



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Karri Leinonen

**Selvitys kaukolämmön jakelutariffin
toiminnallisuudesta Turku Energian
kaukolämpöjärjestelmässä**

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö
Diplomi-insinöörin tutkinto
Industrial System Analytics

Vaasa 2020

Esipuhe

Tämä diplomityö tehtiin toimeksiantona Turku Energialle, ja haluankin kiittää Turku Energiaa tästä mahdollisuudesta. Kaukolämmön jakelutariffin luominen sekä sen toiminnallisuuden pohtiminen olivat mielenkiintoinen aihe diplomityölle. Pääsin tutustumaan kokonaan uuteen aiheeseen, josta ei ollut olemassa paljoa materiaaleja.

Suurin kiitos kuuluu työni ohjaajalle Jani Uitille. Hän auttoi minua paljon niin työn sisällön laatimisessa kuin tieteellisessä kirjoittamisessakin. Ilman hänen osaamistaan työ olisi ollut todella haasteellista. Haluan kiittää Turku Energian suunnalta lisäksi Ilkka Syrjälää, Valtteri Merivuorta sekä Jussi Suvantoa. Autoitte minua kaikissa työhön liittyvissä kysymyksissä. Vaasan Yliopiston suuntaan kiitokset kuuluvat työn valvojalle Ville Tuomille, jolta sain kauppatieteellistä näkemystä hinnoittelun laatimiseen.

Diplomityön kirjoittaminen sujui reippaalla tahdilla hyvän yhteistyön ansiosta. Aihe oli mielenkiintoinen, ja työn ansiosta ymmärryksen uuden palvelun hinnoitteluun on laajentunut merkittävästi. Toivon myös, että diplomityöstä on hyötyä Turku Energialle.

Turku 20.5.2020

Karri Leinonen

VAASAN YLIOPISTO
Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö

Tekijä:	Karri Leinonen
Tutkielman nimi:	Selvitys kaukolämmön jakelutariffin toiminnallisuudesta Turku Energian kaukolämpöjärjestelmässä
Tutkinto:	Diplomi-insinöörin tutkinto
Oppiaine:	Industrial System Analytics
Työn valvoja:	Ville Tuomi
Työn ohjaaja:	Jani Uitti
Valmistumisvuosi:	2020
Sivumäärä: 90 + 2	

TIIVISTELMÄ:

Kaukolämpö on pitkään ollut Suomen yleisin lämmityskeino ja toiminta on ollut vakaata jo vuosikymmeniä. Energiateollisuudessa on tapahtunut kuitenkin suuria muutoksia, mistä johtuen energia-alan yhtiöiden tulee kyetä kehittämään toimintaansa entistä nopeammin.

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää erillisen kaukolämmön jakelutariffin toiminnallisuutta Turku Energian kaukolämpöverkkopalveluissa. Tällä hetkellä Turku Energian kaukolämpöpalveluissa ei ole olemassa erillistä jakelutariffia, vaan jakelun kustannukset on jyvitetty osaksi olemassa olevia asiakkaan energia- ja tehomaksuja. Selvitys erillisen jakelutariffin tarpeellisuudesta johtuu energiateollisuuden murroksesta, jossa sähkö- ja kaasuyhtiöiden tuotanto ja jakelu on eriytetty toisistaan. Tulevaisuudessa sama tilanne voi tapahtua myös kaukolämmön osalta, jolloin kaukolämmön jakelulle tulee muodostaa oma tariffi.

Eriytetyllä tuotannolla ja jakelulla pyritään entistä tehokkaampaan ja markkinavetoisempaan ympäristöön, sekä samalla pyritään vastaamaan entistä tarkempiin ympäristöarvoihin. Eriyttämällä tuotanto jakelusta mahdollistetaan myös kolmansien osapuolien lämmöntuotanto kaukolämpöverkkoon, jolloin Turku Energia toimisi vain verkoston ja jakelun ylläpitäjänä. Tässä tilanteessa kaukolämmön nykyiset tariffit eivät vastaa muuttunutta tilannetta, joten uusi jakelutariffi olisi välttämättömyys toiminnan kannattavuuden varmistamiseksi.

Jakelutariffin muodostamista varten suoritetaan kustannusanalyysi, jossa tarkastellaan Turku Energian taloudellisia toteumia viime vuosilta ja määritetään niiden pohjalta kaukolämmön ja jakelusta syntyvät muuttuvat sekä kiinteät kustannukset. Jakelutariffi muodostuu siirretyn energian määrään sidonnaisesta energiamaksusta sekä kiinteistä kuluista muodostuvasta tehomaksusta, joiden oikealla painottamisella saadaan aikaan toimiva jakelutariffi Turku Energian käytettäväksi.

Lopputulokset osoittavat, että syntynyt jakelutariffi noudattaa työssä määriteltyjä kustannusperiaatteita sekä hyödyntää nykyisen kaukolämpötariffin pohjarakennetta. Uusi jakelutariffi kattaa jakelusta syntyneet kulut sekä tuottaa yhtiölle kohtuullisen tuoton. Jakelutariffia ei kuitenkaan tarjota nykyisille asiakkaille, vaan se on tarkoitettu ainoastaan tilanteeseen, jossa kolmannen osapuolen tuotanto on sallittua kaukolämpöverkkoon.

AVAINSANAT: Kaukolämpö, jakelu, tariffi, hinnoittelu, kustannusanalyysi

UNIVERSITY OF VAASA**School of Technology and Innovations****Author:**

Karri Leinonen

Topic of the Master's Thesis:

Report on the functionality of the distribution tariff in Turku Energia's district heating system

Degree:

Master of Science in Technology

Major subject:

Industrial System Analytics

Supervisor:

Ville Tuomi

Instructor:

Jani Uitti

Year of Completing the Master's Thesis:

2020

Pages: 90 + 2

ABSTRACT:

District heating has been the most common way of heating in Finland for decades. However, major changes have taken place in the energy industry. As a result energy companies have to develop their operations even faster.

The aim of this thesis is to study the functionality of a separate district heating distribution tariff in Turku Energia's district heating network services. At present, there are no separate tariffs for distribution in Turku Energia's heating services. Instead the costs of distribution have been part of the customer's existing energy and power charges. The study on the need for a separate distribution tariff is due to the transformation of the energy industry, in which the production and distribution of electricity and gas have been separated. In the future, the same situation may occur with regard to district heating. In that case a separate tariff must be established for the distribution of district heating.

The aim of the separated production and distribution is to create more efficient and market-driven environment, while at the same time following more strict environmental values. By separating production and distribution, third-party heat production to the district heating network will also be possible, in which case Turku Energia would act as a network and distribution operator. In this situation, the current district heating tariffs do not match the changed situation. Therefore, creating a new distribution tariff would be a necessity to ensure the viability of the operations.

In order to form the distribution tariff, a cost analysis is performed, which examines Turku Energia's financial situation in recent years and determines the variable and fixed costs of the distribution of district heating. The distribution tariff consists of an energy charge linked to the amount of energy transferred and power charge consisting of fixed costs.

The final results show that the resulting distribution tariff follows the principles defined in the work. Distribution tariff utilizes the basic structure of current district heating tariff. The new tariff covers the costs incurred in distribution and generates a reasonable return for the company. Distribution tariff is not offered to Turku Energia's current customers, instead it is only intended for a third-party heat producers.

KEYWORDS: District heating, distribution, tariff, pricing, cost analysis

Sisällys

Esipuhe	2
1. Johdanto	9
2. Turku Energia	12
3. Kaukolämpö	14
3.1 Historia	14
3.2 Toimintaperiaate	15
3.3 Hyödyt ja haasteet	18
3.4 Kauko- ja lähijäähdytys	21
3.5 Kaukolämpö Suomessa	22
3.6 Avoin kaukolämpö	24
3.6.1 Lämmön markkinapaikka	25
3.6.2 Eriytetty tuotanto	26
3.6.3 Avoimen markkinan alusta	27
3.7 Avoimen kaukolämmön ominaisuudet	28
4. Sähkömarkkinat	30
4.1 Nykytilanne	30
4.1.1 Sähkön hinta	31
4.1.2 Sähkön siirto ja jakelu	31
4.2 Kaukolämmön jakeluun mallia sähkönsiirrosta	33
5. Kustannusten muodostuminen	37
5.1 Tämänhetkiset lämmön tariffit	39
5.1.1 Tehomaksu	40
5.1.2 Energiamaksu	40
5.1.3 Liittymismaksu	41
5.1.4 Johtomaksu	41
5.2 Kustannukset	42
5.2.1 Kiinteät kulut	44
5.2.2 Muuttuvat kulut	45

5.3	Kustannusten jako hintakomponenteille	46
5.4	Nykytila Turku Energian kaukolämmön jakeluhinnoittelussa	48
5.5	Jakelutariffin hinnoittelumalli	49
5.6	Tariffirakenteita	50
5.6.1	Kiinteä perusmaksu	50
5.6.2	Kiinteä perusmaksu ja kulutusmaksu	51
5.6.3	Teholuokittain porrastettu perusmaksu ja kulutusmaksu	53
6.	Jakelutariffin muodostaminen	55
6.1	Kaukolämmön käytön analysointi	56
6.2	Kulutuksen normeeraus	56
6.3	Kaukolämmön kulutus- ja tehoanalyysi	57
6.4	Kustannuslaskenta	60
6.4.1	Keskikustannus	60
6.4.2	Rajakustannus	61
6.4.3	Menetelmän valinta	61
6.5	Hinnoittelu	62
6.5.1	Jakelutariffin tehomaksu	65
6.5.2	Jakelutariffin energiamaksu	70
7.	Tulokset	74
7.1	Kohtuullisen tuoton määrittäminen	74
7.2	Jakelutariffi	75
7.3	Tuloksien pohdinta	76
8.	Yhteenveto	79
9.	Johtopäätökset	80
	Lähteet	84
	Liitteet	90

Kuvat

Kuva 1. Erillis- ja yhteistuotannon vertailu. (Koskelainen, 2006).	16
Kuva 2. Havainnekuva yhteistuotantolaitoksen kaukolämpöjärjestelmästä, jossa vesi kulkee kaksiputkijärjestelmässä tuottajalta asiakkaalle. (Oulun energia 2020).	17
Kuva 3. Suomessa käytettyjen polttoaineiden osuus kaukolämmön tuotannossa. (Energiateollisuus 2019).	23
Kuva 4. Havainnekuva avoimesta kaukolämpötoiminnasta, jossa kaukolämpöä tuotettaisiin myytäväksi kaukolämpöyhtiön markkinapaikalle. (Pöyry, 2017).	25
Kuva 5. Havainnekuva avoimen kaukolämmön tilanteesta, jossa tuotanto on eriytetty verkkoliikennetoiminnasta. (Pöyry, 2017).	26
Kuva 6. Avoin kaukolämpömalli, jossa yksittäiset tuottajat voivat myydä lämpöä suoraan asiakkailleen verkkoyhtiön omistamassa kaukolämpöverkossa. (Pöyry, 2017).	27
Kuva 7. Kaukolämmön tehomaksun sekä energiamaksun suhde kokonaismaksusta.	43
Kuva 8. Kaukolämmön jakelun kustannuspaikat ja kustannuksien kohdistaminen jakelutariffiin.	47
Kuva 9. Teholuokittain porrastettu jakelumaksun suuruus määräytyy kuvan kaltaisella kuvaajalla.	53
Kuva 10. Nykyinen kaukolämmön tehomaksun kuvaaja, jossa ei ole porrastusvälejä.	54
Kuva 11. Turku Energian myymä kaukolämmön volyymi vuosina 2014–2019 sekä niiden normeeratut arvot.	58
Kuva 12. Turku Energian tuntikohtainen kaukolämmön hankinta 21.1.2019.	58
Kuva 13. Turku Energian tuntikohtainen kaukolämmön hankinta 2019.	59
Kuva 14. Kaukolämpöasiakasmäärät teholuokittain.	60
Kuva 15. Turku Energian sähkön yleissiirron sulakepohjainen verkkopalveluhinnasto.	66
Kuva 17. Kiinteistä kuluista määriteltä jakelutariffin kuvaaja, jossa näkyy maksun suhde tilaustehoon.	70
Kuva 18. Kaukolämpöverkkojen avaaminen voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. (Pöyry, 2017).	81

Taulukot

Taulukko 1. Kaukolämmön ominaisuudet SWOT-tilaukossa.	20
Taulukko 2. Verkkotoiminnan kiinteiden kustannuksien jakautuminen toimintoihin.	38
Taulukko 3. Turku Energian sopimustehoperusteisen tehomaksun laskentakaava.	40
Taulukko 4. Turku Energian kausiperusteinen energiamaksu.	41
Taulukko 5. Verkkokustannuksien kiinteiden kulujen keskiarvot.	68
Taulukko 6. Uuden jakelutariffin tehoporrasutus ja perusmaksu.	69
Taulukko 7. Verkkoston eri pumppaamoiden sähkönkäyttö.	71
Taulukko 8. Verkkotoiminnan muuttuvien kustannuksien energiahinta.	73
Taulukko 9. Lopullinen jakelutariffi Turku Energian kaukolämmön verkkotoiminnalle.	75

Lyhenteet

c	ominaislämpökapasiteetti
CHP	Combined Heat and Power – sähkön ja lämmön yhteistuotanto
n	rakennuskustannusindeksi
TE	Turku Energia
TESV	Turku Energia Sähköverkot Oy
TSE	Turun Seudun Energiantuotanto Oy
TSK	Turun Seudun Kaukolämpö Oy

Yksiköt

a	vuosi
d	vuorokausi
h	tunti
J	joule
W	watti

1. Johdanto

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää, minkälaiset kaukolämmön jakelun kustannusrakenteet Turku Energian kaukolämpöverkoissa vallitsevat. Selvityksen perusteella pyritään laatimaan kaukolämmön jakelutariffi, joka sopii Turku Energian käytettäväksi. Työ keskittyy mahdolliseen tulevaisuuden tilanteeseen, jossa kaukolämpöenergia-yhtiöiden on avattava kaukolämpöjärjestelmänsä kolmansille osapuolille tuotannon ja myynnin osalta. Tämä tilanne voi syntyä, jos EU:n tai Suomen lainsäädäntö muuttaa nykyisiä linjauksiaan kaukolämpöpalveluista vastaamaan enemmän sähkö- tai kaasumarkkinoiden tilannetta osana maailman energiamurrosta. Tässä tilanteessa mikä tahansa taho pystyy tuottamaan kaukolämpöä verkkoon ja myymään sitä suoraan omille asiakkailleen. Kaukolämpöverkon omistajan on tässä tilanteessa oltava täysin tietoinen siirrostä syntyvistä kuluista ja luotava tämän pohjalta kolmansille osapuolille jakelutariffit, joilla varmistetaan toiminnan kannattavuus. Työn tarkoituksena on selvittää jakelutariffin muodostamiseen vaadittavia kustannuksia, minkä avulla pystytään määrittämään hinta kaukolämmön jakelun verkkopalveluille esimerkiksi tehon, virtauksen, sijainnin tai etäisyyden perusteella. Tariffin eli hintaluettelon toiminnallisuuden ja kannattavuuden selvittäminen Turku Energian kaukolämpöverkkopalveluille on siis ensisijainen tehtävä.

Kaukolämpöverkoissa hyödynnetään jo nyt kaksisuuntaisuutta, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa asiakkaat voivat myydä itse tuotettua lämpöä tai syntynyttä hukkalämpöä takaisin kaukolämpöyrittäjälle. Kolmansille osapuolille avoimessa verkossa tilanne olisi kuitenkin kehitetty kaksisuuntaisuudesta vielä eteenpäin. Tässä tilanteessa kolmansien osapuolien ei tarvitse itse olla perinteisen kaukolämpöyhtiön asiakkaita, vaan pelkästään itsenäisiä lämmöntuottajia tai -myyjiä. Myös kolmansien osapuolien asiakkaat voivat olla muitakin kuin Turku Energian asiakkaita, jolloin Turku Energia toimii pelkästään verkkoinfrastruktuurin tarjoajana.

Tarkasteluun täytyy ottaa kustannukset, jotka syntyvät jakelusta. Kiinteisiin kuluihin kuuluu muun muassa verkoston työt, eli käyttö ja kunnossapito. Käyttö ja kunnossa-

pito koostuvat verkon ylläpidosta, ja näillä toimilla varmistetaan verkkojen jatkuva käytettävyys. Tarvittavat saneeraukset ja ennakkoimenpiteet ovat osa kiinteitä kuluja. Muuttuviin kuluihin kuuluvat verkostossa veden virtaus, josta syntyy pumppauskuluja ja lämpöhäviötä. Virtaavan veden määrä voi muuttua jatkuvasti, ja sitä on pystyttävä ennakoimaan, jolloin varmistetaan toiminnan tehokkuus. Lisäksi painehäviöt kasvavat merkittävästi verkon pituuden kasvaessa, joten mahdollisesti kolmansien osapuolien ja heidän asiakkaidensa etäisyydet ja sijainnit suhteessa verkkoon ovat mahdollisia muutujia tariffin laatimisessa. Kulurakenteita tarkastelemalla pystytään selvittämään tarkasti energian siirron ja sen rahallisen arvon suhde.

Selvitys on tarpeellinen, koska Turku Energian tulee varautua mahdolliseen tilanteeseen, jossa lainsäädäntö avaa kaukolämpöverkot käytettäväksi myös kolmansille osapuolille. Tulevaisuuden skenaarioihin valmistautuminen varmistaa kilpailukyvyn sekä kannattavuuden säilymisen myös muuttuvassa ympäristössä, jossa energiatehokkuus ja ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavat ratkaisut yleistyvät. Trendien mukaisesti toimiminen on välttämätöntä nykypäivän kilpailutilanteessa, jossa informaatiota syntyy ja siirretään ennätysmääriä, jolloin myös päätöksenteon on oltava ripeää. Etukäteen tehty selvitys lisää joustavuutta, ja tarkoin laaditut ja läpinäkyvät tariffit näyttäytyvät myös asiakkaille positiivisessa valossa. Tutkimus keskittyy vain jakelutariffin laatimiseen, eikä ota huomioon tuotantopuolen haasteita avoimen kaukolämmön tilanteessa.

Työn ensimmäinen luku esittelee Turku Energiaa yrityksenä sekä sen toimintaa Varsinais-Suomen alueella. Seuraava luku keskittyy kokonaisuudessaan kaukolämmön toiminnan teoriaan. Luvussa käydään läpi kaukolämmön perusteet sekä toimintaperiaate. Luku pyrkii antamaan riittävän läpikatsauksen kaukolämpöjärjestelmiin sekä sen hyötyihin, nykytilanteeseen sekä tulevaisuuden haasteisiin. Luvussa tarkastellaan myös työn kannalta tärkeää avoimen kaukolämmön tilannetta ja sen tulevaisuutta.

Seuraava luku esittelee sähkömarkkinoita painottaen sähkön siirtoa, koska kaukolämmön jakelutariffia luodessa voidaan mahdollisesti ottaa vaikutteita sähkön siirtotariffeista. Kaukolämmön avaaminen kolmansille osapuolille voisi vastata nykyistä sähkömarkkinoiden tilannetta Suomessa, jossa tuottajina voi toimia kuka tahansa, mutta yksityiset yritykset omistavat edelleen siirtoverkon ja laskuttavat asiakkaita siirretyn sähköenergian perusteella.

Viides ja kuudes luku esittelevät tarvittavan datan ja menetelmät työn suorittamiseen. Viides luku avaa olemassa olevia kaukolämmön tariffityyppejä ja niiden rakenteita sekä kustannuksia. Jakelun kulut koostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista, ja niiden painottamisella ohjataan jakelutariffin käyttäytymistä eri asiakasryhmissä. Jakelutariffin muodostamista varten Turku Energian kaukolämpöverkon kustannusrakenne tulee olla selvillä nyt ja tulevaisuudessa. Kuudes luku keskittyy jakelutariffin muodostamiseen aiempien lukujen tietojen sekä teorian pohjalta. Luvussa analysoidaan kaukolämmön käyttöä viime vuosien tilastojen perusteella sekä määritetään periaatteet, joiden perusteella jakelutariffia lähdetään rakentamaan. Luvun lopussa määritetään omakustannusvastaavat teho- ja energiamaksut kaukolämpöpalveluille.

Seitsemäs luku esittelee työn tulokset. Luvussa tarkastellaan syntynyttä jakelutariffia ja sen toimivuutta. Raakatariffiin tullaan tekemään hienosäätöä yhtiön toiminnan ja strategian mukaisesti. Lisäksi luvussa käydään läpi tulevaisuuden tilanteita ja haasteita, joihin kaukolämpöyrityksen tulee varautua. Työn kahdeksas luku on yhteenveto, jossa käydään läpi koko työ tiivistetysti. Luku esittelee työn tutkimusongelman, menetelmät, ratkaisut ja tulokset. Luvussa käydään kootusti läpi Turku Energialle laadittu jakelutariffi. Viimeinen luku on johtopäätökset, jossa pohditaan kaukolämmön nykyistä asemaa sekä sen tulevaisuuden ominaisuuksia. Lisäksi luvussa tarkastellaan jatkotutkimuksien tarvetta.

Diplomityö pitää sisällään salassa pidettäviä tietoja. Julkisessa versiossa tietyt luvut ja muuttujat ovat peitetty X:llä. Lopullinen jakelutariffi on esillä molemmissa versiossa.

2. Turku Energia

Turku Energia on Varsinais-Suomen johtava energia-alan yhtiö ja myös yksi Suomen suurimmista energia-alan toimijoista. Turku Energian energiapalveluihin kuuluvat sähköenergian ja sähkön jakelu, kaukolämmön, -jäähdytyksen ja höyryn sekä verkostourakointin ja kunnossapidon palvelut sähköverkoille, ulkovalaistukseen ja liikennevaloihin. (Turku Energia, 2020d).

Turku Energia -konsernin emoyhtiö on Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab, joka on Turun kaupungin omistuksessa. Turku Energian tytäryhtiöt ovat Turku Energian sähköverkot Oy (100 %) sekä Turun Seudun Kaukolämpö Oy (60,75 %). Turku Energialla on myös omistuosuuksia tai osuuksia muissa energiantuotannon yrityksissä, joihin kuuluvat Turun Seudun Energiantuotanto Oy (39,5 %), Svartisen Holdin AS (34,74 %), Suomen Hyötytuli Oy (12,5 %), Voimaosakeyhtiö SF Oy (3,52 %), Kolsin Voima Oy (22,5 %) sekä Turku Science Park Oy (27,56 %). (Turku Energia, 2020d).

Turku Energia työllistää tällä hetkellä 339 henkilöä ja toiminta keskittyy Turun sekä sen lähikuntien alueelle. Turku Energian liikevaihto vuonna 2019 oli 276,8 miljoonaa €, josta yhtiölle kertyi verojen jälkeen 18,5 miljoonaa € voittoa. Turku Energian kaukolämpöpalvelun loppuasiakkaita on yli 200 000, joita palvellaan yli 600 kilometriä pitkän kaukolämpöverkoston välityksellä. Vuonna 2019 Turku Energia myi kaukolämpöä asiakkailleen lähes 2100 GWh edestä ja suurin osa myydystä kaukolämmöstä tuotettiin Naantalissa uudella CHP-laitoksella uusiutuvilla polttoaineilla. Lisäksi kaukolämpöä tuotettiin Orikedon biolämpökeskuksessa, Kakolan lämpöpumppulaitoksissa sekä Luolavuoren pellettilämpölaitoksessa. Myös hukkalämmön käyttöä hyödynnettiin entistä enemmän kaukolämmön kokonaistarjonnassa, ja sen osuus olikin jo 5 % kokonaisuudesta. (Turku Energia, 2020d).

Turku Energia on panostanut hiilen vähentämiseen merkittävästi viimeisen 20 vuoden aikana, ja vuonna 2019 uusiutuvien energianlähteiden osuus lämmön tuotannosta oli peräti 61 %. Turku Energian strategian mukaisesti uusiutuvien energianlähteiden määrä

tuotannossa piti vuonna 2020 olla 50%, joten tavoitteet ylitettiin reilusti ja vieläpä etujassa. Tulevaisuudessa Turku Energia jatkaa uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisistä tuotannossa entistä suuremmalla volyymilla. Turun kaupunki onkin määrittänyt tavoitteen olla hiilineutraali vuoteen 2029 mennessä, minkä toteutumisessa Turku Energialla on suuri vastuu. Tavoitteiden saavuttaminen vaatii vastuunkantoa yrityksiltä sekä uusien teknologioiden tukemista. Investointien avulla Naantalin CHP-laitoksen tehokkuutta onkin pystytty parantamaan vuosittain. Muita suuria tulevaisuuden investointeja ovat Koroisille suunnitellut lämpökaivot geotermistä laitosta varten. Niiden rakentamiseen Turku Energia sekä TSE hakivat toimenpidelupaa vuoden 2019 lopulla. (Turku Energia, 2020d).

Kaukolämmön tuotannossa pyritään vastaamaan myös muihin nykyajan trendeihin, joita ovat kaksisuuntaisuus sekä avoimet kaukolämpöverkostot. Hukkalämmön hyödyntäminen lämmityksessä tai vaihtoehtoisesti kaukojäähdytyksessä ovat tulevaisuudessa entistä yleisempiä. Kaukojäähdytyksen määrä onkin kasvattanut suosiotaan merkittävästi viime vuosien aikana. Kaukojäähdytyksen tuotanto on jo nyt täysin päästötöntä, joten se tukee erinomaisesti Turun kaupungin sekä Turku Energian suuntaa kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Tulevaisuudessa kaukolämpöverkkoyhtiöt saatetaan myös eriyttää tuotannosta samalla tavalla kuin sähköyhtiöt, jolloin kaukolämmön tuotanto ja jakelu olisivat eri yhtiöiden toimintoja. Tämä tilanne mahdollistaisi myös kolmansien osapuolien lämmön tuottamisen omille asiakkailleen verkkoyhtiön omistaman verkoston avulla. Turku Energia tarkastelee tilanteen mahdollisuuksia, ja kaksisuuntaista kaukolämpöä onkin jo hyödynnetty Skanssin alueen lämmitysratkaisuissa. (Turku Energia, 2020d).

Tulevaisuudessa Turku Energian visiona on olla johtava energia-alan yritys, jonka toiminta on vastuullista niin ympäristön, sosiaalisuuden kuin taloudenkin näkökulmista.

3. Kaukolämpö

Kaukolämmöllä tarkoitetaan rakennusten ja käytettävän veden lämmittämiseen keskitettyä tuotantoa sekä itse veden tai höyryn jakelua asiakkaille. Kaukolämmölle tyypillistä on sen paikallinen ja keskitetty tuotanto tiheästi asutetuilla alueilla, jolloin sen asiakkaita ovat niin yksityiset ihmiset kuin myös lähialueen teollisuus. (Koskelainen, 2006, s.25). Kaukolämmön tuotanto tapahtuu yleensä polttolaitoksissa pelkästään lämpönä tai vaihtoehtoisesti yhdessä sähkön kanssa niin sanottuna yhteistuotantona. Kaukolämpö voi terminä pitää allansa myös kaukojäähdytyksen, jonka käyttö on yleistynyt viime aikoina.

3.1 Historia

Ensimmäistä kertaa idea kaukolämmöstä syntyi vuonna 1622, jolloin hollantilainen keksijä Cornelius Drebbel ehdotti lämpimän veden jakeluun tarkoitettavan verkon rakentamista. Ei ole kuitenkaan varmaa, pääsikö Drebbelin ehdotus koskaan teoriaosuutta pidemmälle, joten ensimmäisestä rakennetusta kaukolämpöjärjestelmästä ei ole tarkkaa tietoa. Kuitenkin Englannissa, Ranskassa ja Venäjällä on otettu varmuudella kaukolämpöjärjestelmiä käyttöön 1700- ja 1800-luvuilla. Ensimmäisillä kaukolämpöjärjestelmillä lämmitettiin pelkästään käyttövetä. (Koskelainen, 2006, s. 32-35).

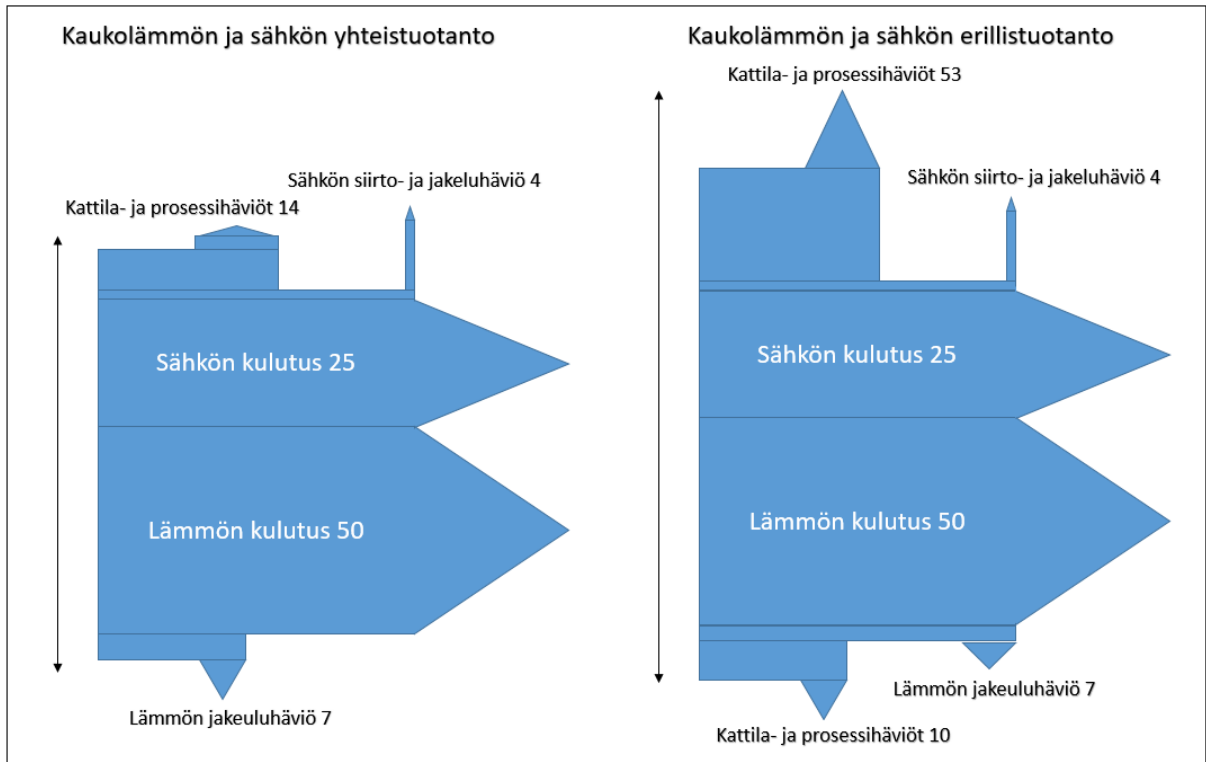
Ensimmäinen kaupallisesti toimiva kaukolämpöjärjestelmä käynnistyi Yhdysvalloissa 1877, jolloin Lockportin kaupunkiin rakennettiin höyrykaukolämmitysjärjestelmä. Ensimmäinen yhteistuotantolaitos avattiin 1893 Saksan Hampurissa ja sen avulla tuotettiin sähköä ja lämpöä 300 metrin päässä olevalle kaupungintalolle. Tämän jälkeen kaukolämmön käyttö yleistyi nopeasti ja levisi ympäri maailmaa. Suomeen ajatus kaukolämmöstä rantautui vuonna 1920, jolloin Sähköinsinööriliitto kaavaili yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon kehittämistä. Suomessa kaukolämmön tarkoituksena olikin alusta alkaen sähkön ja lämmön yhteistuotanto, ja ensimmäinen höyrytuotantolaitos avattiinkin Suvilahdessa 1952. Ensimmäinen asiakkaan kiinteistön vesikaukolämmitys alkoi Helsingissä vuonna 1957. (Koskelainen, 2006, s. 32-35).

Suomessa kaukolämmön käyttö yleistyi todella nopeasti poliittisen päätäntävallan ansiosta. Suomessa huomattiin kaukolämmön energiataloudelliset edut ja sen mahdollistama energian tuontiriippuvuuden väheneminen. Nykyajan trendien mukaan kaukolämpöä tuotetaan uusiutuvilla polttoaineilla, mutta 1900-luvulla polttoaineena kaukolämmön tuottamiseksi käytettiin vielä fossiilista kivihiiltä, öljyä sekä maakaasua, mutta myös turpeen ja puuhakkeen käyttö oli mahdollista. Kaukolämmön käyttö laajeni koko 80- ja 90-luvun ajan, ja tällä hetkellä Suomi kuuluukin kaukolämmön käytön johtaviin maihin. Suomi on myös Pohjoismaiden suurin kaukolämmön tuottaja suhteessa väkilukuun. (Koskelainen, 2006, s. 32-35, Energiateollisuus 2020).

3.2 Toimintaperiaate

Kaukolämpöjärjestelmä alkaa lämpölähteestä ja päättyy putkiston kautta loppukäyttäjän kiinteistöön. Kaukolämmön tuotanto alkaa voimalaitokselta tai lämpökeskuksesta, jossa tuotetaan sähköä, lämpöä tai molempia yhdessä niin kutsuttuna yhteistuotantona.

Lämpölaitokset ovat toiminnaltaan yksinkertaisempia, koska tavallisesti niiden toiminta perustuu pelkästään lämminvesikattilaan ja sillä lämmitettävän veden tuotantoon. Yhteistuotantolaitoksissa poltetaan jotakin polttoainetta kattilassa, jonka avulla kuumentetaan vettä höyryksi, joka taas puolestaan pyörittää generaattoriin kytkettyä turbiinia luoden näin sähköä ja samalla synnyttäen lämpöä. Sähköä ja lämpöä tuottavat yhteistuotantolaitokset ovat huomattavasti energiatehokkaampia ratkaisuja kuin erillistuotanto (ks. Kuva 1). (Koskelainen, 2006, s.43-48).



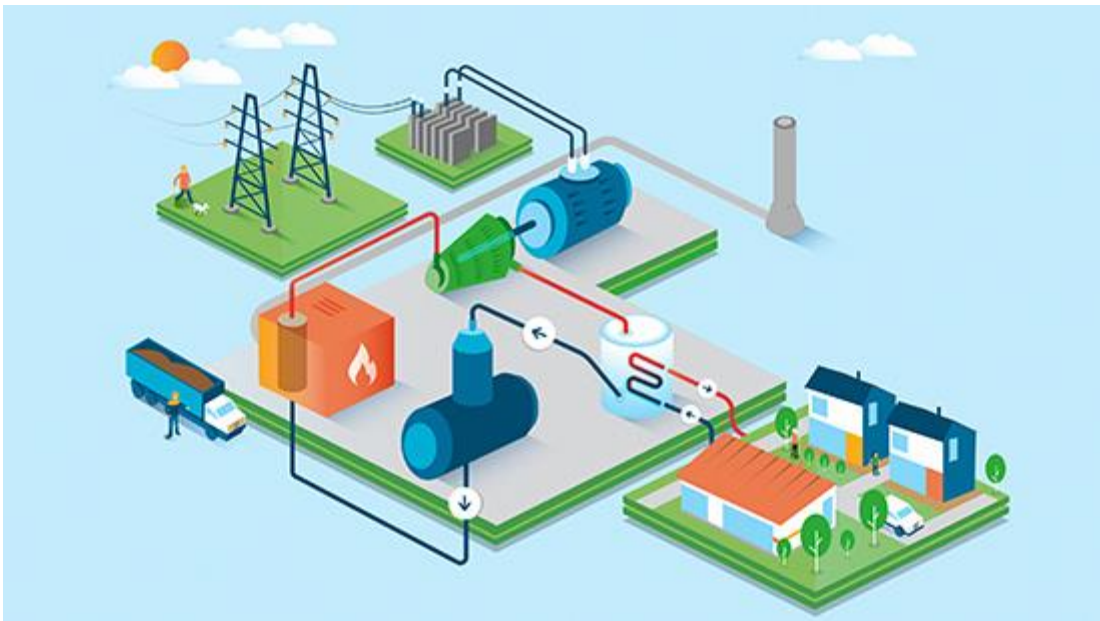
Kuva 1. Erillis- ja yhteistuotannon vertailu. Yhteistuotannossa polttoainetta kuluu 100 yksikköä ja erillistuotannossa vastaava luku on 149 yksikköä, kun molemmat laitokset tuottavat yhtä paljon energiaa. (Koskelainen, 2006).

Laitoksilla syntyvä lämmin lauhdevesi johdetaan kaukolämpöverkon kaksiputkijärjestelmään ja siitä asiakkaille. Kaksiputkijärjestelmässä on nimensä mukaisesti kaksi putkea, joissa kuuma menovesi ja viileä paluuvesi kulkevat omissa putkissaan (ks. Kuva 2). Putkistoon johdettu vesi on Suomessa tavallisesti suurimman kysynnän aikaan huippulämpöisenä 115 °C, paineen ollessa korkeintaan 16 baria. Pienemmän kysynnän aikaan menovesi on alimmillaan noin 65 °C. Paluuv veden lämpötila pysyttelee noin 45 °C. (Eklund, 2020).

Kuuma menovesi kulkee putkistoa pitkin rakennusten lämpöjakokeskukseen, jossa lämpö saadaan luovutettua vaihtimien kautta lämmitysverkkoon asiakkaan hyödynnettäväksi. Kaukolämmöllä asiakas pystyy lämmittämään niin kiinteistön kuin myös käyttöveden. Lämmintä vettä voidaan hyödyntää myös matalalämpöisenä esimerkiksi teiden sulana pidossa talvisin. Käytön jälkeen jäähtynyt vesi palaa toista putkea pitkin takaisin

voimalaitokselle, jossa se lämmitetään uudestaan ja palautetaan takaisin kiertoon. (Eklund, 2020).

Kaukolämpöjärjestelmissä kulkeva vesi on mekaanisesti puhdistettua ja siitä on poistettu happi. Tämän tarkoituksena on estää putkiston sisäistä korroosiosta. Vesi on myös värjättyä, mikä helpottaa mahdollisten vuotokohtien paikantamista.



Kuva 2. Havainnekuva yhteistuotantolaitoksen kaukolämpöjärjestelmästä, jossa vesi kulkee kaksiputkijärjestelmässä tuottajalta asiakkaalle (Oulun energia 2020).

Kaukolämpö on nykypäivänä ainoa jo käytössä oleva järjestelmä, jonka avulla voidaan hyödyntää kaikkia eri energia- ja lämpölähteitä. Mistä tahansa menetelmästä saatua lämpöenergiaa pystytään sitomaan veteen ja jakamaan sitä loppukäyttäjille. (Eklund, 2020).

3.3 Hyödyt ja haasteet

Kaukolämmöllä on useita vahvuuksia muihin lämmitysratkaisuihin verrattuna, johtuen esimerkiksi kaukolämmön monipuolisuudesta sekä energiatehokkuudesta. Kaukolämmön ympäristöystävällisyys riippuu käytettävästä lämmönhankintamenetelmästä ja polttoaineesta, joita molempia on useita eri vaihtoehtoja. Kaukolämmön tuotanto on mahdollista jakaa tehokkaasti useiden eri tuotantomuotojen kesken, jolloin käyttövarmuus sekä varakapasiteetit vastaavat tehokkaasti kysyntään ja sen muutoksiin. Kaukolämmön kysyntä ja tarjonta vaihtelevat todella paljon vuositason johtuen säätilojen vaihteluista. Myös päivätasolla vaihtelua on paljon johtuen tilojen lämmitystarpeen muutoksesta päivän aikana. Kaukolämpöjärjestelmän varakapasiteetti on tärkeää jatkuvan toiminnan kannalta, koska silloin tuotanto pystyy mukautumaan vaihtelevaan kysyntään. Kaukolämmön hyödyistä tulee myös aina muistaa helppokäyttöisyys, sillä kaukolämmön asiakailta ei edellytetä lainkaan käyttö- tai huoltotöitä, joita muista lämmitysratkaisuksista voisi syntyä. (Koskelainen, 2006, s.25, Fredriksen, 2013, s.21-27).

Kaukolämmön mahdollisuudet ovat laajat, ja ne vastaavat tehokkaasti nykyajan trendeihin. Kaukolämmön tuotannossa voidaan käyttää useita eri lämpölähteitä, ja viime aikaisen trendien mukaisesti uusiutuvat energianlähteet ovat jatkuvassa kasvussa. Suomi hyödyntää jo tehokkaasti lämmön ja sähkön yhteistuotantoa, jolloin polttoaineen energiasältö saadaan talteen mahdollisimman energiatehokkaasti ja ympäristön kuormituksen minimoinnilla. (Energiateollisuus). Tuotannossa voidaan myös käyttää prosessien jäteämpölähteitä tuotantokeinona, jolloin pystytään hyödyntämään kiertotaloutta.

Kaukolämmöllä pystytään lämmittämään myös muutakin kuin vain rakennuksia tai käytöstä; sillä taataan esimerkiksi katujen sulana pito matalalämpötilaisen veden avulla. Kaukolämmön kokonaisenergiasta käyttöveden lämmittämiseen käytetään vuosittain noin 30 % ja kiinteistöjen lämmittämiseen 70 %. Tarkat suhdeluvut veden ja tilan lämmittämiseen vaihtelevat verkkojen mukaan. (Uitti, 2020). Lämmön lisäksi jatkuvasti kasvavana mahdollisuutena tulee myös muistaa kaukojäähdytyksen hyödyntäminen perinteisen kaukolämmön täydentävänä palveluna. (Koskelainen, 2006, s.26).

Kaukolämmön haasteita ovat suuret alkuinvestoinnit ja pitkät takaisinmaksuajat. Tuotantolaitokset, kaukolämpöverkko, pumppaamot ja muu infrastruktuuri vaativat suuria taloudellisia ponnisteluja, ja tuottojen takaisinmaksuajat ovat jopa vuosikymmenien mittaisia. (Koskelainen, 2006, s.26). Tätä asiaa ei helpota kaukolämpötuotannon suuri riippuvuus sääolosuhteisiin. Vuodenajoista johtuva kulutusvaihtelu on todella suurta kaukolämmön osalta. Lämpiminä ajanjaksoina tai jopa vuosina kaukolämmön kysyntä vähenee merkittävästi verrattuna keskiarvoon. (Koskelainen, 2006, s.41-42). Sään ja ajan vaikutus eivät kuitenkaan rajoitu vain kaukolämmön kysyntään, vaan samat haasteet vaikuttavat energiantuotantoon Suomessa läpi koko sektorin. (Eklund, 2020).

Kaukolämmön kilpailukyky on myös suoraan verrannollinen alueen asukastiheyteen. Harvimmin asutuilla alueilla ei ole kannattavaa rakentaa suuria tuotantolaitoksia tai pitkää kaukolämpöverkostoa, koska siitä aiheutuu liiallista häviötä, joka taas puolestaan pidentää takaisinmaksuaikaa. Tästä syystä kaukolämpö keskittyy kaupunkialueille, jolloin lämpötehon tiheys maapinta-alaa kohti on suurimmillaan. Tämän avulla myös verkkopitua kohti laskettu teho on suurimmillaan. (Koskelainen, 2006, s.26).

Muita kaukolämmön haasteita ovat rahoitus, epäterve sääntely sekä rakentajan päätös lämmitysmenetelmästä. Suuret investoinnit tarvitsevat usein julkista takausta, varsinkin toiminnan käynnistämisessä. Tällöin rahoituksen puute uhkaa kaukolämmön käyttöä ja kehitystä välittömästi. Kaukolämpö on myös kilpailuviranomaisten mukaan paikallisesti määräävässä markkina-asemassa, mistä johtuen nopea sääntely saattaa muuttaa kaukolämmön kilpailukykyä lyhyellä varoitusajalla suuntaan tai toiseen, kuten sähkö- ja kaasuverkkojen tilanteessa. Lainsäädännössä tapahtuvat muutokset esimerkiksi polttoaineiden verotuksessa vaikuttavat nopeasti kaukolämmön kilpailukykyyn. Lainsäädännön muutokset näkyvät usein uusina välttämättöminä investointeina tuotantolaitoksiin, jotta niiden käyttö olisi muuttuneessa ympäristössä edelleen kannattavaa. Suurien investointien takia selkeä tulevaisuudenkuva on tärkeää toiminnan jatkumisen varmistamiseksi, mutta nopeat lainsäädännölliset muutokset vaikeuttavat tätä. Kiinteistöissä päätös kau-

kolämmön käyttämisestä lämmitysmenetelmänä jää aina viimeisenä rakennuttajalle, joten loppukäyttäjä ei pysty helpolla vaikuttamaan valittuun ratkaisuun. (Koskelainen, 2006, s.25-31). Nämä uhkatekijät eivät ole kuitenkaan rajoittuneet pelkästään kaukolämpöön, vaan ne vaikuttavat myös muihin energiateollisuuden ratkaisuihin. (Eklund, 2020).

Kaukolämmön ominaisuuksia voidaan listata perinteiseen SWOT-taulukkoon (ks. Taulukko 1). SWOT-taulukossa tarkastellaan kaukolämmön vahvuudet (strengths), heikkoudet (weaknesses), mahdollisuudet (opportunities) sekä haasteet (threats).

Taulukko 1. Kaukolämmön ominaisuudet SWOT-taulukossa.

Vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • Energiatehokkuus • Ympäristöystävällisyys • Useita eri tuotantomuotoja • Huoltovarmuus • Käyttövarmuus • Helppokäyttöisyys 	Heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • Suuret investoinnit • Takaisinmaksuajat • Kulutusvaihtelut • Vaatii tiheän asutuksen • Siirtohäviöt
Mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • Useat lämpölähteet • Vähäpäästöisyys • Hukkalämpö • Kaukojäähdytys • Lämpöakut 	Haasteet <ul style="list-style-type: none"> • Rahoitus • Epäterve sääntely • Loppukäyttäjä ei valitse lämmitystapaa, vaan rakennuttaja

3.4 Kauko- ja lähijäähdytys

Kaukolämmön vierelle on noussut myös jäähdytyspalveluiden tarjoaminen. Perinteisempi vaihtoehto on kaukojäähdytys, jonka kysyntä varsinkin toimistojen ilmastointina ja it-tilojen jäähdyttäjänä on ollut merkittävässä kasvussa 2000-luvulla. Kaukojäähdytyksen tuotannossa on useita eri menetelmiä, mutta energiatehokkaimmat ratkaisut ovat edelleen keskitetyt tuotantolaitokset, joissa jäähdyttämisen menetelmät toimivat yleisesti absorptio- tai kompressorikoneilla eli lämpöpumpuilla. Lisäksi jäähdytykseen voidaan myös hyödyntää niin sanottua vapaata jäähdytystä, jolloin jäähdytysenergia otetaan suoraan ilmasta tai meri-, järvi, tai jokivedestä. (Koskelainen, 2006, s.529-540).

Samalla periaatteella toimiva lähijäähdytys on viimeaikainen innovaatio kaukolämpöpalveluiden osalta. Lähijäähdytys vastaa toimintatavoiltaan kaukojäähdytystä, mutta suurimpana erona on sen tuotannon paikallisuus ja typistetty koko. Lähijäähdytyksessä asiakas ostaa kaukolämpöyhtiöltä valmiin lämpöpumppulaitteiston. Lämpöpumppu valmistaa jäähdytystä kiinteistön tarpeisiin, ja syntyvä lämpö johdetaan kaukolämpöverkkoon, jolloin hukkalämpö saadaan hyödynnettyä. Kiertävän veden lämpötila liikkuu lähijäähdytyksessä 10-15 °C välillä. Lähijäähdytystä laskutetaan asiakkaalta kiinteällä kuukausimaksulla, kun taas kaukojäähdytyksen laskutus on virtausperusteinen. (Karbin, 2020).

Lähijäähdytyksen suurimmat hyödyt ovat sen pieni koko, paikallinen tuotanto ja asiakkaan tarpeisiin vastaaminen entistä joustavammin. Tietysti hukkalämpöjen hyödyntäminen myös seuraa energia-alan trendejä tukemalla kiertotaloutta. Kaukojäähdytys vaatii suuret runkoverkot, minkä välityksellä vettä siirretään, mutta lähijäähdytyksessä riittää pienemmät laitteistot ja putkistot kaukolämmön runkoverkkoon. Kaukolämmön runkoverkko on huomattavasti kaukojäähdytysverkkoa laajempi, minkä ansiosta lähijäähdytyspalveluita voidaan tarjota laajemmalle alueelle. Paikallisesti toimiva lähijäähdytys lisää hieman järjestelmän monimutkaisuutta, ja tästä syntyy lisäkustannuksia käynnissä- ja kunnossapidolle. Lähijäähdytysjärjestelmiä huolletaan keskimäärin kerran vuodessa, jolloin niiden kunto tarkastetaan ja samalla lisätään kylmäainetta. (Karbin, 2020).

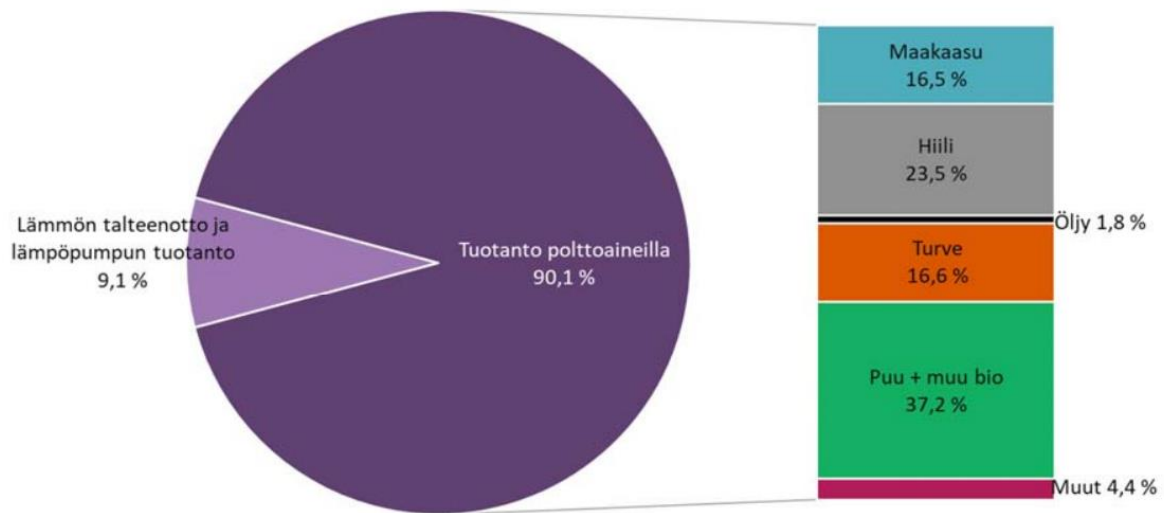
Tässä diplomityössä ei tarkastella kauko- tai lähijäähdytystä osana kaukolämmön jakelutariffien muodostumista, vaikka niiden toimintaperiaate jakelun kannalta onkin sama.

3.5 Kaukolämpö Suomessa

Suomi kuuluu kaukolämmön käytön johtaviin maihin, ja Suomi onkin Pohjoismaiden suurin kaukolämmön tuottaja suhteessa väkilukuun. Suomessa kaukolämpöä jaetaan eri yritysten toimesta 170:ssä Suomen kunnassa ja kaukolämpöverkon pituus on 15140 kilometriä. Kaukolämpöverkko palvelee 154500 asiakasta, ja asiakkaiden määrä eri sektorien kesken jakaantuu seuraavanlaisesti: asuintalot 80 %, teollisuus 4 % ja muut asiakkaat 16 %. (Energiateollisuus, 2018a).

Vuonna 2018 Kaukolämmön hankintaa oli yhteensä 37 100 GWh. Tästä määrästä 33 700 GWh (90,1 %) tuotettiin polttoaineilla ja loput 3 400 GWh (9,1 %) tuotettiin lämmön talteenotolla ja lämpöpumpuilla. Lämmön talteenotto sekä lämpöpumpujen tuotanto on kasvanut Suomessa merkittävästi viiden viime vuoden aikana, ja prosentuaalisesti mitattuna kasvua on ollut jopa 160 %. Lämmönhankinnasta 67,2 % oli höyryvoimalaitosten vastapainelämpöä tai vastaavaa kaasuturbineista, kaasumootoreista tai dieselmootoreista saatavaa yhteistuotantolämpöä. Tuotetun yhteistuotantosähkön määrä oli 11 500 GWh. (Energiateollisuus, 2019).

Kiristyvät päästörajoitukset sekä ihmisten yleinen huoli ilmastonmuutoksesta ovat saaneet uusiutuvien polttoaineiden käytön tuotannossa kasvamaan viime vuosien aikana tasaisesti. Puu ja biojäte ovat nousseet merkittävimmäksi polttoaineeksi kaukolämmön tuotannossa 37,2 % osuudella. Seuraavaksi merkittävin polttoaine on toistaiseksi kivihiili 23,5 % osuudella kokonaistuotannosta, jota seuraavat turve (16,6 %) ja maakaasu (16,5 %). Polttoaineiden suhteelliset osuudet näkyvät kuvassa (ks. Kuva 3). Fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa Suomessa on kuitenkin vähentynyt merkittävästi, ja tulevaisuuden trendien sekä Suomen ilmastotavoitteiden ansiosta muun muassa hiilen käyttö lämpölähteenä pyritään lopettamaan kokonaan. (Eklund, 2020).



Kuva 3. Suomessa käytettyjen polttoaineiden osuus kaukolämmön tuotannossa. (Energiateollisuus 2019).

Tällä hetkellä kaukolämmöllä on paikallisesti määräävä markkina-asema, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa yksi toimija saavuttaa niin tehokkaan tilan taloudellisesti tai teknisesti, että muiden ei ole kannattavaa lähteä haastamaan sitä. Kaukolämpö ei kuitenkaan ole oikea monopoli, koska kaukolämmöllä on useita muita kilpailevia lämmitysmuotoja, joita asiakkaat voivat hyödyntää vapaasti. Kaukolämpö on todellisuudessa vain määräävässä markkina-asemassa, eikä sen toimintaa ohjata tai seurata lainsäädännössä, kuten muita monopoliasemassa toimivia liikemuotoja. Kaukolämmön hinnoittelua valvova kilpailulainsäädäntö pitää kuitenkin huolen kaukolämmön hinnoittelun kohtuullisuudesta, mutta muuten kaukolämpötoiminta on reguloimatonta. Todellisia säänneltyjä monopoleja Suomessa ovat muun muassa Alko, rautatiet sekä sähköverkot, joita valvotaan ja säädelään valtiollisten virastojen kautta, toisin kuin kaukolämpöä. Monopolimaiset asemat herättävät kuitenkin aina kritiikkiä, ja myös kaukolämpöverkot ovat olleet osana tätä keskustelua viime aikoina. (Pöyry, 2017).

3.6 Avoin kaukolämpö

Avoin kaukolämpöverkko voidaan määritellä usealla eri tavalla. Kuitenkin avoimella kaukolämmöllä tai hieman suppeammalla kaksisuuntaisella lämmityksellä tarkoitetaan tilannetta, jossa kaukolämpöyrittäjä avaa verkkonsa asiakkaiden tai kolmansien osapuolien tuottamalle lämmölle. Kaksisuuntaisuudella viitataan kaukolämpöasiakkaaseen, joka voi sekä ostaa että myydä itse tuotettua lämpöä tai hukkalämpöä kaukolämpöverkoissa. Kaksisuuntainen kaukolämpö nähdään siis verkkona, johon eri tuottajat voivat syöttää lämpöä ja josta asiakkaat voivat ostaa sitä vapaasti, mikä laajemmin sovellettuna voidaan toteuttaa kokonaan avattuna kaukolämpöverkkona. Täysin avoimessa kaukolämpöverkossa ulkopuolisen tuottajan ei välttämättä tarvitse olla itse lämmön käyttäjä, kuten kaksisuuntaisessa verkossa. Täysin avoimessa kaukolämpöverkossa kolmannet osapuolet voivat tehdä lämpökauppaa asiakkaiden kanssa suoraan, ilman kaukolämpöverkkoyhtiön väliintuloa. Työ perustuu täysin avoimeen malliin. (Pöyry, 2016).

Kaukolämmön avaamisen toimintamallilla voidaan saavuttaa paljon positiivista kehitystä, kuten esimerkiksi lisätä arvokkaan kaukolämpöverkon hyödynnettävyyttä, parantaa sen tulevaisuuden näkymiä ja parhaimmillaan tuottaa lämpöä entistä tehokkaammin sekä talouden että ympäristön kannalta. Samalla kohennetaan kaukolämpöön perustuvien kokonaisjärjestelmien energiatehokkuutta, ympäristöystävällisyyttä sekä kilpailukykyä entisestään. (Pöyry, 2016).

Kaksisuuntaista kaukolämpöä hyödynnetään Suomessa jo esimerkiksi tehtaiden hukkalämpöjen keräämisellä kaukolämpöverkkoihin, mutta kolmansille osapuolille avointa kaukolämpöjärjestelmää, jossa kolmannen osapuolen tuottaja myisi lämpönsä suoraan omille asiakkailleen tukkutuottajan tai verkkoyhtiön sijasta, ei ole vielä käytössä Suomessa.

Avoimien verkkojen malleja on useita erilaisia, kuten esimerkiksi erillinen lämmön markkinapaikka, eriytetty tuotanto ja myynti verkkoyhtiölle sekä avoimen markkinan alusta. Työn kannalta olennainen malli on avoimen markkinan alusta. (Pöyry, 2017).

3.6.1 Lämmön markkinapaikka

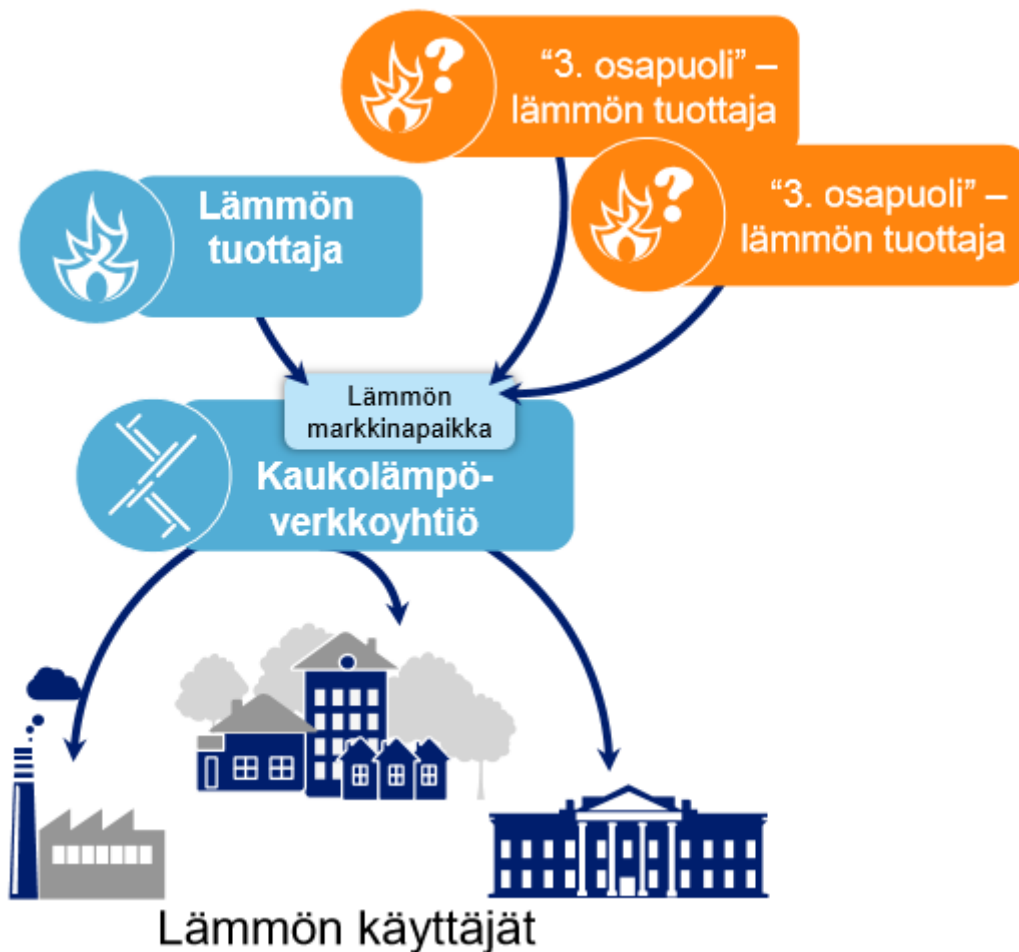
Avoimessa kaukolämmössä erillisellä markkinapaikalla tarkoitetaan tilannetta, jossa tuottajat pystyvät tuottamaan kaukolämpöä järjestelmään ja myymään sitä lämmön markkinapaikalla. Lämmön markkinapaikka perustettaisiin nykyisen kaukolämpöyhtiön alaisuuteen, jossa tuottajat pystyisivät tarjoamaan tuotettua lämpöä kaukolämpöyhtiön ostettavaksi (ks. Kuva 4). Kaukolämpöyhtiö julkaisisi ehdot ja hinnat ostettavalle kaukolämmölle, ja kaupat perustuisivat edelleen vapaaehtoiisiin sopimuksiin. Lämmön markkinapaikka -mallissa lämpöasiakkaan asema pysyisi entisellään. (Pöyry, 2017).



Kuva 4. Havainnekuva avoimesta kaukolämpötoiminnasta, jossa kaukolämpöä tuotettiin myytäväksi kaukolämpöyhtiön markkinapaikalle. (Pöyry, 2017).

3.6.2 Eriytetty tuotanto

Eriytetyn tuotannon tilanne muistuttaa toiminnaltaan lämmön markkinapaikkaa, mutta tässä mallissa lämmön tuotanto on eriytetty kokonaan verkkoliikennetoiminnasta (ks. Kuva 5). Tuottajat myyvät lämpöä edelleen markkinapaikalla verkkoyhtiölle, joka vastaa asiakkaista. Asiakkaan rooli pysyisi edelleen nykytilannetta vastaavana. Eriytetty tuotanto vaatisi toimiakseen myös merkittävästi enemmän sääntelyä, koska verkkoyhtiön eriyttäminen vaatii lakimuutoksia. (Pöyry, 2017).



Kuva 5. Havainnekuva avoimen kaukolämmön tilanteesta, jossa tuotanto on eriytetty verkkoliikennetoiminnasta. (Pöyry, 2017).

3.6.3 Avoimen markkinan alusta

Avoimen markkinan alustassa lämmön tuottajat voivat myydä lämpöä käyttäjille keskinäisillä sopimuksilla kaukolämpöverkon välityksellä (ks. Kuva 6). Avoimen verkon mallissa tuottajilla on pääsy lämpöverkkoihin ja sitä kautta mahdollisuus myydä tuotettua lämpöä suoraan asiakkaille ilman verkko-omistajan väliintuloa, kunhan tuotetun kaukolämmön lämpötila sekä paine-ero vastaavat verkon omistajan vaatimuksia.



Kuva 6. Avoin kaukolämpömalli, jossa yksittäiset tuottajat voivat myydä lämpöä suoraan asiakkailleen verkkoyhtiön omistamassa kaukolämpöverkossa. (Pöyry, 2017).

Kuten kuvasta 6 nähdään, kaukolämpöverkkoyhtiö omistaa kaukolämpöverkoston kokonaisuudessaan ja pitää huolen sen käytöstä ja kunnossapidosta. Perinteiset lämmöntuottajat sekä uudet kolmannen osapuolen tuottajat voivat sopia keskenään lämmön myynnistä sekä ostosta omien asiakkaidensa kanssa. Tuottajat varmistavat kaukolämpöverkkoyhtiölle sen, että lämpöverkkoon tuotettu lämpö vastaa minimivaatimuksia paineeron ja lämpötilan osalta. Tämän jälkeen kaukolämpöverkkoyhtiö laskuttaa tuottajia tai loppukäyttäjiä olemassa olevan sopimuksen mukaisesti. Tilanne on täysin uusi, mistä johtuen tällä hetkellä ei ole olemassa valmiita sopimuspohjia avoimen kaukolämmön mallille (Eklund, 2020).

Tässä mallissa tuottajat voivat kilpailla vähittäismarkkinoilla, jolloin jokainen asiakas olisi yksilö, mikä puolestaan monimutkaistaa yhdenvertaista kohtelua. Kuitenkin asiakkaiden näkökulmasta avoin malli mahdollistaisi myös vapaasti valittavan lämmöntuottajan henkilökohtaisen mieltymyksen perusteella. Yleisesti ottaen tällä hetkellä avoimen verkko-mallin etujen arvioiminen on empiirisesti erittäin haastavaa, koska toimivat kolmannelle osapuolelle avatut kaukolämpöjärjestelmät ovat harvinaisia maailmalla. (Pöyry, 2017).

3.7 Avoimen kaukolämmön ominaisuudet

Vähäisestä empiirisestä tiedosta huolimatta avoimen kaukolämmön etuja ovat toiminnan kasvava läpinäkyvyys sekä korkea kilpailu ja sen tuoma kehitys jo olemassa olevaan infrastruktuuriin. Lisäksi ainakin teoriatasolla asiakaskohtaiset ominaisuudet ja yksilölliset vaatimukset voitaisiin tunnistaa perusteellisemmin, ja asiakkailta voisi olla enemmän kannustimia kysynnän vastaamiseen. Tämä johtaisi säästöihin sekä tuottajille että asiakkaille. Avoimet kaukolämpöverkot kuitenkin lisääisivät myös monimutkaisuutta niin teknologisesti kuin lainsäädännöllisestikin arvioituna. (Pöyry, 2017).

Kaikissa pohjoismaissa verkkoon pääsystä voi jo nyt neuvotella kaukolämpöverkon omistajan kanssa, mutta lainsäädäntöön neuvotteluvaatimus on lisätty vasta Norjassa, Ruotsissa sekä Tanskassa. Ruotsissa tehtyjen selvitysten mukaan avoin kaukolämpö voisi jopa heikentää nykyisen tuotannon kannattavuutta. Toisaalta tarkastelu on hyvin vaikeaa,

koska kannattavuudet eroavat verkkokohtaisesti, jolloin yleistysten tekeminen on mahdotonta. Verkkojen avaaminen kuitenkin lisäisi erityisesti hukkalämpöjen hyödyntämistä sekä parantaisi kaukolämpöverkkojen asiakkaiden asemaa laskemalla lämmön hintoja. (Pöyry, 2017).

Avoim kaukolämpö luo myös täysin uusia näkökulmia ja haasteita toimialalle, kuten esimerkiksi mitä tapahtuisi tilanteessa, jossa kolmannen osapuolen suuri lämmöntuottaja sulkee tuotantonsa yllättäen. Miten tässä tilanteessa lämpö hankittaisiin ja kuka kantaisi vastuun tapahtumasta: kolmas osapuoli vai verkon omistaja? Toinen haaste on huipputuotannosta vastaaminen. Onko kaikilla tuottajilla vastuu huipputuotannosta, vai jääkö se kaukolämpöyhtiölle tai verkkoyhtiölle? Tilanne, jossa vastuu olisi yhteinen, ei kuitenkaan olisi välttämättä tehokasta järjestelmän optimoinnin kannalta. Avoimessa kaukolämpöjärjestelmässä myös lämpötilan ja kustannustehokkuuden tasapaino on selvitetävää. Alentamalla menovedon lämpötilaa useampi tuottaja voisi liittyä verkkoon, mutta samalla pumppaustehoa tulisi nostaa, koska pienemmässä lämpötilaerossa oleva vesi vaatii enemmän pumppausta. Alempi lämpötila kuitenkin vähentää merkittävästi häviön määrää verkostossa. (Eklund, 2020).

Positiivisella puolella hukkalämmön hyödyntäminen seuraisi energia-alan trendejä, joihin kuuluvat niin digitalisoituminen, palvelullistaminen, ympäristöarvot sekä asiakkaan roolin muutos. Motivan tekemän selvityksen mukaan hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää teollisuudessa jopa 23 TWh edestä vuosittain, mutta taloudellisesti potentiaalinen määrä liikkuu noin 16 TWh/a. (Motiva, 2019a). Tämä vaatii tietenkin suuria investointeja, ja tuotantoon investoivilla yrityksillä täytyy olla mahdollisuus investointikustannuksien kattamiseen. Kuitenkin tämä herättää kysymyksen siitä, löytyykö investoijia, jos tuottajien välinen kilpailu on liian kovaa. (Pöyry, 2017).

Avoimen kaukolämmön käyttöönottoaminen herättää paljon keskustelua ja erinäisiä mielipiteitä. Mielipiteitä avoimen kaukolämmön toimintamallista löytyy luvusta 4.2.

4. Sähkömarkkinat

Jos kaukolämmön tilannetta muutetaan vastaamaan sähkö- tai kaasumarkkinoita, tulee niiden toimintaperiaate olla täysin selvillä. Sähkömarkkinoiden tilanteesta voidaan ottaa enemmän viitteitä avoimen kaukolämpöverkoston kehittämiseen, koska kolmansien osapuolien tuotanto verkkoon on mahdollista sähkömarkkinoilla. Sähkömarkkinoihin kuuluvat tuotanto, siirtoverkkotoiminta, jakeluverkkotoiminta ja sähkökauppa. Sähkömarkkinoiden toimintaa ohjataan ja säädellään sähkömarkkinalailla (588/2013), valtioneuvoston asetuksilla (65/2009), Energiaviraston laeilla (870/2013), valtioneuvoston ja työ- ja elinkeinoministeriön päätöksillä sekä EU:n direktiiveillä. (Partanen, 2015).

Sähkönjakelussa verkkoyhtiöllä on luonnollinen monopoliasema, ja sen tuottoja valvoo Energiavirasto. Jakelun monopoliasemasta huolimatta sähköntuottajana Suomessa voi toimia kuka tahansa, minkä ansiosta myös asiakkaat voivat itse kilpailuttaa sähkön hankintansa. Kaukolämmön myyntiä ja jakelua on verrattu osittain sähkömarkkinoiden tilanteeseen, minkä takia jakelutariffin muodostamisessa sekä avoimen kaukolämmön tilanteessa kannattaa ottaa vaikutteita sähkömarkkinoista ja sähkön siirtohinnoista.

4.1 Nykytilanne

Suomessa sähkömarkkinalain mukaan verkkotoiminta on eriytettävä tuotannosta ja sähkökaupasta. Sähkön tuotanto sekä sähkökauppa kuuluvat vapaan kilpailun piiriin, jolloin sähkön siirron vastuu kuuluu valtiolliselle kantaverkkoyhtiölle ja alueellisesta jakelusta vastaavat monopoliasemassa toimivat yritykset. (Partanen, 2015).

Suomessa sähkönmyynti vapautettiin kokonaan kilpailulle vuonna 1998 ensimmäisten valtioiden joukossa koko maailmassa. Verkojen avaaminen energianmyynnille ja kilpailulle mahdollisti tehokkaat markkinat, mutta siirtoverkkojen myynti yksityisille yrityksille on aiheuttanut myös negatiivista keskustelua Suomessa. (Turku Energia, 2018).

4.1.1 Sähkön hinta

Sähkön tukkukauppaa käydään sähköpörssissä, joissa sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Pohjoismaissa kauppapaikkana toimii Nord Pool, jonka omistuksesta vastaavat Pohjoismaiden ja Baltian maiden kantaverkkoyhtiöt. Sähköpörssissä kysyntä- ja tarjontakäyrien kohtaamispiste määrittää sähkön niin sanotun tukkumarkkinahinnan, mikä puolestaan vastaa muuttuvia kustannuksia sen hetken kalleimmasta tuotantomuodosta, jolla varmistetaan kysynnän täysi kattaminen. Kalleimman tuotantomuodon kustannukset muodostavat sen hetkisen marginaalikustannuksen sähkölle. Tuotannon ajojärjestys aloitetaan alkamaan alhaisimmasta marginaalihinnan omaavasta tuotantomuodosta kalleimpaan kysynnän kattavaan tuotantomuotoon, jolloin sähkön tuotanto ja kulutus kohtaavat aina mahdollisimman alhaisessa hinnassa. Tämän ansiosta liian suureksi hinnoiteltu sähkö saattaa siis jäädä kokonaan myymättä. (Partanen, 2015).

Sähkön pörssihinta ei vaikuta vähittäismarkkinoiden hintatasoon välittömästi, koska asiakkaat sopivat yleensä toistaiseksi voimassa olevia sopimuksia, joissa hinnanmuutoksista on ilmoitettava etukäteen. Asiakkaan sähkön hinta muodostuu puolestaan sähköenergian hankinnasta, sähkön siirrosta ja veroista. Hankintahinta muodostuu sähköenergian hinnasta ja sähkön myyntityöstä aiheutuneista työ kustannuksista. Siirtohintaa koostuu sähkön siirron kustannuksista kantaverkossa, alueverkossa ja jakeluverkossa. (Partanen, 2015). Yli puolet perinteisen kotitalouskäyttäjän sähkön hinnasta muodostuu siirtokuluista sekä veroista, jolloin sähköenergian osuus kokonaishinnasta jää noin 40 prosenttiin. Teollisuusasiakkaiden kokonaiskustannuksissa sähköenergian prosentuaalinen osuus on kotitalousasiakasta suurempi. (Energiavirasto, 2020).

4.1.2 Sähkön siirto ja jakelu

Suomessa valtakunnallisella tasolla kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj vastaa sähkön siirrosta kantaverkon sekä myös Suomen rajojen yli menevien johtojen osalta. Fingridin vastuulla on sähkövoimajärjestelmän toimitusvarmuus, minkä takia Fingridiä voidaan kutsua järjestelmävastaavaksi. (Partanen, 2015).

Alueellisesta jakeluverkkotoiminnasta vastaa noin 90 verkkoyhtiötä, joille on myönnetty verkkolupa sähkömarkkinaviranomaisten toimesta. Alueverkon omistajan vastuulla on verkoston ylläpito, käyttö ja kehittäminen. Sähkömarkkinalain mukaan verkon omistajan on myös avattava verkkonsa kaikkien halukkaiden käyttöön kohtuullista korvausta vastaan. Verkkoliiketoiminta on monopoliasemassa, mistä johtuen sitä tarkkaillaan ja säädellessään paljon. Sääntelyn tarkoituksena on varmistaa siirtohinnoittelun kohtuullisuus, koska muuten tuotto ei pysyisi sallituissa rajoissa. (Partanen, 2015).

Jakeluverkkoliiketoiminnassa samantyyppisten asiakkaiden tasavertainen kohtelu varmistetaan pistehinnoittelun avulla. Pistehinnoittelun ansiosta sähkönsiirrosta maksetaan sama hinta, vaikka etäisyys sähköaseman ja käyttöpaikan välillä vaihtelisi. Tällöin asiakas voi hankkia sähkönsä vapaasti tuottajalta mistä tahansa päin Suomea. Käyttäjän maksettavaksi jää käytetty sähköenergia sekä liittymispisteen maksu, jolla katetaan koko siirtoketju. (Partanen, 2015; Energiavirasto, 2020).

Energiavirasto valvoo, että siirtohinnoittelu noudattaa sähkömarkkinalain asettamia ehtoja, joiden mukaan hinnoittelun tulee olla tasapuolista ja kustannusvastaavaa. Energiavirasto on laatinut omat valvontametodiikkansa, joiden avulla seurataan verkkoyhtiön liiketoiminnan voittoa, mutta käytännössä valvonnan pääasiallinen kohde on yhtiön liikevaihto. Yhtiön liikevaihtoon sallitaan laskettu tuotto verkkopääomasta, verkon jälleenhankinta-arvosta määritetyt poistot sekä operatiiviset kustannukset neljän vuoden jaksoissa. Kuitenkin myös sähkönsä laadulla on vaikutusta yhtiölle sallittuun liiketulokseen. Yhtiön laskennallista voittoa ja operatiivisia kuluja seurataan ja säännellään tarkasti, minkä takia verkkoyhtiön on muokattava oman toiminnan kustannustasoa sellaiseksi, että voitto- ja laatuavoitteet saavutetaan sallitulla liikevaihtotasolla. (Partanen, 2015).

Sähkönsä siirtotariffi muodostuu perusmaksusta, energiamaksusta sekä tehomaksusta, joiden keskinäiset painoarvot määritetään esimerkiksi keskihintaperiaatteella. Keskihintaperiaatteella siirtoverkon kustannukset määritellään keskimääräisesti snt/kWh yksikkö-

hintana. Tyypillinen siirtotariffi sisältää perusmaksun (€/ajanjakso) sekä yhden tai useamman kausihinnoitteluun perustuvan energiamaksun (snt/kWh). Suurasiakkailla voidaan myös laatia erillinen tehopohjainen hinnoittelumalli, jolloin edellä mainittujen kustannusten lisäksi huipputeholla on oma hinta (€/kW, a). (Partanen, 2015).

4.2 Kaukolämmön jakeluun mallia sähkönsiirrosta

Yhteistuotannolla tuotetaan sähköä ja lämpöä yhdessä, mutta lämmön vertaaminen sähkön tuotteena on haasteellista. Siitä huolimatta Suomessa on käyty keskustelua sähkönsiirron menetelmien hyödyntämisestä myös kaukolämmön jakelussa. Esimerkiksi Lappeenrannan Energia käyttää kaukolämmön siirron hinnoittelussa erillistä jakelutariffia, jonka yritys on luonut itse sähkön siirtotariffien mallin pohjalta. (Kylliäinen, 2020; Energia Uutiset 2018).

Sähkömarkkinoita reguloidaan Energiaviraston toimesta, mutta kaukolämmöllä ei ole omaa valtiollista toimijaa, joka sääntelisi ja seuraisi sen tuotantoa. Jos kaukolämpömarkkinat halutaan vastaamaan sähkömarkkinoiden tilannetta, olisi sääntelyä ja valvontaa lisättävä. Muun muassa sääntelyn lisäämisen takia sähkömarkkinoiden jäljittely aiheuttaa paljon eriäviä ajatuksia Suomessa. Energiateollisuus ry:n sähkön ja kaukolämmön tuotannon edunvalvonnasta vastaava Jari Kostaman (2018) mukaan kaukolämpömarkkinat pitäisi avata kolmansille osapuolille vain, jos kaukolämpöyritykset itse ostaisivat markkinaehtoisesti kolmasosan myymästään lämmöstä. Kostaman mukaan verkkoja ei kuitenkaan tulisi avata, jos avaamisen seurauksena syntyisi sähköverkkoliiketoimintaa säätelevän regulaation tapainen malli. Kostaman mukaan kaukolämpöverkon kaksisuuntaisuus ei välttämättä tarvitse lakisääteistä päätöstä, vaan avaaminen voidaan toteuttaa puhtaasti markkinaehtoisesti. (Turku Energia, 2020).

Turku Energian Lämpö-yksikön johtaja Jari Kuivanen (2018) on osittain Kostamon kanssa samoilla linjoilla verkkojen avaamisesta. Kuivanen painottaa sähkö- ja kaukolämpöverkkojen eroavaisuuksia, minkä takia esimerkiksi kaukolämpöverkkoon ei ole helppoa liittää

uutta tuotantoa. Kuivasen mukaan kaukolämpöverkon avaaminen kolmansille osapuolille lisäisi kustannuksia ja vahingoittaisi kaukolämmön kannattavuutta. Kustannuksien nouseminen nostaisi mahdollisesti myös asiakkaiden kaukolämpölaskuja. (Turku Energia, 2018).

Vastakkaisen mielipiteen verkkojen avaamisesta antaa entinen sisäministeri, Kai Mykkänen. Mykkäsen (2018) mukaan kaukolämpöverkot tulisi avata sähkömarkkinoiden tavoin. Huippukulutuksen hetkinä teollisuuslaitokset voisivat varastoida hukkalämpöään ja siten myydä sitä pienemmän kulutuksen aikaan. Tämän avulla loppukäyttäjät voisivat väistää kulutuspiikkejä samalla tavalla kuin sähkömarkkinoilla. Mykkäsen mukaan kaukolämpö pitäisi myös hinnoitella tunneittain kulutusmäärästä riippuen kuten sähkö. Mykkänen väittää, että verkkojen avaaminen pienentäisi kaukolämmön kuluja. (Turku Energia, 2018).

Markkinoiden vapauttaminen voi mahdollistaa huomattavia etuja, kunhan se on toteutettu huolellisesti. Markkinarakenne, kilpailu ja tarpeellinen sääntely eivät saa olla liiallisia, vaan niiden on toimittava tehokkaasti myös käytännön tasolla. Kopsakangas-Savolainen (2002) mainitsee, että infrastruktuurialan uudelleenjärjestelyissä on lähes aina voittajia ja häviäjiä. Tämän takia on tärkeää huolehtia, että voittajat kompensoivat häviäjille tappionsa, jolloin deregulaatio ja muut teollisuudenalan toimijat kannattaisivat uudelleenjärjestelyä. (Kopsakangas-Savolainen, 2002).

Merkittävä haaste kaukolämmön ja sähkön vertaamisessa on niiden erilaisuus tuotteena. Kaukolämmössä vaadittava lämpötilataso riippuu verkosta ja ajanhetkestä, ja sen jakelu vaatii huomattavasti enemmän resursseja kuin sähkönsiirron. Kaukolämmön tuotanto ja jakelu ovat myös hyvin paikallisia verrattuna sähkön tilanteeseen. Pienemmät markkinat rajaavat tuottajien määrää kaukolämmön osalta. Sähkömarkkinoilla yksityiset asiakkaat voivat pienillä investoineilla tuottaa sähköä verkkoon, esimerkiksi aurinkokennoilla tai tuulivoimaloilla, mutta kaukolämmön osalta tämä olisi haasteellisempaa. Kaukolämmön

hinnoittelu ei myöskään perustu tällä hetkellä tuotantolaitosten hetkellisiin kustannuksiin kuten sähkössä. Toimiakseen tämä vaatisi kaukolämmölle lyhyemmän aikavälin kau-sihinnoittelua, kuten päivä- tai tunti hinnoittelun muodostamisen. Jakeluhinnoittelun osalta kaukolämmössä jakelun kustannukset ovat olleet osana nykyisiä teho- ja energia-maksuja, mutta sähkömarkkinoita seuraavassa tilanteessa pitäisi laatia täysin erillinen jakelutariffi. (Eklund 2020; Pöyry, 2017).

Kaukolämmön jakeluhinnoittelussa voidaan kuitenkin mahdollisesti ottaa mallia sulake-pohjaisesta sähkönsiirtohinnoittelusta, jolloin eri kokoiset kaukolämpöputket nähtäisiin verrannollisina eri kokoihin sulakkeisiin. Suurempi sulakekoko nostaa asiakkaan maksuja, ja samaa periaatetta voidaan mahdollisesti hyödyntää myös kaukolämmön jakeluhinnoittelussa.

Suomessa myös maakaasumarkkinat avattiin kilpailulle vuonna 2020, minkä seurauksena kaasumarkkinat muovattiin vastaamaan pitkälti sähkömarkkinoiden tilannetta. Kaasun siirto ja energian myynti eriytettiin toisistaan, ja uusi siirtoverkkoyhtiö Gasgrid Finland otti siirtoverkonhaltijan tehtävät vastuulleen. Kaasun osalta hinta muodostuu samalla tavalla kuin sähkönkin hinta: energian myynnistä sekä sen siirrosta. Lisäksi Energia-virasto valvoo kaasun siirtoa sekä kohtuullisen tuoton toteutumista, joka perustuu verkostoon sitoutuneeseen pääomaan sekä operoinnin kuluihin. (Suomen Kaasuenergia, 2020). Kaasusta käydään kauppaa kapasiteetilla sekä kaasuenergialla, jotka ovat hyvin vastaavanlaiset kuin kaukolämmön energia- sekä tehopohjainen kaupankäynti. Syy kaasumarkkinoiden avaamiseen johtuu lakimuutoksesta, joka tuli voimaan vuonna 2018. (Gasum, 2019).

Kilpailun avaaminen sekä verkkojen myynti kaasu- ja varsinkin sähkömarkkinoilla on saanut myös paljon negatiivista palautetta, johtuen jakeluyritysten monopoliaseman mahdollistamisesta ja hintojen noususta. Sähkön siirtohinnot ovat nousseet merkittävästi kilpailun avaamisen jälkeen, mikä on aiheuttanut asiakkaisissa tyytymättömyyttä. Hintojen nousua on pyritty hillitsemään muutoksilla sähkömarkkinalakiin, joka nykyään määrittää

siirtohintojen nousulle maksimimäärän, joka on 15 % vuodessa. (Yle, 2019). Myös sähköverkkoyhtiöiden kohtuullisen tuoton määrää on pienennetty lainsäädännöllä viime vuosina käytyjen keskusteluiden pohjalta. (Energiavirasto, 2019).

5. Kustannusten muodostuminen

Turku Energian asiakkaalle kaukolämpöpalveluiden hinta koostuu kaukolämmön tehoperusteisesta perusmaksusta (tehomaksu), käytetystä lämpöenergiasta (energiamaksu) sekä erillisistä liittymis- ja johtomaksuista. Erillistä hinnoittelua kaukolämmön jakelulle ei ole, sillä kaukolämmön jakeluun vaadittavan verkkotoiminnan kustannukset on jyvitetty osaksi asiakkaan teho- sekä energiamaksuja. Nykyiset asiakkaan maksut sisältävät kaukolämmön oston sekä sen toimituksen.

Avoimen kaukolämmön tilanteessa verkkoyhtiön tulisi periä ulkopuoliselta lämmöntuottajan asiakkaalta jakelusta johtuvat kustannukset verkon käytöstä syntyvien kulujen mukaan. Tämä tarkoittaa kokonaan uuden jakelutariffin muodostamista. Uuden tariffin muodostamista varten jakelusta syntyvät kustannukset tulee olla selvillä. Kustannuslaskennalla pystytään kohdistamaan kustannuksia tietyille laskentakohteille, minkä avulla kustannustietoisuutta saadaan nostettua. Kustannustietoisuus parantaa puolestaan päätöksentekoa tarjoamalla konkreettisia tilastoja päätännän tueksi.

Kustannusanalyysin avulla edistetään yrityksen tietämystä sen omien tuotteiden ja palveluiden kustannusrakenteista. Kustannusanalyysi luo tarvittavaa tehokkuutta aloitteiden tekemiseen, kun markkinoilla ei ole riittävää hintakilpailua kyseiselle tuotteelle tai palvelulle. Analyysi auttaa yritystä tekemään päätöksen siitä, tarjoaako aloite arvoa kokonaisuudessaan yritykselle. Kustannusanalyysissä ensimmäisenä tehtävänä on määrittää analyysin laajuus ja tarkoitus. Turku Energian tilanteessa tarkoituksena on selvittää kaukolämmön jakelukustannuksista syntyvä kokonaisuus, jonka avulla pystytään laatimaan kokonaan uusi tuote eli jakelutariffi. Analyysin tulee vastata kysymyksiin jakelutariffin sisällöstä sekä sen kannattavuudesta. Tätä varten tulee määrittää, mitä tietoja kerätään ja miten ne luokitellaan. Jakelun kustannuksia voidaan selvittää aiempien vuosien taloudellisten toteumien avulla, mutta tarkasteluun otettavien kustannusten tulee olla täysin riippuvaisia jakelusta. Useat kustannukset voivat kuitenkin olla riippuvaisia monista eri tekijöistä ja tuotteista, jolloin tulee määrittää, miten päällekkäisyys tai resursien jakamista koskevat hankkeet määritellään. Hankkeiden erottaminen varmistaa sen,

ettei samoja kustannuksia kateta useaan kertaan. Esimerkiksi jakelutariffia määritettäessä tulee arvioida, kuinka paljon valvomohenkilöstön palkkakuluja jyvitetään osaksi jakelun tai tuotannon kustannuksia.

Analyysin tarkoituksena on määrittää verkkotoiminnasta syntyvät kustannukset, ja jaotella ne oikeille kustannuspaikoille. Tämän jälkeen eri kustannuspaikkojen kulut jaetaan jakelun hintakomponenteille. Lähtökohtaisesti pyritään jakeluhinnaston kustannusvas-
taavuuteen ja aiheuttamisperusteiseen hinnoitteluun, jonka avulla varmistetaan kustan-
nusten mahdollisimman oikeudenmukainen kohdistaminen niiden aiheuttajille. Alla ole-
vassa taulukossa (ks. Taulukko 2) näkyy Turku Energian kaukolämpöverkkopalveluista ai-
heutuvien kustannuksien jakautuminen vuonna 2019 (ks. Liite 1).

Taulukko 2. Nykyisen verkkotoiminnan kiinteiden kustannuksien jakautuminen eri toi-
mintoihin.

Kustannuspaikka	Osuus kokonaiskustannuksista %
Hallinnointikustannukset	11
Vuokrat ja muut kulut	38
Käyttö ja kunnossapito	28
Investoinnit ja poistot	23

Taulukkoon on listattu vuoden 2019 Turku Energian lämpöyksikön verkko-omaisuus pal-
veluiden kiinteiden kustannuksien osuudet toiminnan kokonaiskustannuksista. Koko-
naiskustannuksista noin 11 prosenttia kuluu toiminnan hallinnointiin, mikä pitää sisäl-
lään työntekijöiden työajan kuukausi- sekä tuntipalkkojen lisäksi sosiaalimenot. Kauko-
lämpöverkkotoiminnan suurin yksittäinen menoerä syntyy Turun lähikaupunkien omis-
tamista kaukolämpöverkoista, joita Turku Energia vuokraa käyttöönsä. Vuokratustannuk-
set kattavat kokonaiskustannuksista yli 30 prosenttia. Vuokrat sekä liiketoiminnasta syn-
tyvät muut kustannukset lasketaan yhteen samaan kategoriaan, joka vastaa kokonaisuu-

nessaan 38 prosenttia kokonaiskustannuksista. Verkoston ylläpito, materiaalit ja palvelut vastaavat yhdessä 28 prosenttia kokonaiskustannuksista (ks. Liite 1). Verkko-omaisuusyksikön negatiivinen toteuma johtuu siitä, että yksikön tarkoitus ei ole tehdä voittoa, vaan keskittyä verkoston käyttö ja kunnossapitoon, josta syntyy reilusti kuluja.

Avoimen kaukolämmön tilanteessa tehdään oletus, että Turku Energia omistaisi verkoston kokonaisuudessaan, jolloin välttyään verkoston vuokramaksuista kaupungeille. Jakelutariffia laaditaan pelkästään Turun alueen verkostoille, jotka Turku Energia omistaa täysin. Muiden kaupunkien omistamat verkot voivat aiheuttaa ongelmia kolmannen osapuolen tuotannolle, koska verkoston vuokrasopimukset saattavat estää muiden kuin Turku Energian tuottaman kaukolämmön jakelun. Näistä syistä johtuen lopullista tariffia laadittaessa ei olla otettu huomioon verkoston vuokrauskuluja. Lisäksi jakelutariffia laadittaessa lisäveden kulut määritellään osaksi kiinteitä verkostokuluja, joka muuttaa edellä mainitun taulukon rakennetta.

5.1 Tämänhetkiset lämmön tariffit

Tällä hetkellä Turku Energian kaukolämpöpalveluiden kustannukset jaotellaan teho- ja energiamaksujen mukaan. Lisäksi kaukolämpöverkkoon liittyessä asiakkaalle muodostuu kustannuksia liittymis- sekä mahdollisesti erillisestä johtomaksusta. Asiakkaan lämmön käytöstä syntyvät kustannukset katetaan kuitenkin energia- ja tehomaksulla, joiden erilaisella painottamisella saadaan aikaan eri asiakkaille toimivia kokonaisuuksia. Esimerkiksi kaukolämmön suurkäyttäjille tehomaksupainotteinen tariffi on taloudellisesti parempi ratkaisu kuin energiapainotteinen vaihtoehto. Vastaavasti pienasiakkaille vähäinen lämmön käyttö tulee energiamaksuun painottuvalla tariffilla edullisemmaksi kuin tehopainotteinen. Nykyiset tariffit pitävät sisällään myös ostetun lämpöenergian (Eklund, 2020).

5.1.1 Tehomaksu

Tehomaksu (aiemmin perusmaksu) on yhdessä kiinteistön omistajan kanssa sovittu kaukolämmön sopimusteho, joka varataan kiinteistön käyttöön. Tehomaksu varmistaa riittävän kapasiteetin asiakkaan sopimuksen mukaan. Sopimusteho kattaa lämmityksen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan tehon. Sopimusteho P (kW) määrittää tehomaksun suuruuden. (Turku Energia, 2020b). Ideaalilanteessa tehomaksuun kohdistettaisiin ainoastaan sellaisia kustannuksia, jotka riippuvat pelkästään asiakkaan olemassaolosta, joita ovat esimerkiksi tuotannon kiinteät kustannukset, asiakaspalvelu, mittaus, laskutus, muut vastaavat toiminnot sekä myös osa verkostokustannuksista. (Honkapuro, 2017).

Turku Energian nykyinen tehomaksu lasketaan alla olevan kaavan mukaan (ks. Taulukko 3), jossa n = Tilastokeskuksen laskema rakennuskustannusindeksi RKI 2015=100 (1.12.2019 alkaen tehomaksulaskelman kerroin $n = 1,03$). (Turku Energia, 2020b).

Taulukko 3. Turku Energian sopimustehoperusteisen tehomaksun laskentakaava.

Teho P (kW)	Perusmaksu €/a
Alle 15	$n * 362,752$
15 – 65	$n * (P * 30,6072)$
65 – 165	$n * (P * 27,2064 + 221,052)$
165 – 650	$n * (P * 13,6032 + 2465,58)$
Yli 650	$n * (P * 6,8016 + 6886,72)$

5.1.2 Energiamaksu

Energiamaksu on virtausperusteinen maksu kaukolämpöverkkoon liittyneelle asiakkaalle, mitä maksetaan käytetyn lämmön mukaan (€/MWh). (Turku Energia, 2020b). Energiamaksu määräytyy kausittain, minkä avulla pystytään mukautumaan paremmin Suomen neljään vuodenaikaan ja kysynnän vaihteluun. Kausihinnoittelun avulla pystytään mini-

moimaan riskejä, ja samalla tasataan toiminnan tuottavuuden suuria vaihteluita. Talviaikana monet kaukolämpöpalvelun kustannukset ovat suurempia kuin kesäaikoina, mistä syystä lämmön hinta on korkeampi talvisin. (Syrjälä, 2020). Turku Energian nykyinen energiamaksu lasketaan alla olevan taulukon mukaan (ks. Taulukko 4).

Taulukko 4. Turku Energian kausiperusteinen energiamaksu.

Kausihinta	Kausi	Hinta
Kevät	1.3.2020 - 31.5.2020	7,081 snt/kWh (70,81€/MWh)
Hintaennuste		
Kesä	1.6.2020 – 31.8.2020	5,219 snt/kWh (52,19 €/MWh)
Syksy	1.9.2020-30.11.2020	6,948 snt/kWh (69,48 €/MWh)
Talvi	1.12.2020 – 28.2.2021	8,402 snt/kWh (85,02 €/MWh)

5.1.3 Liittymismaksu

Liittymismaksut määritellään sopimustehon perusteella. Turku Energia noudattaa Energiateollisuus ry:n suosituksen mukaista määritelmää, jonka mukaan sopimusteholla (kW) tarkoitetaan asiakkaan käyttöön suunnitelmassa varattua suurinta tuntikohtaista lämpötehoa. Liittymis- ja johtomaksulla Turku Energia rakentaa kaukolämmön liittymäjohton ja mittauskeskuksen kiinteistön lämmönjakohuoneeseen. (Turku Energia, 2020b).

5.1.4 Johtomaksu

Liittymismaksun lisäksi peritään johtomaksu liittymisjohton pituuden mukaan 20 metriä ylittävältä johto-osuudelta tonttialueella ja 2 metriä rakennuksessa mitattuna tontin rajalta mittauskeskuksen pääsulkuventtiileille. Uusien pientalojen keskimääräinen liittymisjohton kokonaispituus ei voi kuitenkaan ylittää 30 metriä. (Turku Energia, 2020b).

5.2 Kustannukset

Kustannuksia tarkastelemalla voidaan kartoittaa, mistä kustannukset syntyvät ja mitkä tekijät vaikuttavat niiden suuruuteen. Kaukolämpötoiminnassa jakelusta syntyvät kulut jaotellaan kiinteisiin sekä muuttuviin kustannuksiin. Yksityiskohtaisemman tarkastelun avulla kustannukset voidaan jakaa kuuteen eri kategoriaan (Frederiksen, 2015, s.520), jotka ovat:

- Jakelun pääomakulut, jotka edustavat verkoston rakentamiseen liittyvän sijoitus-
pääoman vuotuisia takaisinmaksuja
- Jakelun lämpöhäviöstä syntyvät kulut
- Jakelun painehäviöstä syntyvät kulut
- Jakelun käynnissä- ja kunnossapitokulut
- Pumpppauksen kulut
- Vuotovedestä syntyvät kulut

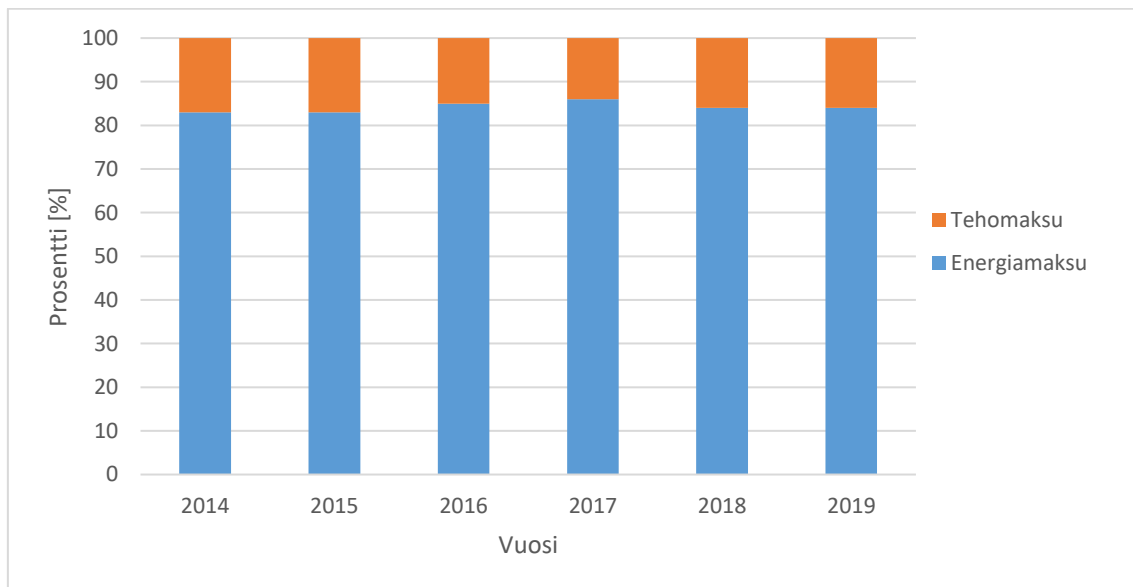
Jakelun pääomakustannukset ovat riippuvaisia johtorakenteiden tyypeistä ja koko verkoston tehokkuudesta. Yleisesti lämmönjakelun tehokkuutta kuvataan verkon rakennustiheyden tunnusluvulla, joka lasketaan jakamalla lämmitettävä rakennustilavuus ($r \cdot m^3$) verkon johtopituudella (m). Saadulla luvulla kuvataan, kuinka tiheästi kaukolämpöverkon lähialue on rakennettu. (Koskelainen, 2006, s.469). Suurempi tunnusluvun arvo kertoo edullisesta kaukolämpöverkosta, jolloin kiinteät sekä muuttuvat kustannukset ovat pieniä siirrettyä energiamäärää kohti. Tiheään rakennettu ympäristö vähentää myös lämpöhäviöiden määrää, sillä verkstohäviöiden määrä on kääntäen verrannollinen rakennustiheyden arvoon. (Koskelainen, 2006, s. 469).

Toimivassa kustannuslaskennassa laskentakohteelle tulisi kohdistaa vain täysin sille kuuluvia kustannuksia noudattaen niin sanottua aiheuttamisperiaatetta. Ideaalitilanteessa tehomaksulla katettaisiin kaikki kiinteät kustannukset ja energiamaksulla muuttuvat kustannukset, mutta täysin aiheuttamisperiaatteen mukainen toiminta on usein lähes mahdotonta toteuttaa. Kuitenkin mahdollisimman tarkasti noudatettu aiheuttamisperiaate

takaa usein tulosten hyvän laadun. (Suomala, P., Manninen, O. & Lyly-Yrjänäinen, J., 2011, s.90)

Jakelun pääomakulut katsotaan kuuluvaksi kiinteisiin kuluihin, kuten myös käynnissä- ja kunnossapidosta syntyvät kulut. Lämpöhäviöt, lisävesi ja paine-eron muutokset ovat virtausperusteisia eli muuttuvia kuluja. Kuitenkin toiminnassa on mukana kustannuksia, joiden aiheuttamisperiaatteen mukainen jako komponentteihin ei ole täysin yksiselitteistä. Tarkastelemalla kirjanpitolietoja viimeisen 5 vuoden ajalta saadaan hyvä yleiskuva verkotoiminnasta syntyvistä kustannuksista.

Turku Energian kaukolämpöasiakkaan maksut painottuvat keskimäärin enemmän energiamaksuun kuin tehomaksuun (ks. Kuva 7). Kuitenkin tulee muistaa, että kaukolämmön suurimmat kustannukset muodostuvat polttoainekustannuksista, jotka ovat riippuvaisia kulutuksen määrästä. Tämän takia onkin selvää, että kulutukseen sidonnaiset energiamaksut ovat näin suuressa osassa kokonaismaksuissa.



Kuva 7. Kaukolämmön tehomaksun sekä energiamaksun suhde kokonaismaksusta.

5.2.1 Kiinteät kulut

Kiinteisiin kuluihin kuuluu muun muassa verkoston käyttö ja kunnossapito. Käyttö ja kunnossapito koostuvat verkon ylläpidosta ja näillä toimilla varmistetaan verkkojen jatkuva käytettävyys. Tarvittavat saneeraukset ja ennakkoimenpiteet ovat osa kiinteitä kuluja, joita voidaan hoitaa yhtiön omalla työvoimalla tai vaihtoehtoisesti alihankintana. Verkoston yleiskunnosta pidetään huolta vuosihuolloilla sekä jatkuvalla valvonnalla, ja nämä kulut ovatkin tärkeä osa kiinteitä kustannuksia. Verkoston käyttö ja kunnossapidon kuluihin kuuluvat myös henkilöstön palkat sekä muut sosiaalikulut.

Verkoston kunnossapitoon kuuluu myös verkoston komponenttien, laitteiden sekä rakennuksien yleismenot. Tästä johtuen pumppaamoiden sekä venttiili- ja lämmönsiirinasemien yleismenot lasketaan osaksi kiinteitä kuluja. Asiakkaiden ilmoittamat vikaselvitykset ja niiden korjaukset ovat osa kiinteitä kuluja, ellei vikatila ole johtunut asiakkaan huolimattomasta toiminnasta. Lisäksi kiinteitä kuluja syntyy lämmön mittauslaitteista sekä itse käytetyn lämmön mittauksesta. Energiatehokkuuslaki (Finlex, 2014) määrää mittauslaitteiden tarjoamisen kilpailukykyiseen hintaan kaukolämmön loppukäyttäjälle, joten avoimen kaukolämmön osalta kulut kohdistuisivat joko kolmannen osapuolen tuottajalle tai verkkoyhtiölle.

Suurin yksittäinen kuluerä Turku Energian verkkoliiketoiminnassa on verkoston vuokraus. Turku Energia vuokraa Turun alueen ulkopuolista verkostoa naapurikunnilta. Vuokrilla katetaan verkosto sekä lämpökeskukset. Lisäksi kiinteisiin kuluihin otetaan huomioon verkoston kunnonvalvonta, kehittäminen ja muut investoinnit. Verkoston kiinteitä kuluja arvioidessa on tärkeää myös ottaa huomioon vuosipoistot. Verkoston rakennusinvestoinnit halutaan jakaa tasaisesti koko verkoston käyttöiälle, jolloin välttyään yksittäisen vuoden tilikauden vääristymältä, minkä takia vuosipoistot ovatkin merkittävä osa kiinteitä kuluja vuosittain.

Osa kiinteistä kuluista on mahdotonta jakaa pelkästään verkoston toimintoihin, koska useat kustannukset jakautuvat samalla myös muille toiminnoille. Esimerkkejä näistä ovat

muun muassa valvomoiden henkilöstökulut. Valvomon kulut jaotellaan sekä tuotannon että verkoston alueelle, jolloin tulee määrittää mahdollisimman tarkka suhde kulujen jakamiseksi. Myös lämpöliiketoiminnan yleiskuluja täytyy jyvittää osaksi verkoston kuluja. Kulujen suhdeluvun määrittämisessä voidaan käyttää esimerkiksi yksiköiden henkilöstömääriä, joiden avulla pystytään jakamaan kulut reilusti eri yksiköiden välille. Viimeisenä lisäyksenä kiinteille kuluille tulee kohdentaa kohtuullinen tuotto, jonka avulla varmistetaan liiketoiminnan kannattavuus. (Merivuori, 2020).

Kaukolämpöverkoissa käytettävä lisävesi on periaatteessa muuttuva kustannus, mutta se voidaan myös määrittää kiinteänä kuluna, jolloin se sisältää raakaveden kulut sekä tarvittavat prosessikulut. Lisäksi muut muuttuvat kulut määritellään suhteessa energiaan (€/MWh), mutta lisäveden arvo lasketaan suhteessa kuutiomäärään (€/m³), minkä takia lisävesi on luontevampaa laskea kiinteänä kuluna. Veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä E saadaan laskettua alla olevalla kaavalla (ks. Kaava 1).

$$E = m * c * \Delta T, \quad (1)$$

missä m on aineen massa, c on aineen ominaislämpökapasiteetti ja ΔT on lämpötilan muutos.

Keskimäärin Turku Energian tulee lämmittää toimitettua raakavettä 75 astetta kuumemmaksi ja veden ominaislämpökapasiteetti on 4,182 kJ/K * kg. Oletetaan, että kuutio vettä painaa 1000 kg. Tällöin yhden vesikuution lämmittämiseen kuluu energiaa noin 313 650 kJ, mikä vastaa kilowateissa 87 kWh/m³. Tällä luvulla voidaan laskea rahallinen arvo kuutiolle vettä käyttämällä apuna keskimääräisiä lämmön tuotantokustannuksia.

5.2.2 Muuttuvat kulut

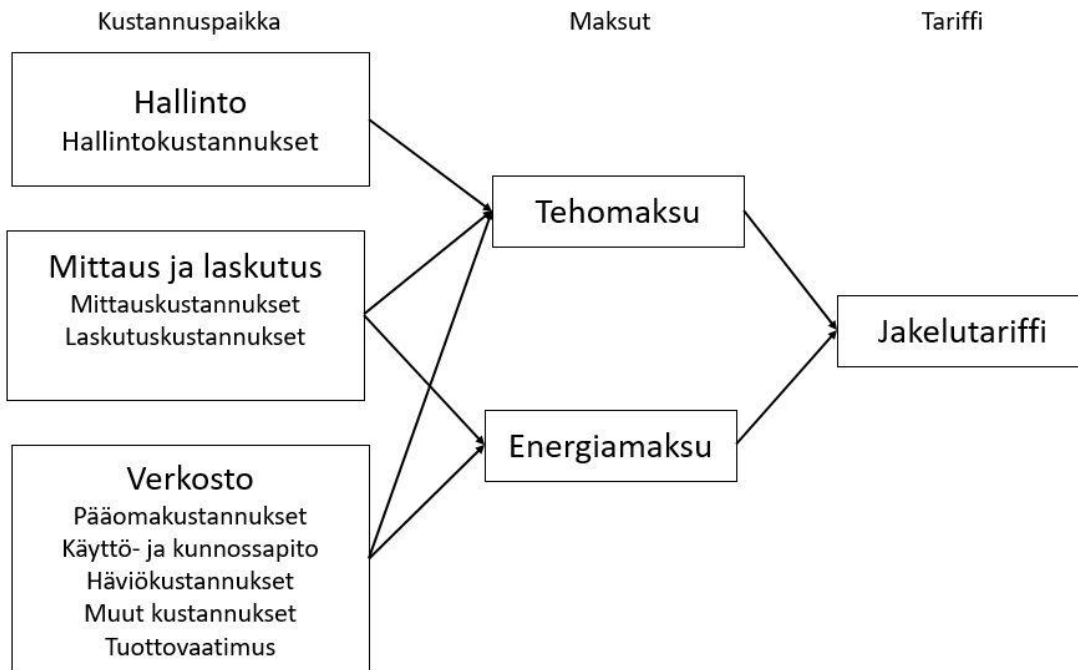
Muuttuvat kulut ovat riippuvaisia siirretystä energiamäärästä. Muuttuvia kuluja verkko-liiketoiminnassa ovat veden virtaamiseen vaadittavat pumppauskulut, lisävesi sekä ver-

koston lämpöhäviöt, koska niiden voidaan ajatella olevan riippuvaisia jaellun lämpöenergian määrästä. Jakelusta syntyvää häviötä voidaan ajatella olevan kahdenlaista: ensimmäinen häviötyyppi on vedessä olevan lämmön johtuminen verkon ympäristöön, ja toinen häviö on mittauslaitteiden epätarkkuudesta tai vikatilasta johtuvaa häviötä. Näiden kahden eri häviötyypin kustannukset voivat olla hyvin kaukana toisistaan, koska ensimmäinen on luonnollista häviötä, jonka suuruutta voidaan arvioida etukäteen. Mittauslaitteiden johtuvat virheet voivat olla suuntaan tai toiseen, jolloin niiden arvioiminen on haasteellista. (Syrjälä, 2020). Työssä kuitenkin oletetaan, että kaikki häviö on luonnollista johtumista. Syynä tähän on oletus mittausvirheiden suhteellisesta merkitsemättömyydestä kokonaisuudessa sekä niiden paikallisuus. Lisäksi mittausvirheiden suuruudesta ei ole tarpeeksi dataa tarkempien arvioiden laatimista varten.

Lämmön häviöt ovat suhteellisesti suurimmillaan kesäaikoina, jolloin kaukolämmön kulutus on vähäistä, minkä takia vesi ehtii seisomaan verkostossa pidempiä aikoja. Huippukäytön aikaan veden häviöt ovat pienempiä prosentuaalisesti, mutta kasvaneen volyymin takia rahallinen menetys on suurempaa. Myös muuttuviin kuluihin on kohdistettava kohtuullinen voitto, mikä puolestaan välittyy kaikkien asiakkaiden energiamaksuihin saman suuruusena siirrettyä energiayksikköä kohden (Eklund, 2020).

5.3 Kustannusten jako hintakomponenteille

Kaukolämmön jakelussa kustannuspaikat ovat hallinto, kaukolämpöverkosto sekä sen mittaus- ja laskutustoiminnot (ks. Kuva 8). Jakeluhinnaston määrittämisessä on tärkeää se, miten eri kustannuspaikkojen kustannukset kohdennetaan jakelutuotteiden energia- ja tehomaksuihin. Verkkoyhtiön toiminnan läpinäkyvyyden takia on tärkeää pystyä osoittamaan, miten kustannuspaikkojen kustannukset jaotellaan tariffin teho- ja energiamaksuihin.



Kuva 8. Kaukolämmön jakelun kustannuspaikat ja kustannuksien kohdistaminen jakelutariffiin.

Kaukolämmön hallinnointikustannukset ovat kiinteitä kustannuksia, joten niiden sisällyttäminen tehomaksuun on luonnollista. Myös mittaus- ja laskutuskustannukset ovat kiinteitä kuluja pääsääntöisesti, mutta niiden voidaan myös katsoa kuuluvan osittain virtausperusteiseen kulutukseen, jolloin osa kustannuksista voidaan jyvittää energiamaksuun. Verkostokustannuksista muodostuu niin muuttuvia kuin kiinteitäkin kuluja, jolloin kustannukset jaotellaan molempiin maksuluokkiin. Verkoston käynnissä- ja kunnossapito kuuluvat verkkoyhtiön perustoimintoihin, ja ne määritetään kiinteiksi kuluiksi, jotka katetaan tehomaksulla. Kaukolämmön häviökustannukset sekä jakelusta syntyvät kulut kohdistetaan energiamaksuun, koska kyseiset kulut ovat riippuvaisia siirretyn lämpöenergian määrästä. Asiakkaista syntyvät kustannukset jaotellaan tehomaksuun, sillä kustannukset eivät ole suoranaisesti riippuvaisia siirrettyyn lämpöenergiaan. Pumppaukset kuuluvat luonnollisesti verkoston muuttuviin kustannuksiin, jolloin niiden kulut ovat osana energiamaksua. Myös verkoston lisävesi on riippuvainen kulutuksesta, mutta kuitenkin sen kulut siirtyvät tehomaksuun. Syyt tähän on perusteltu luvussa 6.

Osa kustannuksista on hyvin vaikea jaotella tarkasti vain yhteen maksuun, koska niiden voidaan ajatella olevan riippuvaisia käytetystä lämmöstä sekä olevan samalla kiinteitä kustannuksia. Esimerkiksi verkoston eri komponenttien huoltotyöt ajatellaan tehtävän siksi, että vanhetessaan niitä tulee joka tapauksessa ylläpitää ja huoltaa, jolloin huoltokustannukset eivät ole riippuvaisia siirrettävän lämmön määrästä. Kuitenkin samalla joissakin tapauksissa verkon korkea käyttöaste kuormittaa kyseistä komponenttia, jolloin huoltokustannukset ovat riippuvaisia veden virtauksesta. Samalla tavoin suuret investointikustannukset eivät ole riippuvaisia jaetusta kaukolämmöstä sen jälkeen, kun verkostokomponentti, esimerkiksi pumppaamo, on rakennettu. Toisaalta kaukolämmön käytön volyymilla on kuitenkin merkitystä sen suhteen, että uudelle pumppaamolle on tarvetta, ja sen suhteen, kuinka suuri pumppaamo todellisuudessa valitaan. Kustannuksien lopullisessa jaottelussa on suuria eroja eri kaukolämpöyhtiöiden välillä.

Jakelukustannuksissa on periaatteessa mukana myös liittymis- ja johtomaksut, jotka ovat kertaluontoisia kustannuksia, joilla katetaan uuden asiakkaan tai tuottajan liittyminen verkkoon. Tarkastelemalla viime vuosien kirjanpitoa saadaan kaukolämpöverkkoliiketoiminnan kaikki kustannukset määriteltä, minkä pohjalta voidaan laatia uusi jakelutariffi.

5.4 Nykytila Turku Energian kaukolämmön jakeluhinnoittelussa

Turku Energian nykyiset jakelun kustannukset ovat osana kaukolämmön myyntiä, joten tällä hetkellä erillistä jakeluhinnastoa ei ole lainkaan olemassa. Suomessa myös muilla kaukolämpöyhtiöillä kustannuksien kattaminen tapahtuu useimmiten kolmella eri maksulla, jotka ovat teho-, energia- sekä liittymismaksut. (Energiateollisuus, 2020). Kaukolämpöyhtiöissä painotetaan eri tavoilla kulutuksen ja kiinteiden kustannuksien suhdetta kokonaiskustannuksissa. Kulutuksen mukaan painottuva laskutus tukee asiakkaan vaikutusta omien maksujensa suuruuteen, mutta se luo kaukolämpöyhtiölle suuria eroja myynnin tulojen suhteen vaihtelevan kysynnän takia. Kiinteisiin perus- ja tehomaksuihin

painottuvat maksut eivät puolestaan tue asiakkaan omaa energiatehokasta käyttäytymistä, mutta puolestaan auttavat yhtiötä saamaan tasaisen tulovirran vuoden läpi. Yhtiön toiminnan kannalta onkin tärkeää löytää oikea tasapaino maksujen suhteeseen.

Vain Lappeenrannan energia Oy:lla on käytössä erillinen siirtohinnoitus myyntihinnaston lisäksi. Erilliseen siirtohinnoitukseen on kuitenkin jyvitetty muitakin yhtiön kuluja kuin vain siirrosta syntyviä kustannuksia (Kylliäinen, 2020). Tästä syystä muiden yhtiöiden hinnoitusten vertaaminen on haasteellista Turku Energian kannalta. Nyt laadittavassa jakelutariffissa on kyse kolmansien osapuolien tuotannon jakelusta, jolloin jakelukustannuksiin ei ole perusteltua sisällyttää myös toimintaan kuulumattomia kustannuksia, esimerkiksi Turku Energian kaukolämmön tuotannon kuluja.

5.5 Jakelutariffin hinnoittelumalli

Uuden hinnoittelujärjestelmän keskeisiä tehtäviä hintojen määrittämisessä ovat (Partanen 2015):

- Kaukolämpöverkko liiketoiminnan jakaminen eri kustannuskomponentteihin (kustannuspaikat)
- Kustannuskomponenttien keskimääräisten kustannusten määrittely
- Kustannuskomponenttien kustannusten kohdentaminen tuotteiden eri osiin (teho- sekä energiamaksu)
- Näin saadun hinnoittelujärjestelmän eri tuotteiden hintojen arviointi ja täsmennys
- Lopullisten hintojen määrittäminen eri tuotteilla

Tehomaksupainotteisella hintastrategialla kaukolämpöyhtiö pystyy vaikuttamaan asiakaskäyttäytymiseen ja samalla madaltamaan omia vuosittaisia tuottotasojen vaihteluja. Suurentamalla tehomaksun osuutta jakeluhinnoittelussa yhtiö pystyy ohjailemaan asiakkaan valintoja, koska kalliit perusmaksut voivat saada asiakkaat valitsemaan

pienemmän tehokapasiteetin, jolloin jakelua voidaan mitoittaa pienemmälle putkikoolle. Tämä pienentää asiakkaan kuin myös yrityksenkin kuluja, tukemalla samalla energiatehokasta toimitapaa. Tehoperusteisessa tariffissa minimoidaan myös vuodenaikojen aiheuttamaa tulotasojen vaihtelua, sillä kiinteät kuukausi- tai vuosimaksut takaavat yhtiön toiminnalle vakaan kassavirran, joka ei ole riippuvainen asiakkaiden energian käytöstä. (Partanen, 2015).

Energiamaksun avulla kaukolämpöyritys pystyy myös ohjaamaan asiakkaan lämmönkäyttöä. Energiamaksuun perustuva hintastrategia tukee asiakkaan taloudellista energiankäyttöä. Tämä luo yhtiölle taloudellista riskiä, koska asiakkaiden lämmön kysyntä voi vähentyä, mutta samalla se kuitenkin noudattaa energia-alan trendien mukaista vähemmän ympäristöä kuormittavaa käytöstä. Energiatehokkuutta tarkastelemalla asiakkaan on helppo kiinnittää huomiota kulutuksen tehohuippuihin ja muuttaa toimintamallejaan sen mukaisesta.

5.6 Tariffirakenteita

Nykyään Turku Energian kaukolämmön jakelukustannukset ovat osana teho- ja energiamaksuja, mutta tulevaisuudessa vaihtoehtoisia tariffirakenteita voi olla useampiakin, koska yhtiö pyrkii löytämään mahdollisimman tehokkaan ratkaisun, jolla vastataan tulevaisuuden haasteisiin. Tässä luvussa esitellään lyhyesti erilaisia ratkaisuja jakelutariffiksi kolmannen osapuolen tuotannon tilanteessa Turku Energian kaukolämpöverkossa.

5.6.1 Kiinteä perusmaksu

Kiinteään perusmaksuun keskittyvä jakelutariffi on yksinkertaisin vaihtoehto verkkoyhtiön sekä asiakkaan näkökulmasta. Kiinteä kuukausi- tai vuosimaksu, jonka avulla verkkoyhtiö kattaa jakelusta siirtyvät kulut, ei kuitenkaan tue energiatehokasta käyttäytymistä lainkaan ja asettaa asiakkaat eriarvoiseen asemaan kustannuksien osalta. Sähkön siirrossa kiinteiden perusmaksujen osuus onkin kasvanut viime vuosina, kun taas Turku

Energian myymässä kaukolämmössä energia- ja tehomaksujen suhde on pysynyt lähes samana viime vuosien aikana.

Verkkoyhtiölle jakelutariffi, joka perustuu kiinteään osaan, takaa ennustettavan ja yksinkertaisen liiketoiminnan nykyiseen verrattuna. Kiinteä perusmaksu ei myöskään tarvitsisi suuria investointeja tietojärjestelmiin tai mittauslaitteisiin, sillä nykyisin käytössä olevat laitteet toimisivat hyvin myös tässä tariffimallissa. Asiakkaalle yksinkertainen kuukausi- tai vuosimaksu loisi huolettoman käytön ja selkeän kustannustenseurannan.

Haittapuolia pelkästään kiinteään maksuun perustuvassa jakelutariffissa on kuitenkin lukuisia. Kiinteään maksuun perustuva tariffi ei ohjaa asiakasta lainkaan energian ja tehon käytössä, mikä taas puolestaan näkyy verkoston vahvistamisen tarpeena käytön kasvaessa. (Honkapuro, 2016).

Yhteiskunnan ja nykyisen ilmastopolitiikan kannalta kyseinen ratkaisu jakelutariffia varten ei ole haluttu. Ratkaisu ei tue kokonaistehokasta energiankäyttöä, eikä myöskään paranna kaukolämpöverkoston resurssitehokkuutta. Ristisubventio olisi myös merkittävän suurta tässä jakelutariffimallissa. (Honkapuro, 2016).

5.6.2 Kiinteä perusmaksu ja kulutusmaksu

Jakelutariffi, joka koostuu kiinteästä perusmaksusta ja kulutusmaksusta, on hyvin yleinen ratkaisu niin sähkön siirrossa kuin myös kaukolämmön jakelussa. Asiakkaan maksut koostuvat kuukausittain tai vuosittain perittävästä perusmaksusta sekä lisäksi energian kulutuksesta riippuvaisesta kulutusmaksusta. Kulutusmaksuille on tyypillistä, että ne voivat vaihdella aikakausittain, kuten esimerkiksi vuodenaikojen vaihtumisen mukaan. Muuttuvalla kulutusmaksulla vastataan kysynnän vaihteluihin. Kiinteään perusmaksuun ja kulutusmaksuun rakennettu jakelutariffi toimii hyvin niin sähkön kuin myös kaukolämmön

kaupunkiverkkoyhtiöllä, koska näillä alueilla on paljon tiiviisti asuvia asukkaita, jolloin yksittäisen asiakkaan vaikutus verkoston mitoittamiseen on melko vähäistä. (Honkapuro, 2016).

Verkkoyhtiölle sekä asiakkaalle tämän tyyppinen tariffirakenne on jo entuudestaan tuttu sekä yksinkertainen, koska vastaavia ratkaisuja on hyödynnetty jo vuosikymmeniä. Kulutusmaksun mukaan ottaminen tarffiin tukee asiakkaan energiatehokasta toimintaa, koska tässä tilanteessa asiakkaan teoilla on vaikutusta maksujen suuruuteen. Kuitenkin sähkön siirrossa perusmaksujen osuus on noussut viime vuosien aikana, jolloin asiakkaan vaikutus kokonaiskustannuksiin on pienentynyt. (Honkapuro, 2016). Kaukolämmön osalta Turku Energian asiakkaiden maksujen suhde on kuitenkin pysynyt samanlaisena viime vuosien aikana. Tämän tariffirakenteen suurimpana haasteena on kustannusvastaavuus. Asiakkaat, joiden rakennuksissa on erittäin hyvät eristykset, eivät kuluta yhtä paljon energiaa, mutta tehontarve voi silti olla suurta. Pahimmillaan paljon energiaa kuluttavat asiakkaat joutuvat kustantamaan vähän kuluttavien asiakkaiden verkon käyttöä. (Honkapuro, 2016).

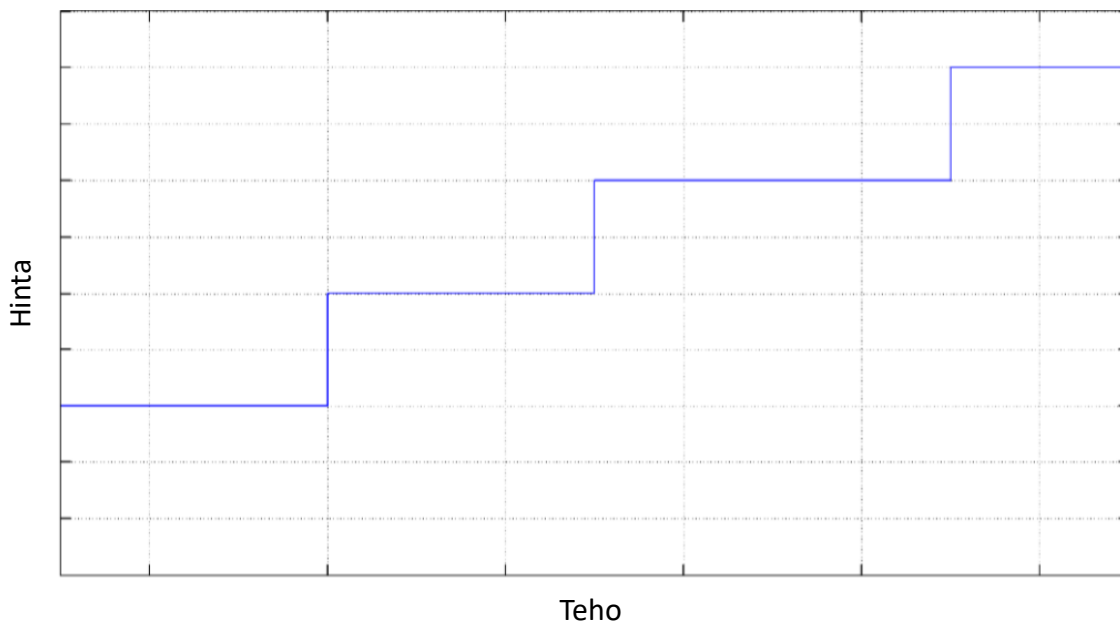
Verkkoyhtiön näkökulmasta kyseinen tariffirakenteen vahvuutena on kokemus sekä yksinkertaisuus. Kokemusta samanlaisista rakenteista on vuosien ajalta, jolloin toiminta ei vaadi suuria suunnittelukustannuksia. Myös vanhat tietojärjestelmät sekä mittauslaitteet ovat edelleen käytettävissä tässä tariffimallissa. Haittapuolena on edelleen tehon huomioonottamisen puute tariffista, jolloin asiakkaan tehonkäyttöä ei voida ohjata tällä mallilla. Myös tässä mallissa verkoston vahvistamistarpeet voivat tulla yleisiksi.

Yhteiskunnallisesti tarkasteltuna tämä tariffityyppi ohjaa vähentämään energiankulutusta ja kannustaa energiatehokkuuteen esimerkiksi rakennuksien hyvällä eristämällä. Ongelma tässä mallissa on se, ettei se kannusta kysynnänjoustoon, koska tariffi ei ohjaa asiakasta kokonaistehokkaaseen toimintaan, jolloin myös kapasiteetti, sen rajallisuus sekä tuotannon ajankohtainen vaihtelevaisuus otettaisiin huomioon. (Honkapuro, 2016).

5.6.3 Teholuokittain porrastettu perusmaksu ja kulutusmaksu

Tämä tariffirakenne on periaatteeltaan samanlainen kuin edeltäväkin, mutta erona tässä mallissa on asiakkaan tehomaksun perusosan riippuvuus siitä, mille tehoportaalte asiakas sijoittuu huipputehonsa (putkikoon) perusteella. Kasvattamalla putkikokoa saadaan asiakkaalle siirrettyä suurempi määrä energiaa, mikä taas puolestaan nostaa kuluja ja asiakkaan maksuja tietyin tehovälein.

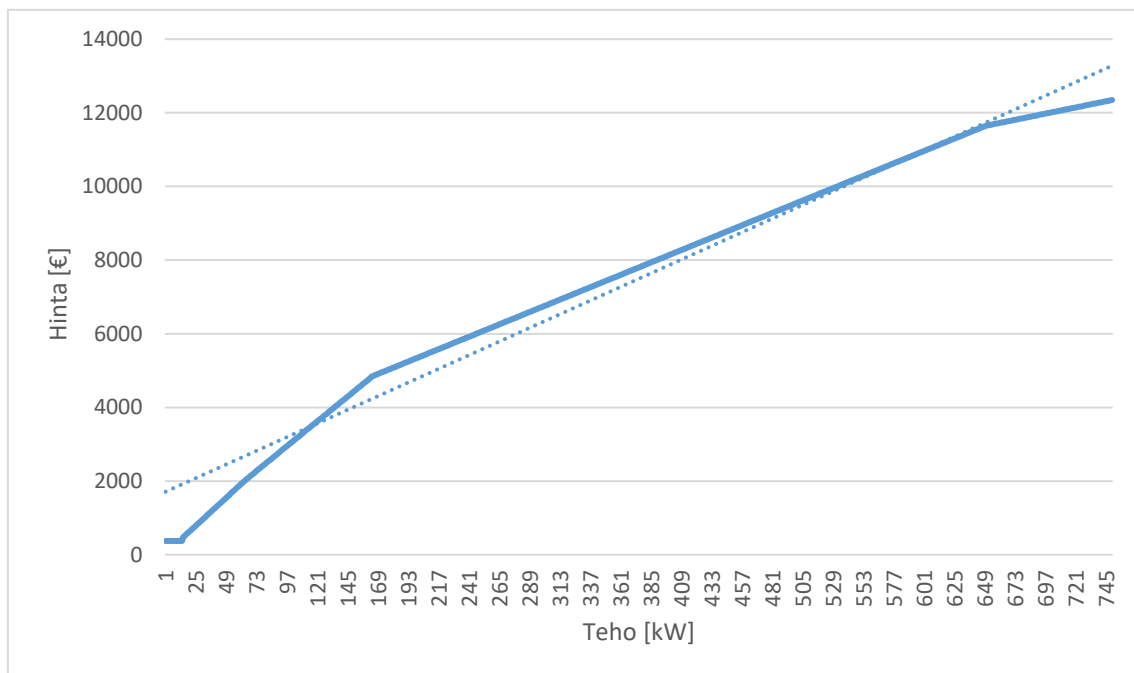
Alla olevassa kuvassa (ks. Kuva 9) nähdään, miten maksun suuruus kasvaa pykälittäin tehon noustessa. Jakelumaksun suuruus pysyy asiakkaalle samana huipputehon pysyessä tariffin määrittelemien arvojen välissä.



Kuva 9. Teholuokittain porrastettu jakelumaksun suuruus määräytyy kuvan kaltaisella kuvaajalla.

Asiakkaalle tehoporrastettu jakeluhinnasto on yksinkertainen, koska tehomaksu koostuu yhdestä vakiokomponentista ja sen lisäksi kulutusmaksusta. Tämä malli on edeltäviä malleja kustannusvastaavampi, koska suuren jakelumäärän vaativat asiakkaat maksavat suuremmaksi mitoitettusta verkostosta enemmän. Laajat tehovälit eivät kuitenkaan tue ko-

konaistehokasta energiankäyttöä, koska asiakkaat voivat käyttää edelleen paljon energiaa teholuokan sallimissa rajoissa. Parempi ratkaisu olisikin lineaarisempi yhtälö, jossa suurempi teho johtaisi suhteessa pienempiin yksikkökustannuksiin (ks. Kuva 10). Kuvaaja on nykyinen Turku Energian tehomaksu, jonka pohjaa voidaan käyttää myös jakeluhinnaston laatimisessa.



Kuva 10. Nykyinen kaukolämmön tehomaksun kuvaaja, jossa ei ole porrastusvälejä.

Kyseisellä mallilla hinta vastaa parhaiten asiakkaasta syntyviä kuluja. Tämä puolestaan ohjaa asiakasta energiatehokkaaseen käyttäytymiseen. Lisäksi eri asiakasryhmien hinnoittelun epätasa-arvoinen kohtelu vähenisi aiempiin esimerkkeihin verrattuna. Tehon suurentuessa sen ominaishinta pienenee, jolloin yhden kilowatin tehon nosto maksaa suhteessa vähemmän kuin alemmilla teholuokilla. Kiinteän tehomaksun lisäksi kustannuksia syntyisi kulutetun lämpöenergian mukaan virtausperusteisena.

6. Jakelutariffin muodostaminen

Jakeluhinnoitteluprosessissa ei ole olemassa yleispätevää pohjaa, jota voitaisiin soveltaa sellaisenaan. Jakeluhinnasto onkin rakennettava yrityksen toiminnan perusteella kustannusvastaavaksi, jolloin tarkastellaan kustannusrakenteita ja toimintaympäristöä. Keskeinen kysymys onkin, kuinka paljon jakelun kustannuksista kohdennetaan perusmaksuun ja paljonko energiamaksuun. Tähän kysymykseen pystytään hakemaan vastauksia kustannusanalyysin avulla, jolloin tarkastellaan eri kustannuspaikoille kohdistuneita kustannuksia. Kaukolämmön jakelutariffin muodostamisessa voidaan ottaa myös vaikutteita sähkön siirtotariffeista.

Sähkön siirtoa valvova sähkömarkkinalaki asettaa siirtohinnoittelulle ohjeita, joita tulee noudattaa tariffien muodostamisessa (Partanen, 2015). Kaukolämmön jakeluhinnastoa laatiessa voidaan osittain noudattaa samoja sääntöjä. Yksinkertaistetut periaatteet ovat listattu alapuolella:

- Omakustannusperiaate
- Aiheuttamisperiaate
- Markkina-arvoperiaate
- Yksinkertaisuusperiaate
- Samahintaperiaate.

Omakustannusperiaate tarkoittaa kaukolämpöverkkoyhtiön toiminnan kustannuksien kattamista pitkällä aikavälillä. Aiheuttamisperiaate pitää sisällään idean siitä, että jokaisen asiakkaan maksut suunnitellaan kattamaan asiakkaasta syntyvät kustannukset kokonaisuudessaan. Markkina-arvoperiaatteen mukaan kaukolämmön hinnoittelun tulee olla kilpailukykyistä ja kohtuullista. Yksinkertaisuusperiaate ohjaa kaukolämpöyhtiön hinnoittelurakenteiden muodostamista, jotta ne olisivat mahdollisimman hyvin ymmärrettäviä ja läpinäkyviä. Samahintaperiaate eli pistehinnoittelu puolestaan takaa sen, että samantyyppisille asiakkaille taataan samat hinnat palveluista. (Partanen, 2015).

Neljän ensimmäisen periaatteen noudattaminen on mahdollista kaukolämmön jakelutariffin muodostamisessa, mutta samahintaperiaate aiheuttaa haasteita, koska kaukolämmön jakelu vaatii enemmän resursseja kuin sähkön siirto. Tämän takia kaukolämmön jakelussa etäisyydellä on vaikutusta jakeluhinnastoon, minkä takia aiheuttamisperiaate ja samahintaperiaate saattavat olla ristiriidassa jakelutariffia muodostaessa. Kuitenkin käytännössä jakelutariffi suunnitellaan siten, että mahdollisimman moni edellä mainituista periaatteista täyttyy.

6.1 Kaukolämmön käytön analysointi

Jakelutariffin muodostamista varten kaukolämmön nykyistä ja tulevaa käyttöä tulee analysoida. Kaukolämmön käytön analysoinnissa tarkastellaan Turku Energian verkoissa siirreltyä lämpöenergian määrää viiden viime vuoden ajalta, ja tämän avulla voidaan myös ennustaa tulevaisuuden lämmöntarvetta. Viiden viime vuoden tilastojen perusteella voidaan todeta, että kaukolämmön käyttö pysyy melko tasaisena vuodesta toiseen, jolloin myös tulevaisuuden lämmönkäyttöä voidaan ennustaa melko tarkasti.

6.2 Kulutuksen normeeraus

Kaukolämmön käytön analysoinnissa on tärkeä muistaa kysynnän suuri riippuvuus ulkolämpötilan muutoksiin. Tästä johtuen kysynnässä voi tapahtua suuriakin muutoksia pienessä ajassa, jolloin vuosittaisen lämmöntarpeen vertailu voi olla haastavaa. Tätä varten on laadittu kulutuksen normitus, joka auttaa kulutusseurannassa. Normitettu kulutus on vertailukelpoinen riippumatta ajankohdasta tai kuukausien lämpötilaeroista. (Motiva, 2019b).

Lämmitystarveluvun avulla pystytään normeeraamaan lämmitysenergian kulutuksia, jolloin on mahdollista verrata saman rakennuksen energiatarvetta eri ajankohtina. Lisäksi lämmitystarveluku mahdollistaa myös rakennuksien vertaamisen toisiinsa sijainnista

riippumatta, koska lämmitystarveluvun käyttö perustuu energiankulutukseen, joka on verrannollinen sisä- ja ulkoilman erotukseen. (Motiva, 2019b).

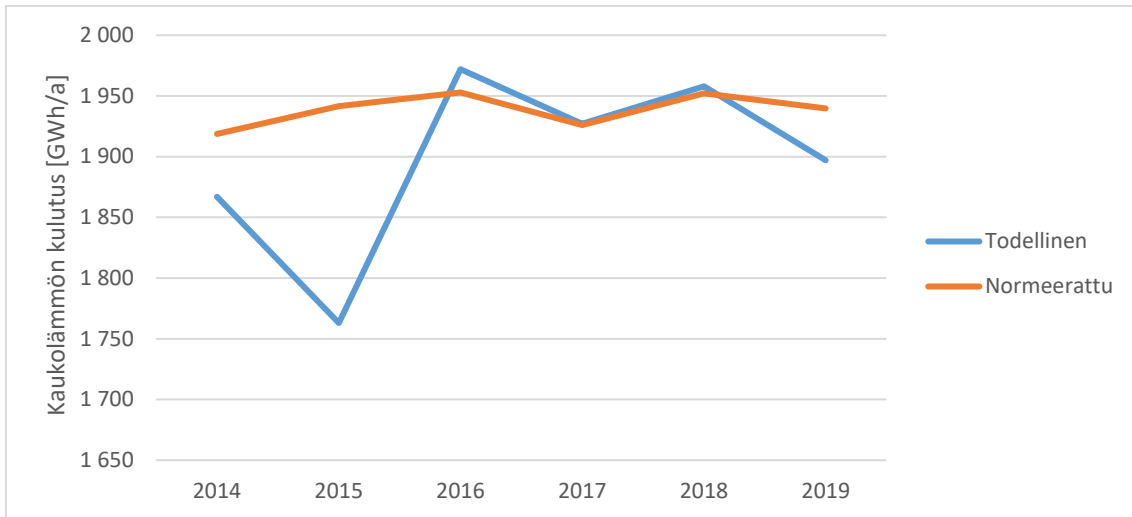
Myydyn energian normeerattu arvo saadaan laskettua alla olevalla kaavalla,

$$Q_{norm} = \frac{S_{Nvpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{Lämmin\ vesi} \quad (2)$$

missä $S_{Nvpkunta}$ on normaalivuoden lämmitystarveluku, $S_{toteutunut\ vpkunta}$ on toteutunut lämmitystarveluku, $Q_{toteutunut}$ on tilojen lämmittämiseen kuluva energia ja $Q_{Lämmin\ vesi}$ on käyttöveden lämmittämisen vaatima energia. (Motiva, 2019b).

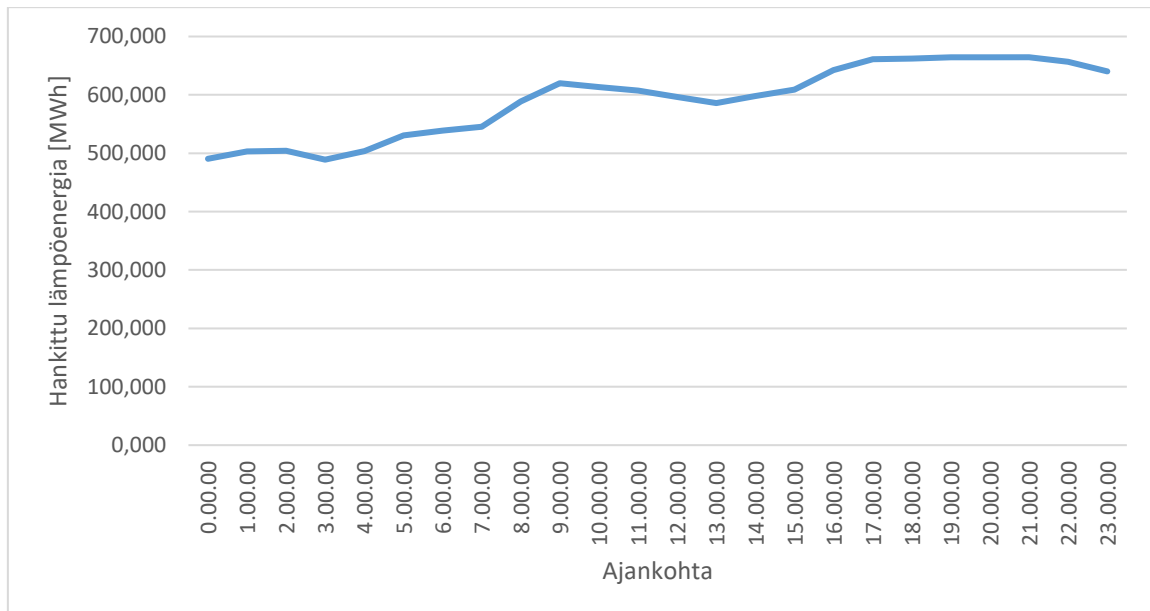
6.3 Kaukolämmön kulutus- ja tehoanalyysi

Tarkastelemalla aiempien vuosien kaukolämmön myyntiä (ks. Kuva 11) voidaan todeta kaukolämpöliiketoiminnan olevan melko vakaata liiketoimintaa vuodesta toiseen. Turku Energian kaukolämmön myynti on liikkunut vuosittain 1750–2000 GWh välillä ja pitkän aikavälin tarkastelulla myynti on ollut lievässä kasvussa. Kuvassa nähdään myös normeerattu myynti, jonka laskemisessa on käytetty keskimääräistä lämmöntarvelukua vuosilta 1971-2000. Laskemisessa on normeerattu 70 % kokonaiskulutuksesta, mikä kuvaa tilojen lämmittämiseen kuluva energiaa. Tämän jälkeen lisätään puuttuva 30 %, mikä vastaa käyttöveden osuutta. Laskemiseen on käytetty apuna Motivan lämmitystarvelukujen kuntakerrointa, jonka suuruus Turun alueelle vuosien 1981–2010 välillä on 4021. Ilmatieteenlaitokselta kaavaan saadaan lisättyä Turun vuosikohtaiset toteutuneet lämmitystarveluvut.



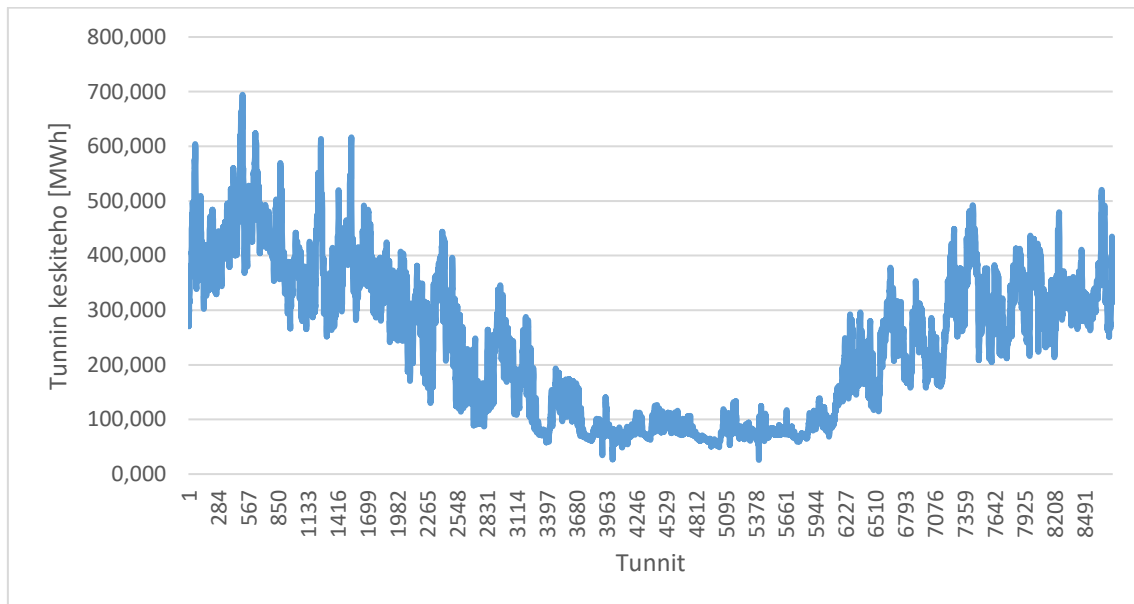
Kuva 11. Turku Energian myymän kaukolämmön volyymi vuosina 2014–2019 sekä niiden normeeratut arvot.

Vuonna 2019 Turku Energian kaukolämpöverkon päiväkohtainen huippukuormitus tapahtui maanantaina 21.1., jolloin Turku Energia hankki kaukolämpöä 14 181 MWh edestä (ks. Kuva 12). Koko päivän aikainen verkon keskimääräinen tuntiteho oli silloin noin 590 MWh.



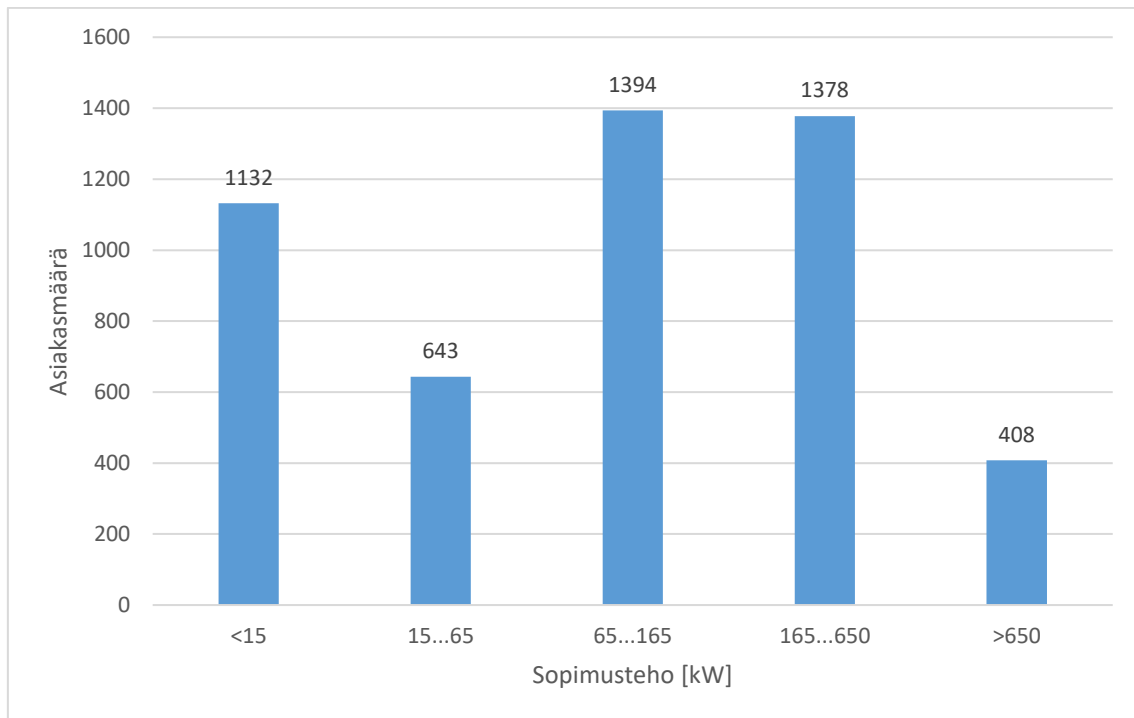
Kuva 12. Turku Energian tuntikohtainen kaukolämmön hankinta 21.1.2019.

Koko vuoden 2019 tuntikohtaiset kaukolämmön hankintavolyymit näkyvät alla olevassa kuvassa (ks. Kuva 13). Tarkastelemalla hankintakäyrää voidaan nähdä hankinnan huiput, jotka esiintyvät talviaikoina, jolloin ulkolämpötila on matalimmallaan. Kokonaisuudessaan Turku Energia hankki kaukolämpöä vuonna 2019 2088 GWh edestä ja myi sitä asiakkailleen 1897 GWh edestä. Häviöiden määrä oli 191 GWh, mikä vastasi 9,14 % hankitusta kaukolämmöstä. Energiateollisuuden kaukolämmön teknisen laadun raportissa vuotuinen verkostohäviö saa erinomaisen tai hyvän arvosanan, jos häviöprosentti on alle 12 %. (Energiateollisuus, 2015).



Kuva 13. Turku Energian tuntikohtainen kaukolämmön hankinta 2019.

Tällä hetkellä Turku Energian kaukolämpöasiakkaat voidaan jakaa tehomaksun sopimustehon mukaisiin luokkiin alla olevalla tavalla (ks. Kuva 14). Vaikka asiakkaat jaetaan teholuokittain, heidän tehomaksunsa kasvavat silti lähes lineaarisesti käytön mukaan. Suuremmilla teholuokilla tehon suhteellinen osuus kokonaismaksusta pienenee (ks. Taulukko 3, s.37).



Kuva 14. Kaukolämpöasiakasmäärät teholuokittain. Turku Energian asiakkaiden kokonaistilausteho on noin 1200 MW.

6.4 Kustannuslaskenta

Jakeluhinnastoa määritellessä voidaan käyttää eri laskentamenetelmiä avuksi. Kaksi hyvää menetelmää ovat keskikustannus- sekä rajakustannusmenetelmät, joiden avulla eri kustannukset voidaan jakaa kustannuspaikan eri suureiden määrällä. Näitä suureita voivat olla esimerkiksi asiakkaiden, energian tai tehon määrä verkostossa. Laskentamenetelmän valinta on aina yritys- ja tapauskohtainen, ja siihen vaikuttavat tietojen käytettävyys, kustannusten kohdistamisperiaatteet sekä periaatteiden tarkkuus. (Pantti, 2010).

6.4.1 Keskikustannus

Keskikustannusmenetelmässä yksittäiset kustannukset jaetaan määritetyllä suureella, joka voi olla esimerkiksi teho, energia, asiakasmäärä tai etäisyys. Kustannukset voidaan ottaa aikaisempien vuosien toteumista tai vaihtoehtoisesti hyödyntää seuraavalle vuodelle laadittua budjettia. Yksikkökustannukset pienenevät keskikustannuslaskennassa

samalla, kun käyttöaste kasvaa, kunnes ne saavuttavat niin sanotun optimipisteen, jonka jälkeen kustannukset alkavat nousta merkittävästi. Keskikustannusmenetelmän tuloksen luotettavuus riippuu aina kustannuksien tasaisuudesta eri vuosien välillä. (Pantti, 2010).

6.4.2 Rajakustannus

Rajakustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat toiminta-asteen nostamisesta yhdellä yksiköllä. Kun kaukolämpöyhtiö toimii lähellä jakelukapasiteetin maksimirajaa, aiheutuu jakeluyhtiölle merkittäviä kuluja verkoston vahvistamisesta. Verkon vahvistamisen seurauksena kustannukset nousevat nopeasti. Rajakustannuslaskentaa voidaan käyttää hyödyksi pitkän aikavälin tarkastelussa, koska lyhyellä aikavälillä kustannuksien heilahtelut voivat olla suuria. (Pantti, 2010).

Rajakustannusmenetelmän suurena haasteena ovat tulevaisuuden epävarmuustekijät, koska kustannuksia laskiessa on otettava huomioon tulevaisuuden toiminnan tulokset, kulutusennusteet sekä hinnoittelulla katettavien kustannuksien kehitys, joiden toteutumisen varmuutta ei voida koskaan tietää. (Pantti, 2010).

6.4.3 Menetelmän valinta

Keskikustannusmenetelmä on sopiva tapa Turku Energian kaukolämpöverkoston kustannuksien laskentaa varten, koska verkostotoiminnan kustannukset ovat pysyneet melko tasaisina viime vuosien aikana. Myös tulevaisuudessa kustannuksissa ei ole nähtävissä merkittäviä muutoksia, mikä tukee entisestään keskikustannusmenetelmän hyödyntämistä. Keskikustannusmenetelmän avulla vältetään rajakustannuslaskennan vaatimista yksityiskohtaisten historiatietojen sekä tulevaisuuden arvioiden keräämiseltä, joiden tulisi olla lisäksi verrannollisia toisiinsa nähden. Rajakustannusmenetelmä kasvattaisi helposti virhemarginaalia laskennassa, joten keskikustannusmenetelmän valinta on varmempi ratkaisu. (Pantti, 2010).

Työssä hyödynnetään kustannustietoja vuosilta 2015–2019 sekä niiden pohjalta laadittuja arvioita kustannusten kehittymisestä tulevaisuudessa.

6.5 Hinnoittelu

Kulutus- ja kustannusanalyysin avulla voidaan laatia kustannusvastaava ja aiheuttamisperusteinen raakatariffi lämmön jakelulle. Tämän jälkeen syntynyttä raakatariffia tarkastellaan ja muokataan, jotta kaikki jakeluhinnoittelun periaatteet täyttyvät mahdollisimman hyvin. Tuotekohtaista vertailua ei voida suorittaa, koska työssä laaditaan vain yksi jakelutariffi, toisin kuin sähkön siirrossa, jossa jakeluhinnastoja on useita erilaisia. Kuitenkin tehomaksun suuruus kasvaa pykälittäin, joten eri tehotasojen voidaan periaatteessa katsoa olevan eri tuotteita. Tämän avulla pystytään mahdollisesti pohtimaan asiakkaiden jakautumista eri teholuokkiin.

Nykyisessä kaukolämmön hinnoittelussa energiamaksu vastaa kokonaistuotoista noin 80 prosenttia ja tehomaksu 20 prosenttia (ks. Kuva 7). Uutta jakelutariffia laatiessa tulee pohtia maksujen suhdetta. Kulutukseen perustuvalla laskutuksella asiakas on tietoinen, mistä kustannuksista laskun suuruus määräytyy. Yhtiön näkökulmasta kulutusperusteinen laskutus luo haasteita tuottojen epätasaisen jakautumisen vuoksi. Tämä johtuu kysynnän suuresta vaihtelusta eri vuodenaikoina. Tästä johtuen energiamaksu ei voi välttämättä olla täysin kustannusvastaavaa, vaan siihen tulee lisätä myös kiinteiden kustannuksien osuuksia, jotta toiminta olisi yhtiölle kannattavaa ja paremmin ennustettavissa.

Hinnoittelun määrittelemineen uudelle tuotteelle, jonka tarkoituksena ei ole korvata olemassa olevia tariffeja on haasteellista. Aiemmin mainittujen periaatteiden varmistamiseksi hinnoittelua ei voida laatia ilman riittäviä perusteluja ja näyttöjä. Asiallisen hinnoittelun tukena voidaan käyttää taloudellisia toteumia sekä perinteisen markkinoinnin osana kuusivaiheista hinnoittelun etenemismallia. Hinnoittelun kuusi vaihetta ovat (Kotler, 2009, s.415–421):

1. Hinnoittelun tavoitteen määrittäminen
2. Kysynnän määrittely
3. Kustannusten arviointi
4. Kilpailijoiden kustannusten, hintojen ja tarjoaman analysointi
5. Hinnoittelumenetelmän valinta
6. Varsinainen hintojen valitseminen.

Ensimmäinen vaihe hinnoittelussa on tavoitteen määrittäminen. Jakelutariffia laatiessa tavoitteena on varautua tilanteeseen, jossa kaukolämmön markkinoita avataan vastaamaan paremmin sähkö- ja kaasumarkkinoiden tilannetta. Kolmansien osapuolien tuotanto tai täysin eriytetty tuotanto ja verkostotoiminta vaativat uusia jakelutariffeja, joissa kustannusrakenteet sisältävät vain jakelun kustannuksia. Tavoitteena on laatia Turku Energialle toimiva jakeluhinnasto, jonka avulla yhtiö voi jatkaa kaukolämpötoimintaa myös muuttuneessa ympäristössä, jossa tuotannossa on mukana kolmansia osapuolia tai vaihtoehtoisesti koko tuotanto on eriytetty jakelusta. Kotlerin määritelmän mukaan tämä tilanne hinnoittelussa seuraa selviytymisen tavoitetta.

Toinen vaihe on kysynnän määrittely. Motivan selvityksien mukaan Suomessa syntyy pelkästään teollisuudesta noin 16 TWh potentiaalista ylijäämälämpöä vuosittain (Motiva, 2019a). Tätä lämpöä voitaisiin hyödyntää kaukolämpönä lämpöpumppujen avulla. Kolmansien osapuolien tuottajat pystyisivät hyödyntämään ylijäämälämpöä kaukolämpöverkostoissa, kunhan ylijäämälämpö priimataan riittävään lämpötilaan esimerkiksi lämpöpumpuilla. Lämmön siirtäminen pitkiä matkoja on haasteellista, joten kysynnän määrittelyssä tulee keskittyä vain Turun lähialueiden tilanteeseen, eikä koko Suomen kattavaan tilanteeseen. Kaksisuuntaista kaukolämpöä hyödynnetään jo Skanssin asuinalueella, mutta erillisiä tutkimuksia kolmansien osapuolien halukkuudesta osallistua kaukolämmön tuotantoon Turun alueella ei ole tehty. Mahdollisia kolmannen osapuolen kaukolämmön tuottajia voisivat kuitenkin olla teollisuuden toimijat, joilla syntyy ylimääräistä lämpöä prosessien sivutuotteena. Jos kaukolämmön tuotanto eriytetään jakelusta kokonaan, tulisi Turku Energian määrittää uudet jakeluhinnastot kaikille nykyisille asiakkaille.

Kysyntää pohdittaessa tulee ottaa huomioon se, ettei kolmannen osapuolen tuottaja välttämättä hyödyntäisi hukkalämpöä tuotannossa, vaan kokonaan uutta tuotantolaitosta.

Kolmas vaihe on kustannusten arviointi. Kustannusanalyysin avulla selvitetään jakelun kustannuskomponentit. Jakelusta syntyvät kiinteät sekä muuttuvat kustannukset on ensin määriteltävä, minkä jälkeen niiden suuruutta voidaan tarkastella aiempien vuosien toteumista. Tämän avulla pystytään laatimaan selkeä prosentuaalinen jakauma eri kustannuksien suhteesta toiminnan kokonaiskustannuksiin. Kustannuksien määrittelyssä on myös ennustettava toiminnan tulevaisuutta sekä kustannuksien muutoksia, jolloin varmistetaan toiminnan kannattavuus myös tulevaisuudessa.

Neljäs vaihe on kilpailijoiden kustannuksien, tuotetarjonnan sekä hinnoittelun vertailu. Kaukolämpöyhtiön tilanne poikkeaa normaalista, koska kaukolämmön osalta paikallisella kaukolämpöverkon omistajalla on toiminnassa luonnollinen monopoliasema. Kokonaisuudessaan kaukolämpöpalveluita ei lasketa kuitenkaan monopoliksi, koska muitakin lämmitysvaihtoehtoja on tarjolla. Kaukolämmön jakelun hintoja voidaan vertailla muiden Suomen kaupunkien kaukolämpöyhtiöiden osalta. Haasteellisen tilanteesta tekee se, että lähes kaikissa Suomen kaukolämpöyhtiöissä on käytössä teho- ja energiamaksuihin perustuva hinnoittelu, joka sisältää jakelun kustannukset. Tästä johtuen pelkästään jakelun kustannuksia on haastava verrata, vaikka Energiateollisuus listaakin kaikki Suomen kaukolämpöyhtiöiden hinnastot vuosittain (Energiateollisuus, 2018a). Kaukolämpöyhtiöt eivät myöskään kilpaile keskenään, koska kaukolämpöverkot ovat aina paikallisia.

Viides vaihe on hinnoittelumenetelmän valinta. Kaukolämmön jakelutariffia laatiessa tulee valita hinnoittelumenetelmä, joka vastaa parhaiten yhtiön tavoitteisiin. Esimerkkejä erilaisista hinnoittelumenetelmistä on kustannusperusteinen menetelmä, jolla jakelulle määritellään haluttu kate, joka sitten lisätään kustannuksien päälle. Tuottovaatimus voi-

daan määrittää myös yhtiöön sitoutuneen pääoman perusteella sekä toimintaan liittyvien riskien mukaan. Toinen vaihtoehto ovat markkina- ja kilpailuperusteiset menetelmät, jolloin hinnoittelulla jäljitellään kilpailijoiden tarjoamien tuotteiden hintoja.

Viimeinen vaihe on lopullisten hintojen määritteleminen. Tässä tilanteessa kustannusvastaaviin hintoihin lisätään kohtuullinen voitto ja jakelutariffi muotoillaan lopulliseen tilaan. Hinnoittelulle voidaan tehdä kuitenkin muutoksia vielä myöhemminkin, jolloin kyky vastata muuttuvaan ympäristöön pysyy jatkuvasti korkeana. Hinnoittelulla on tärkeä osa positiivisen kuvan antamisessa yhtiön toiminnasta. Perustellusti hinnoiteltu tuote antaa yhtiöstä luotettavan ja asiakkaistaan välittävän kuvan. (Kotler, 2019).

Korkeaan tarkkuuteen on hyvin vaikea pyrkiä, koska jakelun kustannuksien määrittäminen ja tariffin laatiminen ovat prosesseina monitahoisia. Lisäksi syntyneitä hintoja tulaa varmasti myöhemmin muokkaamaan, jotta kaikki jakeluhinnoittelulle asetetut vaatimukset toteutuvat mahdollisimman hyvin.

Tariffin laatimisessa käytetyt luvut ovat Turku Energialle salassa pidettäviä tietoja, mistä johtuen osa arvoista ja muuttujista ovat peitetty X:llä.

6.5.1 Jakelutariffin tehomaksu

Jakelutariffin tehomaksua määritettäessä voidaan ottaa vaikutteita olemassa olevasta Turku Energian sähkön yleissiirron hinnaston perusmaksuosasta (ks. Kuva 15). (Turku Energia, 2020c). Sähkön verkkopalveluhinnastoa tarkastellessa nähdään yleissiirron määräytyvän sulakekoon mukaan, mistä olisi mahdollista ottaa vaikutteita myös kaukolämmön jakelun tehomaksuun.

Yleissiirto		
perusmaksu euro/kk	alv. 0	alv. 24%
1x10 A ... 3x25 A	5,63	6,98
3x35 A	10,56	13,09
3x50 A	18,83	23,35
3x63 A	26,04	32,29
3x80 A	35,54	44,07
3x100 A	46,63	57,82
3x125 A	60,53	75,06
3x160 A	79,89	99,06
energiamaksu snt/kWh	1,98	2,46

Kuva 15. Turku Energian sähkön yleissiirron sulakepohjainen verkkopalveluhinnasto.

Tehomaksujen suuruuden porrastaminen putkikoon mukaan ei kuitenkaan ole paras mahdollinen ratkaisu kustannuksien kattamisessa, koska putkista syntyvät kiinteät kustannukset eivät kasva lineaarisesti putkikoon kanssa. Nykyisissä taloudellisissa toteumissa ei ole myöskään määritetty erikseen yksittäisen putkityypin käytöstä syntyviä kiinteitä kustannuksia, jolloin niiden pohjalta tehty tehomaksu olisi turhan haasteellinen ratkaisu. Lineaarisesti kasvava tehomaksu suhteessa putkikokoon ei noudattaisi aiheuttamisperiaatetta, ja puolestaan putkikoon pohjalta lasketut kustannukset eivät tue yksinkertaisuusperiaatetta.

Tämän takia järkevämpää on hyödyntää olemassa olevaa kaukolämmön tehomaksupohjaa, jossa eri teholuokkia on viisi kappaletta ja jossa sopimustehon määrä nostaa asiakkaan kuluja lähes lineaarisesti (ks. Kuva 10). Olemassa olevaa hinnoittelua hyödyntämällä tuetaan yksinkertaisuusperiaatetta, mutta nykyisen tehohinnoittelun käyttö sellaisenaan ei ole kelvollinen ratkaisu uutta jakeluhinnastoa varten, koska se sisältää myös

paljon myynnin ja tuotannon kuluja. Nykyiseen tehohinnoitteluun tulee tehdä muutoksia, jotta se vastaisi jakelun kustannusrakenteisiin ja myös muihin kustannusperiaatteisiin.

Jakelutariffin muodostamisessa ensimmäinen tehtävä on jakelusta syntyvien kustannuksien määrittelemineen. Tarkka listaus jakelusta syntyvistä kuluista mahdollistaa kokonaisuuden hahmottamisen, minkä jälkeen on helppoa tarkastaa aiempien vuosien toteumista niiden taloudelliset kokoluokat. Tämän jälkeen nähdään prosentuaalinen jakauma kiinteiden kulujen osuudesta kokonaiskustannuksiin. Alla olevaan taulukkoon on määritetty verkkotoiminnan kiinteät kulut sekä listattu niiden rahallinen keskiarvo viime vuosien toteumien mukaan (ks. Taulukko 5).

Lisäksi kiinteisiin kuluihin tulee laskea lisäveden kustannukset, vaikka tarvittavan lisäveden voikin määrittää muuttuvaksi kustannukseksi. Kuitenkin raakaveden muuntaminen käyttökelpoiseksi sisältää paljon toimenpiteitä, joista syntyy pakollisia kiinteitä kustannuksia Turku Energialle, minkä takia lisävesi lasketaan osaksi kiinteitä kuluja. TSE:llä on sopimus Naantalin Veden kanssa verkostoon lisättävästä vedestä. Lisättävä vesi ei ole kelvollista sellaisenaan, vaan veteen tulee tehdä tarvittavia muutoksia. Raakavesi tulee ajaa vedenpehmentimien läpi, jolloin vedestä poistetaan tietyt prosessille haitalliset mineraalit. Seuraavaksi vesi ajetaan esilämmityksen kautta kaasunpoistoon, jonka energia saadaan turbiinin välitön prosessihöyryjärjestelmästä. Näiden toimien jälkeen vesi voidaan pumpata verkostoon. (Akkanen, 2020). Raakaveden ja käsittelyn sopimishinnaksi on määritetty $X \text{ €/m}^3$, minkä lisäksi päälle tulee lisätä veden lämmityskulut. Yhteensä lisäveden hinnaksi saadaan $X \text{ €/m}^3$. Aiempina vuosina verkostoon on pitänyt lisätä vettä yli 100 000 kuution edestä, mutta viime vuosien verkostoinvestointien avulla lisäveden tarvetta on saatu pienennettyä merkittävästi. Vuonna 2019 lisävettä tarvittiin noin 62 000 kuutiota. Laskuihin tulee kuitenkin ottaa huomioon virhemarginaali sekä puskuria tuleville vuosille, joten tarkka lisäveden kuutiomäärä raakatariffia laadittaessa on $220 \text{ m}^3/\text{d}$. Tällä arvolla koko vuoden lisäveden määräksi saadaan $80\,000 \text{ m}^3$.

Taulukko 5. Verkkokustannuksien kiinteiden kulujen keskiarvot. X:llä merkityt tiedot eivät ole julkisia.

Kustannus	Arvo (€)	Osuus kokonaisuudesta (%)
Henkilöstön palkat ja sosiaalikulut	X	13,58
Työt, sopimukset, vuosihuollot	X	22,24
Vastuu- ja vakuutusmaksut	X	0,34
Materiaalit	X	5,60
Vesi- ja jätemaksut	X	0,14
Muut vuokratulot	X	0,36
Suunnitelmapoistot Turku	X	20,59
Lämpöliiketoiminnan yleiskulut	X	24,91
Lisävesi	X	7,01
ATK-laitteet ja -palvelut	X	3,20
Valvomon henkilöstökulut	X	2,04
Yhteensä	X	100

Taulukkoon listatut arvot ovat kustannusvastaavia, joten niihin tulee määrittää lisäksi kohtuullinen voitto. Luvussa 7 yhdistetään teho- sekä energiamaksu yhdeksi jakelutariffiksi, johon tulee tehdä tarkennuksia kummankin maksun painotuksen suhteen. Luvussa 7 lopulliseen jakelutariffiin määritellään lisäksi kohtuullinen voitto.

Nykyisin Turku Energia kerää asiakkaiden tehomaksuja noin X €/n edestä. Laskemalla yhteen kaikkien asiakkaiden tilaustehot saadaan kokonaistilaustehoksi 1 212 176 kW (ks. Kuva 14). Jakamalla tehomaksuista saatu rahamäärä kokonaistilausteholla pystytään määrittämään rahallinen arvo teholle, joka on X €/MW.

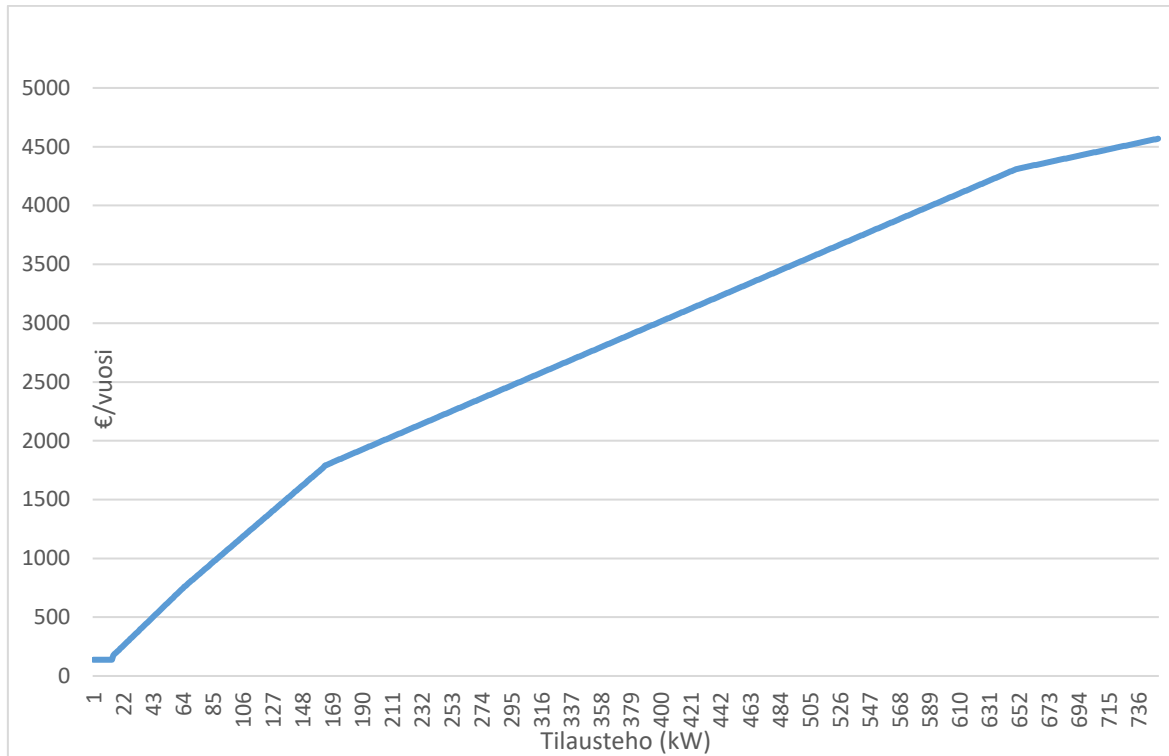
Edellä mainittua lukua ei voida kuitenkaan käyttää sellaisenaan, koska nykyiset tehomaksut pitävät sisällään myös jakeluun kuulumattomia kustannuksia. Tämän takia tuleekin laskea uusi hinta teholle käyttäen apuna olemassa olevaa tariffirakennetta. Taulukossa 5 (ks. Taulukko 5) määriteltiin jakeluun liittyvien kiinteiden kulujen suuruus, jota voidaan käyttää apuna, kun lasketaan jakelulle kohdistuvan tehon hinnastoa. Jakelun kiinteiden kustannuksien keskimääräinen summa oli X €. Jakamalla tämä luku asiakkaiden kokonaistilaustehon määrällä, saadaan määriteltyä teholle hinta, joka on X €/MW.

Syntynyt summa on X % tämän hetken tehomaksujen suuruudesta. Tämän luvun avulla pystytään määrittelemään kerroin nykyisen tehopohjaisen tariffin muokkaamista varten. Taulukkoon 6 on määritetty jakelun tehomaksu nykyisen tehoporrastuksen avulla (ks. Taulukko 6).

Taulukko 6. Uuden jakelutariffin tehoporrastus ja perusmaksu. X:llä merkityt tiedot eivät ole julkisia

Teho P (kW)	Perusmaksu €/a
Alle 15	$n * 134,22$
15 – 65	$n * (P * 11,32)$
65 – 165	$n * (P * 10,07 + 81,79)$
165 – 650	$n * (P * 5,03 + 912,26)$
Yli 650	$n * (P * 2,52 + 2548,09)$

Lisäksi alla olevaan kuvaan on piirretty hinnan kehittyminen suhteessa tilaustehoon (ks. Kuva 16). Lopullinen jakelutariffin muotoilu määritetään seuraavassa luvussa.



Kuva 16. Kiinteistä kuluista määritelty jakelutariffin kuvaaja, jossa näkyy maksun suhde tilaustehoon.

6.5.2 Jakelutariffin energiamaksu

Tehomaksun suuruus vaihtelee asiakkaan sopimustehon kapasiteetin mukaan, mutta energiamaksun laatimisessa pyritään siihen, että energian yksikköhinta pysyy kaikilla asiakkailla saman suuruisena. Tämä varmistaa sen, että asiakkaan energian käytöllä on vaikutusta maksujen suuruuteen. Energiamaksu määräytyy jakelu- ja häviökustannuksista sekä tuottovaatimuksesta. Nykyisissä lämmön energiamaksuissa on otettu huomioon vuodenaikojen aiheuttama kysynnän muutos, minkä takia energiamaksut ovat kausihinnoiteltuja. Kuitenkin uuden jakelutariffin energiamaksuun ei ole välttämättä tarpeellista ottaa käyttöön kausihinnoittelua, koska jakelu ei sisällä kaukolämmön tuotannosta syntyviä kustannuksia. Kolmannen osapuolen tuottajat voivat itse määrittää kausihinnoittelun tarpeen, mutta verkkoyhtiölle se ei ole välttämätöntä, koska jakelun yksikkökustannukset pysyvät vuosittain melko saman suuruisina.

Ensimmäisenä tulee laskea pumppauksesta syntyvien kulujen suuruus suhteessa ostettuun lämpömäärään. Energiateollisuuden tekemän taulukon mukaan Turku Energiaa vastaavan kaukolämpöyhtiön lämmönsiirron pumppaussähkön suhde lämmön hankintaan on viimeisen 35 vuoden aikana ollut 6,5–9,5 kWh/MWh. (Energiateollisuus, 2018b). Tämä luku kuvaa, kuinka paljon sähköä kuluu yhden megawattitunnin suuruisen kaukolämpömäärän jakeluun. Tarkastelemalla Turku Energian toteumia voidaan todeta, että Energiateollisuuden arviot lämmönsiirron pumppaussähkön määrästä ovat paikkaansa pitäviä. Keskimäärin Turku Energialla kuluu 8 kWh sähköä yhden lämmön MWh:n siirtämiseen. Turku Energian kaukolämmön hankinta on viime vuosien aikana liikkunut noin 2 000 MWh:ssa, joten pumppaussähköä kuluu vuodessa noin 16 GWh. Eri pumppaamoiden pumppaussähkön määrät on listattu alla olevaan taulukkoon (ks. Taulukko 7).

Taulukko 7. Verkoston eri pumppaamoiden sähkönkäyttö ja osuus kokonaispumppauksesta.

Pumppaamo	Energiamäärä (GWh)	Osuus kokonaisuudesta (%)	Sähkön hinta (€/MWh)
Naantali	6	37,5	X
TSK	8	50,0	X
TE	2	12,5	X

Pumppaukseen vaaditun sähkön hinta voidaan tarkastaa Nord Poolin sähkön hintatiedoista. Suomessa sähkön aluehinta vuonna 2019 oli keskimäärin 44,04 €/MWh. (Nord Pool, 2020). Aluesähkön lisäksi mukaan tulee laskea sähkön siirtokulut sekä verot, jolloin sähkön keskimääräiseksi kokonaishinnaksi muodostuu noin X €/MWh. Naantalin voimalaitoksella pumppaukseen käytettävä sähkö on omakäyttösähköä, joka on edullisempaa kuin pörssisähkö. Tämä johtuu siitä, että Sähköverolain 7 §:n 1 kohdan mukaan voimalaitoksen omakäyttösähkö on verotonta eikä siitä tarvitse maksaa siirtomaksua. (Vero, 2019). Verkoston muut pumppaamot eivät kuitenkaan pääse hyödyntämään voimalaitoksen edullista pumppaussähköä, vaan ne joutuvat hankkimaan sähkönsä markkinoilta

(Suvanto, 2020). Tarkastelemalla viime vuosien toteumia nähdään, että Naantalin voimalaitoksen pumppaussähkön hinta on keskimäärin ollut Turku Energialle noin X €/MWh TSE:n laskuttamana. TSK:n ja TE:n pumppaamot sekä TE:n lämpökeskukset suorittavat loput lämmön jakeluun vaadittavat pumppaukset sähkön markkinahinnoilla. TSK:n ja TE:n sähkö ostetaan suoraan TE:lta, mutta sähkön siirron hoitaa paikallinen monopoli-asemassa toimiva yritys. Keskimäärin sähkön kokonaishinta TSK:n ja TE:n pumppaamoilla on ollut noin X €/MWh. Kokonaisuudessaan pumppaukseen kuluu sähköä noin 16 GWh edestä. Naantalin pumppaamot suorittavat keskimäärin 37,5 % koko verkoston pumppauksista, ja TSK:n ja TE:n pumput suorittavat loput, joten painotetulla keskiarvolla voidaan laskea verkoston pumppauksen kokonaiskustannukseksi noin X €/MWh.

Merkittävin osa jakelun energiamaksuista muodostuu häviöstä. Kaukolämmön jakelussa häviöitä syntyy verkostossa jaettavan lämmön johtumisesta ympäristöön sekä mittauslaitteiden epätarkkuudesta. Kokonaisuudessaan Turku Energian hankitun ja myydyn lämmön ero on vuosittain noin 190 000 MWh. Prosentuaalisesti häviön määrä on noin 9 % kaikesta hankitusta lämmöstä. Häviöstä syntyvien kustannuksien kattaminen on energiamaksun tärkeimpiä tehtäviä. Rahallinen arvo saadaan laskettua kertomalla häviöiden energiamäärä Turku Energian keskimääräisellä energian hankintahinnalla. Tämän jälkeen luku jaetaan ostetulla kokonaislämpömäärällä. Tällöin saadaan laskettua energiayksikköä kohden keskiarvo, joka on kokonaisuudessaan X €/MWh

Tarkastelemalla äskeisten kustannuksien viimeisen viiden vuoden taloudellisia toteumia voidaan laskea muuttuvista kustannuksista kokonaissumma. Saatua luku muodostaa kustannusvastaavan energiahinnan (X €/MWh). Alla olevaan taulukkoon on koottu jakelusta syntyvät pumppaus- ja häviökustannukset (ks. Taulukko 8).

Taulukko 8. Verkkotoiminnan muuttuvien kustannuksien energiahinta. X:llä merkityt tiedot eivät ole julkisia.

Kustannus	Yksikköhinta (€/MWh)	Osuus kokonaisuudesta (%)
Pumppaus	X	16,9
Häviö	X	83,1
Yhteensä	X	100

Taulukkoon muodostunut arvo energian jakeluhinnaksi on saatu laskemalla pumppauksen sekä häviöiden vuosittaisten keskiarvojen kulut yhteen. Periaatteessa pumppaus ja häviöt muodostavat keskimääräisen hinnan veden siirtämiselle paikasta A paikkaan B, mutta todellisuudessa energiamaksuun tulee kohdentaa mahdollisesti myös osa kiinteistä kustannuksista, jotta toiminta olisi kannattavaa. Taulukossa on laskettu myös kustannuksien prosentuaalinen osuus kokonaisuudesta. Yksittäisen vuoden toteuman lukuarvojen sijaan prosenttilukuja voidaan hyödyntää tariffin määrittämisessä myös tulevaisuudessa, jolloin muutoksien tekeminen tarffiin on nopeampaa. Tällä tavoin tariffin eri kustannuksien painottamista tai tariffin koko kustannusrakennetta voidaan muuttaa vastaamaan paremmin yhtiön strategiaa tai ympäristön muutoksia. Kustannusvastaavaan hintaan tulee laskea mukaan kertoimeksi kohtuullinen tuotto, joka on määritetty seuraavassa luvussa valmiin jakelutariffin yhteydessä.

7. Tulokset

Tässä luvussa esitetään lopullisen jakeluhinnaston muodostuminen sekä tarkastellaan, kuinka hyvin syntynyt jakeluhinnasto vastaa aiemmin määritettyihin hinnoittelun periaatteisiin. Kulutus- ja kustannusanalyysin tuloksien perusteella on mahdollista muodostaa lopullinen jakelutariffi edellisessä luvussa esitetyistä kustannusvastaavista energia- ja tehomaksuista. Maksuihin kohdistetaan lisäksi kohtuullinen tuotto, jonka perustelut ovat esitetty luvussa 7.1.

Lopullinen teho- ja energiamaksuun kohdistettavien maksukomponenttien suuruus määräytyy usean eri periaatteen yhdistelmänä. Pelkällä kustannusvastaavuusperiaatteella aikaansaatu lopputulos ei kohtelisi asiakkaita tasaväkisesti ja aiheuttaisi myös yhtiölle taloudellisia riskejä.

7.1 Kohtuullisen tuoton määritteleminen

Sähkö- ja kaasuverkkotoimintaa ohjaillaan Energiaviraston toimesta tarkasti. Verkkotoiminnalle on määritetty kohtuullinen tuotto, jonka rajoissa yhtiön toiminta tulee pysyä. Kaukolämmön tilanteessa vastaavaa ei ole toistaiseksi käytössä, mutta jos kaukolämpömarkkinoita ohjataan vastaamaan enemmän sähkö- ja kaasumarkkinoiden tilannetta, on mahdollisesti odotettavissa myös lisäsääntelyä kaukolämpöyhtiöiden toimintaan. Energiavirasto seuraa sähkö- ja kaasumarkkinoiden siirtohinnoittelua neljän vuoden jaksoissa, jonka aikana tariffeilla kerättävien tuottojen määrä korkoineen ei saa ylittää 5 % sitoutuneesta pääomasta. (Energiavirasto, 2019).

Myös kaukolämpöverkkotoiminnan kohtuullisen tuoton määritelmä saattaa tulevaisuudessa noudattaa sähkö- ja kaasuverkkotoiminnan määritelmiä. Verkkotoiminta määritellään matalan riskitason sijoitukseksi, koska verkostotoiminnassa vieraan pääoman kulut ovat pieniä sekä laitteiston käyttöikä on pitkäikäistä. Lainsäädännön mukaan määräävä markkina-asema ja vähäinen kilpailu eivät saa oikeuttaa yhtiötä kustannustehottomuuteen, joten toiminnan tulee olla tehokasta, vaikka riskitasot ovatkin verrattain matalia.

Lisäksi kohtuullisen voiton määritelmässä verkoston pääoman arvo lasketaan sen nykykäyttöarvon perusteella eikä kauppahinnalla. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020).

Näillä perusteluilla voidaan määrittää kaukolämmön jakelulle kohtuullisen voiton määrä, joka on suuruudeltaan 5 %. Voitto kerätään asiakkailta jakelutariffipohjaisena. Myös perinteisen rahoituksen tuottomääritelmät tukevat 5 % kohtuullista voittoa. Neilimon ja Uusi-Rauvan (2010) mukaan markkina-aseman turvaavan sijoituksen tuottovaatimus on 6 %.

7.2 Jakelutariffi

Lopulliseen jakelutariffiin yhdistetään teho- ja energiamaksut sekä niiden kohtuullinen voitto (ks. Taulukko 9). Taulukossa oleva muuttuja n on aikaisemmin määritetty rakennuskustannusindeksi, jonka arvo vuonna 2020 on 1,03.

Taulukko 9. Lopullinen jakelutariffi Turku Energian kaukolämmön verkkotoiminnalle.
X:llä merkityt tiedot eivät ole julkisia.

Teho P (kW)	Perusmaksu €/a
Alle 15	$n * 140,931$
15 – 65	$n * (P * 11,89)$
65 – 165	$n * (P * 10,57 + 85,88)$
165 – 650	$n * (P * 5,28 + 957,87)$
Yli 650	$n * (P * 2,65 + 2675,50)$
Energiamaksu	€/MWh
	X

Taulukossa näkyvä jakelutariffin tehomaksu noudattaa Turku Energian nykyistä kaukolämmön tehomaksun pohjaa (ks. Taulukko 3). Teholuokkien raja-arvot ovat edelleen samat, mutta maksun osuus on määritetty kokonaan uudelleen. Uusi maksu on määritetty

vertaamalla lämmön jakelun kustannuksien suhdetta Turku Energian kaikkiin kaukolämpöyksikön kustannuksiin. Poistamalla jakeluun kuulumattomat kulut, kuten esimerkiksi myynnin sekä tuotannon, pystyttiin määrittämään, että jakelun osuus lämpöpalveluiden kokonaiskustannuksista on noin X %. Tämän arvon avulla pystyttiin määrittämään kerroin uuden tehomaksun laatimiseksi olemassa olevasta pohjasta. Tehomaksun laskentatapaa on määritetty tarkemmin kappaleessa 6.5.1. Energiamaksun suuruuden määrittelemisen käytiin läpi kappaleessa 6.5.2.

7.3 Tuloksien pohdinta

Hinnoittelun tulee olla läpinäkyvää ja perusteltavissa olevaa, johon tutkimuksen luotettavuudella on suuri merkitys. Tariffin laatimiseen käytettiin apuna sähkön verkkoliiketoiminnan hinnoittelun periaatteita, jotka ovat omakustannus-, aiheuttamis-, markkina-arvo-, yksinkertaisuus- sekä samahintaisuusperiaate. Uusi tariffi on määritelty jakelusta syntyvien kulujen mukaan, johon on otettu huomioon kohtuullisen voiton lisäksi myös investoinnit ja muut tulevaisuutta koskevat kuluerät. Tästä johtuen voidaankin todeta, että uusi tariffi noudattaa omakustannusperiaatetta, koska tariffi varmistaa verkkotoiminnan kustannuksien kattamisen pitkällä aikavälillä

Aiheuttamisperiaate tarkoittaa sitä, että jokaisen asiakkaan maksut suunnitellaan kattamaan asiakkaasta syntyvät kustannukset kokonaisuudessaan. Uudessa tariffissa käytettiin olemassa olevaa tehomaksun porrastusta, mutta sen kertoimet määritettiin jakelua vastaavaksi. Asiakkaat kuuluvat eri teholuokkiin oman sopimustehonsa mukaisesti, jolloin asiakkaasta syntyneet kulut katetaan aiheuttamisperiaatteen mukaan. Kulutuksen mukainen energiahinta on kaikille asiakkaille sama sopimustehosta riippumatta. Kolmas periaate on markkina-arvoperiaate, joka tarkoittaa tässä tilanteessa jakelun hinnoittelun kilpailukykyisyyttä sekä kohtuullisuutta. Jakelun kustannukset on määritelty tarkasti sekä niiden rahallinen arvo on todettu aikaisempien vuosien toteumista. Tämä varmistaa sen, ettei hinnoittelussa ole mukana jakeluun kuulumattomia kuluja. Lisäksi kohtuullisen voiton määrittelemiseksi käytettiin sähkö- ja kaasuverkkotoiminnan lainsäädännöllisiä määritelmiä, jolloin hinnoittelu on varmasti kilpailukykyistä sekä asianmukaista.

Yksinkertaisuusperiaate toteutuu, koska tariffin pohjana on käytetty nykyistä tehomaksun pohjaa, koska kokonaan uuden hinnoittelupohjan laatiminen olisi työlästä. Työssä on määritelty, mitä kuluja jakelusta syntyy, sekä esitetty niiden prosentuaalista jakaumaa osana kokonaisuutta. Tämä varmistaa, että hinnoittelu on läpinäkyvää sekä yksinkertaista. Jos hinnoittelu olisi tehty esimerkiksi putkikoon mukaan kasvavaksi, olisi se aiheuttanut paljon haasteita sekä ristiriitoja aiheuttamisperiaatteen kanssa. Lisäksi yksinkertaisuuden sekä samahintaperiaatteen varmistamiseksi kaikille asiakkaille on varmistettu yhteiset hinnat teholle sekä energialle.

Suurin ristiriita periaatteiden noudattamisessa syntyy aiheuttamisperiaatteen takia. Kaukolämmön siirtämisessä etäisyydellä on merkitystä jakelun kustannuksiin, mutta uudessa jakelutariffissa ei ole otettu asiakkaan etäisyyttä huomioon hinnoittelun määrittelyssä. Etäisyyden sekä putkikoon vaikutusta kuluihin tulisi tarkastella, minkä jälkeen tariffia voidaan mahdollisesti päivittää tulevaisuudessa. Kuitenkin tällä hetkellä samahintaperiaatteen noudattaminen on parempi ratkaisu kuin täysin aiheuttamisperiaatteen mukainen toiminta. Periaatteiden sekä tariffin tarkastelulla voidaankin todeta, että uusi jakelutariffi vastaa määriteltyihin periaatteisiin.

Laadittu jakelutariffi on tarkoitettu Turku Energian käytettäväksi, eikä sitä voida käyttää muissa kaukolämpöyhtiöissä. Hinnoittelu on aina yrityskohtaista, ja tässä tilanteessa hintojen määrittelemiseksi on käytetty Turku Energian kustannusrakenteita sekä toimintatapoja. Tietysti tutkimuksessa määriteltyt kaukolämmön jakelun kustannuskomponentit ovat oletettavasti samoja eri yhtiöiden välillä, mutta niiden kokoluokat vaihtelevat yhtiön toiminnan mukaan. Tästä syystä voidaan todeta, että Turku Energialle laadittu jakelutariffi on toiminnallinen vain Turku Energian ympäristössä.

Tutkimuksessa määriteltiin teoriatasolla jakelun kustannuspaikat sekä periaatteet hinnoittelun laatimiseksi. Käytännön tasolla tutkimuksessa laadittiin kokonainen jakelutariffi Turku Energian käytettäväksi, jos tulevaisuudessa kaukolämpömarkkinoita ohjataan

vastaamaan paremmin sähkö- ja kaasumarkkinoiden tilannetta. Syntynyt jakelutariffi on tarkoitettu kolmannen osapuolen kaukolämmöntuottajan asiakkaille, eikä sitä ole tarkoitus tarjota TE:n nykyisille asiakkaille käytössä olevien tariffien korvaajana. Kolmannen osapuolen tuottajat myyvät lämmön omille asiakkailleen, ja Turku Energia laskuttaa asiakasta lämmön jakelusta uuden jakelutariffin perusteella.

8. Yhteenveto

Tämä diplomityö käsitteli kaukolämmön jakelun kustannusrakenteita. Tarkoituksena oli laatia Turku Energialle kaukolämpöverkkoliiketoimintaa varten jakelutariffi, jota voitaisiin käyttää tilanteessa, jossa kaukolämpöverkot avataan myös kolmansien osapuolien tuotannolle. Vastaava tilanne on käytössä jo sähkömarkkinoilla, jossa tuotanto sekä jakelutoiminta ovat eriytetty toisistaan. Myös kaasumarkkinat on avattu Suomessa kilpailulle.

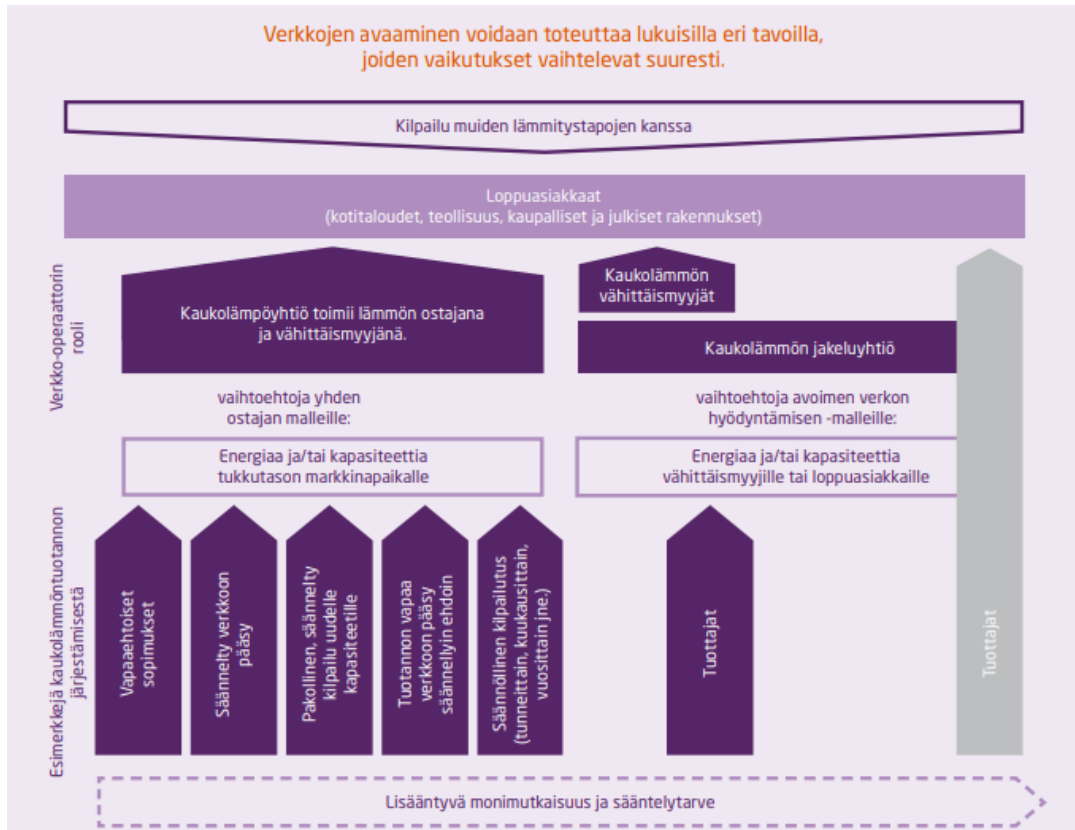
Tutkimuksen luvussa kaksi esiteltiin Turku Energiaa yhtiönä. Luvussa kolme käytiin läpi kaukolämmön perusteet sekä avoimen kaukolämmön vaihtoehtoisia ratkaisuja. Eri vaihtoehtoista avoimen markkinan malli vastasi parhaiten uuden jakelutariffin tilannetta. Työn neljännessä luvussa tutustuttiin sähkön siirtomarkkinoihin sekä mahdollisiin vaikutteisiin, joita avoimessa kaukolämpöverkossa voitaisiin hyödyntää. Viides luku käsitteli kaukolämmön jakelun kustannusten muodostumista. Kustannusanalyysin avulla pystyttiin määrittelemään kiinteiden ja muuttuvien kustannuksien prosentuaalinen jakauma verkkoliiketoiminnassa. Luvussa tutustuttiin myös mahdollisiin tariffirakenteisiin ja pohdittiin niiden vaikutuksia yhtiön toimintaan. Jakelutariffin muodostaminen tehtiin luvussa kuusi, ja seitsemännessä luvussa tariffi muotoiltiin käyttökelpoiseksi ja sille määriteltiin kohtuullinen tuotto.

Laadittu tariffi vastaa työssä määriteltyihin hinnoittelun periaatteisiin sekä noudattaa kohtuullisen tuoton määritelmiä. Laskennallisesti Turku Energia pystyisi kattamaan kaukolämmön jakelusta syntyvät kulut avoimen kaukolämmön tilanteessa uudella jakelutariffilla. Työssä tehtiin kuitenkin joitakin oletuksia eikä aivan kaikkia jakeluun liittyviä muuttujia ole huomioitu uudessa tariffissa. Tästä syystä syntynyt jakelutariffi voi tarvita vielä tarkennuksia, jos tulevaisuudessa verkot avataan kolmansille osapuolille. On oletettavaa, että verkkojen avaamisen tilanteessa myös lainsäädäntö määritteli tarkemmat ohjeet verkon omistaville yhtiöille. Tämä tekisi hinnoittelun laatimisesta helpompaa.

9. Johtopäätökset

Tulevaisuudessa kaukolämmön asema voi muuttua lyhyelläkin varoitusajalla. Tuotantomenetelmien muutokset, älymittarit, ilmastotietoisuus, kaksisuuntaisuus sekä verkoston avaaminen kilpailulle ovat kaikki tulevaisuuden tilanteita, joihin kaukolämpöyhtiöiden tulee varautua. Jotta kaukolämpö tulee säilymään kilpailukykyisenä ja luotettavana lämmitysratkaisuna tulevaisuudessakin, on asiakkaiden saamien palveluiden sekä yhtiöiden toimintamallien oltava monipuolisempia kuin nykyään.

Diplomityön kannalta olennainen verkkojen avaaminen kilpailulle voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla, ja diplomityössä esiteltiin kolme eri vaihtoehtoa avoimelle kaukolämpöjärjestelmälle. Eri vaihtoehtoissa monimutkaisuuden määrä kasvaa, vaikka muuten avoimet toimintaperiaatteet jakavatkin paljon yhtenäisyyksiä (ks. Kuva 17). Verkkojen avaamisen puolesta voidaan käyttää perusteluina entistä kilpailukykyisempää sekä energiatehokkaampaa järjestelmää, mutta avaamista vastaan löytyy myös hyviä perusteluja. Verkkojen avaaminen lisää järjestelmän monimutkaisuutta, joka puolestaan voi johtaa korkeampiin kustannuksiin. Avoimen kaukolämmön teknisen laadun tarkkailu, tuotanto-ongelmat, huippukysyntään vastaaminen sekä muut vastuukysymykset aiheuttavat haasteita avoimelle järjestelmälle. Myös kysynnän määrä avoimelle kaukolämmölle on toistaiseksi epävarmaa. Näistä syistä johtuen verkkojen avaamista ei voida olettaa tapahtuvan lähiaikoina. Kuitenkin kaukolämmön kaksisuuntaisuutta kehitetään varmasti tulevana vuosina, ja myös Energiateollisuus on jo nyt määrittänyt toimintaohjeita verkkoon liittymisestä (Energiateollisuus, 2018c). Kaksisuuntaisuudella pystytään hyödyntämään entistä paremmin hukkalämmön käyttöönottoa, mikä puolestaan parantaa kaukolämmön energiatehokkuutta entisestään. Lisäksi kaksisuuntainen kaukolämpö on mahdollista jo nykyisillä toimintatavoilla, joten koko järjestelmää ei tarvitse suunnitella uudestaan.



Kuva 17. Kaukolämpöverkkojen avaaminen voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. (Pöyry, 2017).

Kaukolämmön kysyntää pohdittaessa tulee ottaa huomioon lukuisia eri seikkoja. Asuntojen energiatehokkuuden jatkuvan kehittymisen takia lämmitysenergiaa ei tulla tarvitsemaan yhtä suuria määriä kuin aiemmin. Myös leudommat talvet aiheuttavat kysynnän vähenemistä. Lisäksi muut lämmitysvaihtoehdot aiheuttavat jatkuvasti kasvavaa kilpailua kaukolämmön vakiintuneelle asemalle. Edellä mainitut syyt aiheuttavat kaukolämmön kysyntään epävarmuuksia, mutta samaan aikaan myös kysynnän kasvulle on perusteita. Suomessa tapahtuvan sisäisen muuttoliikkeen takia entistä useammat ihmiset haluavat asua kasvukeskuksissa ja kaupungeissa, jolloin tarvittava lämmitys voidaan toteuttaa kaukolämmön avulla. On myös oletettavaa, että kaukojäähdytyspalveluiden kysyntä kasvaa tulevana vuosina merkittävästi. (Smart Energy transition, 2018).

Tulevaisuudessa kaukolämmöllä on tärkeä asema päästöjen vähentämisessä. Tuotantomenetelmissä uusiutuvien polttoaineiden käyttö tulee kasvamaan samalla, kun fossiiliset

polttoaineet jätetään kokonaan pois. Suomi on tässä tilanteessa edelläkävijä, koska jo nyt tuotetusta kaukolämmityksestä sekä -jäähdytyksestä yli 55 prosenttia tuotetaan uusiutuvilla energianlähteillä, kun EU-maiden keskiarvo on noin 20 prosenttia. Lisäksi tuotannon prosesseja tullaan tehostamaan, jolloin saavutetaan entistä energiatehokkaampi kokonaisuus. Prosessien tehostamisella pystytään vähentämään hukkalämmön määrää. Lisäksi tuotantoa pystytään tulevaisuudessa kehittämään optimoinnin avulla. Hyödyntämällä asiakkaiden lyhyen aikavälin kulutustietoja, esimerkiksi tunneittain, pystytään reagoimaan paremmin nopeasti muuttuvaan kysyntään. Uusilla älymittareilla asiakkaiden kaukolämmön kulutuksesta saadaan nopeasti dataa, jota voidaan hyödyntää prosessin tehostamiseksi. Älymittareilla toteutettava mittaus olisi myös asiakkaalle parempi ratkaisu, koska tuntipohjaisella laskutuksella kaukolämmön maksut syntyisivät aiheuttamisperiaatteen mukaan. Tulee kuitenkin muistaa, että tietyllä ajanhetkellä tuotetulla kaukolämmöllä ei voida välittömästi vastata saman hetken kysyntään. Tämän takia tulevaisuuden kaukolämpöjärjestelmissä lämpöakkujen osuus tulee kasvamaan. Lämpöä voidaan sitoa veteen ja varastoida myöhemmin käytettäväksi. Tämän avulla pystytään vastaamaan paremmin kulutuksen huippuihin purkamalla lämpöä akusta ja taas lataamaan se kysynnän vähentyessä. Lisäksi lämmön varastoiminen veteen on todella edullista verrattuna esimerkiksi sähkön varastoimiseen. (Turku Energia, 2019; Smart Energy Transition 2018).

Työ herätti myös pohdintaa jatkotutkimuksien tarpeelle Turku Energialle. Työn aikana selvitettiin Turku Energian nykyisiä hinnoittelumalleja, joiden rakenne herätti lisäkysymyksiä. Aikanaan laadittua tariffin tehomaksuosaa ei ole tarkistettu. Asiakkaalla ei ole tarkkaa tietoa, mistä hintatariffin luvut ovat peräisin ja mitä niillä katetaan. Tämän takia tehomaksuosa ei ole enää täysin läpinäkyvää. Perusteltavuus ja läpinäkyvyys ovat hinnoittelun kannalta tärkeitä seikkoja, minkä takia Turku Energian kannattaakin toteuttaa jatkotutkimuksia nykyisen hintatariffin tehomaksun osalta. Tämä varmistaisi paremman asiakastyytyväisyyden sekä kaukolämmön kilpailukyvyyn säilymisen myös tulevaisuudessa.

Vastuukysymykset kolmannen osapuolen tuotannolle tarvitsevat myös jatkotutkimuksia. Mitkä tahot vastaavat huippukysyntään ja kenellä on vastuu ongelmatilanteissa? Lisäksi kysynnän vaihtelu eri vuodenaikoina voi aiheuttaa haasteita. Kaukolämpöverkkoon ei voida syöttää määräänsä enempää lämpöä. Jos tuotannossa on mukana myös kolmannen osapuolen tuottajia, verkoston omistajalla voi olla vaikeuksia kokonaisuuksien hallinnassa. Tuotantolaitoksilla on tietyt minimitehot, mistä johtuen verkon omistajalla voi olla haasteita omien laitosten ajamisessa vähäisen kysynnän aikana. Jos tuotantoa on kuitenkin merkittävästi enemmän kuin kysyntää, tulee verkon omistajan kieltää tiettyjen tuottajien tuotanto kokonaan. Tämä tilanne vaatisi uuden toimintamallin, jota seurattaisiin kysynnän ollessa vähäistä.

Lisäksi tarpeellisia aiheita jatkotutkimuksille ovat muun muassa kaukolämmön tuotannon ja jakelun uudet teknologiat sekä niiden kilpailukyvyn selvittäminen. Siirtyykö tuotanto suurista yhteistuotantolaitoksista kohti pienempiä lämpökeskuksia, jolloin tuotanto ei olisi niin paikallista kuin nykyisin? Aiheuttaisiko se sähkön ja lämmön tuotannon eriyttämisen, jolloin sähkö tuotettaisiin uusiutuvilla energianlähteillä sekä ydinvoimalla ja kaukolämpö lämpöpumpuilla ja sähkökattiloilla omissa laitoksissaan? Kaukolämmön jakelussa jatkotutkimuksia voisi kohdentaa tarkastelemaan veden lämpötilan sekä paineeron optimointia verkostossa. Laskemalla menoveden lämpötilaa häviöiden määrä verkostossa vähenisi, mutta silloin pumppausta tarvitaan puolestaan enemmän. Asiakkaille tarjottavien palveluiden kehittäminen olisi myös tutkimisen arvoinen aihe. Kaksisuuntaisuus, älymittaus ja tuntikohtainen hinnoittelu ovat kaikki mahdollisia tutkimuskohteita tulevaisuutta varten.

Tulevaisuuden kaukolämpöjärjestelmä rakentuukin useista eri toimijoista, teknologioista sekä palveluista. Energiatehokkaan sekä kilpailukykyisen järjestelmän toimivuus vaatii kaikkien eri tekijöiden yhteispeliä. Teknisten ratkaisujen kehittyminen ei yksin riitä vastaamaan energiantuotannon haasteisiin, vaan myös liiketoimintamallien sekä asiakkaille tarjottavien palveluiden on kehityttävä vastaamaan tulevaisuuden tilanteisiin. Turku Energia onkin sitoutunut kantamaan vastuunsa osana Suomen energiamurrosta.

Lähteet

Akkanen, M. (2020). Haastattelu. Turku Energia kunnossapitopäällikkö. 11.5.2020

Eklund, A. (2020). Haastattelu. Turku Energia lämpöpäällikkö. 28.1.2020

Energiateollisuus (2015). *Kaukolämmön ja –jäähdytyksen tekninen laatu*. Raportti. Noudettu 2020-3-4 osoitteesta http://energia.fi/files/837/RaporttiKK5_2015_Kaukolammon_ja_jaahdytyksen_tekninen_laatu.pdf

Energiateollisuus (2018a). *Kaukolämpötilasto 2018*. Noudettu 2020-4-26 osoitteesta <https://energia.fi/files/3935/Kaukolampotilasto2018.pdf>

Energiateollisuus (2018b). *Kaukolämmön käyttötaloudelliset tunnusluvut 2018*. Noudettu 2020-4-22 https://energia.fi/files/4158/Kayttotaloudelliset_tunnusluvut_2018.pdf

Energiateollisuus (2018c). *Tekniset toimintaohjeet verkkoon liittämisestä. Hukkalämpöjen hyödyntäminen kaukolämpöjärjestelmässä*. Noudettu 2020-5-2 osoitteesta https://energia.fi/files/3127/Hukkalammot_kaukolampoverkkoon_tekniset_ohjeet_20181016.pdf

Energiateollisuus (2020). *Kaukolämmön hintatilasto*. Noudettu 2020-3-15 osoitteesta https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html#material-view

Energiateollisuus (n.d.). *Kaukolämmön tuotanto*. Noudettu 2020-1-20 osoitteesta https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto

Energia Uutiset (2018). *Kaukolämpöverkot auki?* Noudettu 2020-3-2 osoitteesta <https://www.energiauutiset.fi/uutiset/kaukolampoverkot-auki-2.html>

Energiavirasto (2019). *Hinnoittelun valvonta*. Noudettu 2020-2-5 osoitteesta <https://energiavirasto.fi/hinnoittelun-valvonta>

Energiavirasto (2020). *Sähkön vähittäismarkkinat*. Noudettu 2020-2-5 <https://energiavirasto.fi/sahkomarkkinat>

Finlex (2014). *Energiatohokkuuslaki 1429/2014*. Noudettu 2020-4-1 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>

Frederiksen, S. & Werner, S. (2013). *District heating and cooling* (1st edition.). Lund: Studentlitteratur AB

Gasum (2019). *Suomen maakaasumarkkina avautuu kilpailulle – uusi malli tehtiin yhdessä*. Noudettu 2020-3-2 osoitteesta <https://www.gasum.com/ajassa/energia-teollisuus/2019/suomen-maakaasumarkkina-avautuu-kilpailulle/>

Honkapuro, S., ym. (2017) *Jakeluverkon tariffirakenteen kehittymismahdollisuudet ja vaikutukset*. Tutkimusraportti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto. Lappeenranta ja Tampere. LUT Scientific and Expertise Publications, No. 65. ISBN: 978-952-335-105-9.

Karbin, M. (2020). Haastattelu. Turku Energia tuotepäällikkö. 5.2.2020

Koskelainen, L., Nuorkivi, A., Saarela, R. & Sipilä, K. (2006). *Kaukolämmön käsikirja*. Helsinki: Energateollisuus

Kylliäinen, A. (2020). Haastattelu. Lappeenrannan Energia verkostopäällikkö. 21.2.2020

Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. (2010). *Johdon laskentatoimi*. Edita – Helsinki.

Nord Pool (2020). *Day-ahead prices – Finland yearly prices*. Noudettu 2020-4-5 osoitteesta <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/FI/Yearly/?view=table>

Motiva (2019a). *Ylijäämälämmön potentiaali teollisuudessa*. Motiva Oy, Helsinki 2019. Noudettu 2020-3-10 https://www.motiva.fi/files/16214/Esiselvitys_-_Ylijaama-lammon_potentiaali_teollisuudessa.pdf

Motiva (2019b). *Kulutuksen normitus*. Noudettu 2020-4-18 osoitteesta https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus

Pasanen, P., Bruce, T. & Sipari, A. (2013). *Kaukolämmön CO₂-päästöjen laskentamenetelmät päätöksenteon työkaluina*. Bionova Consulting. Toimeksianto: Energiateollisuus ry

Partanen, J., Viljanen, S., Lassila, J., Honkapuro, S., Salovaara, K., Annala, S. & Makkonen, M. (2015). *Sähkömarkkinat*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kaukolämpö (2020). *Miten kaukolämpö toimii?* Noudettu 2020-1-15 osoitteesta <https://kaukolampo.fi/miten-kaukolampo-toimii/>

Kopsakangas-Savolainen, M. (2002). *Tutkimus sähkömarkkinoiden vapauttamisesta Suomessa*. Kansantaloudellinen aikakausikirja – 98. vsk. 1/2002. <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/kak12002/kak12002kopsakangas.pdf>

Pantti, J. (2010). *Sähkön siirtotuotteiden hinnoittelusovelluksen kehittäminen*. Diplomityö, 2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Noudettu 2020-3-20 osoitteesta

http://www.tut.fi/eee/opetus/pdf%20julkiset%20dtyot/Pantti_Jani-Pekka_julk.pdf

Pöyry (2016). *Kaksisuuntaisen kaukolämmön liiketoimintamallit*. Raportti Energiateollisuus ry:lle ja Sitralle, Pöyry Management Consulting. Noudettu 2020-2-15 osoitteesta <https://www.sitra.fi/julkaisut/kaksisuuntaisen-kaukolammon-liiketoimintamallit/>

Pöyry (2017). *Kolmansien osapuolien pääsy kaukolämpöverkkoihin*. Pöyry Management Consulting. Noudettu 2020-2-15 osoitteesta https://energia.fi/files/1728/Kolmansien_osapuolten_paasy_kaukolampoverkkoihin_Jenni_Patronen.pdf

Pöyry (2018). *Third-party Access to District Heating Networks*. Pöyry Management Consulting. Noudettu 2020-2-20 osoitteesta https://energia.fi/files/2634/Third-Party_Access_to_District_Heating_Networks_FINAL_REPORT_20180509.pdf

Smart Energy Transition (2018). *Seminaari kaukolämmön tulevaisuudesta keräsi yleisöä Tampereen Energiamesseilla*. Noudettu 2020-5-4 osoitteesta <http://smartenergytransition.fi/fi/seminaari-kaukolammon-tulevaisuudesta-kerasi-yleisoa-tampereen-energiamesseilla/>

Suomala, P., Manninen, O. & Lyly-Yrjänäinen, J. (2011). *Laskentatoimi johtamisen tukena*. Helsinki: Edita

Suvanto, J. (2020). Haastattelu. Turku Energia kehitysinsinööri. 9.4.2020

Syrjälä, I. (2020). Haastattelu. Turku Energia lämmönhankintapäällikkö. 27.1.2020

Turku Energia (n.d). *Varsinais-Suomen johtava energiayhtiö*. Noudettu 2020-1-10 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/turku-energia/olemme-lahella-naemme-kauas/turku-energia-lyhyesti/>

Turku Energia (2018). *Pitäisikö kaukolämpömarkkinat avata kilpailulle?* Noudettu 2020-2-4 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/valopilkku/artikkeli/pitaisiko-kaukolampomarkkinat-avata-kilpailulle/>

Turku Energia (2019). *Kaukolämmöllä on vihreä tulevaisuus*. Noudettu 2020-5-6 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/valopilkku/artikkeli/kaukolammolla-on-vihrea-tulevaisuus/>

Turku Energia (2020a). *Turku Energian tytäryhtiöt ja omistususuudet*. Noudettu 2020-1-15 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/turku-energia/olemme-lahella-naemme-kauas/turku-energia-lyhyesti/tytar-ja-osakkuusyhtiot/>

Turku Energia (2020b). *Kaukolämpöhinnasto*. Noudettu 2020-2-15 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/kaukolampo-ja-jaahdytys/kaukolampo-kestavin-valinta/kaukolampohinnasto/>

Turku Energia (2020c). *Verkkopalveluhinnasto. Sähkön verkkopalveluhinnasto*. Noudettu 2020-2-15 osoitteesta <https://www.turkuenergia.fi/sahkoverkko/tietoa-sahkoverkostamme/hinnastot-ja-sopimusehdot/verkkopalveluhinnasto/>

Turku Energia (2020d). *Hallituksen toimintakertomus ja tilinpäätös 2019*. Noudettu 2020-4-22 osoitteesta <https://vsk2019.turkuenergia.fi/>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2020). *Sähkönsiirron hintoja koskeva hallituksen esitysluonnos*. Noudettu 2020-4-26 osoitteesta <https://tem.fi/documents/1410877/2132100/SiirtohintHE+nettiin+16012020.pdf/7a18787b-e849-c308-a079-bd49e1d55baa/SiirtohintHE+nettiin+16012020.pdf>

Vero (2019). *Energiaverotus*. Noudettu 2020-4-12 osoitteesta <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus/#2.5.2-omak%C3%A4ytt%C3%B6s%C3%A4hk%C3%B6n-verottomuus>

Yle (2019). Elinkeinoministeri: Sähköverkkojen yksityistäminen oli hutipäätös – Hallitus koettaa panna sähkö siirtohintojen isot korotukset kuriin. Noudettu 2020-3-26 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10899259>

Liitteet

Liite 1. Turku Energian Verkkö-omaisuus yksikön vuoden 2019 toteuma. Tiedot ovat salassa pidettäviä, minkä takia luvut ovat peitetty X:llä työn julkisessa versiossa.

TURKU ENERGIA Lämpö		
KL4+KL5 Verkkö-omaisuus		—
12/2019	Toteuma 2019	Budjetti 2019
LIKEVAIHTO	x	x
Emon sis. energian myyntitulot		
Lämmön myyntitulot		
Höyryn myyntitulot		
Jätteen myyntitulot		
Asennus- ja huoltotyötulot	x	x
Kons. sis. asennus- ja huoltotyötulot		
Muut myyntiin liittyvät tulot	x	x
Kaukokylmän myynti		
Muut tulot	x	x
Liiketoiminnan muut tuotot	x	x
Kiinteistö- yms vuokratulot	x	x
Päästökauppa		
Materiaalit ja palvelut	x	x
Lämmön osto muu	x	0
Lämmön ostot TSE	x	x
TSK:n maksut		
Poltto- ja voiteluaineiden osto	x	x
Puupolttoaineen ostot		
Muut aine- ja tarvikeostot	x	x
Alihankintatyöt	x	x
Sis. alihankintatyöt UP:lta	x	x
Sis. alihankintatyöt TP:lta	x	x
Sisäiset kuljetukset ja rahdit	x	x
Muut kuljetukset ja rahdit	x	x
Henkilöstökulut	x	x
Työajan tuntipalkat	x	x

Työajan kuukausipalkat	x	x
Ylityökorvaukset	x	x
Sairaus- ja äitiysajan palkat	x	x
Lomapalkat	x	x
Muut palkat ja palkkiot	x	x
Palkkojen oikaisuerät	x	x
Työterveydenhoito		
Eläkkeet ja lakisääteiset henkilösivukul	x	x
Suunnitelmapoistot	x	x
Liiketoiminnan muut kulut	x	x
Vapaaehtoiset henkilösivumenot	x	x
Vuokrat maapohjasta		
Vuokrat kaupungille	x	x
Vuokrat koneista ja laitteista	x	x
Leasing-vuokrat		
Muut vuokrat	x	x
Vesi- ja jätevesimaksut	x	x
Sähkön osto	x	x
Energian käyttö alv 0%		
Emon sis. energian osto	x	x
Kons. sis. energian osto	x	x
Polttoaineet ajoneuvoihin	x	x
Korjaus ja huoltotyöt	x	x
Siivouspalvelut	x	x
Lyhytikäinen kalusto	x	x
Asiantuntijapalvelut	x	x
Kons. sis. asiantuntijapalvelut		
Emon sisäiset asiantuntijapalvelut		
Atk-palvelut	x	x
Muut vieraat palvelut	x	x
Mainonta ja myynninedistäminen	x	x
Toimistotarvikkeet	x	x
Pankkipalvelumaksut		
Postimaksut	x	x
Puhelin- ja tietoliikennemaksut	x	x

Kirja- ja julkaisumenot	x	x
Muut hallinnolliset menot	x	x
Matka- ja koulutusmenot	x	x
Ruoka- ja kmkorvaukset	x	x
Edustusmenot	x	x
Jäsenmaksut		
Vastuumenot ja julkiset maksut	x	x
Vakuutusmaksut	x	x
Kiinteistövero	x	0
LIIKEVOITTO	-x	-x
Liikevoitto-%	-x %	-x %

Liite 2. Verkkotoiminnan kiinteiden kulujen määrittely ja suuruus. Tiedot ovat salassa pidettäviä, minkä takia luvut ovat peitetty työn julkisessa versiossa.

	2019		2018		2017
Kiinteät kulut	€	%		%	
Käyttö- ja kunnossapito					
Henkilöstön palkat ja sosiaalikulut	#####	##	#####	##	###
Kunnossapidon työt, sopimukset ja vuosihoollot	#####	##	#####	##	###
Vastuu- ja vakuutusmaksut	#####	##	#####	##	###
Materiaalit	#####	##	#####	##	###
Vesi- ja jätemaksut	#####	##	#####	##	###
		#		#	###
Vuokrat		#		#	###
					###
Verkon rakennukset ja laitteet	#####	##	#####	##	###
		#		#	###
Suunnitelmapoistot		#		#	###
Naantali	#####	##	#####	##	###
Raisio	#####	##	#####	##	###
Kaarina	#####	##	#####	##	###
Turku	#####	##	#####	##	###
Uudisrakentaminen		#		#	###
Investoinnit		#		#	###
Perusparannusinvestoinnit		#		#	###
Konsernikulut		#		#	###
Lisävesi	#####	##	#####	##	###
Muut kulut		#		#	###
Lämpöliiketoiminnan yleiskulut	#####	##	#####	##	###
ATK-laitteet ja -palvelut	#####	##	#####	##	###
		#		#	###
Valvomon henkilöstökulut	#####	##	#####	##	###
Voitto		#		#	###
		#		#	###
Yhteensä	#####	##	#####	##	###