

**Maakaasun korvaaminen
vaihtoehtoisilla polttoaineilla
vara- ja huipputeholaitoksissa**

Kalle Pulkkinen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2019

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Pulkkinen Kalle	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Elokuu 2019
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Maakaasun korvaaminen vaihtoehtoisilla polttoaineilla vara- ja huipputeholaitoksissa		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), energia ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Marjukka Nuutinen, Kari Hytönen		
Toimeksiantaja(t) Elenia Lämpö Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maailmalla eletään energiamurroksen aikaa, jonka tavoitteena on luopua fossiilisista polttoaineista. Energia-alan yritykset tekevät jatkuvasti töitä uusiutuvan energian tuotannon lisäämiseksi. Liiketoiminnan kannattavuus tulee kuitenkin luonnollisesti taata, joten yritysten tulee päätöksiä tehdessä tasapainoilla talouden ja ekologisuuden välillä.</p> <p>Hämeenlinnan kaukolämmön tuotannossa käytetään suurimmaksi osaksi uusiutuvia biopohjaisia polttoaineita, mutta talven huippuenergiatarve katetaan maakaasulla ja öljyllä. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä on mahdollista korvata uusiutuvilla energiamuodoilla rakentamalla verkostoon uusi lämpölaite ja tavoitteena oli tutkia mahdollisen uuden laitoksen vaikutuksia. Uudella laitoksella voitaisiin saavuttaa säästöjä vähentämällä hiilidioksidipäästöjä ja polttoainekustannuksia. Laitos osallistuisi myös tarvittaessa varatehon tuotantoon kaukolämpöverkossa.</p> <p>Selvitys tehtiin Elenia Lämpö Oy:n tarjoamien tietojen mukaan Excel-laskentaohjelmalla. Tuloksena on valmis laskentatyökalu, joka laskee uuden mitoitettun laitoksen vuotuisia säästöjä polttoaineiden ja päästöjen osalta. Työkalu antaa toimeksiantajalle suuntaa antavan kuvan laitoksen vaikutuksista, jonka perusteella voidaan tehdä päätös tarkemman selvityksen tarpeellisuudesta. Työkalun lähtötietoja voidaan myöhemmin muokata vastamaan sen hetkistä tilannetta.</p> <p>Tuloksista voitiin havaita, että maakaasun käyttö on kaukolämmön tuotannossa kohtuullisella tasolla, mutta uuden laitoksen kustannuksia ja vaikutuksia on syytä selvittää vielä tarkemmin. Uudella laitoksella olisi myös merkitystä verkon tasapainon ja varatehon tuotannon osalta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lämmöntuotanto, kaukolämpö, maakaasu, uusiutuva energia		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, jotka ovat poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 8, poikkeusoloihin varautuminen ja väestönsuojelu, ja kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassa pitoaika on 25 vuotta, salassapito päättyy 10.8.2044.</p>		

Description

Author(s) Pulkkinen Kalle	Type of publication Bachelor's thesis	Date August 2019 Language of publication: Finnish Number of pages 44 Permission for web publication: X
Title of publication Replacing natural gas with alternative fuels in peak and back up heat production plants		
Degree programme Degree Programme in Energy and Environmental Technology		
Supervisor(s) Marjukka Nuutinen, Kari Hytönen		
Assigned by Elenia Lämpö Oy		
Abstract <p>The current transition to smart energy aims to break the dependence on the fossil fuel system. Energy companies are constantly working to increase the renewable energy production. However, it must not interfere with the profitability of the business. Therefore, companies need to find the balance between ecology and economy when making decisions.</p> <p>Bio-based fuels already play a big role in district heating production in Hämeenlinna, but the peak demand during wintertime is still covered using natural gas and oil. Some portion of the use of fossil fuels can be replaced with renewable forms of energy, but it is necessary to study the effects of this change first. The new plant could achieve savings by reducing the CO2 emissions and cutting fuel costs. If necessary, the new plant would also participate in back up heat production.</p> <p>The report is based on information provided by Elenia Lämpö Oy using Excel computing program. The result for the client is a ready-to-use calculation tool, that calculates the potential annual savings from fuel and emissions achieved by the new plant. The tool provides the client information about whether a more specific study is needed. the input data can later be adjusted to meet the needs of existing state of affairs.</p> <p>The results show that the use of natural gas in district heat production is at a reasonable level, but the costs and effects of the new plant should still be researched more specifically. The new plant would also play a role in the balance of the network and the production of back up power.</p>		
Keywords (subjects) Heat production, district heating, renewable energy, natural gas		
Miscellaneous (Confidential information) Appendixes are confidential and have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 8: preparation for emergency conditions and civil defence, and 17: business or professional secret. The holding period lasts 25 years, the secrecy expires on 10.8.2044.		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Elenia Lämpö Oy	6
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet ja ajankohtaisuus.....	6
1.3	Nykytilanne.....	8
2	Kaukolämpö	10
2.1	Kaukolämmön toimintaperiaate	10
2.2	Kaukolämpöverkko	14
2.3	Kaukolämmön vara- ja huipputeho.....	15
3	Päästökauppa.....	18
4	Polttoaineet	19
4.1	Maakaasu	19
4.2	Hake ja pelletti.....	20
4.3	Geoterminen lämpö	21
4.4	Sähkö	23
5	Tutkimuksen toteutus.....	23
5.1	Tutkimusaineisto	23
5.2	Datan käsittely.....	24
6	Mitoitus	26
6.1	Huipputeho.....	26
6.2	Päästöt.....	29
6.3	Säästöt ja takaisinmaksuaika.....	31
6.4	Polttoainejakauma	33
6.5	Laitoksen sijainti	35

7	Johtopäätökset.....	36
8	Pohdinta.....	38
	Lähteet	40
9	Liitteet.....	43
	Liite 1. Hämeenlinnan kaukolämpöverkko keskustan alueella (salassa pidettävä)	Error! Bookmark not defined.
	Liite 2. Hämeenlinnan kaukolämpöverkko, olemassa olevat lämpökeskukset ja uuden laitoksen mahdollinen sijainti (salassa pidettävä)	Error! Bookmark not defined.

Kuviot

Kuvio 1. Havainnekuva kaukolämmöstä	10
Kuvio 2. Kaukolämpöverkon periaatekuva	11
Kuvio 3. Polttoaineiden osuudet kaukolämmöntuotannossa Suomessa 2018	12
Kuvio 4. Kaukolämmön tuotannon ominaispäästöjen kehitys	14
Kuvio 5. Hämeenlinnan kaukolämpöverkon lämpötehontarpeen käyrä tuntikeskiarvona vuonna 2017	16
Kuvio 6. Pysyvyyskäyrä, jossa esitetty peruskuorma, huipputeho ja kesäajan tuotanto	17
Kuvio 7. Geotermisen lämmön talteenotto ja hyödyntäminen kaukolämpöverkossa	22
Kuvio 8. Hämeenlinnan kaukolämpöverkon laskennallinen pysyvyyskäyrä vuosien 2016 & 2017 tuntikeskiarvojen perusteella	27
Kuvio 9. 10 MW:n laitoksen korvaama maakaasun osuus kaukolämmöntuotannossa	28

Taulukot

Taulukko 1. 10 MW:n teholuokan lämpölaitoksen tilastot.....	28
Taulukko 2. Vuosien 2016 ja 2018 aikana tuotetut hiilidioksidipäästöt tonneina, sekä vuosien keskiarvo	30
Taulukko 3. 3-12 MW:n laitosten vuotuiset tilastot	30
Taulukko 4. Uudella laitoksella vähennettävissä olevat uusiutumattomilla polttoaineilla hiilidioksidipäästöt ja niistä saatavat säästöt	31
Taulukko 5. Uudella laitoksella saavutettavat vuosittaiset säästöt vaihtoehtoisen polttoaineen käytön ja päästöjen vähenemisen osalta	32
Taulukko 6. Polttoainejakauma Hämeenlinnan kaukolämmön tuotannossa vuosilta 2016 ja 2017	34

1 Johdanto

1.1 Elenia Lämpö Oy

Elenia Lämpö Oy on suuren sähköverkkoyhtiön Elenia Oy:n tytäryhtiö. Yrityksen liiketoiminta on pääasiassa kaukolämmön tuotanto ja myynti. Lisäksi Elenia Lämpö tuottaa sähköä Vanajan voimalaitoksella yhteistuotantona kaukolämmön kanssa sekä toimittaa maakaasua Kanta-Hämeen alueella yksityis- ja yritysasiakkaille. Elenia Lämpö Oy:n päätoimialueet sijaitsevat Kanta-Hämeen ja Keski-Suomen alueella, jossa sillä on lähes 5 000 asiakassopimusta ja n. 85 000 loppukäyttäjää. Elenia Lämpö on Suomen toiseksi suurin yksityinen kaukolämmön myyjä. (Elenia Lämpö Oy:n liiketoiminta n.d.)

Elenia Lämpö Oy hyödyntää kaukolämmöntuotannossa suurimmaksi osaksi kotimaista puuta ja turvetta. Lisäämällä kotimaisen uusiutuvan energian käyttöä yhtiö on onnistunut vähentämään ulkomaisen polttoaineen tuontia ja parantamaan työllisyyttä toimialueidensa vaikutusalueella polttoaineiden hankinta- ja tuotantoketjun kautta. Uusiutuvien energialähteiden osuus lämmöntuotannossa on tällä hetkellä 68 %, ja yhtiön strategiaan kuuluu jatkuva uusiutuvien energiamuotojen osuuden kasvattaminen ja uusien teknologioiden hyödyntäminen. (Elenia Lämpö Oy:n käyttämät polttoaineet n.d.)

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja ajankohtaisuus

Opinnäytetyössä tuli tutkia mahdollisuutta korvata maakaasun käyttöä vaihtoehtoisilla polttoaineilla Hämeenlinnan kaukolämmöntuotannossa mitoittamalla uusi vara- ja huipputeholaitos osaksi kaukolämpöverkkoa. Mitoitettu lämpölaitos kattaisi osan talven aikana käytettävästä maakaasulla tuotetusta lämmöstä, ja osallistuisi häiriötilanteissa varatehon tuotantoon. Mitoituksen suhteen työssä tuli noudattaa toimeksiantajan ohjeita ja hyödyntää toimeksiantajalta saatavissa olevaa dataa. Mitoitus toteutettiin Excel-laskentaohjelmalla, ja tarkoituksena oli luoda valmis laskentatyökalu, jota voidaan tarvittaessa muokata ja täydentää

tehontarpeen ja investointikustannuksien sekä polttoaineiden, sähkön ja päästöoikeuksien hintojen muuttuessa. Mitoituksen jälkeen tuli tarkastella, kuinka paljon käyttötunteja laitokselle kertyisi vuodessa. Lukujen perusteella tuli laskea vuotuinen säästö, joka saavutetaan käyttämällä vaihtoehtoisia polttoaineita maakaasun sijasta. Työssä tuli perehtyä neljään uuden laitoksen potentiaaliseen polttoainevaihtoehtoon: hake, pelletti, sähkö ja geoterminen lämpö. Jokaisella vaihtoehdolla saavutettavissa olevia säästöjä tuli verrata kyseistä polttoainetta käyttävän laitoksen investointikustannuksiin. Investointikustannusten arviot saatiin toimeksiantajalta. Lisäksi tuli pohtia kunkin vaihtoehdon toteutuskelpoisuutta ja mitoituksen tulosten luotettavuutta.

Vaihtoehtoisten polttoaineiden kustannusten lisäksi tuli selvittää päästökaupan alaisten hiilidioksidipäästöjen vähentämisen taloudelliset vaikutukset. Työssä tuli myös selvittää alustavasti tulevan laitoksen sijainti kaukolämpöverkostossa. Sijainti tuli määrittää palvelemaan parhaiten laitoksen käyttötarkoitusta huippu- ja varateholaitoksena, huomioiden muut verkoston olemassa olevat lämpölaitokset.

Laskelmista saatujen investointien takaisinmaksuaikojen, tulosten luotettavuuden ja laitoksen toteutuskelpoisuuden arvioinnin perusteella oli tarkoitus tuottaa toimeksiantajalle suuntaa-antava kuva laitosinvestoinnin vaikutuksista. Lisäksi toimeksiantajalle tehtävän laskentatyökalun tulisi olla helposti muokattava, jotta se palvelisi samaa tarkoitusta myös jatkossa.

Aihe on ajankohtainen. Energiantuotanto on suuri kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja ja uudet tutkimukset sekä jatkuva uutisointi ilmastonmuutoksen vaikutuksista ovat herättäneet yritykset ympäri maailman siirtymään pois fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Suomessa on tehty vastaavanlaisia investointeja useissa kaupungeissa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Esimerkiksi Seinäjoella on korvattu öljykäyttöinen lämpölaitos pellettikattilalla ja Lahteen on rakenteilla uusi biolämpölaitos Kymijärvi III, joka korvaa vanhan hiilikäyttöisen Kymijärvi I-kattilan (Kymijärvi 3 voimalaitoksen rakentaminen hyvässä vauhdissa 2018; Turpeen energian käytön alasajoon valmistaudutaan 2019)

Työ on alalle hyödyllinen, sillä maakaasu- ja öljykäyttöisten lämpölaitosten korvaamisella vähäpäästöisillä energiamuodoilla voidaan vähentää energiantuotannon ympäristökuormitusta. Vastuullisella ilmastostrategialla ja sen toteuttamisella on usein suotuisa vaikutus energiayhtiöiden imagoon. Lisäksi taloudelliset säästöt voivat maksaa investoinnin takaisin kohtuullisessa ajassa. Energiantuotannon päästöjen vähentämisestä on asetettu myös tavoitteita koko valtion tasolla, joten odotettavissa on, että poliittiset päätökset tulevat ohjaamaan energiantuotantoa pois fossiilisten polttoaineiden käytöstä lähitulevaisuudessa.

Esiselvityksiä vastaavien laitosinvestointien kannattavuudesta tehdään jatkuvasti, mutta ne ovat yritysten ja laitostoimittajien suorittamia sisäisiä laskelmia eikä tietoa jaeta julkisuuteen. Laitosinvestointiin vaikuttavien muuttujien hinnat vaihtelevat jatkuvasti ja jokainen mitoitettava kohde on oma yksilönsä, joten yleispätevää ohjetta prosessille on hankala rakentaa. Laitosinvestointia ei myöskään voi tehdä vain sen hetkisen tilanteen mukaan, vaan on arvioitava kyseisen laitoksen tarvetta tämän koko elinkaaren ajalle. Tämän vuoksi mitoituksen lisäksi vaaditaan usein rationaalisia perusteluja laskelmien tueksi, ennen kuin investointia kannattaa lähteä toteuttamaan.

Työ oli osin luonteeltaan sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista tutkimusta. Työssä perehdyttiin kerättyihin tietoihin, joiden pohjalta laskettiin Excel-laskentaohjelmalla lopputulos. Tätä osuutta voidaan pitää kvantitatiivisena. Laskelmien jälkeen suoritettiin vaihtoehtojen vertailua ja arvioitiin niiden toteutuskelpoisuutta. Nämä osiot olivat luonteeltaan enemmän kvalitatiivisia.

1.3 Nykytilanne

Hämeenlinnan kaukolämpöverkon peruskuormaa tuotetaan Vanajan voimalaitoksella pääosin hakkeella ja apupolttoaineena käytetään turvetta. Käynnistyspolttimet toimivat maakaasulla. Lisäksi verkossa on maakaasua käyttäviä lämpölaitoksia eri puolilla verkkoa vara- ja huipputehontarpeen takaamiseksi sekä muutamia pienen kokoluokan öljykäyttöisiä lämpölaitoksia. Maakaasu on moniin muihin lämmöntuotannossa käytettäviin polttoaineisiin ja menetelmiin nähden kallista.

Lisäksi maakaasu on uusiutumaton energianlähde, jota ei ole saatavilla kotimaisesti. Tämän vuoksi maakaasun käytölle on syytä tarkastella vaihtoehtoja.

Vanajan voimalaitokselle on rakenteilla uusi kiinteän polttoaineen kattila K-6, joka käyttää polttoaineena haketta ja apupolttoaineena turvetta. Kattila korvaa vanhan K4-kattilan ja tuottaa peruskuormaa Hämeenlinnan verkkoon toisen päälaitoksen kattilan, K-5:n kanssa. Nykyinen K-4 käyttää polttoaineenaan runsaammin turvetta verrattuna tulevaan K-6-kattilaan. Koska turve luokitellaan uusiutumattomaksi polttoaineeksi, turpeella tuotettu energia on päästökaupan alaista ja näistä päästöistä koituu ylimääräisiä taloudellisia kustannuksia. Turpeella tuotetusta lämmöstä tulee myös maksaa energiaveroa. Uusi kattila tulee vähentämään turpeen käyttöä ja näin uusiutuvien energiamuotojen osuus kaukolämmöntuotannossa kasvaa. Uuden kattilan vuoksi voimalaitoksen kokonaislämmöntuotanto muuttuu, ja tämä muutos täytyy ennakoida uuden laitoksen mitoitusta tehtäessä.

Kaukolämpöverkkoon yhdistetään lisäksi Parolannumen alue. Parolannummella on tällä hetkellä erillinen pieni kaukolämpöverkko, jonka lämpöenergiantuotannossa käytetään maakaasua. Verkossa on yksi lämpölaitos, jonka yhteisteho on 10 MW. Kun Parolannummi liitetään muuhun verkkoon, voidaan maakaasun käyttöä vähentää tuottamalla alueen tarvitsema lämpö muualla. Alueen lisääminen verkkoon nostaa näin ollen kantaverkon vuotuista kokonaislämmöntarvetta.

Kesällä, kun kaukolämpöenergiantarve on pieni, pystytään tarvittava lämpö tuottamaan Vanajan voimalaitoksella. Tämän ajanjakson aikana kaukolämpöteho tuotetaan Vanajan voimalaitoksella yhdellä kattilalla katkoajolla. Kattilan käydessä ladataan lämpöä 10000 m³ kaukolämpöakkuun. Kun akku on täynnä, kattila joudutaan ajamaan alas, sillä kaukolämpöverkon vaatima teho alittaa kattilan minimitehon. Kattila käynnistetään uudelleen, kun kaukolämpöakku on lähes tyhjä, jolloin pystytään taas ajamaan laitosta normaalisti akkua ladata. Talven aikana lämmöntarve kuitenkin ylittää Vanajan voimalaitoksen tuotantokapasiteetin, joten huippulämpölaitoksille on tarvetta. Myös varateholaitoksien tulee olla toimintakuntoisia mahdollisten häiriötilanteiden sattuessa. Jokainen Hämeenlinnan

kaukolämpöverkon huippu- ja varateholaitoksista käyttää tällä hetkellä polttoaineena fossiilisia uusiutumattomia polttoaineita.

2 Kaukolämpö

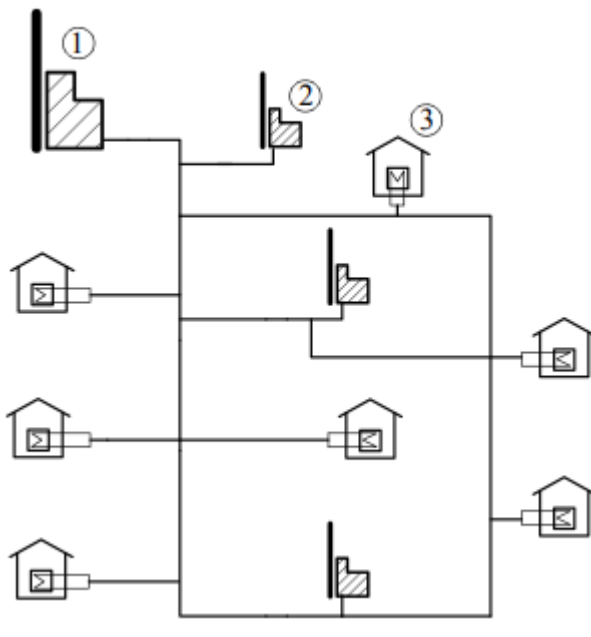
2.1 Kaukolämmön toimintaperiaate

Kaukolämpö on keskitetysti tuotettua lämpöä, joka toimitetaan useaan eri rakennukseen yhteisen lämmönjakeluverkon avulla. Kuviossa 1 esitetty havainnekuva kaukolämmöstä, jossa vasemmalla on lämpöä tuottava laitos, joka yhdistyy oikealla esitettyihin rakennuksiin kaukolämpöverkolla. Verkko ja tuotanto ovat usein yritysten omistuksessa, ja asiakkaina toimivat lämpöenergian loppukäyttäjät. Asiakkaat voivat olla yksityisiä, teollisuuden toimijoita, taloyhtiöitä, julkisia tiloja tai toimistorakennuksia. Kaukolämpö on siis liiketoimintaa, ja erityisesti Pohjoismaissa, joissa talvet ovat kylmiä ja lämmitykselle on suurta tarvetta, kyseinen liiketoiminta on ollut erittäin kannattavaa. Kaukolämmityksen alkuinvestoinnit ja myöhemmin tehtävien muutostöiden kustannukset ovat kuitenkin kalliita, joten verkon rakenne on syytä suunnitella huolellisesti käyttöään maksimoimiseksi. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 12-16.)



Kuvio 1. Havainnekuva kaukolämmöstä (DESMI N.d.)

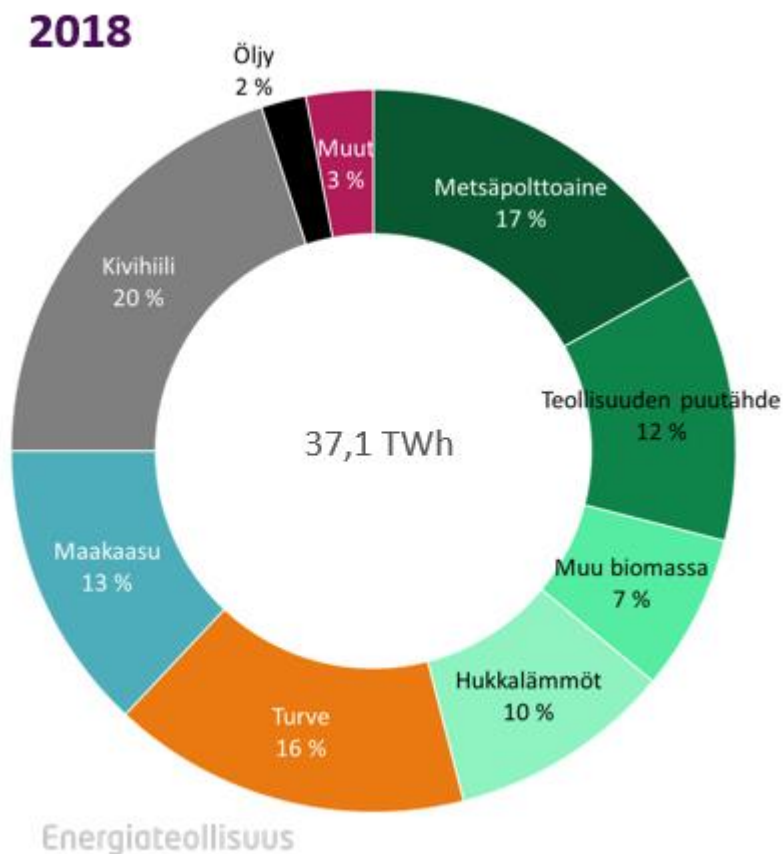
Nykyaikaisissa jakeluverkoissa kiertää kemiallisesti käsitelty vesi, jonka avulla lämpöenergia siirretään asiakkaiden omiin lämmitysjärjestelmiin. Jäähdyntynyt kaukolämpövesi palaa lämmöntuotantolaitoksille erillistä paluuputkea pitkin ja vesi voidaan taas lämmittää uudelleen. Suurin osa lämpöenergiasta tuotetaan keskitetysti lämmöntuotannosta vastaavan yrityksen omistamissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 30) Kuviossa 2 on esitetty kaukolämpöverkoston periaatekuva. Numero 1 edustaa verkoston päälaitosta (usein yhteistuotantolaitos), numeron 2 kuviot vara- ja huipputeholaitoksia ja numero 3 edustaa asiakasta eli loppukäyttäjää. Väliin jäävät viivat muodostavat kaukolämpöverkon. Kuvioista voidaan myös havaita kaukolämpöverkon silmukka, joka mahdollistaa lämmön toimittamisen samaan kohteeseen useaa eri reittiä pitkin.



Kuvio 2. Kaukolämpöverkon periaatekuva (Mäkelä & Tuunanen 2015, 30)

Kaukolämpö on Suomen yleisin rakennusten lämmitysmuoto. Tällä hetkellä noin 46 % Suomen asuin- ja palvelurakennuksista käyttää lämmitykseen kaukolämpöä. Lisäksi yli 60 % uudisrakennuksista valitsee lämmitysmuodokseen kaukolämmön. (Energiavuosi 2018.) Polttoaineena kaukolämmöntuotannossa käytetään fossiilista polttoaineista öljyä, kivihiiltä ja maakaasua sekä uusiutuvista pääosin biomassaa ja

turvetta. Lisäksi kaukolämpöä tuotetaan polttamalla jätettä tai käyttämällä sähköä. Nykyajan kaukolämpöverkossa on usein myös teollisia laitoksia, joiden hukkalämpö otetaan talteen kaukolämpöverkkoon lämpöpumpuilla ja lämmönvaihtimilla. Uusim-pana sovelluksena kaukolämmön tuotantoon on yksityisten asiakkaiden tuottaman lämpöenergian talteenotto ja geotermisen lämmön hyödyntäminen. Asiakkaiden tuottama lämpöenergia voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkokeräinjärjestelmillä tai jätevesien lämmöntalteenottojärjestelmillä. (Kaukolämmön tuotanto n.d.) Kuviossa 3 on esitetty kaukolämmöntuotannossa käytettyjen polttoaineiden osuudet sekä kes- kellä kokonaisenergiämäärä Suomessa vuonna 2018.

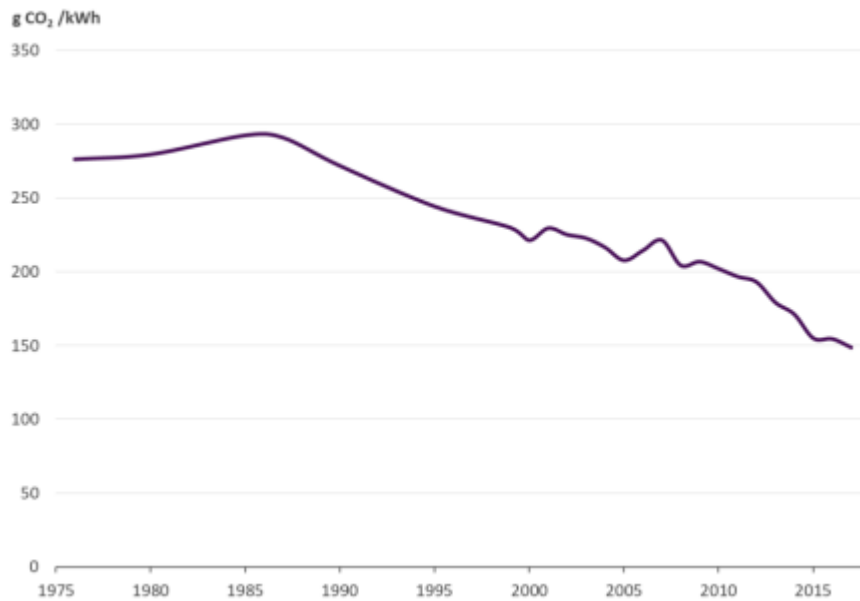


Kuvio 3. Polttoaineiden osuudet kaukolämmöntuotannossa Suomessa 2018 (Energia- vuosi 2018)

Paras hyötysuhde kaukolämmöntuotannossa käytetyistä polttoaineista saadaan tuottamalla kaukolämmön lisäksi sähköä yhteistuotantolaitoksissa. Yhteistuotantolaitoksista käytetään nimeä CHP-laitos (Combined Heat and Power). CHP-laitoksessa saadaan hyödynnettyä suurempi osa polttoaineen poltossa vapautuvasta lämpöenergiasta kuin sähkön ja lämmön erillistuotannossa. Käytännössä voimalaitoksella syntyvästä höyrystä tehdään ensin sähköä turbiinilla, minkä jälkeen turbiinin lauhteesta otetaan lämpöenergia talteen kaukolämmöksi. Tämän ansiosta laitoksella voidaan saavuttaa parempi kokonaishyötysuhde. Yhteistuotanto myös vähentää sähkön- ja lämmöntuotannosta aiheutuvia ympäristöpäästöjä erillistuotantoon nähden, sillä samasta määrästä polttoaineesta saadaan suurempi määrä energiaa talteen (Mäkelä & Tuunanen, 2015, 12-16).

Kaukolämmöntuotannon päästöt tuotettua kilowattituntia kohti ovat pienentyneet jo usean vuosikymmenen ajan. Tähän ovat vaikuttaneet muun muassa turpeen käytön väheneminen kattilatekniikan kehittyessä, fossiilisten polttoaineiden korvautuminen uusiutuvilla, prosessien energiatehokkuuden paraneminen, hukkalämmön talteenottomenetelmien ja laitteiden kehittyminen ja lämmönsiirron tehokkuuden paraneminen sekä vuotojen havaitsemismenetelmien kehittyminen. Parannuksien taustalla on painavimpana tekijänä taloudelliset säästöt, mutta yhä enemmän myös ilmastonsuojelu.

Energiateollisuus ry:n vuosittain keräämien tietojen perusteella julkaistuista tilastoista todetaan, että kaukolämmön tuotannon päästöt ovat laskeneet noin vuodesta 1986 lähtien muutamaa pientä poikkeusta lukuun ottamatta (ks. kuvio 4). Päästöjen laskennassa puupohjaisten polttoaineiden päästöjen on laskettu olevan $0 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$, sillä perusteella, että tilalle kasvava puu sitoo tuotetun hiilidioksidin takaisin. Kuviosta 3 kuitenkin havaittiin, että kivihiilen ja maakaasun käyttö kaukolämmöntuotannossa on edelleen suuressa osassa, joten parannettavaa on.



Kuvio 4. Kaukolämmön tuotannon ominaispäästöjen kehitys (Kaukolämpötilasto 2017, 2018)

2.2 Kaukolämpöverkko

Kaukolämpöverkko yhdistää kaukolämmön tuotannon asiakkaisiin ja mahdollistaa suurten energiamäärien siirron useille asiakkaille keskitetyistä lämmöntuotantolaitoksista. Verkon rakenne koostuu runkoputkista, siirtoputkista ja taloputkista. Putket sijaitsevat usein kaupungeissa teiden, katujen ja rakennusten alla, joten niiden korjaaminen, kunnossapito ja muutostyöt ovat hankalia ja kalliita toteuttaa. Verkoissa käytetään suuria putkikokoja ja toimitusmatkat ovat usein kymmeniä kilometrejä pitkiä. Näiden syiden vuoksi verkoston käyttöikä pyritään maksimoimaan, jotta kaukolämpöverkon rakennuttaminen olisi kannattavaa. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 51) Liitteestä 1 voidaan havaita, kuinka kaukolämpöverkon rakenne (punaiset linjat) jäljittelee kaupungin infrastruktuuria.

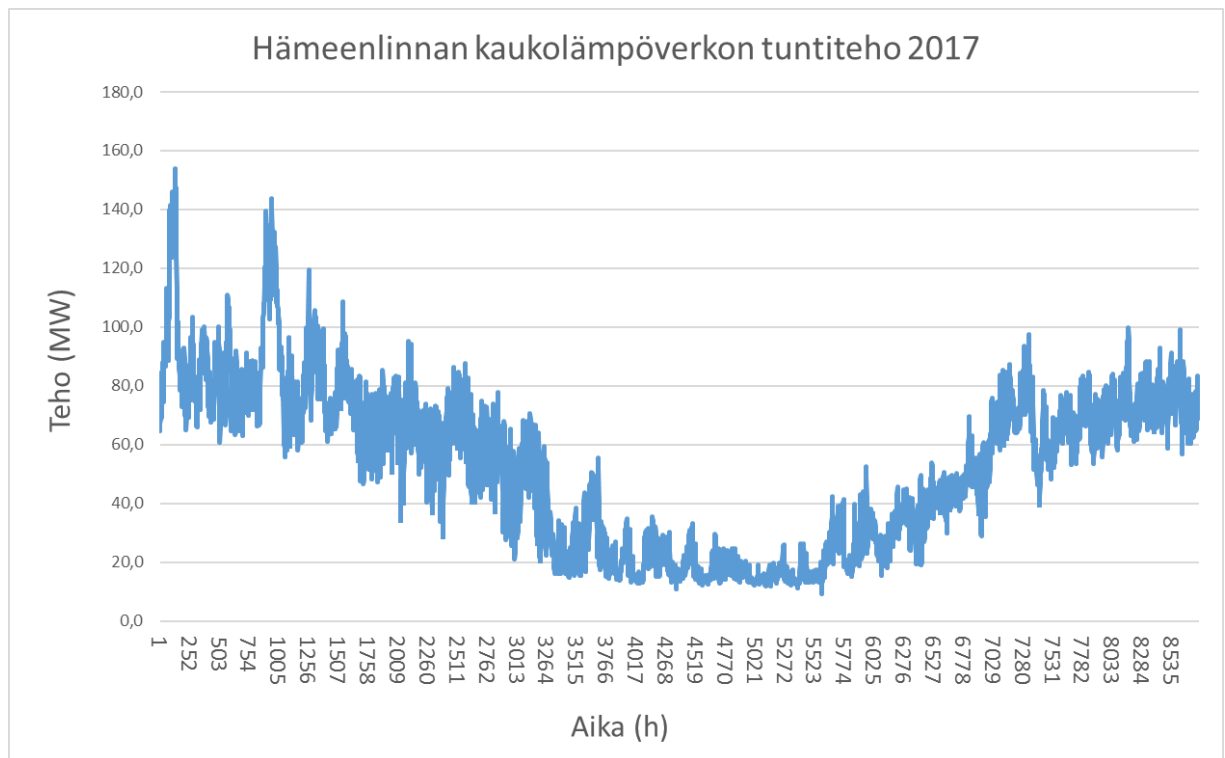
Verkostossa kulkee jokaiseen kohteeseen aina meno- ja paluuputki. Järkevintä on suunnitella verkostoon silmukoita, jotta samaan kohteeseen voidaan toimittaa lämpöä useaa eri reittiä pitkin. Tällä voidaan ehkäistä huolto ja häiriötilanteista asiakkaille aiheutuvia mahdollisia lämpökatkot (ks. kuvio 2). Putket haarautuvat runkojohdosta siirtojohtoihin ja niistä edelleen talojohtoihin putkikoon pienetessä lämmöntarpeen mukaan. Menoputkessa virtaa kuumaa (120°-70° C) vettä ja lämpötila

paluupuolella on yleensä välillä 50°-25° C. Kaukolämpövettä ei käytetä suoraan lämmittämään rakennuksia, eikä sitä lämmitetä suoraan lämpökeskuksilla tai voimalaitoksilla. Sen sijaan lämpö siirtyy lämpökeskuksilta kaukolämpövedeen lämmönvaihtimien avulla, ja vastaavasti kaukolämpöverkosta asiakkaille asiakkaan oman lämmönjakokeskuksen lämmönvaihtimen kautta. Jotta lämmönvaihtimet toimisivat oikein, menopuolen painetaso on paluupuolta suurempi. Paluuputken paineen tulisi olla asiakkaan päässä vähintään 60 kPa pienempi kuin menopuolen. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 22-23)

Verkoston paine-eroa pidetään yllä suurten pumppujen avulla. Pumput ovat sijoitettu lämpö- ja voimalaitosten yhteyteen, mutta verkostosta löytyy myös erillisiä pumppaamoita. Pumppaamot on sijoitettu eri puolille verkostoa, jotta paine-eroa pystyttäisiin säätämään alueellisesti, ja että tarvittava painetaso pystytään tuottamaan mahdollisimman pienin kustannuksin. Pumppujen toimintaa ohjaa automaatiojärjestelmä, joka säätää verkoston painetta mittauksen perusteella. Pumppujen toimintaa on syytä tarkkailla, sillä paine ei saa kasvaa liian suureksi, eikä se saa laskea liian matalaksi. Pumppaamot ovat miehittämättömiä ja niiden toimintaa valvotaan ja ohjataan päälaitoksen valvomosta. (Energiateollisuus ry 2011)

2.3 Kaukolämmön vara- ja huipputeho

Kaukolämpöverkon peruskuorma tuotetaan suurissa lämpö- ja voimalaitoksissa, joissa hyötysuhde on pienempiä laitoksia parempi, johtuen usein lämmön ja sähkön yhteistuotannosta. Peruskuormalla tarkoitetaan sitä tehoa, jolla pystytään tuottamaan suurin osa koko vuoden tehontarpeesta. Peruskuormaa tuottavien laitosten mitoittaminen verkon huipputehon mukaan ei ole järkevää, sillä suurin osa vuoden tehontarpeesta on paljon matalammalla tasolla. Kuviossa 5 on esitetty Hämeenlinnan kaukolämpöverkon tuntiteho suhde tuntia kohden vuonna 2017. Vasemmalla tammikuun ensimmäinen tunti, ja oikealla joulukuun viimeinen. Kuviosta nähdään tehontarpeiden huippujen sijoittuvan tammi-helmikuulle ja nähdään myös näiden olevan ajallisesti hyvin lyhyitä verrattuna vuoden keskimääräiseen tehontarpeeseen.

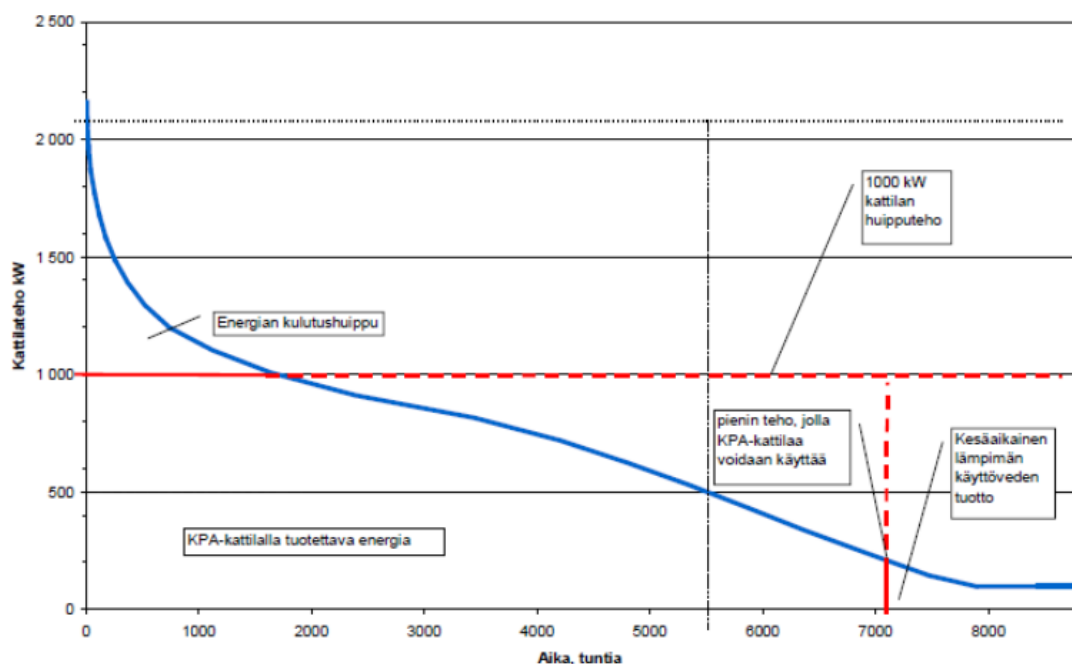


Kuvio 5. Hämeenlinnan kaukolämpöverkon lämpötehontarpeen käyrä tuntikeskiarvona vuonna 2017

Suomalaisen kaukolämpöä hyödyntävän kaupungin kesäajan tehontarve on vain n. 10 % talven aikana tarvittavista huipputehoista. Kuvio 5 osoittaa tämän tiedon pitävän melko hyvin paikkansa Hämeenlinnan kaukolämpöverkossa. Tästä syystä ylimitoitettua peruskuormalaitosta kävisi suurimman osan ajasta suunniteltua pienemmällä teholla, mikä heikentää laitoksen hyötysuhdetta. Lisäksi laitoksen investointikustannukset nousisivat kohtuuttomalle tasolle. Yleensä päälaitoksen mitoitus on n. 40-60% verkon vaatimasta huipputehosta. Tällä teholla pysytään kattamaan 80 - 90% vuotuisesta energiantarpeesta. Vaihtelua kuitenkin esiintyy tapauskohtaisesti varsinkin, jos verkossa on useita teollisuuden laitoksia, joiden energiantarve vaihtelee merkittävästi. Tästä syystä verkostoon on syytä liittää vara- ja huippukuormaa tuottavia pienempiä lämpölaitoksia. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 28-29)

Huippukuormalaitokset toimivat osana suunniteltua lämmöntuotantoa peruskuorman lisäksi. Lämmöntarpeen kasvaessa ja peruskuorman tuotannon kapasiteetin ylit-

tyessä, käynnistetään huippukuormalaitos. Huippukuormalaitosten käyttö on ennustettavissa ilmasto-olosuhteiden mukaan, joten laitoksen käynnistysaika voi olla varalaitoksia pidempi. Mitoituksen apuna käytetään hyväksi pysyvyyssäilyä, joka on muodostettu vuoden tehon käytön tuntikohtaisten keskiarvojen perusteella. Tehot on järjestetty suuruusjärjestykseen ja näistä muodostetaan käyrä, josta huipputehoksi luokitellaan alue, joka on tarkasteltavien arvojen joukosta selkeästi muita suurempia. Kuviossa 6 on esimerkki pysyvyyssäilyästä. Kuviossa 1000 kW kiinteän polttoaineen kattila tuottaa peruskuormaa, mutta kulutuksen ylittäessä KPA-kattilan kapasiteetin tarvitaan huipputeholaitoksia tuottamaan lämpöä kulutushuippujen ajaksi.



Kuvio 6. Pysyvyyssäilyä, jossa esitetty peruskuorma, huipputeho ja kesäajan tuotanto (Ympäristöministeriö & Energiateollisuus ry. 2012)

Varatehoa tuottavien laitosten kapasiteetin tulee olla riittävän suuri, jotta peruskuormaa tuottavan päälaitoksen lämmöntuotanto pystytään korvaamaan häiriötilanteissa. Varalaitosten käynnistämistä ei aina voida ennakoita, joten riittävä määrä tuotantolaitoksien kapasiteetista täytyy olla toimintavalmiudessa ja käynnistys pitää pystyä toteuttamaan nopeasti. Tästä syystä varalaitosten polttoaineena käytetään usein öljyä tai maakaasua, sillä ne ovat toimintavarmoja, helposti etäohjattavissa ja

nopeita käynnistää. Varateholaitosten vuotuinen käyttö on usein vähäistä, joten polttoaineiden kustannuksilla ja niistä aiheutuvilla päästöillä ei ole suurta merkitystä koko vuoden tilastoja tarkastellessa. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 28-29)

3 Päästökauppa

Ilmastonmuutoksen kiihtyessä teollisuuden tuottamien kasvihuonekaasujen määrää on pyritty vähentämään taloudellisin pakottein. Päästöjen rajoittamiseksi on tehty yhteisiä päätöksiä niin kansainvälisellä kuin EU:n laajuisella tasolla. Suomi on mukana EU:n päästökauppajärjestelmässä ja kansallisena päästökauppaviranomaisena toimii Energiavirasto. Energiavirasto myöntää päästöluvat ja valvoo päästökaupan toimintaa. Suomessa päästökaupassa on mukana noin 600 laitosta. (Energiavirasto n.d.)

Päästökaupassa mukana oleville toimijoille on ennalta määritelty toimialakohtainen kokonaispäästö määrä, jonka mukaan toimijoille jaetaan päästöoikeuksia. Toimijoiden tulee mitata vuoden aikana tuotetut päästöt, ja mittaustulokset todentaa riippumaton osapuoli. Tämän jälkeen toimijan tililtä vähennetään päästöoikeuksia tuotettujen päästöjen mukaan. Mikäli päästöjä tuotetaan vähemmän kuin on ennalta odotettu, toimijat voivat huutokaupata ylimääräiset päästöoikeudet muille alan toimijoille. Tämä toimii yrityksille kannustimena vähentää päästöjä. (Energiavirasto n.d.)

Suomessa päästökaupalle on määritelty oma päästökauppalaki (311/2011) Euroopan parlamentin ja neuvoston päästökauppadirektiivin mukaan. Päästökauppalaki määrittelee tarkemmin lakiin sovellettavat kohteet ja toimijoiden velvollisuudet. Laissa on myös määritelty päästöoikeuksien jakoperusteet ja luvan hakemiseen liittyvät toimet.

Päästökauppalakia sovelletaan muun muassa polttoaineiden polttoon laitoksissa, joiden nimellinen kokonaislämpöteho on yli 20 megawattia ja niiden kanssa samaan kaukolämpöverkkoon liitettyjen pienempien polttolaitosten polttoprosessien hiilidioksidipäästöihin.

Päästöoikeuksien hinnat ovat viimeisen vuoden aikana nousseet rajusti. Vuoden 2018 tammikuussa hiilidioksiditonin hinta oli 7,78 € tuhatta kiloa kohti. Vastaavasti vuotta myöhemmin hinta oli kohonnut jo 22,24 € tonnilta, eli hinta on kolminkertainen vuotta aiempaan nähden. Muutos on tapahtunut erittäin nopeasti ja jatkuu, mikäli EU päättää kiihdyttää päästökauppaa vastaamaan Pariisin ilmastopöytäkirjassa asetettuja vaatimuksia ilmaston lämpenemisen pysäyttämiseksi. Tähän asti energia-ala on ollut suhteellisen hitaasti muuttuva ala suurten investointikustannusten vuoksi, mutta ilmastonmuutokseen herääminen pakottaa alan yritykset reagoimaan nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. (EU carbon prices could... 2018; Carbon price viewer 2019)

4 Polttoaineet

4.1 Maakaasu

Maakaasu koostuu pääosin metaanista, ja sitä saadaan kerättyä syvältä maan alta poraamalla. Suomella ei ole omia maakaasuvarantoja. Sen sijaan Suomessa käytetään pääosin Venäjältä tuotua maakaasua. Maakaasun jakeluun käytettävä verkosto ulottuu Venäjän rajalta Kaakkois-Suomesta Uudenmaan kautta Pirkanmaalle asti. Maakaasu on laadultaan hyvin lähellä biomassasta valmistettua biokaasua, joten pientuotantona Suomessa valmistettua biokaasua syötetään maakaasun kanssa samaan verkkoon. Maakaasun osuus koko Suomen kaukolämmöntuotannossa on n. 13 % (ks. kuvio 3, s.13). Paikkakunnalliset erot ovat kuitenkin suuria, koska verkon ulottuvuus luonnollisesti rajoittaa maakaasun käyttöä suurimmassa osassa kaukolämpöverkkoja. (Energia vuosi 2018; Energiavirasto n.d.)

Vaikka maakaasun polttamisesta syntyy hiilidioksidipäästöjä vähemmän kuin puun poltosta, sen todella hitaan uusiutumisen vuoksi maakaasun käyttö on ympäristölle haitallista. Maakaasu on maan alla varastoituneena suuri hiilinielu ja poltettuna osa

hiilestä vapautuu ilmakehään. Maakaasu on kuitenkin fossiilisista polttoaineista puhdainta energiamuoto tarkastellessa hiilidioksidipäästöjen ja polttoaineen energiasisällön suhdetta. (Energy Information Administration 8/2018; Energiavirasto n.d.)

Maakaasun etuina on puhdas palaminen, helppo säädettävyys, hyvä hyötysuhde ja vähäiset rikki- ja typpipäästöt. Lisäksi lämmöntuotantoon vaadittava tekniikka on yksinkertaista, toimintavarmaa ja helppo toteuttaa. Maakaasua käytetään usein öljyn tapaan kiinteän polttoaineen kattiloiden starttipolttimissa. (Jalovaara, Aho, Hieta-mäki & Hyytiä 2003) Maakaasun käytöstä täytyy kuitenkin maksaa energiaveroa 20,654 €/MWh. (Verohallitus 2019)

4.2 Hake ja pelletti

Haketta tuotetaan hienontamalla puupohjaista materiaalia ja hakkuista yli jäänyttä ainesta helpommin poltettavaan raekokoon. Hake on Suomessa erittäin suosittu polttoaine lämmöntuotannossa johtuen sen helposta paikallisesta saatavuudesta ja luokittelusta uusiutuvaksi polttoaineeksi. Poikkeuksena etelä- ja länsirannikko, joissa iso osa lämmöntuotannon tekniikasta soveltuu edelleen parhaiten kivihiilen polttoon esimerkkinä Meri-Porin, Lahden ja Helsingin hiilivoimalaitokset. Syynä tähän on hakkeen kuljetuksen korkeat kustannukset pohjoisesta tai idästä, missä sitä olisi paljon tarjolla. Valtio osaltaan tukee hakkeen ja pelletin käyttöä lämmöntuotannossa, sillä puupohjaisista polttoaineista ei tarvitse maksaa energiaveroa. (Verohallinto 2016)

Hakkeen laatu vaihtelee paljon siihen käytetyn materiaalin mukaan. Puun sisältämän lämpöenergian määrät vaihtelevat puulajikkeiden mukaan ja rangasta tehty hake on yleensä energiasisällöltään runsaampaa metsätähdehakkeeseen verrattuna. Hakkeen energiasisältö vaihtelee myös runsaasti sen sisältämän kosteuden mukaan. Ulkona varastoitu hake on usein kosteampaa, joten energiasisältö kilogrammaa kohden on pienempi ja saman lämpöenergian saavuttamiseksi täytyy polttaa massaltaan suurempi määrä polttoainetta. Hakkeen sisältämä energiamäärä vaihtelee myös sen tuoreuden mukaan. Uusimpien tutkimusten mukaan puusta haihtuu varastoitaessa palavia yhdisteitä, jotka poltettaessa lisäävät puun energiasisältöä merkittävästi kuivaan,

varastoituun puuhun verrattuna. Aihe on kuitenkin alalle uusi ja tutkimustuloksia on toistaiseksi saavutettu rajallisesti. (Maaseudun tulevaisuus 2017; VTT 2016, 67-68)

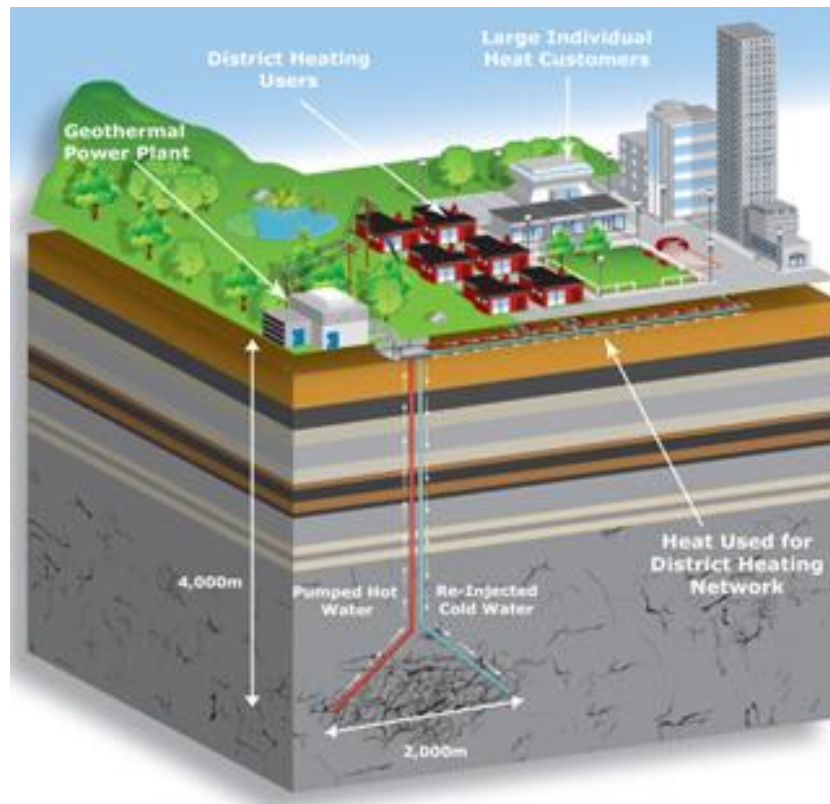
Hakkeen energiasisältöä tarkkaillaan ottamalla näyte jokaisesta lämmöntuotantoyksikköön saapuvasta kuormasta. Näytteiden perusteella määritellään polttoaineen energiasisältö, joka usein myös määrittelee polttoaineen hinnan. Näytteenotto tapahtuu polttoaineen toimituksen yhteydessä ja puun energiasisältö voi muuttua varastoinnin aikana. Energiasisällön epätasaisuus ei kuitenkaan ole ainut hakkeen ongelma. Tämän lisäksi hakkeen palakoko saattaa vaihdella. Hakkeen seassa saattaa usein kulkeutua suurempia paloja, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä tuotantolaitoksen kuljetinjärjestelmissä. Näiden häiriöiden seurauksena voi olla tuotantokatko, joka saattaa aiheuttaa varateholaitoksen käynnistämisen. Tämä aiheuttaa usein yhtiölle ylimääräisiä kustannuksia.

Pelletti on kokoon puristettua puupohjaista polttoainetta, jota tuotetaan usein muiden metsäteollisuuden laitosten sivutuotteista. Energiatiheydeltään se on haketta huomattavasti runsaampaa ja polttoaineen laatu on raekooltaan ja energiasisällöltään tasaisempaa. Pelletti on tästä syystä suosittu lämmitysratkaisu useissa kotitalouksissa ja taloyhtiöissä. Pelletti sopii myös suurempien lämpölaitosten polttoaineksi. Esimerkiksi Helsingissä käynnistettiin Suomen tähän asti suurin pellettikäyttöinen lämpölaitos alkukevästä 2018. Laitoksen kaukolämpötehoksi on ilmoitettu 92 MW. (Bioenergia ry n.d.; Helen, 2018)

4.3 Geoterminen lämpö

Geotermisellä lämmöllä tarkoitetaan maan pinnan alapuolella olevaa lämpöä, joka on maapallon sisällä tapahtuvan radioaktiivisen aineksen hajoamisen yhteydessä vapautuvaa lämpöä. Syvällä pinnan alapuolella n. 5-8 kilometrin syvyydessä lämpötilat ovat lähes aina korkeita. Nykyisellä teknologialla lämpöä kerätään talteen kahden näihin syvyyksiin yltävän poratun reiän avulla. Toista reikää myöten johdetaan vettä maan alle kosketuksiin lämpimän kiviaineksen kanssa. Toisesta kaivosta vesi pumpataan jälleen pinnalle, jossa lämpö voidaan ottaa talteen lämpöpumpuilla ja lämmönvaihtimilla esimerkiksi kaukolämpöverkkoon. Geoterminen lämpö sopii hyvin yhteen

kaukolämpöverkkojen kanssa, sillä laitoksen tuottama lämpöenergia on vakaa vuodenaikasta riippumatta ja vaatii toimiakseen vain sähköä pumpuille ja muille laitteille. Geoterminen lämpö on itsessään päästötön ja uusiutuva energiamuoto. (Energiateollisuus ry n.d., Renewable energy world n.d.) Kuviossa 7 on esitetty karkeasti geotermistä lämpöä hyödyntävän laitoksen toiminta.



Kuvio 7. Geotermisen lämmön talteenotto ja hyödyntäminen kaukolämpöverkossa (Renewable energy association 2019)

Geotermisen lämmön hyödyntämisestä on useita sovelluksia alueilla, joissa lämpöä saadaan kerättyä talteen matalammista syvyyksistä. Tällaisia alueita ovat vulkaanisesti aktiiviset alueet, joilla esiintyy kuumia lähteitä maan pinnalla tai lähellä pintaa. Euroopassa on käytössä useita geotermistä lämpöä hyödyntäviä laitoksia ja rakenteilla on myös uusia laitoksia. Esimerkiksi Münchenin kaupunkiin on rakenteilla 50 MW:n suuruinen geoterminen lämpölaitos (Work has started on 50 MW geothermal heating project in Munich, Germany 2018). Suomessa tunnetuin kokeilu on ST1:n

Deep Heat- projekti, joka pyrkii hyödyntämään geotermistä lämpöä Espoon kaukolämpöverkossa (St1 Deep Heat 2018).

4.4 Sähkö

Sähköllä tuotetun kaukolämmön etu on, että se ei tuota lainkaan suoria hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi lämmöntuotantoon vaadittu tekniikka on yksinkertaista, helppo toteuttaa, eikä polttoaineen kuljetuksesta tai varastoinnista aiheudu kustannuksia. Sähkön käytöstä on kuitenkin maksettava veroa 2,253 €/MWh (Verohallinto 1.1.2019). Huoltokustannukset sähköä käyttävässä lämpölaitoksessa ovat pienet ja laitos on toimintavarma, joka on erityisen tärkeä ominaisuus etäohjattavilla laitoksilla. Käynnistys ja alasajo tapahtuvat nopeasti verrattuna kiinteän polttoaineen kattiloihin.

Sähkökattilan haitta on kuitenkin sähkön korkea hinta lämmöntuotannossa, varsinkin kun sähkönkulutus on suurta. Lämmöntuotannon hinta vaihtelee paljon, mutta alittaa vain harvoin biopolttoaineiden kustannukset. Sähkön kulutus ja rakennusten lämmitystarve korreloivat keskenään, mikä aiheuttaa sähkön hinnan nousua erityisesti talvella, jolloin lämmityksen tarve ja sähkön kulutus on suurta.

5 Tutkimuksen toteutus

5.1 Tutkimusaineisto

Aineisto työn suorittamiseen saatiin työn toimeksiantajalta. Aineistona oli Hämeenlinnan kaukolämpöverkon kokonaistehontarpeen ja Vanajan voimalaitoksella tuotetun tehon tuntidata. Mitoitukseen käytettiin vuosilta 2016 ja 2017 mitattua dataa. Muita saatavilla olevia työssä käytettyjä tietoja olivat Parolannummen kaukolämpöverkon mittausdata, kattilakohtainen lämmöntuotanto, kattiloiden valmistajien ilmoittamat tehot, lämmöntuotannon polttoainejakauma, polttoainekohtaiset hiilidioksidipäästöt, polttoaineiden hinnat MWh:a kohden ja olemassa olevien kiinteän

polttoaineen kattiloiden käyttämät polttoainekohtaiset tehot. Päästöjen osalta käytössä on vuosien 2016 ja 2018 data. Aineisto oli saatavilla Excel-ohjelmaan sopivana tiedostona, jolla suoritetaan myös aineiston käsittely ja sen pohjalta suoritettavat laskelmat.

Päästöjen osalta laskennassa käytettäviksi tiedoiksi valikoituivat vuosien 2016 ja 2018 mittaukset. Vuonna 2018 tammikuun 1. päivänä astui voimaan uusi valtioneuvoston asettama asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista, jossa kiristettiin energiantuotannon päästörajoja. Tämän vuoksi raskasta polttoöljyä ei ole enää mahdollista hyödyntää lämmöntuotannossa kustannustehokkain puhdistusmenetelmin. Elenia Lämmöllä oli toimitusvarmuuden takaamiseksi varastoituna raskasta polttoöljyä, ja nämä varastot hyödynnettiin lämmöntuotannossa vuoden 2017 aikana. Raskaan polttoöljyn poltto näkyy päästötilastoissa, eivätkä nämä tilastot vastaa tulevaisuuden normaalitilannetta. Tästä syystä kyseisen vuoden tilastot jätettiin pois laskennasta.

5.2 Datan käsittely

Mitoitukseen käytettävien kaukolämpötehojen oli tarkoitus vastata mahdollisimman hyvin todellista tilannetta. Vertailuvuosiksi valikoituivat vuosien 2016 ja 2017 kaukolämpödatat, sillä nämä olivat työtä aloittaessa uusimmat saatavilla olevat, koko vuoden kattavat tiedot. Laskentaohjelman lähtötietoja voidaan myöhemmin muokata vastaamaan paremmin nykytilannetta tuoreemman mittausdatan ollessa saatavilla.

Jotta tuleva laitos voitiin mitoittaa vastaamaan tulevaisuuden tarpeita, oli tarpeen ottaa huomioon tulevien muutosten ja uudistusten vaikutukset Hämeenlinnan kaukolämpöverkkoon. Suurimmat tiedossa olevat muutokset ovat Parolannummen liittämisen kantaverkkoon, uusi kiinteän polttoaineen kattila Vanajan voimalaitokselle ja asiakaskunnan laajuuden mahdolliset muutokset.

Erillisen, vuonna 2019 kantaverkkoon liitettävän Parolannummen kaukolämpödata saatiin kerättyä automaatiosta laskennassa käytetyiltä vuosilta. Data todettiin kuitenkin

kin käyttökelttomaksi, sillä Parolannummen kaukolämmön tuotannon kokonaiskapasiteetti on kattilavalmistajan ilmoittamien nimellistehojen mukaan 10 MW, ja mitausdatan mukaan tuotettu lämpöteho ylitti huomattavasti tämän tehon useina ajanjaksoina vuodessa. Parolannummen kaukolämpöverkon data oli mahdollista saada myös asiakasmyynnin mukaan mitattuna tuntidatana. Tämä data vastasi paremmin kattiloilla tuotettavissa olevaa tehoa. Asiakkaalle myydyssä energiamäärässä ei huomioitu energian tuotannossa ja siirrossa aiheutuvia häviöitä eli lämmöntuotantolaitoksen ja kaukolämpöverkon hyötysuhdetta. Parolannummen lämpölaitoksen maakaasukattiloiden vuotuisen hyötysuhteen keskiarvoksi arvioitiin laitevalmistajan toimittajien tietojen perusteella olevan n. 90 %. Hyötysuhteeseen on sisällytetty lämmön siirron aikana tapahtuvat häviöt. Laskenta suoritettiin yhtälöllä 1.

$$\frac{\text{Asiakkaalle myyty kaukolämpö}}{\text{hyötysuhde } \mu \text{ (90\%)}} = \text{Tuotettu kaukolämpö} \quad (1)$$

Parolannummen hyötysuhdekorjatut teholumemat voitiin tämän jälkeen lisätä Hämeenlinnan kantaverkon kaukolämpötehon tuntidataan. Näin voidaan arvioida tilannetta verkkojen yhdistymisen jälkeen. Parolannummen maakaasukattiloita käytetään tämän jälkeen ainoastaan vara- ja huipputehon tuotantoon ja muuten lämmöntuotanto myös Parolannummen osalta tapahtuu Vanajan voimalaitoksella.

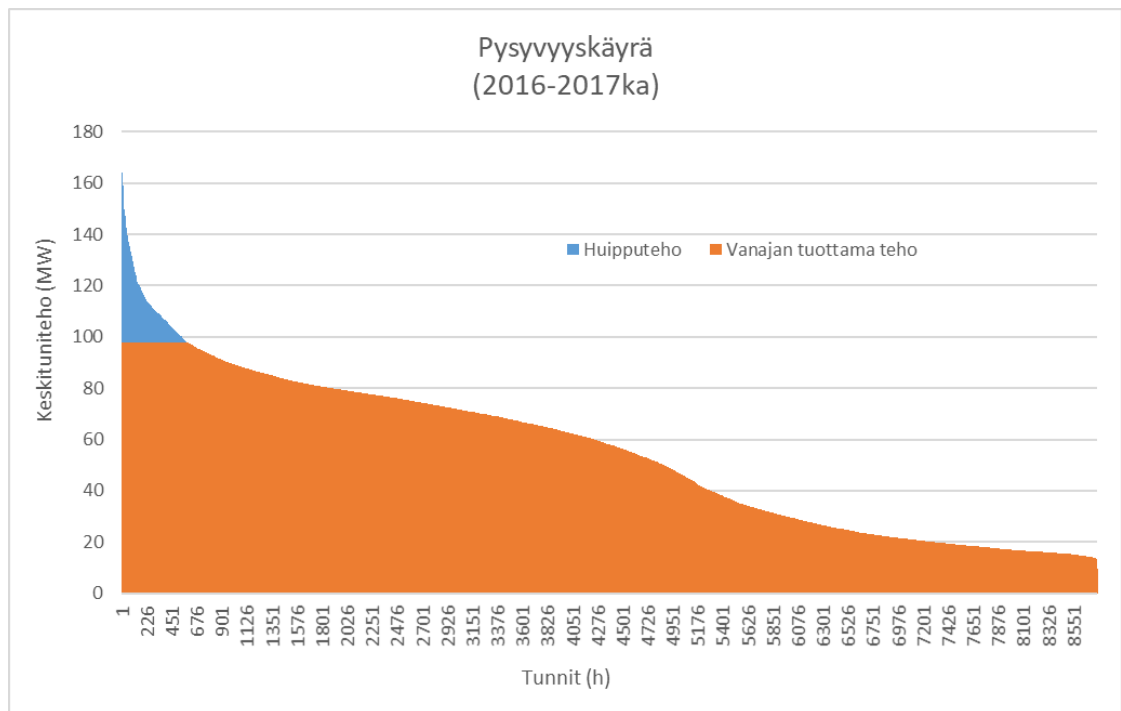
Mitattujen tehojen seasta pystyttiin toteamaan muutamia virheellisiä mittalukemia. Mittausten virheet olivat kuitenkin maltillisia, joten niiden ei katsottu vaikuttavan merkittävästi datan luotettavuuteen. Suurimman poikkeaman tilastoihin aiheutti vuoden 2016 helmikuun karkauspäivä. Mitoituksessa käytettävä data pyrittiin keräämään siten, että se vastaisi parhaiten normaalia vuosittaista tehonkulutusta, mutta karkauspäivän mukana olo haittaa laskentaohjelman toimintaa. Karkausvuoden mukana olo ei lopulta vaikuttanut lopputulokseen merkittävästi, joten vuorokauden tehot pystyttiin jättämään mitoituksessa käytettävän datan ulkopuolelle.

6 Mitoitus

6.1 Huipputeho

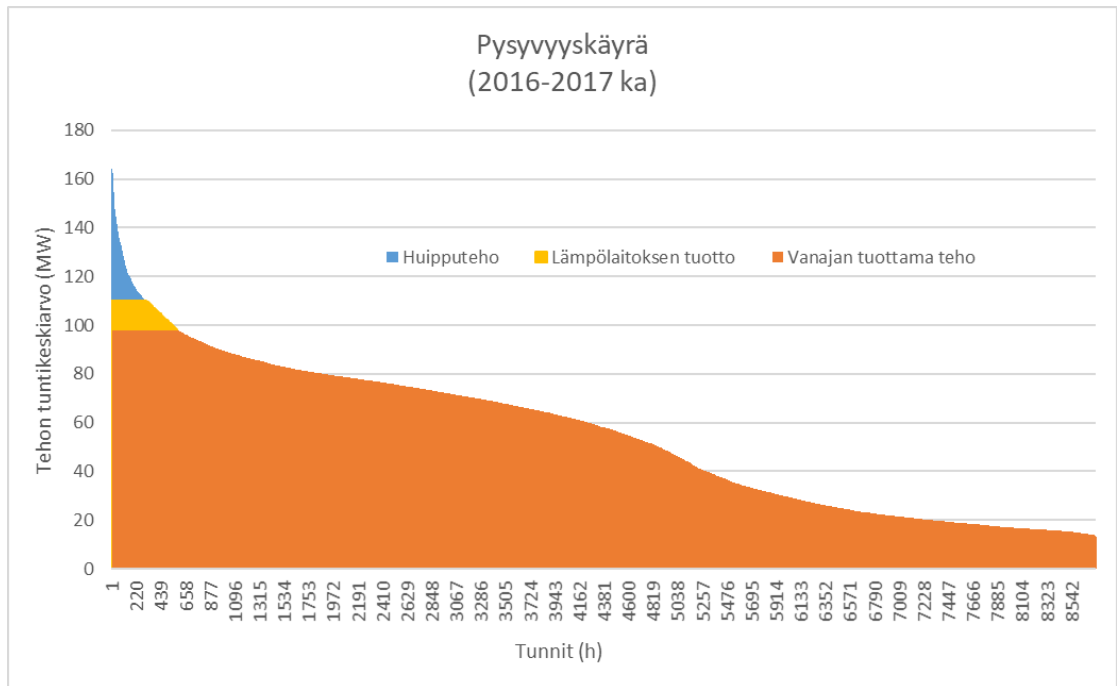
Huipputehona mitoituksessa käytettiin kaikkea päälaitoksen eli Vanajan voimalaitoksen tuotannon ylittävää tehontarvetta. Vanajan voimalaitoksen tuotanto koostuu mitoituksessa K-5- ja K-6-kattiloista. K-5-kattilan maksimiteho laskennoissa oli 58 MW. K-5-kattilan tuottama teho saatiin tarkastelemalla automaation mittausdataa, mutta K-6-kattilan tuottaman tehon lukemana käytettiin valmistajan ilmoittamaa tehoa 40 MW. Valmistajan ilmoittamaan tehoon otettiin huomioon savukaasupesurin talteen ottama teho, mikä nostaa kattilan hyötysuhdetta suhteessa syötettyyn polttoainetehoon siirtämällä lämpöä savukaasusta kaukolämpövedeen. Vanajan voimalaitoksella pystytään näin ollen tuottamaan 98 MW molempien kattiloiden käydessä täydellä teholla.

Mittausdatan perusteella lasketut tuntikeskiarvot voitiin järjestää suuruusjärjestykseen, jolloin huipputehoksi luokiteltavat lukemat pystyttiin määrittämään poimimalla kaikki Vanajan maksimituotantotehon ylittävät arvot. Laskentaohjelma mahdollistaa Vanajan tuottaman maksimitehon muokkaamisen jälkikäteen, mikäli tulevan K-6-kattilan ja laitteiden valmistajien ilmoittamat lukemat poikkeavat todellisesta tuotetusta tehosta merkittävästi. Tuloksen perusteella pystyttiin muodostamaan pysyvyyssäyrä tehontarpeen suhteesta vuoden tunteihin (ks. kuvio 8). Kuviossa oranssi ”Vanajan tuottama” teho kuvaa K-5- ja K-6-kattilan lämmöntuotantokapasiteettia.



Kuvio 8. Hämeenlinnan kaukolämpöverkon laskennallinen pysyvyyskäyrä vuosien 2016 & 2017 tuntikeskiarvojen perusteella

Jäljelle jäävää huipputeho täytyy tuottaa Vanajan voimalaitoksen ulkopuolella, ja nykyisillä laitoksilla tämä tarkoittaa lämmöntuotantoa maakaasulla. Tämän maakaasun osuutta kaukolämmöntuotannossa on kuvion 9 esimerkissä korvattu 10 MW:n lämpötehon tuottavalla laitoksella. ”Lämpölaitoksen tuotto” kuvaa uuden laitoksen kattamaa osuutta vuotuisessa kaukolämmöntuotannossa. Kuvioista voidaan kuitenkin havaita, että Vanajan lämmöntuotantokapasiteetti kattaa merkittävän osan vuotuisesta tehontarpeesta, minkä vuoksi maakaasun osuus kokonaislämmöntuotannossa on jo nykyisillä laitteilla kohtuullisella tasolla.



Kuvio 9. 10 MW:n laitoksen korvaama maakaasun osuus kaukolämmöntuotannossa

10 MW:n tehoisen laitoksen vuotuiset käyttötunnit olisivat laskentojen perusteella 576 h, joista täydellä teholla laitos kävisi 348 h. Koko kaukolämpöverkon maakaasun käyttöä voitaisiin vähentää kyseisellä laitoksella vuodessa n. 4600 MWh, joka vastaa 48 % koko vuoden huipputehosta. Kun kaikki huipputeho tuotetaan maakaasulla, voidaan todeta, että laitoksella voidaan korvata 48 % huipputehon tuotantoon käytetystä maakaasusta. Tilastot esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. 10 MW:n teholuokan lämpölaitoksen tilastot

Laitoksen tilastot		
Potentiaaliset käyttötunnit /a	576	h
Tunnit max teholla /a	348	h
Max teholla	60 %	ajasta
Maakaasun käytöstä korvattavissa	4607,2	MWh
		48 %

6.2 Päästöt

Toisin kuin maakaasulla tuotetun lämmön päästöt, laskennassa mukana olevien vaihtoehtoisten polttoaineiden lämmöntuotannon päästöt eivät ole päästökaupan alaisia. Laskennassa oletettiin mitoitettun laitoksen tuottaman lämpötehon olevan sama polttoaineesta riippumatta, joten myös korvattavan hiilidioksidipäästöjen määrä on jokaisella vaihtoehdolla sama. Vaihtoehtoisilla polttoaineilla tuotettu energia mahdollistaa ylimääräisten päästöoikeuksien myynnin. Päästökaupassa huutokaupattavien hiilidioksidipäästöjen hintana on laskelmissa käytetty EEX Groupin julkaisemaa European Emission Allowances (EUA) lukua. EUA:n ilmoittama hinta tuotetulle hiilidioksiditonille on 26,15 €/tCO² (27.4.2019). Taulukon 1 esimerkissä nähdään, että 10 MW:n kokoluokan laitoksella olisi mahdollista vähentää maakaasun käyttöä 4607,2 MWh vuodessa.

Päästöjen osalta käytössä oli kuukausittaiset maakaasun käytöstä aiheutuneet hiilidioksidipäästöt tonneina. Kesäajan katkoajon vuoksi päälaitoksen toinen kattila joudutaan käynnistämään useita kertoja kesässä. Käynnistyspoltin käyttää maakaasua, joten myös kesäaikana syntyy hiilidioksidipäästöjä maakaasun osalta. Näitä päästöjä ei kuitenkaan voitu ottaa huomioon, kun lasketaan uuden mitoitettavan laitoksen korvaaman maakaasun osuutta, sillä päälaitos vaatii edelleen maakaasua kesäajan katkoajoon. Poikkeuksena on päälaitoksen kiinteän polttoaineen kattiloiden huoltoseisokki, joka ajoitetaan kesän lämpimille illoille. Huoltoseisokin aikaan lämmöntuotanto toteutetaan lämpölaitoksilla eri puolilla verkkoa. Huoltoseisokin aikaisen lämmöntuotannon pystyisi toteuttamaan uudella laitoksella, jolloin maakaasun käyttöä kyettäisiin vähentämään myös tältä ajalta.

Päästöt laskettiin molempien vuosien valikoiduilta kuukausilta yhteen ja näiden vuosien maakaasun käytöstä aiheutuneiden hiilidioksiditonien kokonaismäärien keskiarvoa käytettiin laskemaan uuden laitoksen tuotannolla korvattavia päästöjä. Kahden vertailu vuoden keskiarvoksi saatiin 13 138,39 tCO² (ks. taulukko 2).

Taulukko 2. Vuosien 2016 ja 2018 aikana tuotetut hiilidioksidipäästöt tonneina, sekä vuosien keskiarvo

Maakaasun päästöt yhteensä tCO ₂		
2016	2018	Keskiarvo t/a
14 152,00	12 124,78	13 138,39

Kattilateholtaan 3MW:n lämpölaitoksella pystyttäisiin korvaamaan vain 17 % vuotuisesta maakaasun käytöstä. Vastaavasti maakaasun käytöstä on mahdollista korvata noin puolet, mikäli laitos olisi kattilateholtaan 10 MW. Huipputehontarve ylittää 10 MW:n tehon 348 h vuodessa mikä tarkoittaa noin 60 %:a vuotuisesta käytöstä. Vastaavasti 3 MW:n kattilalla laitosta voisi ajaa 88 % ajasta täydellä teholla. Vastavat tilastot useammalle eri teholuokalle esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. 3-12 MW:n laitosten vuotuiset tilastot

Laitoksen tilastot	Kattilateho									
	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
Potentiaaliset käyttötunnit /a	576	576	576	576	576	576	576	576	576	h
Tunnit max teholla /a	507	484	455	433	413	396	367	348	301	h
Max teholla	88 %	84 %	79 %	75 %	72 %	69 %	64 %	60 %	52 %	ajasta
Maakaasun käytöstä	1624,8	2120,4	2591,3	3035,9	3462,1	3867,6	4251,1	4607,2	5257,5	MWh
korvattavissa	17 %	22 %	27 %	32 %	36 %	40 %	44 %	48 %	55 %	Osuus

10 MW:n teholuokan esimerkkilaitoksella pystyttiin korvaamaan 4607,2 MWh, joka vastasi 48 % huipputehon tuotantoon käytetystä maakaasusta. Oletuksena on, että tehon ja päästöjen osuus vastaavat toisiaan ja myös aiheutuneiden päästöjen oletetaan vähentyvän 48 %. 48 % osuus laskennassa käytettyjen vuosien keskiarvosta tarkoittaa 6318,33 tonnia CO₂ päästöjä. Uudella laitoksella vähennettävät päästöt hiilidioksidin osalta 3 MW:n laitoksella olisivat laskennan mukaan 2 228,2 tonnia. Vastava luku 10 MW:n laitoksella olisi 6 318,3 tonnia. Uusiutumattomien päästöjen vähenemä ja päästöjen vähentämisellä saavutettavat säästöt kattilatehoille 3-12 MW esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Uudella laitoksella vähennettävissä olevat uusiutumattomilla polttoaineilla hiilidioksidipäästöt ja niistä saatavat säästöt

Laitoksen teho (MW)	Säästetyt päästöoikeudet (tCO ₂)	Säästöt (€)
3	2 228,2	58 267,4
4	2 907,9	76 042,6
5	3 553,7	92 929,8
6	4 163,5	108 874,8
7	4 748,0	124 160,9
8	5 304,0	138 700,4
9	5 830,0	152 453,6
10	6 318,3	165 224,2
12	7 210,1	188 544,7

6.3 Säästöt ja takaisinmaksuaika

Laskennoissa käytettävät polttoaineiden hinnat ovat ilmoitettu muodossa €/MWh: maakaasu 55 €/MWh, hake 25 €/MWh, pelletti 35 €/MWh, sähkö 100 €/MWh ja geotermien lämpö 25 €/MWh. Polttoaineiden hinnat ovat toimeksiantajan ilmoittamia. Polttoaineen hinnasta saatavat säästöt voitiin laskea kertomalla ensin vuotuisen korvatun maakaasun osuus vastaavalla €/MWh hinnalla. Tästä luvusta vähennetään vastaavasti laskettu polttoaine kustannus käyttäen vaihtoehtoisen polttoaineen hintaa. Taulukossa 5 esitetty kattilatehojen 3-12 MW säästöt polttoaineiden ja päästöjen osalta.

Taulukko 5. Uudella laitoksella saavutettavat vuosittaiset säästöt vaihtoehtoisen polttoaineen käytön ja päästöjen vähenemisen osalta

Laitoksen teho (MW)	Polttoaine	Vuotuiset säästöt	
		Polttoaine	PA + päästöt
3	Hake	48 743 €	107 010 €
	Pelletti	32 495 €	90 762 €
	Sähkö	- 73 114 €	- 14 846 €
	Geoterminen	48 743 €	107 010 €
4	Hake	63 612 €	139 655 €
	Pelletti	42 408 €	118 451 €
	Sähkö	- 95 418 €	- 19 375 €
	Geoterminen	63 612 €	139 655 €
5	Hake	77 739 €	170 668 €
	Pelletti	51 826 €	144 756 €
	Sähkö	- 116 608 €	- 23 678 €
	Geoterminen	77 739 €	170 668 €
6	Hake	91 077 €	199 952 €
	Pelletti	60 718 €	169 593 €
	Sähkö	- 136 616 €	- 27 741 €
	Geoterminen	91 077 €	199 952 €
7	Hake	103 864 €	228 025 €
	Pelletti	69 243 €	193 404 €
	Sähkö	- 155 797 €	- 31 636 €
	Geoterminen	103 864 €	228 025 €
8	Hake	116 027 €	254 728 €
	Pelletti	77 352 €	216 052 €
	Sähkö	- 174 041 €	- 35 340 €
	Geoterminen	116 027 €	254 728 €
9	Hake	127 532 €	279 986 €
	Pelletti	85 021 €	237 475 €
	Sähkö	- 191 298 €	- 38 845 €
	Geoterminen	127 532 €	279 986 €
10	Hake	138 215 €	303 439 €
	Pelletti	92 144 €	257 368 €
	Sähkö	- 207 323 €	- 42 099 €
	Geoterminen	138 215 €	303 439 €
12	Hake	157 724 €	346 268 €
	Pelletti	105 149 €	293 694 €
	Sähkö	- 236 585 €	- 48 041 €
	Geoterminen	157 724 €	346 268 €

Hiilidioksidipäästöjen vähenemällä saavutettavat säästöt ovat laitosinvestoinnilla saavutettavista hyödyistä merkittävien, sillä taloudelliset hyödyt päästöjen osalta ylittävät maakaasun ja vaihtoehtoisen polttoaineen hinnan erotuksen kaikkien muiden

vaihtoehtojen paitsi sähkön osalta (ks. taulukko 5). Tässä vaiheessa voitiin jo todeta, että täysin sähköllä toimivaa lämpölaitosta ei ole tulosten pohjalta järkevä toteuttaa.

6.4 Polttoainejakauma

Suurin osa Hämeenlinnan kaukolämpöverkossa käytetystä fossiilisen polttoaineen osuudesta muodostuu turpeen käytöstä. Uudemmallalla K-5-kattilalla turpeen osuus kaikesta käytetystä polttoaineesta on 10 %. Vanhemmalla K-4-kattilalla vastaava suhde on toiminnan kannalta kuitenkin oltava vähintään 50 %. Koko vuoden tarkastellulla suhde on n. 60 %. Näin ollen suurin uusiutumattoman polttoaineen kulutus painottuu K-4-kattilalle.

K-4-kattilan lämmöntuotanto korvautuu lähitulevaisuudessa uudella K-6-kattilalla. K-4-kattila tuottaa kaukolämpöä vielä vuosien 2019-2020 välisenä talvena, jonka jälkeen K-6-kattila otetaan käyttöön 2020 syksyllä. K-6-kattilan käyttämän turpeen osuus tarkentuu vasta, kun kattila otetaan käyttöön. Alustavasti voidaan kuitenkin olettaa, että turpeen ja biopolttoaineen suhdeluku kattilaan syötetystä polttoaineesta on keskimäärin vuoden aikana samaa luokkaa kuin K-5-kattilalla eli 10 %.

Laskennoissa käytettävänä aineistona on kaukolämmöntuotannon polttoainejakauma vuosina 2016 ja 2017 (ks. taulukko 6). Taulukon tehot (MWh) edustavat syötetyn polttoaineen tehoa.

Taulukko 6. Polttoainejakauma Hämeenlinnan kaukolämmön tuotannossa vuosilta 2016 ja 2017

	2016		2017		
Polttoaine	Vuotuinen polttoaineen käyttö (MWh)	Prosentuaalinen osuus	Vuotuinen polttoaineen käyttö (MWh)	Prosentuaalinen osuus	Keskiarvo
Maakaasu	15 788	2,90 %	3 071	0,60 %	1,75 %
Puu ja muu bio	387 584	71,70 %	398 831	74,90 %	73,30 %
Turve	137 473	25,40 %	129 037	24,20 %	24,80 %
Öljy	1	0,00 %	1	0,00 %	0,00 %
Sekapolttoaineet	0	0,00 %	758	0,10 %	0,05 %
Eläinperäiset polttoaineet	0	0,00 %	644	0,10 %	0,05 %
Uusiutuvien osuus		71,70 %		74,90 %	73,30 %

Mittausdatan mukaan K-4-kattilan käyttämän turpeen osuus polttoainetehona vuosien 2016 ja 2017 keskiarvona on 99 304,4 MWh. Vastaavasti puun ja muun biopolttoaineen teho on 68 725,2 MWh. Näitä lukuja hyväksi käyttäen voidaan laskea, kuinka paljon K-4-kattilaan on syötetty yhteensä polttoainetta.

$$99304,4MWh + 68725,2MWh = 168029,6 MWh$$

Tämä teho korvattiin ennusteessa K-6-kattilalla, mutta käyttäen hyväksi turpeen ja puupohjaisen polttoaineen suhdelukua 10 %.

$$168029,6MWh \cdot 0,1 = 16803MWh$$

Vaihtoehtoisen polttoaineen osuus on näin ollen

$$168029,6MWh \cdot 0,9 = 151226,6MWh$$

Taulukon 4 (s. 33) ”puu ja muu bio” sekä ”turve”-osuuksiin lisättiin K-6-kattilan polttoainesuhteella saadut arvot poistettujen K-4-kattilan arvojen tilalle. Lisäksi maakaasun osuudesta vähennettiin edellisissä laskelmissa saatu ”korvattu maakaasun

osuus” ja vastaava luku lisättiin ”puu ja muu bio”-osuuteen. Uusi polttoainejakauma esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Polttoainejakauma K-6-kattilan ja uuden lämpölaitoksen käyttöönoton jälkeen

Polttoaine	Ennuste	
	Vuotuinen polttoaineen käyttö (MWh)	Prosentuaalinen osuus
Maakaasu	4 323	0,81 %
Puu ja muu bio	480 966	89,73 %
Turve	50 754	9,47 %
Öljy	1	0,00 %
Sekapolttoaineet	0	0,00 %
Eläinperäiset polttoaineet	0	0,00 %
Uusiutuvien osuus		89,73 %

6.5 Laitoksen sijainti

Laitoksen sijainti tulee suunnitella siten, että kaukolämpöä saadaan tuotettua koko verkon alueelle myös tilanteissa, joissa jotakin lämpökeskusta tai verkon osaa ei ole mahdollista käyttää. Liitteessä 2 on esitetty kuva Hämeenlinnan kaukolämpö- ja maakaasuverkosta. Kaukolämpölinjat on merkitty punaisilla ja maakaasu vihreillä linjoilla. Liitteessä on esitetty myös Vanajan voimalaitos, etäajettavat lämpökeskukset (LK), sekä siirrettävät lämpökeskukset (SLK). Liitteessä näkyvä Keinusaaren lämpökeskus ei ole enää käytössä. Siirrettävien lämpökeskusten tehot ovat pieniä, eikä niiden teholla voida häiriötilanteissa korvata isompia laitoksia, joten ne voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle.

Liitteen kartasta voidaan havaita, että verkko jakautuu kahtia itä-länsi suunnassa Vanajan vesialueen vuoksi. Itä- ja länsipuolet yhdistyvät ainoastaan kahdella linjalla siltojen kohdalta. Länsipuolella verkkoa on kaksi isompaa vara- ja huippukuormalaitosta Ahvenistolla ja Kaurialassa (Yhteensä 90 MW). Itäpuolella on Vanajan voimalaitoksen lisäksi vain muutama pienen tehon lämpökeskusta, jotka eivät riitä tuottamaan korvaamaan muita laitoksia. Tämä aiheuttaa ongelmia verkon tasapainossa häiriötilanteissa.

Mahdollinen uusi lämpökeskus tulisi näin ollen sijoittaa verkon itäpuolelle, jotta voidaan taata riittävä varatehontuotanto verkon itäpuolelle. Mahdollisen uuden lämpökeskuksen sijainti on merkattu liitteen karttaan lähelle Keinusaaren käytöstä poistettua laitosta. Tällä sijainnilla laitosta voisi tasata lämmöntuotantoa ajanjaksoina, jolloin voimalaitos ei tuota lämpöä. Sijainti mahdollistaa myös tilanteet, joissa Vanajan voimalaitos tuottaa lämpöä täydellä teholla, ja uusi lämpölaitos täydentäisi puuttuvan tehontarpeen.

7 Johtopäätökset

Pienempien teholuokkien laitosten (3-7 MW) tuottamat hyödyt vaikuttavat liian mättömiltä, jotta investointia kannattaisi harkita. Suuremmilla laitoksilla (>8 MW) voidaan kuitenkin jo merkittävästi vähentää maakaasun käyttöä, ja tämän myötä myös vuotuiset säästöt kasvavat houkuttelevammiksi. Lisäksi suurempi laitos palvelee paremmin varateholaitoksen käyttötarkoitusta. Investoinnin hinta tuotettuun tehoon pienenee laitoksen tehon kasvaessa, mikä myös houkuttelee investoimaan suurempaan laitokseen. Investoinneissa täytyy toisaalta myös ottaa huomioon toimittajan luotettavuus, varsinkin suuren kokoluokan projekteja tehtäessä. Pahimmassa tapauksessa projektiin budjetoitu aika ja resurssit voivat paisua paljon odotettua suuremmiksi, vaikka oman osapuolen toiminta olisikin täysin suunnitelman mukaista.

Potentiaalisia käyttötunteja uudelle laitokselle saatiin mitoituksen laskelmien mukaan 576 h. Todellinen tuntimäärä olisi kuitenkin todennäköisesti suurempi, sillä käyttötunteja tulisi lisää kesäajan huoltoseisokista. Huoltoseisokin aikana huolletaan

Vanajan voimalaitoksen kaukolämmön siirtoon liittyviä laitteita, jolloin tarvittava lämpö on tuotettava muualla. Mikäli lämpöä tuotettaisi tänä aikana uudella laitoksella, maakaasun vuotuinen käyttö vähenisi entisestään.

Laitoksen käyttötunteja voisi tulla lisää myös syksyn ja kevään ajalta, jolloin vaadittava teho pystyttäisiin tuottamaan toisella päälaitoksen kattilalla, ja uudella lämpölaitoksella. Suurilla päälaitoksen kattiloilla on vaikea ajaa pieniä tehoja, joten näissä tilanteissa saattaisi olla kannattavampaa tuottaa lämpöä päälaitoksella yhdellä kattilalla ja uuden laitoksen tehoa säädettäisiin tarpeen mukaan. Näin voitaisiin tuottaa lämpöä kattiloiden optimaalisella tehoalueella, jolloin polttoaineesta saataisiin suhteessa enemmän tehoa syötettyyn määrään nähden. Lisäksi kattilan käyttäminen minimiteholla on usein haitallista varsinkin leijupetikattiloissa, joiden käyttöolosuhteet on suunniteltu suuremmille kuormille.

Kaikista vaihtoehtoisista polttoaineista hake on polttoainehinnaltaan halvin. Hake vaatii kuitenkin suurehkon polttoaineen syöttö- ja vastaanottojärjestelmän sekä väli-varaston. Tämän vuoksi hakelaitos vaatii myös suuremman tontin laitokselle. Hakkeen laatu voi vaihdella huomattavasti toimitusten välillä. Suuret muutokset polttoaineen energiasisällössä tai kosteudessa voivat aiheuttaa ongelmia poltossa ja epätasainen raekoko saattaa tukkia kuljettimia. Pellettilaitoksella vastaavia ongelmia on huomattavasti vähemmän. Polttoaineen laatu on tasaista, ja laitteiston koko pysyy kohtuullisena hyvän energiatiheyden ansioista. Pelletillä on kuitenkin rajatumpi saatavuus ja korkeampi hinta kuin hakkeella. Sekä pellettiä, että haketta käyttävillä laitoilla on omat etunsa, joten molempien vaihtoehtojen osalta tarkemmalle selvitykselle on tarvetta.

Geotermisen lämmön toteuttaminen tässä vaiheessa sisältää useita riskejä, sillä suuren kokoluokan laitoksista ei ole Suomessa toistaiseksi referenssejä. Tekniikan kehityksessä laitosten hinnat saattavat kuitenkin pudota merkittävästi, mikä mahdollistaisi vastaavaa menetelmää hyödyntävien laitosten yleistymisen tulevaisuudessa. Joissain päin maailmaa geotermisen lämpö on kilpailukykyinen vaihtoehto muihin lämmöntuotantomenetelmiin nähden. Suomen hidasta kehitystä alalla selittää osaltaan puupohjaisen polttoaineen hyvä saatavuus ja poraukselle aiheutuvat haasteet maaperän

osalta. Pelkällä sähköllä lämpöä tuottava laitos todettiin jo aiemmin kannattamattomaksi sähkön korkean hinnan vuoksi.

8 Pohdinta

Tavoitteena oli mitoittaa uusiutuvaa energiaa hyödyntävä lämpölaite Hämeenlinnan kaukolämpöverkkoon korvaamaan maakaasun käyttöä huippu- ja varatehon tuotannossa. Uusi laitos tuottaisi säästöjä polttoainekustannuksien ja myytävien päästöoikeuksien kautta. Lisäksi yhtiö saisi uuden laitoksen myötä vähennettyä ulkomailta tuodun fossiilisen polttoaineen osuutta, ja vastaavasti uusiutuvien energiamuotojen osuus lämmöntuotannossa kasvaisi. Laskettujen säästöjen perusteella voitaisiin tehdä alustavia arvioita jatkoselvitysten tarpeellisuudesta. Neljästä vaihtoehdosta hake ja pellettiä käyttävät laitokset saavuttivat parhaat tulokset ja näiden kahden vaihtoehdon toteutusta tulisi selvittää tarkemmin.

Laskennasta saatuja tuloksia mitoituksen, ja polttoaineilla saavutettavien säästöjen osalta ei voida pitää täysin luotettavina, sillä laitoksen käyttötunnit laskettiin pelkän kaukolämmön tarpeen perusteella. Virheellinen vuotuinen käyttöaika aiheuttaa virhettä myös käytetyn polttoaineen määrässä, ja tätä kautta myös päästöihin ja taloudellisiin säästöihin. Laskennoissa on lisäksi käytetty tämän hetken hintoja polttoaineille ja hiilidioksiditonille. Hintojen tulevaa kehitystä ei ole arvioitu, mikä heikentää tulosten luotettavuutta.

Päästöjen ja kaukolämmön tehontarpeen laskennoissa on käytetty dataa eri vuosilta, mikä johtui vuoden 2017 raskaan polttoöljyn käytöstä. Vuoden 2018 kaukolämpöteho voidaan olettaa poikkeavan 2017 tehontarpeesta, joten päästöjen ja polttoaineen käytöstä aiheutuvien säästöjen suhde voi olla eri kuin laskennoista saadut tulokset antavat ymmärtää. Tämä vaikuttaa tulosten luotettavuuteen ja on syytä ottaa huomioon, mikäli tarkempaa selvitystä lähdetään toteuttamaan.

Työn tavoitteet saavutettiin laskentatyökalun osalta kohtalaisesti. Työkalun ulkoasua tulee edelleen kehittää ja työkaluun tulee sisällyttää käyttöohjeita. Mitoitus kuitenkin

saatiin toteutettua odotetulla tavalla. Alkuperäiset tavoitteet takaisinmaksuajan laskennan suhteen eivät toteutuneet. Laitosten välisten investointien vertailu osoittautui hankalaksi, sillä laitetoimittajien ilmoittamien tarjousten sisällöt vaihtelivat. Tästä syystä investointien takaisinmaksuaikojen laskentoja ei voitu sisällyttää työhön.

Laskentaan käytettävää työkalua tulisi edelleen kehittää, jotta tuloksista saataisiin luotettavampia ja jatkotoimenpiteistä tehtävien päätösten tekoa voitaisiin helpottaa. Merkittävin hyöty olisi tarkkojen takaisinmaksuaikojen laskennan sisällyttäminen työkaluun. Tarkkojen takaisinmaksuaikojen laskentaa kuitenkin hankaloittaa aina erilaiset toimitussopimukset. Yhdeltä valmistajalta tilattu laite on usein halvempi kuin toiselta, mutta sopimusten sisältö saattaa vaihdella oheispalveluiden, takuiden, aikataulujen ym. osalta paljon. Olisi tärkeää muotoilla tarjouspyynnöt niin tarkasti, että investointien vertailu olisi mahdollista laskentatyökalun avulla.

Sähkökattilan osalta tarkastelua tulisi suorittaa paljon laajemmin. Luotettavien tuloksien saavuttaminen vaatisi perehtymistä tuleviin sähkömarkkinoihin ja tuntikohtaisiin hintoihin. Talvella sähkön kulutus on usein suurta, joten huipputehon tuottaminen sähköllä voi tulla huomattavasti kalliimmaksi verrattuna muihin polttoaineisiin. Sähkökattilaa voitaisiin kuitenkin käyttää myös huipunkäyttöaikojen ulkopuolella, mikäli sähkön hinta on tarpeeksi alhainen. Hetkittäinen tuotanto sähkökattilalla on mahdollista, sillä kattila on nopea ottaa käyttöön ja vastaavasti pois käytöstä. On todennäköistä, että vuodessa olisi useita ajanjaksoja, jolloin kaukolämpöä olisi hetkellisesti taloudellisempaa tuottaa sähköllä, samalla alentaen biopohjaisten kattiloiden tuotantoa. Mikäli vastaavaa toimintaa lähdetään tarkemmin selvittämään, on kuitenkin syytä ottaa huomioon, että pienempi teho heikentää kiinteän polttoaineen kattiloissa hyötysuhdetta, ja nostaa polttoainekustannuksia. Sähkön ja biopohjaisten polttoaineiden hintaeron tulisi pystyä korvaamaan myös nämä häviöt. Laskennoissa tulisi myös ottaa huomioon vaihtoehto, jossa käytettävä sähkö olisi tuotettu itse samalla tontilla sähkökattilan kanssa, jolloin sähkön siirrosta aiheutuvat kulut ovat pienemmät.

Lähteet

A 750/2013. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. Finlex. 24.10.2013. Viitattu 24.4.2019

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130750>

Alakangas, E. , Hurskainen, M. , Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT. VTT Technology 258. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Carbon price viewer. 2019. Hiilidioksiditonin hinnankehitystaulukko Sandbagin sivustolla 11.2.2019. Viitattu 12.2.2019. <https://sandbag.org.uk/carbon-price-viewer/>

Elenia Lämpö Oy:n liiketoiminta. N.d. Elenia-konserni. Viitattu 18.1.2019 <http://www.elenia.com/fi/liiketoiminta/lampoliiiketoiminta>

Elenia Lämpö Oy:n käyttämät polttoaineet. N.d. Elenia-konserni. Viitattu 29.1.2019 <https://www.elenia.com/en/business/heating-business/biofuels>

Energiaverotuksen alaiset polttoaineet. 2016. Verohallinto 26.12.2016. Viitattu 27.4.2019.

<https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotu/>

Energiavuosi 2018. 2019. Energiateollisuus ry. Viitattu 5.2.2019.

https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_kaukolampo.html#material-view

EU carbon prices could double by 2021 and quadruple by 2030. 2018.

Lehdistötiedote 26.4.2018. Carbon Tracker initiative. Viitattu 12.2.2019.

<https://www.carbontracker.org/eu-carbon-prices-could-double-by-2021-and-quadruple-by-2030/>

Geothermal energy. N.d. Renewable energy world. Viitattu 25.2.2019.

<https://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech.html>

Deep Geothermal. N.d. Renewable energy association. Viitattu 25.2.2019.

<https://www.r-e-a.net/renewable-technologies/deep-geothermal>

District Heating is an energy distribution network. N.d. Havainnekuva kaukolämmöstä. DESMI. Viitattu 12.2.2019.

<https://www.desmi.com/district-heating.aspx>

Helsingin ensimmäinen biolämpölaitos vihittiin käyttöön. 2018. Tiedote 14.2.2018. Helen. Viitattu 12.05.2019.

<https://www.helen.fi/uutiset/2018/helsingin-ensimm%C3%A4inen-biol%C3%A4mp%C3%B6laitos-vihki%C3%A4iset/>

Jalovaara, J. , Aho, J. , Hietämäki, E. & Hyytyä, H. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 27.4.2019.

[https://www.motiva.fi/files/8707/Paras_kayttavissa_oleva_tekniikka_\(BAT\)_5-50_MWn_polttolaitoksissa_Suomessa.pdf](https://www.motiva.fi/files/8707/Paras_kayttavissa_oleva_tekniikka_(BAT)_5-50_MWn_polttolaitoksissa_Suomessa.pdf)

Kaukolämmön tuotanto. N.d. Energiateollisuus ry. Viitattu 21.1.2019.

https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto

Kaukolämpötilastot 2017. 2018. Energiateollisuus ry. Viitattu 24.4.2019.

https://energia.fi/files/2949/Kaukolampotilasto_2017.pdf

Kaukolämpöverkon pumppausjärjestelyt. 2011. Energiateollisuus ry. Viitattu

6.2.2019. https://energia.fi/files/673/SuositusL10_2011_Pumppaus.pdf

Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5 – 30 MW kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta. 2012. Ympäristöministeriö & Energiateollisuus ry. Viitattu 24.4.2019.

<https://docplayer.fi/146087-Ymparistoministerio-kotimaista-polttoainetta-kayttavien-0-5-30-mw-kattilalaitosten-tekniset-ratkaisut-seka-palamisen-hallinta.html>

Kymijärvi 3 voimalaitoksen rakentaminen hyvässä vauhdissa. 2018. Yle-uutinen. Viitattu 8.2.2019.

<https://yle.fi/uutiset/3-10444695>

L 311/2011. Päästökauppalaki. Finlex. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110311>

Maakaasu. N.d. Energiavirasto. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.energiavirasto.fi/yritykset-ja-yksityishenkilot-maakaasu>

Mäkelä, V.-M. & Tuunanen, J. 2015. Mikkelin ammattikorkeakoulun oppimateriaalia 16. Suomalainen kaukolämmitys. Viitattu 6.2.2019

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>

Polttoaineiden tuottamat hiilidioksidipäästöt. 2018. EIA- Energy Information Administration. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=73&t=11>

Päästökauppa. N.d. Energiavirasto. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.energiavirasto.fi/paastokauppa>

St1 Deep heat geotermisen lämmön pilottiprojekti. 2018. St1. Viitattu 25.2.2019.

<https://www.st1.fi/geolampo>

Suurkiinteistöjen lämmitys pelletillä on oikea valinta. N.d. Bioenergia ry. Viitattu 12.2.2019.

<http://www.pellettienergia.fi/Suuremmat%20kohteet>

Sähkön ja eräiden polttoaineiden verotaulukko. 2019. Verohallinto 1.1.2019.

Viitattu 27.4.2019.

https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/sahko_ja_eraat_polttoaineet/sahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_verota/

Tuleeko kotona kylmä, jos Suomi luopuu kivihillestä?. 2015. Yle-uutinen 22.10.2015.

Viitattu 8.2.2019.

<https://yle.fi/uutiset/3-8343247>

Turpeen energiakäytön alasajoon valmistaudutaan – ”Jäätyvätkö patterit, jos luovutaan kovin nopeasti?”. 2019. Yle-uutinen. Viitattu 8.2.2019.

<https://yle.fi/uutiset/3-10633330>

Tutkimus vahvistaa: Tuore puu palaa kuivaa tehokkaammin. 2017. Maaseudun tulevaisuus. Viitattu 8.2.2019.

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/talous/artikkeli-1.214616>

Work has started on 50 MW geothermal heating project in Munich, Germany. 2018.

Think Geoenergy. Viitattu 25.2.2019.

<http://www.thinkgeoenergy.com/work-has-started-on-50-mw-geothermal-heating-project-in-munich-germany/>

9 Liitteet