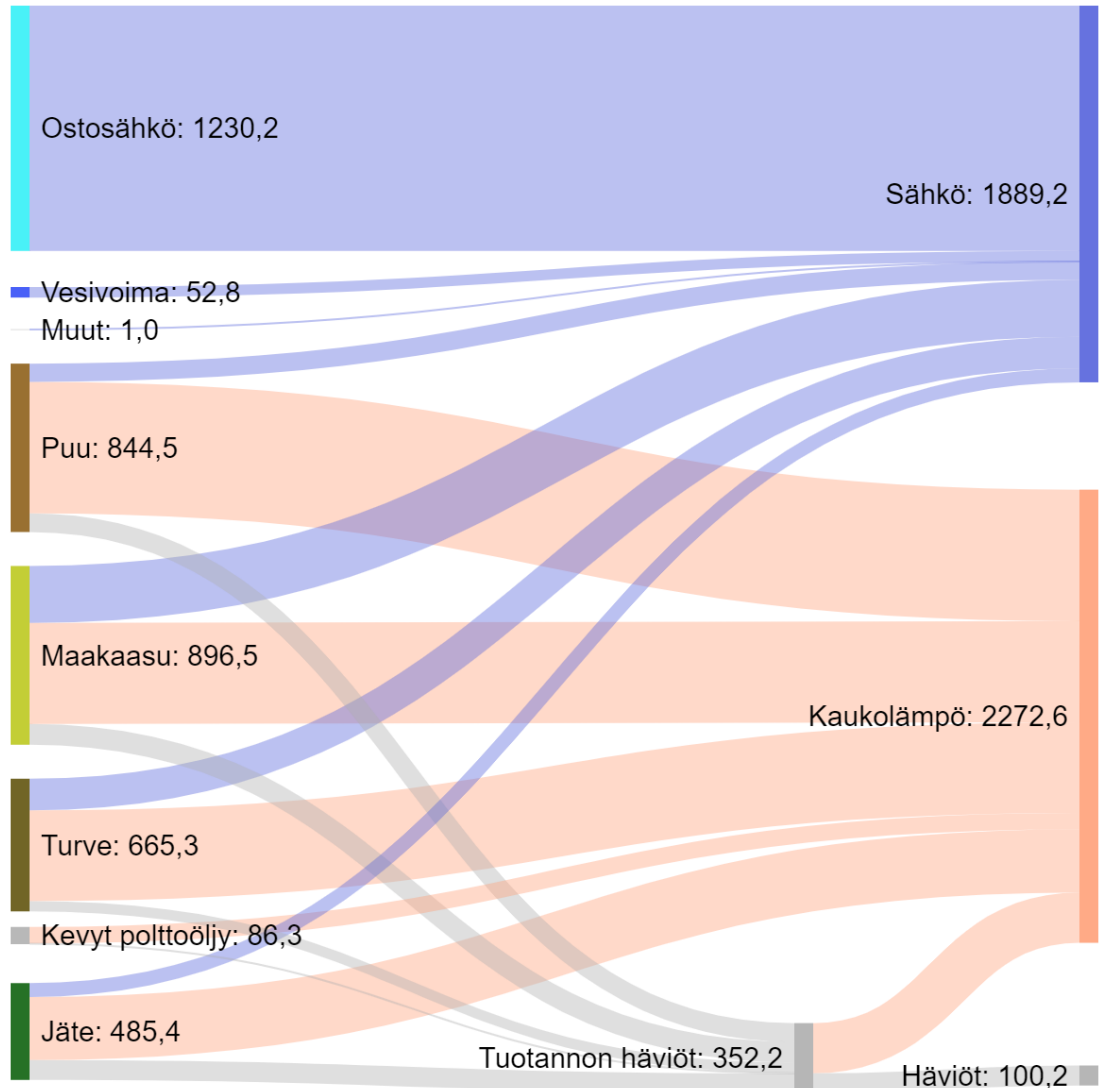
Kuvassa 11 esitetään Tampereen TFC. Noin kolmasosa Tampereella käytettävästä energiasta on sähköä ja toinen kolmasosa kaukolämpöä. Loppu energia jakautuu liikenne- ja kiinteistökohtaisen lämmityksen polttoaineille sekä lähinnä teollisuuden käyttämälle maakaasulle.



Kuva 11. Tampereen käytetyn energian kokonaisjakauma, TFC

Maakaasun osuus sisältää myös biokaasun kulutusmäärän. Vuoden 2014 biokaasun kulutusmääräksi oli arvioitu 17 GWh ja sen käyttömäärä on noussut niin teollisuuden kuin liikenteenkin kulutuksen osalta.

Kuvassa 12 on esitetty Tampereen sähkön ja lämmön hankinnan jakautuminen polttoaineittain sekä energiatuotteittain. Kuvassa on esitetty myös tuotannon häviöt, sillä ne vaikuttavat oleellisesti tuotettuun kaukolämmön määrään ja primäärienergianlähteiden käytön hyötysuhteeseen.



Kuva 12. Tampereen Sähkölaitoksen sähkön ja lämmön hankinnan jakauma polttoaineittain ja energiatuotteittain (GWh)

Kuvasta huomataan, että suurin osa tuotetusta energiasta on kaukolämpöä. Savukaasupesureiden talteen ottama hukkalämpö on esitetty kuvaajassa virtana tuotannon häviöistä kaukolämpöön. Näin polttoaineiden primäärienergiämäärät saadaan täsmäämään ja kuvaaja esittää todellista prosessia.

Taseessa energiantuotannon häviöt on ilmoitettu polttoainekohtaisesti. Vaihtoehtoisesti häviöt voitaisiin ilmoittaa sähkön ja lämmöntuotannoille erikseen, mutta tällöin tulisi määrittää, kuinka yhteistuotannon häviöt jakautuvat sähkölle ja lämmölle. Lisäksi tällöin olisi tarpeellista pohtia, kuinka savukaasupesureiden hukkalämpö esitettäisiin taseessa.

5.3 Energiataseen muutos vuoden 2014 jälkeen

Tässä työssä tuotettu tase ja vuoden 2014 tase eivät erilaisien esitysmuotojensa takia ole täysin vertailukelpoisia. Tässä tutkimuksessa ostosähkön ja teollisuuden prosessien häviöitä ei ole arvioitu ja energiantuotannon häviöt on jaettu siirto- ja tuotannon häviöihin. Lisäksi tiedot on hankittu osittain eri lähteistä, joten varmuutta yhteneväisestä laskentatavasta ei ole. Biokaasun määrä on tässä työssä sisällytetty maakaasuun, kun vuoden 2014 taseessa se oli arvioitu erikseen.

Joitain havaintoja voidaan kuitenkin tehdä. Ostosähkön määrä käytettyyn sähkөөn verrattuna on noussut huomattavasti. Vuonna 2014 Ostosähkön määrä oli hieman alle puolet, kun taas vuonna 2018 osuus oli jo 65 %. Maakaasun osuus energiankulutuksessa on laskenut huomattavasti, kun taas puun, turpeen ja jätteen osuus on kasvanut. Kokonaišhäviöiden määrä on laskenut, kun huomioidaan teollisuuden häviöiden osuus vuoden 2014 taseessa, mikä johtuu pääosin Tampereen sähkölaitoksen uusista savukaasupesureista. Maalämmön osuus on yli kaksinkertaistunut, mutta sen osuus kokonaisenergiankäytöstä on yhä melko pieni.

Uudet tekniset ratkaisut, kuten kaukojäähdytyksen käyttö, tai energiatehokkaat ratkaisut eivät näy taseessa suoraan. Ne kuitenkin vaikuttavat asukaskohtaiseen kokonaisenergian kulutukseen, joka on vuoden 2014 jälkeen laskenut huomattavasti. Vuonna 2014 kokonaisenergiankulutus 6635 GWh ja asukasluku 223 004. Asukaskohtainen energiankulutus vuonna 2014 oli täten 29,8 MWh vuodessa. Vuonna 2018 kokonaisenergiankulutus oli 6484 GWh, asukasluku 235 600 ja asukaskohtainen energiankulutus 27,5 MWh vuodessa. Energiankulutus asukasta kohden on laskenut lähes 8 %.

5.4 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Jatkossa tase tulisi laatia samoin periaattein ja samoja tietolähteitä käyttäen kuin tässä työssä on tehty. Tällöin vertailtavuus on mahdollista ja mahdolliset muutokset energiataseessa on helpompi havaita. Tämä on varmistettu laatimalla työn ohien Tampereen kaupungille erillinen ohjeistus, jossa kuvataan tutkimusmenetelmät, tietolähteet, näiden mahdolliset yhteystiedot sekä muut taseen tuottamiseen vaadittavat tiedot yksityiskohtaisesti.

Mittaustarkkuuden osalta taseessa on joitain ongelmia. Kaukolämmön käytön tiedoissa oli hieman eroavaisuuksia Tampereen sähkölaitoksen ja Energiateollisuus ry:n tilastojen välillä. Tulevaisuudessa olisi mielekästä tutkia, mistä ero johtuu ja olisiko järkevää käyttää Energiateollisuuden lukuja sähkölaitoksen lukujen sijaan. Tähän, vuoden 2018 energiataseeseen olisi syytä päivittää kiinteistökohtaisten lämmitysenergiämäärien sekä liikenteen energiankulutuksen tiedot niiltä osin, kun ne on saatu SYKE:n vuotta 2017 koskevasta kuntien päästötutkimuksesta. Tutkimusta voitaisiin kehittää selvittämällä biokaasun osuus maakaasun kulutuksesta. Tässä tutkimuksessa se ei ollut mahdollista, sillä kaasun kokonaiskulutuksesta ei voitu erotella biokaasun osuutta.

Tuloksen parantamiseksi olisi tulevaisuudessa mahdollista selvittää tarkemmin myös liikenteen sähkönkulutusta. SYKE:n kuntien päästötutkimuksessa on arvioitu muun muassa junaliikenteen sähköenergiankulutus. Pian Tampereella liikennöinnin aloittava raitiovaunu sekä alati kasvava sähköautokanta tulevat lisäämään liikenteen sähköenergiankulutusta.

LÄHTEET

Energiateollisuus ry, (2015), Selvitys sähkö- ja maakaasuinfrastruktuurin energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista, verkkojulkaisu, saatavissa:

https://energia.fi/files/1224/Selvitys_sahko-_ja_maakaasuinfrastruktuurin_energiatehokkuuden_parantamismahdollisuuksista_2015.pdf, viitattu 20.4.2020.

Energiateollisuus ry, (2019a), Kaukolämpötilastot, verkkojulkaisu, saatavissa:

<https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view>, viitattu 9.11.2019.

Energiateollisuus ry, (2019b), Sähkökäyttö kunnittain, verkkojulkaisu, saatavissa:

https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkonkaytto_kunnittain_2007-2018.html#material-view, viitattu 12.9.2019.

Energy Star, (2019). Technical Reference: Source Energy, verkkojulkaisu, viitattu 12.11.2019.

Grubler A., Bai X., Buettner T., Dhakal S., Fisk D. J., Ichinose T., Keirstead J. E., Sammer G., Sat-terthwaite D., Schulz N. B., Sha, N., Steinberger J., Weisz, H., (2012), Chapter 18 - Urban Energy Systems. In Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future. Laxenburg, Austria: Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, pp. 1307-1400.

Grubler A., Nakicenovic N., Pachauri S., Rogner H-H, Smith KR, (2014), Energy Primer. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 118 p.

Huttunen M. J., Kuittinen V. & Lampinen A., (2018), Suomen biokaasulaitosrekisteri N:O 21, Joensuu: University of Eastern Finland.

Lahtinen S., (2018), Henkilöautoilla ajettiin edellisvuosien lailla – maanteiden tavarankuljetukset tehostuivat, verkkojulkaisu, saatavissa:

<https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/henkiloautoilla-ajettiin-edellisvuosien-lailla-maanteiden-tavarankuljetukset-tehostuivat/>, viitattu 1.4.2020.

Lonka J., (2020), Gasgrid, Valvomopäällikkö, haastattelu, 13.01.2020.

Millard D., (2017), IEA - Understanding and using the Energy Balance, verkkojulkaisu Saatavissa: <https://www.iea.org/commentaries/understanding-and-using-the-energy-balance>, viitattu 16.11.2019.

Neutrium, (2014), Heat of Combustion, verkkojulkaisu, saatavissa:

https://neutrium.net/heat_transfer/heat-of-combustion/, viitattu 11.12.2019.

Ramboll Finland Oy, (2015), Uusiutuvan energian kuntakatselmus.

Sandberg A., 2019. Tilasto nestepolttoaineiden myyntitiedoista Tampereella, Tilastokeskuksen yliaktuaari, sähköpostihaastattelu, 21.1.2020.

SYKE, (2020), Kuntien ja alueiden kasvihuonepäästöt, verkkojulkaisu, saatavissa:

https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Paastot_ja_indikaattorit, viitattu 14.4.2020.

Tampereen Kaupunki, (2018), Kestävä Tampere 2030 -kohti hiilineutraalia kaupunkia - linjaukset, verkkojulkaisu, saatavissa:

https://www.tampere.fi/tiedostot/k/5DRzRxkTd/Kestava_Tampere_2030_julkaisu_final4.pdf, viitattu 1.12.2020.

Tampereen sähkölaitos, (2018), Vuosiraportit, verkkojulkaisu, saatavissa:
<https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/vastuullisuus/vastuumme-taloudesta/vuosikertomukset-ja-tilinpaatokset/>, viitattu 12.9.2019.

Tampereen sähkölaitos, (2019), Energiantuotanto, verkkojulkaisu, saatavissa:
<https://www.sahkolaitos.fi/footer-sivut/meista/toimintamme/energiantuotanto/>, viitattu 3.10.2019.

Tilastokeskus, (2019a), Tampereen väestönkehitys, verkkojulkaisu, saatavissa:
https://www.stat.fi/tup/seutunet/tampere_vaesto_en.html, viitattu 11.11.2019.

Tilastokeskus, (2019b), Energiatase, verkkojulkaisu, saatavissa:
<https://www.stat.fi/meta/kas/energiatase.html>, viitattu 29.5.2019.

Tilastokeskus, (2019c), Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2018, verkkojulkaisu, saatavissa:
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_116h.px/, viitattu 20.4.2020.

TRAFI, (2020), Liikennekäytössä olevat henkilöautot käyttövoimittain, verkkojulkaisu, saatavissa:
https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/henkiloautot/liikennekaytossa_olevat_kayttovoimittain, viitattu 1.4.2020.

Verohallinto, (2016), Biopolttoaineen jakeluvelite, verkkojulkaisu, saatavissa:
https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56210/biopolttoaineen_jakeluvelite/, viitattu 20.11.2019.

VTT, (2016), Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, verkkojulkaisu, saatavissa:
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>, viitattu 12.12.2019.

VTT, (2019), Polttoaineiden bio-osuuksien vaikutuslaskenta CO₂ päästöihin LIPASTO -järjestelmässä, verkkojulkaisu, saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/biotaulukko.htm>, viitattu 18.11.2019.

Vähätiitto J. & Pekkinen M., (2019), asiantuntijalausunto.

LIITE A: TAMPEREEN KOKONAISENERGIATASE 2018

