



SULKAVAN KUNNAN ENERGIATEHOKKUUDEN TEHOSTAMINEN JA POLKU KOHTI HIILINEUTRAALIUTTA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan diplomityö

2023

Jussi Pyöriä

Tarkastajat: Professori Tapio Ranta

Projektitutkija Mika Laihanen

Työn ohjaaja: Projektitutkija Antti Karhunen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Jussi Pyöriä

Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostaminen ja polku kohti hiilineutraaliutta

Energiatekniikan diplomityö

2023

81 sivua, 11 kuvaa, 14 taulukkoa ja 7 liitettä

Tarkastajat: Professori Tapio Ranta, Projektitutkija Mika Laihanen

Työn ohjaaja: Projektitutkija Antti Karhunen

Avainsanat: Energiatehokkuus, hiilineutraalius, Sulkavan kunta

Diplomityössä tutkittiin Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostamista sekä polkua kohti hiilineutraaliutta. Sen yhteydessä suoritettiin laskennallinen tarkastelu Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin, jonka tarkoituksena oli perehtyä Sulkavan kunnan kiinteistöihin ja verrata diplomityössä laskettuja energiakulutuksia Sulkavan kunnan toteutuneisiin energiankulutuksiin. Lisäksi diplomityössä käytiin läpi Sulkavan kunnan alueen LVI- ja energiatekniset järjestelmät sekä Sulkavan kunnan alueelle diplomityön laadinnan aikaan rakenteilla ollut aurinkopaneelikentästä.

Toimissa kunnan energiatehokkuuden tehostamiseen, käytiin läpi Sulkavan keskuskoulun ilmanvaihdon tarpeenmukaisuutta niin ilmanvaihdon käyntiaikojen kuin tilakohtaisen ohjauksenkin osalta. Lisäksi energiatehokkuustoimenpiteissä käytiin läpi LTO – IV – saneeraus toteuttamista, lämpöpumppujärjestelmiä sekä rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteitä. Rakennuksen sähköjärjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet rajattiin diplomityöstä pois. Lisäksi diplomityössä käytiin läpi Sulkavan katuvalaistuksen energiatehokkuustoimenpiteitä sekä katuvalaistuksen uusinnasta saatavia energiansäästöjä.

Koskien diplomityön osuutta polku kohti hiilineutraaliutta, käytiin diplomityössä läpi Sulkavan aluetta koskevan Hinku – laskennan tulokset, joiden yhteydessä arvioitiin kunnan tavoitteita olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä sekä toimenpiteitä, joita hiilineutraaliustavoite edellyttää. Liittyen lisäksi kunnan tavoitteisiin kohti hiilineutraaliutta, arvioitiin diplomityön yhteydessä diplomityön aikana rakenteilla olleen aurinkopaneelikentästäön vaikutuksia kunnan hiilineutraaliustavoitteisiin. Työ liittyy Sulkavan kunnan tavoitteisiin tehostaa kunnan energiatehokkuutta sekä alueellisiin hiilineutraaliustavoitteisiin niin Sulkavan kunnan kuin laajemmin maa- tai aluekohtaisesti.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Jussi Pyöriä

Improving energy efficiency of Sulkava municipality and Sulkava's path towards carbon neutrality

Master's thesis

2023

81 pages, 11 figures, 14 tables and 7 appendices

Examiners: Professor Tapio Ranta, Project researcher Mika Laihanen

Supervisor: Project researcher Antti Karhunen

Keywords: Energy efficiency, Carbon neutrality, Sulkava municipality

The main idea of this master's thesis was to research Sulkava municipality energy efficiency improvements and municipality's path towards carbon neutrality. In the thesis, there was completed an energy consume calculations which aim was to orientate Sulkava municipality's buildings and compare calculated energy consumptions to energy real consumptions in Sulkava. In the thesis, Sulkava municipality's HVAC – and energy systems and solar PV field was reviewed, which was under the construction at the same time with this thesis.

In different act's in improving Sulkava's energy efficiency, there was a reviewed Sulkava's main school for ventilation and different ventilation systems, which aim was to improve ventilation systems energy efficiency. Also, in the thesis one of the energy efficiency improvements was to add heat recovery systems to ventilation and research how heat pumps would improve Sulkava's energy efficiency. Electrical systems energy efficiency improvements were cut out of the thesis. The thesis also included Sulkava's common systems, like street lightning and pumping systems and how energy efficiency of those would be improved.

Thesis part path towards to carbon neutrality included a review where Sulkava's so called Hinku – calculations were reviewed and where different act's towards to carbon neutrality was processed. Reason for going through Sulkavas's carbon neutral calculations was Sulkava's aim to be carbon neutral before year 2030. In the thesis there was also estimated how new solar PV field would help municipality to reach these goals. The thesis is related in Sulkava's municipality's goals to be carbon neutral and in a larger scale goal towards carbon neutrality, for examples in county level.

KIITOKSET/ ACKNOWLEDGEMENTS

Kiitos Sulkavan kunnalle, Sulkavan kunnan henkilökunnalle sekä Järvi - Saimaan Palvelut Oy:n henkilökunnalle hyvästä yhteistyöstä liittyen diplomityön laadintaan. Kiitos myös diplomityötä tukeneille henkilöille sekä tahoille, jotka ovat toiminnallaan edesauttaneet diplomityön edistymistä sekä sen toteuttamista. Lisäksi erityiskiitos Sulkavan kunnan kiinteistö-päällikölle Antti Hulkkoselle ohjauksesta Sulkavalla sekä Järvi – Saimaan Palvelut Oy:n kiinteistönhoidon esimiehelle Antti Seppäselle.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

1	Johdanto.....	7
2	Sulkavan kunta	10
2.1	Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt	11
2.2	Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt.....	18
2.3	Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät	21
3	Sulkavan alueen energiantuotanto	22
3.1	Sulkavan alueen lämmöntuotantojärjestelmät.....	23
3.1.1	Sulkavan kunnan alueella sijaitsevat lämpölaitokset.....	25
3.2	Sulkavan alueen sähköntuotantojärjestelmät	27
3.2.1	Sulkavan kunnan alueelle rakenteilla oleva aurinkosähköpuisto	28
4	Sulkavan kunnan energiankulutus	30
4.1	Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt	33
4.2	Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt.....	34
4.3	Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät	37
5	Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostaminen.....	39
5.1	Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus.....	41
5.2	LTO – IV – saneeraus	49
5.3	Lämpöpumput	54
5.4	Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteet	59
5.5	Kunnan yleisten järjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet.....	61
6	Energiatehokkuustoimenpiteet Sulkavan kunnassa.....	64
7	Sulkavan kunnan polku kohti hiilineutraaliutta.....	70
8	Johtopäätökset	77
	Lähteet	82

Liitteet

Liite 1. Keskuskoulun yhdistetyn IV – koneen vuotuinen lämmitysenergiatarve

Liite 2. Keskuskoulun yhdistetyn IV – koneen vuotuinen sähköenergiatarve

Liite 3. Kustannusarvio ilmanvaihdon tilakohtainen ohjaus

Liite 4. LTO – IV – saneerauksen jälkeinen vuotuinen IV:n lämmitysenergiatarve

Liite 5. Tilanne ennen LTO – IV – saneerausta vuotuinen lämmitysenergiatarve

Liite 6. Kustannusarvio LTO IV – saneeraus

Liite 7. Yläpohjan lisälämmöneristämällä saavutettava vuotuinen säästö

1 Johdanto

Tämän diplomityön tavoitteena oli tutkia Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostamista sekä polkua kohti hiilineutraaliutta. Diplomiyössä käytiin läpi Sulkavan laadintahetkiset järjestelmät Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjen, Sulkavan Vuokratalot Oy:n, Sulkavan kunnan aluetta palvelevien sähkön- ja lämmöntuotantojärjestelmien sekä Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien osalta. Lisäksi työssä suoritettiin laskennallinen tarkastelu Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n niiden lämpö- ja sähköenergiankulutuksen osalta ja tehtiin toimenpide-ehdotuksia Sulkavan kunnan kiinteistöjen sekä niiden järjestelmien energiatehokkuuden tehostamiseen. Toimenpide-ehdotuksista Sulkavan kunta voi ottaa mallia energiatehokkuustoimenpiteisiin sekä niiden toteuttamiseen.

Diplomityössä käytiin lisäksi läpi Sulkavan kunnan Hinku – laskennan tulokset sekä annettiin ehdotuksia siihen, mihin kunnan tulisi keskittyä matkalla kohti hiilineutraaliutta. Diplomityön laadintahetkellä kunnan alueelle oli rakenteilla uusi aurinkosähköpuisto, jota Sulkavan kunnalla on tarkoitus hyödyntää merkittävästi tulevaisuutensa sähköenergiահankinnoissa. Työssä arvioitiin myös aurinkosähköpuiston osuutta Sulkavan kunnan alueen energiantuotannossa.

Diplomityön osalta energiatehokkuustoimenpiteistä rajattiin pois sähköjärjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet, joilla tässä yhteydessä tarkoitetaan kiinteistöjen valaistuksessa sekä käytössä, kuten kuluttajalaitteissa syntyviä sähkötehon- / sähköenergiatarpeita. Niiden osalta työssä annettiin suositus keskittyä energiatehokkaampiin valaistus- sekä sähköjärjestelmiin sekä niiden tehokkaampaan tarpeen mukaiseen ohjaukseen.

Työhön liittyvässä laskennallisessa tarkastelussa suoritettiin Ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta mukainen sekä sen liitteen 1. mukainen /1/ ostoenergiankulutuksen määrittäminen Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy kiinteistöihin työssä mainituin poikkeuksin sekä koottiin yhteen tiedot Sulkavan kunnan vuoden 2021 energiankulutuksista. Lisäksi laskennallisia ostoenergiankulutuksia Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta verrattiin näiden kiinteistöjen toteutuneisiin vuoden 2021 sähkö- ja lämpöenergiankulutuksiin.

Tällöin kiinteistöjen osalta oli mahdollista saada kokonaiskäsitys miltä osin kunnan lämpö- ja sähköenergiankulutus koostuu, millaiset järjestelmät kunnassa kiinteistöjen sekä yleisten järjestelmien osalta on sekä kuinka laskennalliset ja toteutuneet sähkö- sekä lämmitysenergiankulutukset ovat keskenään verrannollisia.

Laskennallisen tarkastelun toteuttamiseksi suoritettiin Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin paikan päällä tehdyt havaintokäynnit liittyen niiden lämmitys- ja jäähdytysteknisiin järjestelmiin sekä selvitettiin kiinteistöjen ilmanvaihtojärjestelmien toiminta perustuen havaintokäynteihin sekä rakennusten nykyisiin suunnitelmiin. Kiinteistöjen laskennallisen tarkastelun osalta noudatettiin kiinteistössä havaintokäyntien yhteydessä tehtyjä havaintoja kiinteistöjen järjestelmistä. Havaintoja sovellettiin Ympäristöministeriön asetuksen mukaiseen rakennuksen energiatodistuksen ostoenergiankulutuksen määrittämiseen siten, että asetuksen sekä sen liitteen 1. mukaista laskentatapaa sovellettiin siinä annettujen teknisten arvojen perusteella kiinteistökerroksilla todettuihin järjestelmiin. Tulokseksi laskennasta saatiin kiinteistöjen laskennallinen vuosittainen ostoenergiankulutus sillä tarkkuudella, kuin havaintokäyntien perusteella sekä kunnalta saatujen nykyisten suunnitelmien perusteella oli mahdollista tulkita.

Kiinteistöistä Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta suoritettiin laskennallinen tarkastelu yhteen referenssi kiinteistöön, josta laskettuja tuloksia sovellettiin kiinteistöjen kerrosalaneliöiden perusteella muihinkin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin. Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt ovat pitkälti LVI- ja energiateknisiltä järjestelmiltään toisiaan vastaavia sekä pitkälti samoilla vuosikymmenillä valmistuneita rakennuksia. Kiinteistöistä Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt ovat Sulkavan kunnan hallinnassa ja puolestaan Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt ovat erillisen yhtiön hallinnassa, mutta jota kuitenkin Sulkavan kunta hallinnoi.

Laskennallisen tarkastelun toteuttamiseksi työssä käytettiin Ympäristöministeriön energiatodistusasetuksen /1/ mukaista laskentamenetelmää, Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjetta rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta /2/ sekä kuu-kausitason laskentaa, joista poiketen laskentaa sovellettiin säävyöhykkeen II säätiedoilla. Sijainniltaan Sulkavan kunta kuuluu säävyöhykkeeseen II.

Liittyen laskentatapaan, siitä saatu tulos perustuu rakennusten vakioituun käyttöön, eikä se huomioi kiinteistöissä erikseen olevia isoja tehontarpeita kuten valmistuskeittiöitä tai muita kiinteistöissä olevia energiantarpeita, jotka ovat huomioitava määrittäessä rakennuksen todellista energiantarvetta. Tällaiset energiantarpeet olivat kuitenkin Sulkavan edustajan mukaan pieniä /3/.

Laskennallisen tarkastelun tarkoituksena oli perehtyä Sulkavan kunnan kiinteistöihin, niiden järjestelmiin sekä tutkia, miltä osin toteutuneet ja laskennalliset kiinteistöjen lämpö- ja sähköenergiantulotukset ovat keskenään verrannollisia. Lisäksi laskennallisen tarkastelun tarkoituksena oli saada käsitys kiinteistöistä sekä kunnan järjestelmästä, jonka perusteella energiatehokkuustoimenpiteitä oli mahdollista hahmottaa. Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien osalta diplomityössä keskityttiin pääosin katuvalaistuksen aiheuttamaan energiantulotukseen kunnalle, jonka osalta diplomityön laadintahetkellä Sulkavan kunta oli jo teettänyt suunnitelman katuvalaistuksen uusintaan. Liittyen kuitenkin kunnan yleisten järjestelmien tehostamiseen, annettiin kunnalle ohjeistus keskittyä tulevaisuuden vesihuollon järjestelmissä sekä järjestelmähankinnoissa energiatehokkaampiin järjestelmiin.

Motiivina työn toteuttamiseen sekä energiatehokkuustoimenpiteisiin ja päästöjen läpikäyntiin käytettiin Sulkavan kunnan tavoitetta vähentää kasvihuonepäästöjä 80 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä /4/ sekä diplomityön laadintahetkellä (loppuvuosi 2022 - alkuvuosi 2023) ollutta sähkön hinnan nousua, jolloin diplomityön toteuttamiselle saatiin myös taloudellinen tavoite. Diplomityössä hahmoteltiin energiatehokkuustoimenpiteiden toteutuksista johtuvia kustannuksia sekä toteutusten takaisinmaksuaikoja, joiden perusteella kunnan on mahdollista arvioida eri toimenpiteiden toteuttamisen kannattavuutta, niin taloudellisesta kuin ilmastonäkökulmastakin sekä arvioida toimenpiteiden vaikutuksia alueen energiantuotantoon. Lisäksi motiivina työn toteuttamiseen toimi Suomen diplomityön laadintahetkinen ilmastopolitiikka, jossa Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä.

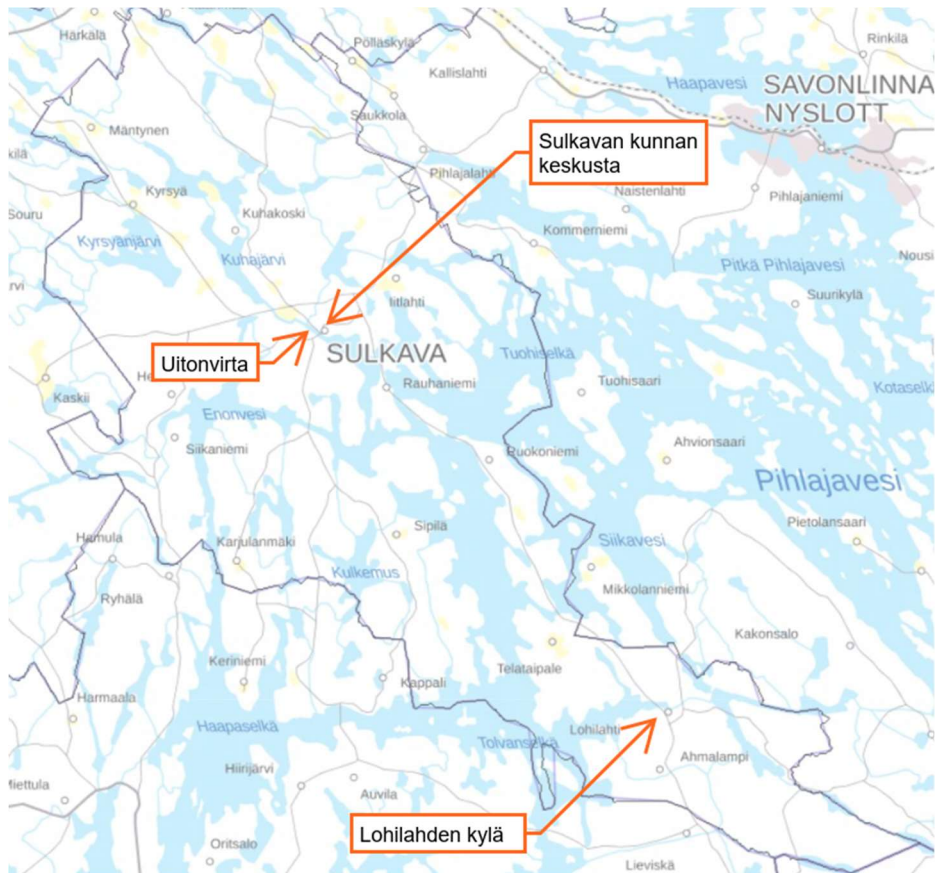
Liittyen Sulkavan kunnan alueeseen kokonaisuutena ja tässäkin diplomityössä puhuttaviin Sulkavan kiinteistöihin, on diplomityöstä rajattu pois erillisin tässä diplomityössä mainituin poikkeuksin Lohilahden kylän kiinteistöt sekä järjestelmät. Tällöin puhuttaessa diplomityössä Sulkavan kunnasta, tarkoitetaan sillä Sulkavan kunnan keskustan alueella sijaitsevia kiinteistöjä sekä järjestelmiä. Samoin yksityisessä omistuksessa olevat kiinteistöt sekä järjestelmät Sulkavan kunnan alueen tarkastelusta on rajattu pois.

2 Sulkavan kunta

Sulkavan kunta on Etelä-Savossa sijaitseva, kokonaispinta-alaltaan noin 770 km² oleva kunta, jossa asui vuoden 2021 tilastojen mukaan 2431 asukasta. Lähimpiä naapureita kunnalle ovat Juva, Puumala, Rantasalmi, Ruokolahti sekä Savonlinna /5/. Pääasiallisesti kunta tunnetaan kesäisin järjestettävistä Sulkavan Suursouduista, joihin kokoutuu ympäri Suomen saapuvia soutuharrastajia sekä lajista kiinnostuneita. Kunnan kokonaispinta-ala jakautuu maa- sekä sisävesipinta-alaan, joiden osuus kunnasta on maapinta-alana noin 585 km² sekä sisävesipinta-alana noin 185 km². Diplomityön laadintahetkellä kunnanjohtajana toimi Juho Järvenpää /5/.

Tarkasteltaessa kuntaa alueena, huomataan että pääasiallisesti kunnan toiminnot keskittyvät Sulkavan keskustan taajamaan, jossa sijaitsee mm. kunnan virastotalo, keskuskoulu, liikuntahalli sekä kunnan muut kunnan kriittiset toiminnot kuten paloasema sekä terveyskeskus / vuodeosasto. Kunta hallinnoi lisäksi Lohilahden kylää, joka kuuluu osaksi Sulkavan kuntaa ja johon Sulkavan kunnan keskustasta on matkaa noin 30 km. Paikkana Lohilahden kylä sijaitsee Saimaan vesistön Lohilahden pohjukassa niin, että Lohilahdella sijaitsevat oma kirkkonsa, kyläkauppansa, ravintolansa, vapaapalokuntansa sekä koulunsa. Lohilahden toiminnot, kuten esimerkiksi Vuokratalot, lämmöntuotanto sekä koulurakennus ovat kuitenkin Sulkavan kunnan hallinnoimia /4/.

Kuvasta 1. nähdään Sulkavan kunnan keskustan sijoittuminen suhteessa Lohilahden kylään sekä Sulkavan kunnan keskustan halkaisevan Uitonvirran sijainti suhteessa keskustaan. Kuvasta nähdään lisäksi sinisellä olevat Sulkavan kunnan aluerajat ja lisäksi se, että Sulkavan kunnan pinta-alasta noin 25 % on vesialueita. Tällöin huomioiden myös kunnan alueella syntyvät päästöt, osa kunnan alueen päästöistä aiheutuu vesiliikenteestä. Liittyen kunnan alueen toimintoihin, toimii kunnan alueella Sulkavalle sekä Sulkavan lähikunnille palveluja tarjoava Järvi-Saimaan Palvelut Oy, joka vastaa mm. kiinteistöpalveluista, vesihuollosta, maankäytöstä, rakennuttamisesta, liikuntapalveluista sekä ruoka- ja puhtauspalveluista alueella /6/. Lisäksi Sulkavan kunnan keskustan kaukolämmön tuotannosta vastaa Sulkavan Energia Oy, joka myös kaksi tässä diplomityössä käsiteltävää lämpölaitosta omistaa /7/.



Kuva 1. Sulkavan kunnan aluerajat, kunnan keskusta sekä Lohilahden kylä /8/.

2.1 Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt

Liittyen Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin, taulukkoon 1. on koostettu Sulkavan kuntakonserniin kuuluvien kiinteistöiden rakennusvuodet sekä kerrosalaneliöt perustuen kunnalta saatuihin tietoihin. Taulukossa 1. vuotena tarkoitetaan rakennusvuotta ja puolestaan merkinnällä kem (m²) kiinteistön kerrosalaneliöitä. Taulukosta 1. on rajattu pois erikseen tässä diplomityössä mainituin poikkeuksin olevat Lohilahdella sijaitsevat kunnan hallinnoimat kiinteistöt sekä Lohilahdella sijaitseva yksi lämpölaitos. Koskien kuitenkin Lohilahden lämpölaitosta, toimii Sulkavan kunnalta saatujen tietojen perusteella Lohilahdella käytössä oleva lämpölaitos hakelämpölaitoksena, josta Lohilahdella tarvittavaa lämpöenergiaa jaetaan Lohilahden koululle, kaupalle, rivitalolle sekä kahdelle yksityisomisteiselle omakotitalolle. Kokonaisuutenaan Lohilahden vuonna 2021 tuottama lämmitysenergia laskettuna kaukolämmön käyttöpaikkojen mukaan on ollut noin 640 MWh.

Kohde	Osoite	Vuosi	Tilavuus (m ³)	kem (m ²)
Paloasema	Alanteentie 56	2019	4237	694
Kunnanvirasto	Kauppatie 1	1973	9650	3020
Liikuntahalli	Etelätuvantie 4	1991	11700	1806
Keskuskoulu	Koulutie 8	1967	17630	5207
Kansalaisopisto	Uitonrinne 8	1920	912	240
Kirjasto	Etelätuvantie 4	1997	3740	773
Etelävintin nuorisotila	Etelätuvantie 3	1920	952	340
Vanha virastotalo	Kirkkotie 3	1951	3674	814
Päiväkeskus Ilona	Terveystie 8	1987	3250	832
Päiväkoti Touhula	Uittorinne 15	1880	2300	573
Palveluk. Kissankello	Terveystie 4	1994	8500	1910
Eläinlääkäritalo	Terveystie 6	1977	620	213
Terveysk. / vuodeos.	Terveystie 2	1977	3607	887

Taulukko 1. Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt sekä niiden perustiedot.

Taulukkoon 2. on koostettu Sulkavan kunnalta saatujen tietojen perusteella perustiedot Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjen LVI – teknisistä järjestelmistä, josta nähdään, että suurin osa Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöistä on liitetty kaukolämpöön, jolloin rakennuksia palvelee vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Vesikiertoisella lämmitysjärjestelmällä taulukossa viitataan joko vesikiertoiseen radiaattorilämmitykseen, vesikiertoiseen lattialämmitykseen tai ilmanvaihdon vesikiertoisella lämmityspatterilla toteutettuun ilmalämmitykseen. Merkinnällä T/P LTO tai tekstillä Painovoim. viitataan puolestaan rakennusta pääasiallisesti palvelemaan ilmanvaihtojärjestelmään. Merkinnällä T/P LTO tarkoitetaan koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa lämmöntalteenotolla ja merkinnällä Painovoim. rakennuksen painovoimaista ilmanvaihtoa. Koskien lämmönjakoa, diplomityöstä rajattiin pois märkätiloja tai pieniä lattialämmitysosuuksia palvelevat sähköiset lattialämmitykset, pienet vesikiertoiset lattialämmitysosuudet sekä erilliset laajat alueiden sulapito-osuudet, jolloin lämmönjakotavan osalta vesikiertoisella lämmönjaolla tarkoitetaan rakennuksen hallitsevaa lämmönjakoa. Lämmönjaon osalta kiinteistöistä ainoana paloasemalla maalämpökohteena oli vesikiertoinen lattialämmitys ja muissa vesikiertoisen lämmönjaon kohteissa radiaattorilämmitys. Lämpimän käyttöveden valmistus rajattiin taulukosta pois, johtuen käyttöveden osalta tarkastelun perustuvan rakennuksen vakioituun rakennustyyppitaiseen käyttöön.

Liittyen kuitenkin lämpimän käyttöveden valmistukseen tuotettiin kiinteistöissä lämmin-käyttövesi taulukkoon 2. merkityllä lämmöntuotantomuodolla kiinteistökohtaisesti. Paloasemalla maalämmön lisäksi lämmitysjärjestelmän varaajaan oli asennettuna sähkövastukset, joilla tuotettiin loppu paloaseman lämmitysenergiatarpeesta, jota varsinaisella maalämpöjärjestelmällä ei tuotettu. Lisäksi paloasema oli kiinteistöistä ainoa, jonka yhteyteen oli rakennusvaiheessa asennettu vesikiertoinen alueen sulanapito, jonka tarvitsema lämmitysenergia tuotettiin paloaseman maalämpöjärjestelmällä. Sulanapito-osuus paloasemalla ei kuitenkaan ollut laaja, vaan painottui pääasiallisesti paloasemalla sijaitsevien nosto-ovien eteen, joiden kautta hälytysajoneuvot ajavat hallitiloihin sekä niistä ulos.

Jäähdytysjärjestelmien osalta työstä rajattiin pois yksittäiset pienet ilmalämpöpumppuja vastaavat jäähdytysjärjestelmät siten, että niiden tuottamaa jäähdytys- tai lämmitysenergiatarvetta työn tarkasteluissa ei huomioitu. Sulkavan kuntakonsernin osalta jäähdytysjärjestelmiä oli kuitenkin Sulkavan virastotalolla, vuodeosastolla, terveyskeskuksessa, Kissankellossa sekä kirjastossa siten, että näissä rakennuksen jäähdytys oli toteutettu omalla vedenjäähdytyskoneellaan sekä lauhduttimellaan. Virastotalolla rakennuksen jäähdytystä palveli ilmanvaihtoon kytketyt tilakohtaiset jäähdytyspalkit, vuodeosastolla sekä kirjastossa omat puhallinkonvektoriverkostonsa. Virastotalolla, terveyskeskuksessa sekä Kissankellossa olivat ilmanvaihtokoneet varustettu lisäksi omilla ilmanvaihtojäähdytyspattereillaan.

Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöissä, erillisiä kiinteistökohtaisia huippuimureita oli paloasemalla, kunnanvirastolla, liikuntahallilla, keskuskoululla, kirjastolla, päiväkeskus Ilo-nassa, Kissankellossa sekä terveyskeskuksella / vuodeosastolla. Työn tarkastelusta rajattiin pois ilmavirroiltaan pienet sekä yksittäisiä tiloja- tai käyttötarkoitusta varten asennetut huippuimurit, mutta kiinnitettiin huomiota muiden merkittävimpien huippuimureiden osalta niiden ilmavirtoihin, korvausilmaan sekä korvausilman lämmitystehontarpeeseen. Kiinteistöissä, joissa merkittävimpiä huippuimureita oli, paloasemalla sekä Kissankellon keittiössä huippuimureiden korvausilmantarve toteutettu ilmanvaihtokonekohtaisella kompensoinnilla. Paloaseman hallitiloissa huippuimureiden yhden tai kahden, tai niiden yhtäaikaisen käynnin aikaan ohjattiin toista ilmanvaihtokoneista rakennusautomaatiolla puhaltimen (tulo / poisto) kierrosnopeuden kautta suuremmalle, huippuimurin / huippuimureiden poistoilmavirran suhteessa. Tällä kompensoitiin tilan painesuhteet siten, että painesuhteet tilassa säilyivät haluttuina.

Tilanteissa, jossa huippuimureiden poistoilmavirtamäärää kompensoitiin ilmanvaihtokoneen kautta, tuli huippuimurin tarvitsema korvausilma esilämmitettynä ilmanvaihtokoneelta sekä ilmanvaihtokoneen LTO – kennon takaa, jolloin ns. ”raakaa” korvausilmaa ulkoa rakennuksen päälämmitysjärjestelmillä ei lämmitetty. Poikkeukset tähän tekivät kuitenkin valtuustosalia palvelevat omat huippuimurinsa, joita varten virastotalolle oli asennettu oma tuloilmakoneensa IV – lämmityspatterilla, mutta joita ei lämmöntalteenottojärjestelmällä oltu kytketty toisiinsa. Lisäksi samanlainen järjestelmä oli keskuskoulun keittiössä, jossa eri käyttötarkoitusta varten asennetuille huippuimureille oli asennettu oma tuloilmakoneensa, jonka puhaltimen kierrosnopeutta ohjattiin huippuimureiden käynnin- sekä yhtäaikaikäynnin suhteessa siten, että tulo- ja poistoilmavirrat säilyivät tilassa haluttuina.

Tilanteissa, joissa rakennuksessa olevia huippuimureita varten oli asennettu oma tuloilmakoneensa ilman lämmöntalteenottoa, tuotiin huippuimureiden tarvitsema korvausilma tilaan esilämmitettynä, mutta puhallettiin se ilman lämmöntalteenottoa ulos. Samoin tapahtui myös tilanteissa, joissa huippuimureiden korvausilmantarve oli toteutettu varsinaisen ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhaltimen kierroslukusäädöllä. Huippuimureiden ja koneellisen poistoilmavaihtojärjestelmän osalta päiväkeskus Ilonan asuinsiivessä, joissa makuuhuoneet ja asunnot sijaitsivat, ilmanvaihto oli toteutettu pelkillä huippuimureilla. Oletettavaa asuinsiiven ilmanvaihdon korvausilman osalta oli, että ilma tuotiin suoraan ilman esilämmitystä korvausilmaventtiilien kautta ulkoa. Tällöin korvausilman lämmitystehontarve tilassa katettiin rakennuksen varsinaisella päälämmitysjärjestelmällä, kuten päiväkeskuksen osalla vesikiertoisilla radiaattoreilla käyttäen hyväksi kaukolämpöä.

Kirjaston kirjastosalissa kirjastotalia palvelevan yhden huippuimurin korvausilmantarve puolestaan tuotiin kirjaston pääilmanvaihtokoneelta LTO – kennon sekä IV – lämmityspatterin takaa, mutta puhallettiin kuitenkin huippuimurilla ilman lämmöntalteenottoa ulos.

Kiinteistöissä, joissa hallitsevana ilmanvaihtojärjestelmänä toimi painovoimainen ilmanvaihto, ei tarkempaa tarkastelua diplomityön yhteydessä painovoimaisen ilmanvaihdon toiminnasta suoritettu, painovoimaisen ilmanvaihdon perustuessa lämpötilaeroihin, tuulivaikutukseen sekä hormivaikutukseen /9/. Tällöin ilmanvaihdon toiminnan varmistaminen sekä sen kautta johdettavien ilmavirtojen toteaminen ei työn puitteissa ollut mahdollista.

Kohde	Lämmöntuotanto	Lämmönjako	Ilmanvaihto
Paloasema	Maalämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Kunnanvirasto	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Liikuntahalli	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Keskuskoulu	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Kansalaisopisto	Öljy	Vesikiertoinen	Painovoim.
Kirjasto	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Etelävintin nuorisotila	Sähkö	Suorasähkö	Painovoim.
Vanha virastotalo	Sähkö	Suorasähkö	Painovoim.
Päiväkeskus Ilona	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Päiväkoti Touhula	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Palveluk. Kissankello	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO
Eläinlääkäritalo	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	Painovoim.
Terveysk. / vuodeos.	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	T/P LTO

Taulukko 2. Perustiedot Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjen LVI – järjestelmistä.

Todellisuudessa painovoimainen ilmanvaihto lisää rakennuksen lämmitystehontarvetta, ilmanvaihtojärjestelmän korvausilman tullessa ulkoa ilman lämmöntalteenottoa tai erillistä ilmanvaihtokonetta vastaavaa ilman käsittelyä /9/. Tällöin painovoimaisen ilmanvaihdon korvausilman lämmitystehontarve tulee rakennuksen päälämmitysjärjestelmän lämmitettäväksi.

Kiinteistöihin suoritettiin lisäksi havaintokäyntien yhteydessä silmämääräinen tarkastelu siitä, onko kiinteistöissä suuria yksittäisiä tai yleisestä asennustavasta poikkeavia isoja sähkötehtäviä, jotka olisivat tarkastelussa kiinteistöjen sähköenergiankulutuksen osalta otettava huomioon. Tällaisia järjestelmiä kiinteistöissä ei kuitenkaan ollut, vaan rakennusten sähköjärjestelmät noudattivat pitkälti oletettua yleistä asennustapaa sähköjärjestelmistä, jota tuki myös Sulkavan kunnan edustajan ilmoitus siitä, että yksittäisiä isoja sähkötehtäviä ei kiinteistöissä ole. Liittyen kiinteistöjen vesi- ja viemärijärjestelmiin, kiinteistöistä kaikissa on lämpimän käyttöveden kiertojohto, pois lukien etelävintin nuorisotalo, vanha virastotalo sekä eläinlääkäritalo. Kohteissa, joissa hallitsevana ilmanvaihtojärjestelmänä toimii koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ilmanvaihtokoneissa pois lukien ilmavirroiltaan pienet tai huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet, ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmitystehontarve katetaan vesikiertoisilla kaukolämmön alajakokeskukseen IV – piirillä kytketyillä ilmanvaihdon lämmityspattereilla.

Liittyen Sulkavan kunnan edustajalta saatuihin tietoihin ilmanvaihtokoneiden ohjauksesta, käyvät kaikki kiinteistöjen pääilmanvaihtokoneet oman rakennusautomaatioonsa ohjelmoidun viikoittaisen- / päiväkohtaisen aikaohjelman mukaan. Kiinteistöissä, joissa on erillisiä huippuimureita, on huippuimureiden ohjaus toteutettu rakennusautomaation avulla perustuen tilan rakennusautomaation mittaustulokseen, aikaohjelmaan tai käsikäyttökytkimeen. Tämän tiedon perusteella ohjataan myös tuloilmakoneita, jotka ovat asennettu palvelemaan erillisen huippuimurin korvausilman tarvetta. Pienet yksittäiset, yksittäisiä tiloja tai jatkuvaa käyttötarkoitusta varten asennetut huippuimurit kiinteistöissä kävivät kiinteistöissä jatkuvasti. Lisäksi kohteissa, joissa kohteiden lämmönjako oli toteutettu vesikiertoisin radiaattorein tai lattialämmityksellä, kuten paloasemalla, ohjattiin lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilaa ulkolämpötilan mittaustiedon perusteella sekä virtaamaa huone- / lämmön luovutin- / tilakohtaisin termostaatein.

Diplomityössä ei tarkasteltu lämmitysjärjestelmien lämmönjaon mitoituslämpötiloja, mutta perustuen teoriatietoon, oletettiin radiaattoriverkostoissa menoveden mitoituslämpötilan olevan noin 70 °C luokkaa /10/. Puolestaan paloasemalla, jossa käytössä on vesikiertoinen lattialämmitys, lattialämmityspiirin menoveden mitoituslämpötilan oletettiin olevan noin 35 °C luokkaa /11/. Liikuntahallilla, jossa liikuntahallin tilakohtainen lämmitys oli järjestetty ilmalämmityksellä liikuntahallia palvelevalta ilmanvaihtokoneeltaan, oletettiin ilmanvaihtokoneen vesikiertoiselle lämmityspatterille menoveden mitoituslämpötilan olevan noin 60 °C luokkaa. Oletus perustui rakennuksen rakennusvuoteen sekä rakennuksen lämmönutotantojärjestelmään.

Poikkeuksena kuitenkin ilmalämmityksen toteutukseen, eroaa ilmalämmityksissä ilmanvaihtokoneen mitoitus ns. tyypillisestä tilaa palvelevasta ilmanvaihtokoneen mitoituksesta siten, että ilmalämmityksessä ilmanvaihtokoneen tulee pystyä kattamaan myös tilan lämpöhäviöt, johon ilmalämmityksellä lämmitetty ilma jaetaan. Tällöin ilmanvaihtokoneen mitoitus poikkeaa ns. yleisestä ilmanvaihtokoneesta suuremmalta mitoitukseltaan, jonka avulla myös tilan lämpöhäviöt saadaan katetuksi. Lisäksi koskien liikuntahallia, voidaan liikuntahallin osalta olettaa sen käyttöveden lämmitystehontarpeen olevan suurempi verraten esimerkiksi kirjastoon, vesipisteiden yhtäaikaikäytön vuoksi, joka esimerkiksi vertailussa kirjasto – liikuntahalli on kirjastoa suurempi.

Rakennusautomaatiojärjestelmiltään Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt noudattivat tarkastelukierroksilla pitkälti yleistä vastaavissa rakennuksissa olevaa oletettavaa asennustapaa, joissa kiinteistöjen LVI- ja sähkötekniisiä järjestelmiä palvelivat omat valvonta-alakeskukset tai useampi valvonta-alakeskukseensa, niihin liittyvine tarvittavine antureineen, varusteineen, mittauksineen, ohjauksineen sekä ohjelmineen. Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjen osalta virastotalolla sijaittivat omat rakennusautomaationsa valvomokoneet sekä yksittäisiin valvonta-alakeskuksiin kuten päiväkodilla, oli asennettu erillinen valvonta-alakeskuskohtainen päätteensä.

Liittyen lisäksi ilmanvaihtokoneiden puhaltimiin, kaikissa kiinteistöissä pois lukien paloasema olivat ilmanvaihtokoneet varustettu kaksinopeuspuhaltimin. Tällöin puhaltimien kierrosnopeutta ohjattiin puhaltimien yhteyteen asennetuilla taajuusmuuttajilla niiden koneiden osalta, joiden käyntiä ohjattiin muuten kuin päälle tai pois. Paloasemalla puolestaan ilmanvaihtokoneet olivat molempien pääilmanvaihtokoneiden sekä niissä olevien tulo- ja poistopuhaltimien osalta varustettu EC – puhaltimin. Kiinteistöistä missään, pois lukien paloasema, ei ollut ilmanvaihdon tilakohtaista ohjausta ja joka paloasemallakin oli toteutettu vain koulutustilaan. Paloasemalla koulutustilaan johtavissa tulo- ja poistoilmahaaroissa sijaitsevat ilmanvaihdon ohjauspellit, joiden asentoa ohjattiin koulutustilassa sijaitsevan anturin perusteella ja jonka tiedon perusteella aluetta palvelevan ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmapuhaltimen kierrosnopeuksia ohjattiin.

Kohteiden joiden ilmanvaihtojärjestelmänä toimi koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto, pääilmanvaihtokoneiden tiedot on koottu seuraavaan taulukkoon 3. josta on nähtävissä ilmanvaihtokoneiden kokonaislukumäärä sekä kohteen ilmavirrat käyttötilanteessa yhteensä. Ilmavirrat huomioivat myös huippuimureiden korvausilman tilanteissa, joissa huippuimureiden käyttötilanteissa tuloilman kompensointi järjestetään ilmanvaihtokoneelta.

Taulukossa 3. merkintä + 1 tarkoittaa erillisten tuloilmakoneiden lukumäärää, josta lukumäärät pitävät sisällään myös ilmavirroiltaan pienet sekä huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet. Sulkavalla LTO – kennojen tyyppien osalta hallitsevana lämmöntalteenottotyyppinä toimi kuutio, mutta esimerkiksi liikuntahallilla liikuntahallin IV – kone oli toteutettu pyörivällä LTO – kiekolla, jollainen löytyy lisäksi terveyskeskukselta. Terveyskeskuksella yhdestä ilmanvaihtokoneesta löytyy lisäksi nestekiertoinen ECONET – järjestelmä. Liittyen kiinteistöjen ilmavirtoihin yleisesti, ei tässä diplomityössä järjestelmien tarkastelun osalta eriytetty yksittäisten ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoja rakennuksen kokonaisilmavirroista.

Paloasemalla pääosaa rakennuksesta palveli kaksi isompaa tulo- ja poistoilmanvaihtokonetta sekä yksi pienempi tulo- / poistoilmanvaihtokone. Kunnan virastotalolla kiinteistöä palveli pääosin kaksi ilmavirroiltaan isompaa ilmanvaihtokonetta sekä neljä pienempää ilmanvaihtokonetta. Keskuskoululla ilmanvaihtokoneita oli lisäksi jaoteltu isompien ilmanvaihtokoneiden osalta käyttötarkoituksen sekä ilmanvaihtokoneiden palvelualueiden mukaan siten, että ilmanvaihtokoneet palvelivat niille osoitettua käyttötarkoitusta sekä palvelualueita. Sama tilanne kuin keskuskoululla, oli lisäksi Kissankellossa sekä terveystalolla / vuodeosastolla.

Kohde	IV – koneiden lukumäärä (kpl)	Ilmavirrat yht. (m ³ /s)
Paloasema	3	1,8
Kunnanvirasto	6 + 1	4,36
Liikuntahalli	2	6,4
Keskuskoulu	5 + 1	11,0
Kirjasto	1	1,3
Päiväkeskus Ilona	1	1,41
Päiväkoti Touhula	1	1,1
Palveluk. Kissankello	2	5,2
Terveysk. / vuodeos.	3	3,7

Taulukko 3. Ilmanvaihtokoneiden lukumäärät sekä ilmavirrat yhteensä.

2.2 Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt

Taulukkoon 4. on koottu Sulkavan Vuokratalot Oy:n hallinnoimien kiinteistöjen rakennusvuodet rakennustilavuudet, kerrosalat sekä kohteiden asuntojen lukumäärä. Tilavuudet sekä kerrosalat on laskettu yhteen kohteiden useamman talon osalta, jolloin taulukossa 4. ilmoitetut laajuudet ovat kiinteistöjen yhteenlaskettujen rakennusten tilavuuksia sekä kerrosaloja. Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta kohteista kaikki omaavat kaksi rivitalorakennusta, pois lukien Huopajantie 3 sekä Tiiterontie 1, joissa Huopajantiellä rivitaloja on yksi ja puolestaan Tiiterontiellä kolme. Leppäkuja 2–4 kohteessa on lisäksi huoltorakennus sekä Soutajantiellä autokatos. Vesitornintie 1. toinen rivitalo on kaksikerroksinen, muut Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt yksikerroksisia.

Kohde	Asuntoja (kpl)	Vuosi	Tilavuus (m ³)	kem (m ²)
Pajukuja 3	9	1986	1900	643
Vesitormentie 1	8	1988	1740	584
Venetie 2	8	1991	1550	516
Haapakuja 6	7	1992	1550	552
Huopajantie 3	6	1991	1270	389
Soutajantie 1	7	1990	1555	479
Melatie 1	7	1995	1514	504
Terveystie 3 - 5	10	1992	1395	402
Leppäkuja 5	7	1987	1340	417
Leppäkuja 2 - 4	14	1979	2700	928
Tiiterontie 1	16	1965	2750	939

Taulukko 4. Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt sekä niiden perustiedot.

Taulukossa 5. on esitetty Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjen perustiedot LVI – järjestelmistä. Taulukosta 5. nähdään, että suurimmassa osassa vuokratalojen ilmanvaihtojärjestelmiä on koneellinen poistoilmanvaihto. Poikkeuksena on Melatie 1, joka on varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla sekä lämmöntalteenotolla. Melatiellä ilmanvaihto on toteutettu huoneistokohtaisesti siten, että jokaista kohteen asunnoista palvelee oma huoneistokohtainen ilmanvaihtokoneensa.

Kohde	Lämmöntuotanto	Lämmönjako	Ilmanvaihto
Pajukuja 3	Sähkö + takat	Suorasähkö	Koneel. poisto
Vesitormentie 1	Sähkö + puuhellat	Suorasähkö	Koneel. poisto
Venetie 2	Öljy	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Haapakuja 6	Öljy	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Huopajantie 3	Öljy	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Soutajantie 1	Sähkö + puuhellat	Suorasähkö	Koneel. poisto
Melatie 1	Öljy	Vesikiertoinen	T/P LTO
Terveystie 3–5	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Leppäkuja 5	Sähkö (kattila)	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Leppäkuja 2–4	Öljy	Vesikiertoinen	Koneel. poisto
Tiiterontie 1	Kaukolämpö	Vesikiertoinen	Koneel. poisto

Taulukko 5. Perustiedot Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjen LVI – järjestelmistä.

Lämmöntuotannon osalta Sulkavan vuokrataloissa hallitsevina lämmöntuotantomuotoina on suora sähkölämmitys tai öljylämmitys sekä kahdessa kohteessa kaukolämmitys. Poikkeuksena sähkölämmitteisissä kohteissa lämmönjakoon, on Leppäkuja 5. lämmöntuotannossa kattila sähkövastuksilla, jolloin kattilan kautta lämmönjako on toteutettu vesikiertoisesti radiaattoreilla, kuten myös muiden vuokratalojen vesikiertoisten lämmönjakokohteiden osalta. Tarkastelusta on rajattu pois pienet mahdolliset suoralla sähköllä toteutetut lattialämmitysosuudet, kuten märkätiloissa sijaitsevat lattialämmitykset. Kohteiden lämmin käyttövesi taukkoon merkityllä lämmöntuotantomuodolla varaajassa, josta se jaetaan käyttöön kiinteistöjen käyttöveden lämpimän veden vesipisteille. Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta kiinteistöissä on lisäksi huoneistokohtaiset vedenmittaukset, joiden mittaustulosta käytetään kunnan edustajalta saatujen tietojen mukaan huoneistojen käyttöveden laskutusperusteena.

Koneellisen poistoilmanvaihdon kohteissa poistoilmanvaihto on toteutettu huippuimureilla, joiden kautta asuntojen huoneistojen poistoilma poistetaan rakennuksesta pääosin märkätiloista sekä liesikupujen kautta. Korvausilma huoneistojen huippuimureille tuodaan sisään rakennuksen vaipan yli ulkoilmasta, käyttäen hyväksi korvausilmaventtiilejä tai rakennuksen vaipan ilmarakoja.

Sulkavan Vuokratalot Oy:n sähköjärjestelmien osalta, oli diplomityössä tarkastelluissa kohteissa käytössä pääosin tyypilliset rakennusaikaiset sähköjärjestelmät valaistukselle sekä kiinteistöjen / huoneistojen sähkölaitteille, joissa käytettävä sähköenergia jaetaan huoneistoissa sijaitsevien ryhmäkeskusten kautta. Vuokrataloissa jokaisen huoneiston osalta huoneistoilla on myös omat sähkösopimuksensa, joiden kautta asukkaat maksavat käyttämänsä huoneistosähkön. Sulkavan Vuokratalot Oy:llä on lisäksi omat sähkösopimuksensa kiinteistöihin, joiden kautta Sulkavan Vuokratalot Oy ostaa tarvitsemansa kiinteistösähkön, joka kuuluu vuokratalojen yleisten järjestelmien, kuten pihavalaistuksen sekä yleisten tilojen sähköjärjestelmien käyttöön.

Leppäkuja 5. kohteen lämmitysenergia tuotetaan keskitetysti sähkölämmityksellä sähkökattilassa. Tällöin huoneistojen vesikiertoisen sähkölämmityksen osuus sisältyy Sulkavan Vuokratalot Oy:n hankkimaan kiinteistösähkөөn. Muissa kohteissa, joissa lämmöntuotantomuotona sekä lämmönjakomuotona on suora sähkölämmitys, tulee ryhmäkeskuksen kautta huoneistojen tarvitsema sähköenergia huoneiston lämmitykseen asukkaiden huoneistosähkөөstä.

Liittyen lisäksi Sulkavan Vuokratalot Oy:n hankkimaan öljyn tai kaukolämmityksen kautta tuotettuun lämpöenergiaan, hankkii Sulkavan Vuokratalot Oy kiinteistöjen tarvitseman öljyn sekä kaukolämmön energiantarpeen. Tilanteissa, joissa kohteissa on lämmöntuotantomuotona öljylämmitys tai kaukolämmitys, varsinainen öljyllä tai kaukolämmöllä tuotettu kiinteistöjen lämmitysenergia kuuluu Sulkavan Vuokratalot Oy:lle.

2.3 Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät



Kuva 2. Sulkavan keskustan alueen katuvalaistus /3/.

Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien osalta tässä diplomityössä käytiin läpi kunnan yleiset järjestelmät, kuten katuvalaistus sekä vesihuolto. Kuvaan 2. on hahmoteltu Sulkavan katuvalaistuksen osuus sekä merkitty väreillä ne reittiosuudet, joita palvelevat LED-, elohopea- tai monimetallivalaisimet.

Kuvassa 2. siniset osuudet ovat työn laadintahetkellä olleita LED – valaisimia, vihreät puolestaan elohopeavalaisimia ja keltaiset osuudet puolestaan monimetallivalaisimia. Kunnalta saatujen tietojen perusteella katuvalaistusten käyntiä ohjattiin aikaohjelman sekä erillisten katuvalaistusta ohjaavien valaistusantureiden perustella. Tällöin katuvalaistus Sulkavalla toimi pääosin valaistusantureiden ohjaamana, mutta kuitenkin annetun aikaohjelman välillä. Kuvasta 2. nähdään että noin 60 % Sulkavan kunnan keskustan alueen katuvalaistuksista ovat diplomityön laadintahetkellä elohopeavalaisimia, noin 10 % monimetallivalaisimia ja noin 30 % LED – valaisimia.

Koskien Sulkavan kunnan vesihuollon järjestämistä, Sulkavalla vesihuollon osalta Kirkkokankaalla sijaitsee yksi vedenottamo sekä Vilkalahdessa toinen. Kirkkokangas on näistä kahdesta varsinainen, josta Sulkavan keskustan alueen vesi johdetaan kunnan keskustassa olevaan vesitorniin, josta se puolestaan jaetaan veden käyttöpaikoille. Sulkavan keskustan tuntumassa Löytökylässä sijaitsee puolestaan jätevedenpuhdistamo, jossa kunnan jätevedet käsitellään.

Jäteveden pumppaamoita Sulkavalla sijaitsee yhteensä 25 kpl, joista Alanteentiellä sijaitsee pääpumppaamo sekä puhdistamontiellä tulopumppaamo. Kirkkokankaalla sijaitsee paineenkorotus, jolla vedenottamon ottama vesi nostetaan keskustassa sijaitsevaan vesitorniin. Sulkavan kunnassa sijaitsevalla Lohilahdella oli kunnan edustajalta saatujen tietojen perusteella omat vedenottamonsa sekä Lohilahdella jätevedet käsitellään kiinteistökohtaisin järjestelmin. Lohilahdella erillistä kunnan hallinnassa olevaa jätevedenpuhdistamoja ei ole.

3 Sulkavan alueen energiantuotanto

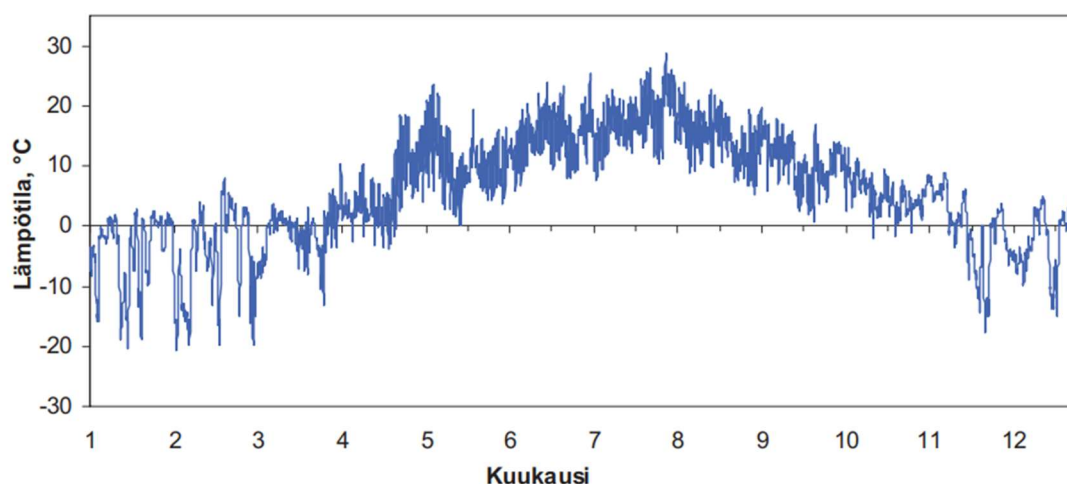
Diplomityötä varten perehdyttiin Sulkavan kunnan alueen energiantuotantoon sekä käytiin kunnan kanssa läpi, mistä osista kunnan alueen energiantuotanto koostuu. Kartoitettaessa kokonaisuudessaan kunnan alueen energiantuotantoa, jaoteltiin kunnan alueella tuotettava energia lämpö- ja sähköenergiaan. Lämpöenergialla tässä diplomityössä tarkoitetaan sitä lämpöenergiaa, jota käytetään rakennusten lämmittämiseen sisältäen ilmanvaihdon lämmitys.

Sähköenergialla tarkoitetaan puolestaan sitä sähköenergiaa, joka kuluu rakennusten käytön yhteydessä, kuten valaistus, kuluttajalaitteet, rakennusten käyttö, sähkölämmitteisten kiinteistöjen lämmitys sekä kunnan yleiset järjestelmät. Diplomityön laadintahetkellä Sulkavan kunta osti tarvitsemansa sähköenergian paikallisen sähköyhtiön kautta pois lukien yksittäiset huoneistot ja yksityiset järjestelmät, jotka kuuluivat huoneistosähköön. Sulkavalle oli kuitenkin valmistumassa uusi aurinkosähköpuisto, jonka kautta tuotettavaa sähköenergiaa Sulkavan kunnalla oli tarkoitus hyödyntää merkittävästi tulevaisuutensa sähköenergiահankinnoissa. Kaukolämmön osalta Sulkavan kunta hankki tarvitsemansa kaukolämmön alueella toimivan Sulkavan Energia Oy:n kautta, joka hallinnoi kahta Sulkavan keskustan alueella sijaitsevaa lämpölaitosta. Lisäksi kunta hankki tarvitsemansa öljyenergiankulutuksensa erillisiltä öljyn toimittajilta. Sulkavan alueen energiantuotannosta rajattiin tässä työssä pois yksittäiset yksityiset lämmöntuotantojärjestelmät sekä järjestelmät, jotka eivät suoraan palvele Sulkavan kuntaa tai Sulkavan kunnan hallinnassa olevia järjestelmiä.

3.1 Sulkavan alueen lämmöntuotantojärjestelmät

Diplomityön laadintahetkellä Sulkavan kuntaa palveli kaksi lämpölaitosta, joista toinen sijaitsi Keskuskoulun yhteydessä (Koulutie 8) ja toinen puolestaan lähellä keskustaa Vilkaharjuntielle (Vilkaharjuntie) /3/. Lämpöenergia näistä kahdesta lämpölaitoksesta jaetaan kaukolämmön käyttöpaikoille yhdellä kaukolämpöverkolla. Yhteenlaskettu Sulkavan kunnalle sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:lle näistä kahdesta lämpölaitoksesta hankittu lämpöenergiämäärä on vuonna 2021 ollut 2626 MWh laskettuna kaukolämmön käyttöpaikkojen mukaan. Se ei näin huomioi esimerkiksi kaukolämpöverkosta syntyviä Sulkavan kunnan energiantuotannosta syntyviä häviöitä tai lämmön tuotannosta johtuvia erillisiä energiantarpeita. Sulkavan Energia Oy tuottaa lämpölaitoksista kaukolämpöä myös yksityisessä omistuksessa oleville kiinteistöille, joten todellisuudessa varsinaisesta näistä kahdesta lämpölaitoksesta jaettava lämpöenergiämäärä Sulkavan kunnan alueelle on suurempi. Sulkavan kunnan hallinnoimassa Lohilahden kylässä sijaitsee lisäksi yksi lämpölaitos, joka kuitenkin tästä diplomityöstä rajattiin pois. Sulkavan alueen lämpölaitoksista molemmat ovat hakelämpölaitoksia, jotka käyttävät hakkeen rinnalla öljyä.

Öljyn käytössä huomioitavaa on se, että kunnan arvion mukaan öljylämmitystä käytetään kuitenkin vain tasaamaan tarvittaessa vuoden kulutushuippuja sekä toiminnassa varajärjestelmänä. Kuvassa 3. on esitetty tunnittainen testivuoden TRY2012 sääaineiston mukainen /12/ ulkolämpötila vyöhykkeellä II. Kuvasta nähdään, että esimerkiksi ulkolämpötila $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ alitetaan vuodessa vain hyvin lyhyissä ajanjaksoissa, jolloin voidaan todeta myös se, että öljyn käyttö hakkeen rinnalla ei ole merkittävää.



Kuva 3. TRY2012 sääaineiston mukainen ulkolämpötila vyöhykkeillä I – II. /12/.

Huomioitavaa seuraavassa kohdassa 3.1.1 lämpölaitoksista ilmoitetuissa metsähakkeen käyttömäärissä on se, että niiden osalta lyhenteellä k-m^3 tarkoitetaan kiintokuutiometriä metsähaketta. Yksi kiintokuutiometri vastaa noin 2,5 irtokuutiometriä metsähaketta /13/. Laskettaessa näistä kahdesta Sulkavan keskusta aluetta palvelevista lämpölaitoksista vuotuinen energiamäärä, jota näissä kahdessa lämpölaitoksessa on vuotuisesti hakkeena käytetty, vastaa Vilkaharjuntielle syötetty vuotuinen metsähakkeen määrä noin 2500 MWh energiaa ja keskuskoululle syötetty vuotuinen metsähakkeen määrä noin 2500 MWh energiaa.

Muuntokertoimenä irtokuutiometrille (i-m^3) haketta on käytetty 0,8 MWh /14/, jolloin yhdestä kiintokuutiometrillä saadaan noin 2 MWh energiaa. Huomioitavaa muuntokertoimessa on se, että se vaihtelee hieman riippuen hakkeen laadusta sekä sen kosteudesta /14/. Sulkavan kunnan edustajalta saatujen tietojen perusteella lämpölaitoksissa käytettävän hakkeen laatu myös vaihtelee, kuten myös lämpölaitoksissa käytettävän hakkeen alkuperä.

Tällöin muuntokerrointa 0,8 MWh irtokuutiometrille haketta on käytettävä suuntaa antavana arvona. Samoin Metsäkeskuksen metsähaketta käyttävien voimalaitosten tietokannan mukaan tiedot metsähakkeen käytöstä kahdelle Sulkavan kunnan keskustan alueella sijaitsevalle lämpölaitokselle ovat kerätty vuodelta 2018, jolloin myös vuosikohtaista lämpölaitosten kulutuksissa voi olla. Kuvasta 3. nähdään lisäksi ulkolämpötilan jakautuminen tarkemmin vuoden ajanhetkille, jonka perusteella havaitaan se, että johtuen matalammista ulkolämpötiloista, on talviaikaan rakennusten lämmitystehontarve suurempaa. Puolestaan kesäaikaan, kun ulkolämpötilat ovat korkeampia, on rakennusten lämmitystehontarve pienempää. Lisäksi havainnollistetaan myös se, lämmitystehoa tarvitaan myös kevät- ja syyskuukausina nostamaan rakennusten sisälämpötila haluttuun, esimerkiksi sisälämpötilaan 21 °C.

3.1.1 Sulkavan kunnan alueella sijaitsevat lämpölaitokset



Kuva 4. Vilkaharjunttiellä sijaitseva lämpölaitos (Vilkaharjunttie) /15/

Kuvassa 4. on esitetty Sulkavan keskustan alueella sijaitseva Vilkaharjuntien (Arava) lämpölaite, jonka teho on Metsäkeskuksen Kaakkois-Suomessa haketta käyttävien voimalaitosten tietokannan mukaan 1 MW ja jonka metsähakkeen käyttö vuonna 2018 on tietokannan mukaan ollut 1250 k-m³/v /15/.



Kuva 5. Keskuskoululla sijaitseva lämpölaite (Keskuskoulu) /15/

Kuvassa 5. on puolestaan esitetty Sulkavan keskuskoulun yhteydessä sijaitseva lämpölaite (Keskuskoulu), jonka teho on myös Metsäkeskuksen Kaakkois-Suomessa haketta käyttävien voimalaitosten tietokannan mukaan myös 1 MW ja jonka metsähakkeen käyttö on ollut vuonna 2018 1250 k-m³/v /15/. Vara- ja tehostusjärjestelmänä molemmissa lämpölaitoksissa toimii öljy, jolla tasataan vuoden kulutushuippuja sekä käytetään öljyä varajärjestelmänä.

3.2 Sulkavan alueen sähköntuotantojärjestelmät

Diplomityön laadintahetkellä Sulkavan alueella ei ollut käytössään varsinaista omaa, kunnalle suunnattua sähköntuotantoa, pois lukien pienet alueella sijaitsevat yksityiset sähköverkkoon kytketyt sähköntuotantojärjestelmät, jolla kunnan alueella käytettävää sähköenergian tarvetta katettaisiin. Työn laadintahetkellä kunnan alueelle oli kuitenkin rakenteilla uusi, noin 7. hehtaarin alueelle tuleva aurinkosähköpuisto, jonka tarkoituksena oli kattaa kunnan vuosittainen sähköenergiankulutus noin kahteen kertaan. Kunnan arvioitu vuosittainen kokonais-sähköenergiankulutus on tällä hetkellä kunnan edustajan mukaan noin 2000 MWh. Aurinkosähköpuiston valmistumisajankohta oli arvioitu olevan keväällä 2023, jolloin myös aurinkosähköpuiston sähköenergiatuotanto on tarkoitus käynnistyä.

Arvioitu vuosittainen sähköenergiatuotanto aurinkosähköpuistolla on arvioitu olevan noin 4500 MWh, jolloin aurinkosähköpuisto tuottaa noin kaksi kertaa kunnan sähköenergiankulutuksen verran /16/. Aurinkosähköpuiston tuottama sähköenergia, jota kunnan toiminnoissa ei hyödynnetä, johdetaan sähkömyyjän kautta muille asiakkaille. Sulkavan kunta on luovuttanut maa-alan aurinkosähköpuiston rakentamista varten, johon aurinkosähköpuiston toimittaja toimittaa aurinkosähköpuiston varusteineen. Aurinkosähköpuiston tuottama sähköenergia johdetaan sähköverkkoon ja josta Sulkavan kunta tarvitsemansa sähköenergiansa hankkii.

Aurinkosähköpuiston valmistuttua käytetään Sulkavalla jatkossa vuositason tarkasteltuna ainoastaan alueellisesti sekä puhtaasti tuotettua sähköenergiaa. Aurinkosähköpuiston sekä sähköjärjestelmien toiminnan kannalta on kuitenkin huomioitavaa se, että talviaikaan sähköenergiankulutus on matalampien ulkolämpötilojen vuoksi suurempaa (vrt. kuva 3.) ja aurinkoenergian tuotanto vähäisempää. Tällöin kulutuspiikkejä voi joutua tasaamaan muillakin sähköverkkoon kytketyillä sähköntuotantomuodoilla. Tätä tasaa puolestaan kuitenkin se, että kesäaikaan, kun sähköenergiankulutus on vähäisempää ja aurinkosähköpuiston tuotanto suurempaa, tulee aurinkosähköpuistolla tuotettu sähköenergia hyödynnettyksi tehokkaammin alueellisesti.

Valmistuessaan keväällä 2023 Sulkavan alueen aurinkosähköpuistosta on tarkoitus tulla yksi Suomen suurimmista aurinkovoimaloista ja Sulkavasta ensimmäinen kunta Suomessa, jonka voidaan todeta tuottavan käyttämänsä sähköenergian vuositason tarkasteltuna uusiutuvalla ja päästöttömällä aurinkosähköllä /16/.

3.2.1 Sulkavan kunnan alueelle rakenteilla oleva aurinkosähköpuisto

Aurinkosähköpuisto on rakenteilla Sulkavan kunnan keskustan tuntumaan, Uudenkyläntielle, lähelle Pulkkilantietä, jossa sille varattu 7. hehtaarin tontti sijaitsee. Kuvasta 6. nähdään ilmakuva tontista sekä kuvassa oikeassa yläkulmassa olevasta liitospaikasta, josta aurinkosähköpuistolla tuotettu sähköenergia siirretään sähköverkkoon. Kaapelointi toteutetaan kunnan edustajalta saatujen tietojen perusteella aurinkosähköpuiston sekä sähköverkon liitospaikan välillä maakaapeloinnilla. Kuvassa tontin vaakasuuntaan lävistävä tie on Uudenkyläntietä ja vaakasuuntaan kulkeva tonttia yläpuolelta sivuava tie Pulkkilantietä. Kuvaan on lisäksi lisätty Uitonvirta avuksi hahmottamaan Sulkavan kunnan keskustan lävistävää vesialaa, jonka kunnan kohdalla myös aikaisemmin mainittu Sulkavan alueen kaukolämpöverkosto halkaisee.



Kuva 6. Aurinkosähköpuiston sijoittuminen Sulkavan alueelle /17/.

Kokonaisteholtaan (piikkiteho, kWp) kuntaan rakenteilla oleva aurinkosähköpuisto on noin 5000 kWp (5 MWp) sekä siihen tulee asennettavaksi yhteensä noin 9200 kpl aurinkopaneeleita. Paneelien suuntaus toteutetaan riveittäin länsi-itäsuuntaisesti siten, että aurinkopaneelien suuntaus on etelään.

Paneelit on tarkoitus asentaa maanvaraisesti telineisiin siten, että telineet joihin paneelistot asennetaan, juntataan kaivinkoneavusteisesti routarajan alapuolelle. Tällöin maa-alalla tapahtuva routiminen ei pääse paneelien asennukseen tai suuntaukseen vaikuttamaan. Tarkkaa juntaussyvyyttä Sulkavalle asennettaville telineistöille ei työn laadintahetkellä ollut tiedossa, mutta oletettavaa on, että perustuen vuoden maksimiin routarajaan Sulkavalla vuosien 1981–2010 välillä, routaraja on alitettu noin metrissä /18/. Alla on listattuna oleellimmat tiedot koskien Sulkavalle toteutettavaa aurinkosähköpuistoa, jonka perusteella Sulkavan kunnan alueelle rakennettavan aurinkosähköpuiston laajuutta, kokoluokkaa sekä sen aiheuttamia vaikutuksia on mahdollista arvioida /16/.

Poiketen aurinkosähköpuiston toimittajan ilmoittamista tiedoista, on aurinkosähköpuiston CO₂ vähenemä arvioitu perustuen aurinkosähköpuiston toimittajan ilmoittamiin tietoihin, jota on korjattu tässä diplomityössä arvioidulla Sulkavan kunnan alueen vuoden 2020 sähkön päästökertoimella 87 kg CO₂e / MWh. Verraten siis aurinkosähköpuiston toimittajan ilmoittamaan CO₂ vähenemään / vuosi 509 000 kg (verraten suomen keskimääräiseen päästökertoimeen 131 kg / CO₂ / MWh), tulokseksi Sulkavan alueen vuoden 2020 arvioidulla päästökertoimella on saatu noin 338 000 kg CO₂ - vähenemä vuosittain.

- Teho: 5000 kWp (kWp = huipputeho, kilowattipiikki)
- Arvioitu vuosittainen kokonaissähköenergiantuotanto: 4500 MWh
- CO₂ vähenemä / v: 338 000 kg (ka. päästökerroin Sulkavalla 87 kg / CO₂e / MWh)
- Pinta – ala, jolle paneelit asennetaan: 7. hehtaaria
- Arvioitu toiminta-aika valmistumisajankohdasta 30–40 vuotta

Aurinkosähköpuiston toimittajalta saatujen tietojen mukaan, aurinkosähköpuisto tuottaa suurimman osan sähköenergiastaan kevät-, kesä- ja syyskuukausina niin, että noin 94 % aurinkosähköpuiston vuosittaisesta sähköenergiasta tuotetaan huhtikuun alusta, syyskuun loppuun ajoittuvalla ajanjaksolla ja puolestaan loput noin 6 % tuotetaan puolestaan lokakuun alusta maaliskuun loppuun olevalla ajanjaksolla.

Asennettävien paneelien kokonaisala tontille on myös aurinkosähköpuistotoimittajalta saadun tiedon mukaan noin 23800 m² ja paneelien kallistuskulma on noin 30 °. Näin voidaan todeta, että verraten asennettävien paneelien pinta-alaa noin 7. hehtaarin tonttiin, kattavat paneelit pinta-alaltaan siitä noin 34 %. Huomioitavaa on kuitenkin se, että paneelit tulevat asennettaviksi kallistuskulmaan, jolloin niiden varsinainen lintuperspektiivistä tai ilmakuvasta katsottu pinta-ala on kuitenkin hieman pienempi. Lisäksi paneelirivit tulevat asennettaviksi toisistaan erilleen, jolloin niiden väliin jää tilaa esimerkiksi tarvittaville huoltotöille.

Koskien aurinkosähköpuiston tuottamaa aurinkosähköpuiston toimittajan arvioimaa CO₂ vähenemä, voidaan aurinkosähköpuistolla arvioida saavutettavan noin 338 000 kg CO₂ vähenemä vuosittain. Liittyen CO₂ vähenemään, voidaan sen suuruutta sekä vaikuttavuutta arvioida vertaamalla sitä esimerkiksi saavutettaviin päästöihin autoilun päästöissä, jolloin esimerkiksi autolla, jonka päästöt olisivat noin 100 g CO₂ / km, vastaisi se noin 3 380 000 km vuosittaista ajokilometrimäärää Sulkavan alueella.

4 Sulkavan kunnan energiankulutus

Diplomityössä Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostaminen jaettiin kahteen osaan, jossa selvitettiin ensimmäisessä Sulkavan kunnan nykyinen energiankulutus sekä toisessa kunnan energiatehokkuuden tehostaminen. Energiankulutukset jaettiin vielä kahteen osaan, joista ensimmäisenä käsiteltiin kunnan lämpöenergiankulutus ja toisena puolestaan sähköenergiankulutus.

Kunnan osalta tiedossa olivat kunnalta sekä paikallisen sähköyhtiön verkkopalvelusta saadut, vuonna 2021 toteutuneet sähkö- ja lämmitysenergiankulutukset, joita tarkastelussa verrattiin laskennallisiin sähkö- ja lämmitysenergiankulutuksiin. Työn osalta kunnan energiatehokkuuden tehostaminen sekä sähkö- ja lämmitysenergiankulutukset rajattiin koskemaan Sulkavan kunnan kiinteistöjä sekä järjestelmiä, eivätkä ne näin ota kantaa yksityisessä omistuksessa oleviin kiinteistöihin tai järjestelmiin.

Energiankulutukset jaettiin sähkö- ja lämmitysenergian osalta vielä kolmeen osaan, joista ensimmäisenä tarkasteltiin Sulkavan kunnan kuntakonsernin kiinteistöjä, toisena Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjä sekä kolmantena Sulkavan kunnan yleisiä järjestelmiä.

Työssä laskennallinen tarkastelu suoritettiin Sulkavan kuntakonsernin ja Sulkavan Vuokratalot Oy:n vuotuisesta sähkö- ja lämmitysenergiankulutuksesta Ympäristöministeriön energiatodistusasetuksen ja sen liitteen 1. mukaisena ostoenergiankulutuksen määrittämisessä työssä mainituin poikkeuksin. Sijaintipaikkakuntana käytettiin sijaintipaikkakunnan (vyöhykkeen II) mukaisia ulkolämpötiloja kuukausitason tarkasteluna. Tarkastelussa ei huomioitu erikseen rakennusten puolilämpimiä tiloja sekä rakennusten pinta-alat ja tilavuustiedot arvioitiin sillä tarkkuudella kuin nykyisistä suunnitelmista / paikan päällä havainnoinneista oli mahdollista arvioida. Tällöin laskennallisen tarkastelun tuloksia ei tule pitää varsinaisina virallisina laskennallisina ostoenergiankulutuksina käsitellyistä rakennuksista, vaan arvioidessa rakennusten energiankulutusta laskennallisesti, esimerkiksi virallisten energiatodistusten yhteydessä, tulee lähtötiedot niihin kerätä erikseen sekä laskenta toteuttaa erikseen. Virallisten energiatodistusten yhteydessä tulee huomioida myös Ympäristöministeriön asetus sekä tässä diplomityössä mainitut poikkeukset energiatodistuksen laskentatapaan.

Pääosin laskennallisessa tarkastelussa sovellettiin vakioituja arvoja Ympäristöministeriön energiatodistusasetuksen sekä sen liitteen 1. mukaan, pois lukien ne arvot sekä tiedot, jotka tämän diplomityön yhteydessä toteutetuilla paikan päällä tehdyillä havaintokierroksilla oli mahdollista kerätä ja rakennusten nykyisistä suunnitelmista tulkita. Tällöin laskennallisessa tarkastelussa ilmanvaihtojärjestelmän kokonaisvuosihyötysuhteena käytettiin ennen 2003 rakennetuille rakennuksille 0 %, ellei toisin tiedoista rakennuksen todellisista järjestelmistä ollut mahdollista ollut ilmanvaihtojärjestelmää todeta. Puolestaan 2003–2010 rakennetuille rakennuksille vastaavana lukuna käytettiin 30 % ja rakennusajankohdaltaan vuoden 2010–2018 välissä rakennetuille rakennuksille puolestaan 45 %. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta 55 % käytettiin vuoden 2018 jälkeen rakennetuille rakennuksille.

Laskennallisessa tarkastelussa myös ilmanvaihtojärjestelmien kokonaisilmavirrat voivat poiketa todellisista rakennusten kokonaisilmavirroista, perustuen Ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen energiatodistuksesta, jossa ilmavirrat määritetään perustuen joko todellisiin rakennuksen ilmavirtoihin tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisiin laskennallisiin ilmavirtoihin.

Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta laskennallinen tarkastelu suoritettiin yhteen referenssi-kiinteistöön, jonka perusteella laskettuja tuloksia sähkö- ja lämmitysenergian osalta sovellettiin neliöperusteisesti kerrosalojen suhteessa muihinkin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin. Kiinteistö, josta referenssilaskelma tehtiin, oli Leppäkuja 2–4 A – rakennus. Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt ovat pitkälti LVI- ja energiateknisiltä ominaisuuksiltaan toisiaan vastaavia sekä samoilla rakennusvuosikymmenillä rakennettuja rivitalokiinteistöjä. Tällöin oletettavaa oli, että kiinteistöjen laskennallinen ostoenergiankulutus on verrannollisena kerrosalaan. Huomioiden tarkastelussa kuitenkin se, että kyse on toisistaan erillään olevista kiinteistöistä sekä eri lämmöntuotantomuodoilla varustetuista kiinteistöistä, jotka kuitenkin osalta rakennusteknisiä ominaisuuksiaan poikkeavat toisistaan. Tällöin laskennalliset tulokset ovat suuntaa antavia arvioita rakennusten energiankulutuksesta, mutta niitä ei tule käyttää varsinaisen tämän diplomityön jälkeisenä oletuksena rakennusten varsinaisesta energiankulutuksesta. Tämä koskee lisäksi Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjä.

Laskennallisen tarkastelun tarkoituksena oli diplomityössä tutkia, miltä osin laskennallinen ja todellinen energiankulutus ovat tarkasteluvuosina keskenään vertailukelpoisia, riippumatta rakennuksen todellisesta käytöstä (sis. erilaiset käyttöprofiilit) sekä vuotuisista todellisista toteutuneista ulkolämpötiloista. Lisäksi laskennallisen tarkastelun tarkoitus oli perehtyä tarkemmin kiinteistökohtaisesti Sulkavan kiinteistöihin, jotta niiden perusteelta saatiin mahdollisimman kattava kuva siitä, millaiset järjestelmät Sulkavan kunnan kiinteistöissä on sekä millaiset energiatehokkuustoimenpiteet Sulkavan kunnan kiinteistöihin olisivat mahdollisia.

Kohdissa 4.1 ja 4.2 on esitetty kohdekohtaisesti merkinnöin L-E ja S-E energiankulutukset. Merkinnällä L-E tarkoitetaan lämpöenergiankulutusta ja puolestaan merkinnällä S-E sähköenergiankulutusta. Merkinnällä Tot. tarkoitetaan toteutuneita vuoden 2021 lämpö- ja sähköenergiankulutuksia ja puolestaan merkinnällä Lask. laskennallisia vuotuisia lämpö- ja sähköenergiankulutuksia. Taulukkoihin on lisätty lisäksi kiinteistöjen vedenkulutukset niiltä osin, kun ne ovat olleet kunnalta saaduista tiedoista käytettävissä. Taulukossa veden kulutukset ovat kylmän veden kulutuksia, jotka huomioivat sisällään myös rakennuksen lämpimän veden kulutuksen. Toteutuneet lämmitys- ja sähköenergiankulutukset ovat koottu Sulkavan kunnan edustajilta saaduista tiedoista kiinteistöjen lämmitys- ja sähköenergiankulutuksista sekä tietoja on täydennetty paikallisen sähköyhtiön verkkopalvelusta, koskien käyttöpaikkakohtaisia kulutuksia.

4.1 Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöt

Taulukosta 6. nähdään että laskennalliset sekä toteutuneet lämmitys- ja sähköenergiankulutukset ovat samaa suuruusluokkaa keskenään, huomioiden seikat esimerkiksi kunnan virastotalon sähköenergiankulutuksessa siten, että virastotalolla on erillisiä sähkösopimuksia virastotalolla sijaitsevilla erillisissä asuinhuoneistoissa, jolloin toteutuneet ja laskennalliset sähköenergiankulutukset poikkeavat toisistaan. Tällöin virastotalon toteutunut sähköenergiankulutus on taulukossa laskennallista sähköenergiankulutusta pienempi, johtuen siitä, että virastotalon toteutunut sähköenergiankulutus huomioi ainoastaan kunnan osuuden virastotalon toteutuneesta sähköenergiankulutuksesta.

Kohde	L-E (Lask.) MWh	L-E (Tot.) MWh	S-E (Lask.) MWh	S-E (Tot.) MWh	Vesi (m ³)
Paloasema	-	-	93	111	504
Kunnanvirasto	502	509	166	61	555
Liikuntahalli	228	225	141	134	242
Keskuskoulu	1010	933	281	312	541
Kansalaisopisto	119	75	11	8	-
Kirjasto	113	101	71	83	77
Etelävintin nuorisotila	-	-	-	-	-
Vanha virastotalo	-	-	-	-	-
Päiväkeskus Ilona	160	144	45	67	243
Päiväkoti Touhula	130	115	49	55	469
Palveluk. Kissankello	679	454	234	286	1657
Eläinlääkäritalo	85	68	8	3	14
Terveysk. / vuodeos.	-	-	-	-	753
Yhteensä	3026	2624	1041	1120	5055

Taulukko 6. Sulkavan kuntakonsernin lämmön- sähkön- ja vedenkulutukset

Tarkasteltaessa Kissankellon laskennallisia ja toteutuneita lämpö- ja sähköenergiankulutuksia, nähdään että laskennallinen sähköenergiankulutus Kissankellossa on samansuuntainen toteutuneen sähköenergiankulutuksen osalta, mutta laskennallinen lämpöenergiankulutus poikkeaa toteutuneesta vuoden 2021 lämpöenergiankulutuksesta. Poikkeaman lämpöenergiankulutuksessa oletetaan johtuvan kiinteistön käyttötarkoituksesta, joka on vanhainkoti.

Tällöin laskennallisessa tarkastelussa oletetaan lämpimän käyttöveden kulutuksen olevan osin suurempaa, kuin lämpimän käyttöveden kulutus rakennuksessa todellisuudessa on. Tällöin vanhainkodissa, jossa vedenkulutus voi jakautua tasaisemmin vuorokauden ajanhetkille, ei laskennallinen tarkastelu huomioi todellista vedenkulutusta, vaan perustuu olettamukseen tyypillisestä vanhainkodin käytöstä.

Taulukosta 6. rajattiin pois Etelävintin nuorisotila sekä vanha virastotalo, joihin taulukossa 6. on viitattu väliviivoin, johtuen puutteista vedenkulutusten tiedoissa. Vanhan virastotalon sekä Etelävintin nuorisotalon sähköenergiankulutukset ovat vuonna 2021 olleet nuorisotilalle 28 MWh ja puolestaan vanhalle virastotalolle 29 MWh. Lisäksi laskennallisesta tarkastelusta rajattiin terveyskeskus / vuodeosasto pois, johtuen käytössä olleista vain osittaisista rakennussuunnitelmista, jolloin luotettavaa laskennallista tulosta rakennuksen energiankulutuksesta ei saatu muodostettua. Huomiona kuitenkin, että terveyskeskuksen / vuodeosaston lämpö- ja sähköenergiankulutukset ovat vuonna 2021 olleet terveyskeskuksen sähköenergian osalta noin 223 MWh ja lämmitysenergian osalta noin 475 MWh. Yhteensä Sulkavan kuntakonsernin osalta vuoden 2021 toteutuneet sähkö- ja lämmitysenergiankulutukset diplomityössä tarkasteltujen kiinteistöjen osalta ovat olleet sähköenergian osalta noin 1400 MWh ja lämmitysenergian osalta noin 3099 MWh. Yhteenlasketut energiankulutukset huomioivat myös Etelä-vintin nuorisotalon, vanhan virastotalon sekä terveyskeskuksen / vuodeosaston.

4.2 Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt

Sulkavan Vuokratalot Oy:n laskennalliset sähkö- ja lämpöenergiankulutukset laskettiin esimerkkikohteelle, Leppäkuja 2–4 A – rakennukselle. Näitä tuloksia suhteutettiin kerrosalojen mukaan muihinkin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin, josta tulokset ovat nähtävissä taulukossa 7. Kohteissa, joissa pääasiallisena lämmitysmuotona on suorasähkö tai sähkökattila, kuuluu laskennallinen lämmitysenergia sähköenergiaan, jolloin lämmitysenergian määrään on näin viitattu väliviivalla. Huomioitavaa lisäksi on, että Leppäkuja 2–4 A – rakennuksen referenssikohteen lämmitysenergia on tulosten vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi laskettu suoran sähkölämmityksen vuosihyötysuhteella 1.

Tällöin se ei huomioi esimerkiksi kaukolämmönjakokeskuksen tai öljykattilan hyötysuhteita, mutta josta laskettujen tulosten osalta taulukon 6. kohdekohtaisia tuloksia on painotettu lämmöntuotantomuotojen vuosihyötysuhteella. Tällöin referenssikohde laskettiin 1. hyötysuhteella, mutta jota taulukkoon 6. merkityssä laskennallisessa energiankulutuksessa painotettiin öljylämmityksen vuosihyötysuhteella.

Kohde	L-E (Lask.) MWh	L-E (Tot.) MWh	S-E (Lask.) MWh	S-E (Tot.) MWh	Vesi (m³)
Pajukuja 3	-	-	194	6	566
Vesitormentie 1	-	-	177	4	555
Venetie 2	174	100	15	4	394
Haapakuja 6	186	100	16	5	321
Huopaaajantie 3	131	92	12	4	331
Soutajantie 1	-	-	144	6	331
Melatie 1	170	93	15	8	324
Terveystie 3 - 5	116	90	12	3	393
Leppäkuja 5	-	-	125	92	334
Leppäkuja 2 - 4	313	250	27	14	787
Tiiterontie 1	272	59	28	34	689
Yhteensä	1362	784	765	180	5025

Taulukko 7. Sulkavan Vuokratalot Oy:n lämmön- sähkön- ja vedenkulutukset.

Kohteissa joissa käytössä on öljylämmitys tai kaukolämmitys, on laskennallisen vuosihyötysuhteen 1. Leppäkuja 2 - 4 A – rakennuksen tulos painotettu kaukolämpökiinteistöissä vuosihyötysuhteella 0,94 ja puolestaan öljylämmitteisissä kiinteistöissä vuosihyötysuhteella 0,81. Laskennallinen Leppäkuja 2 - 4 A – rakennuksen osalta oleva neliöperusteinen laskennallinen tulos 1. hyötysuhteella on 0,273 MWh / m² / vuosi, joka korjattuna öljylämmityksen vuosihyötysuhteella 0,81 vastaa öljylämmitteisissä kiinteistöissä 0,338 MWh / m² / vuosi. Vastaavasti kaukolämmitteisissä kiinteistöissä tulos 0,94 hyötysuhteella on noin 0,290 MWh / m² / vuosi ja suoran sähkön tai sähkökattilan ollessa kiinteistön lämmitysjärjestelmänä 0,273 MWh / m² / vuosi.

Laskennallisen sähköenergiankulutuksen osalta tarkastelussa on käytetty arvoa 0,03 MWh / m² / vuosi laskennallisena tuloksena Leppäkuja 2–4 A – rakennuksesta. Laskennallista Leppäkuja 2–4 A – rakennuksen sähköenergiankulutusta on sovellettu myös muihin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kohteisiin.

Tuloksista huomataan, että lasketut energiankulutukset ovat suurempia kuin toteutuneet. Lisäksi nähdään, että laskenta huomioi esimerkiksi laskennallisen sähköenergiankulutuksen osalta myös asukkaiden osuuden sähköenergiasta, joka Sulkavan Vuokratalot Oy:ssä kuuluu osaksi asukkaan sähkösopimusta. Näin osa suoran sähkölämmityksen kiinteistöistä tulevat sähköllä tuotetun lämmitysenergian osalta kuuluvana asukkaan huoneistosähköön sekä sen sähkösopimukseen. Muuten lämmitysenergian osalta on oletettavaa, että erot kiinteistöjen rakennusteknisissä ominaisuuksissa, niiden käytössä sekä niissä ominaisuuksissa selittävät osan eroista suuremmista tuloksista laskennallisten ja toteutuneiden lämmitysenergiankulutusten välillä. Lisäksi laskennan perustuessa kerrosaloihin, se ei huomioi täysin rakennusten teknisiä- tai varsinaisia laajuusteknisia ominaisuuksia. Tällöin mukana laskennassa voi olla myös kylmiä osia kiinteistöistä, jonka lisäksi myös lämmöntuotantomuodon vuosihyötysuhteen tarkkuudessa kohdekohtaisesti voi olla eroja.

Laskennan tuloksista lisäksi huomataan, että käsiteltäessä kiinteistömassoja, kuten tässä tapauksessa Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjä, tulee kiinteistöjen energiankulutukset tarkastella laskennallisesti kohdekohtaisesti erikseen, jolloin laskennallisesta tuloksesta kiinteistökannan energiankulutuksen osalta tulee tarkempi. Syy vastaavaan toteutukseen diplomityössä johtuu kuitenkin puutteista Sulkavan Vuokratalot Oy:n rakennusteknisissä suunnitelmissa, joita työn yhteyteen ei ollut käytettävissä.

Kokonaisuutena Sulkavan Vuokratalot Oy:n toteutuneet vuoden 2021 lämmitys- ja sähköenergiankulutukset ovat olleet yhteenlaskettuna lämmitysenergian osalta noin 784 MWh ja sähköenergian osalta noin 180 MWh. Kuten myös tässä kappaleessa on aikaisemminkin todettu, osa kiinteistöjen toteutuneesta sähkölämmityksen määrästä kohdistuu asukkaalle, jolloin Sulkavan kunnalta saadut tiedot kiinteistöjen toteutuneiden sähköenergiankulutusten osalta ovat sähköenergiankulutuksen määrissä suhteellisen pieniä, koska ne huomioivat Sulkavan vuokrataloissa ainoastaan Sulkavan Vuokratalot Oy:n osuuden, joka esimerkiksi tässä tapauksessa kattaa yhteiset tilat sekä valaistuksen yhteisten tilojen ja pihavalaistuksen osalta.

4.3 Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät

Diplomityötä varten Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien energiankulutus selvitettiin katuvalaistuksen sekä kunnan vesihuoltojärjestelmien osalta käytössä olleen paikallisen sähköyhtiön verkkopalvelusta sekä kunnalta saaduista tiedoista. Seuraavassa taulukoissa 8. ja 9. on koostettuna kunnan yleisten järjestelmien energiankulutus vuodelta 2021. Taulukossa 8. ovat valaistusjärjestelmät sekä taulukossa 9. muut yleiset järjestelmä, kuten pumppaamojärjestelmät. Koska Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät koostuvat pelkästään pääosin sähköenergiaa käyttävistä järjestelmistä, käsiteltäessä kunnan yleisten järjestelmien energiankulutusta, voidaan puhua sähköenergiankulutuksesta. Oletettavaa kuitenkin on, että osa järjestelmiin syötetystä sähköenergiasta muuttuu järjestelmässä lämpöenergiaksi, jolloin myös yleisissä järjestelmissä lämpöenergiaa syntyy.

Kohde	Sähköenergiankulutus MWh
Kaartilankoski (Latu- ja katuval.)	11,2
Kukkomäki (katuval.)	25,8
Aapintie (Katuval.)	13,2
Lohikoski (Katuval.)	7,0
Lohilahti (Katuval.)	7,4
Työväentalo (Katuval.)	106,2
Härkävuori (Latuval.)	6,9
Yhteensä	177,7

Taulukko 8. Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien valaistuksen sähköenergiankulutus

Taulukosta 8. nähdään että suurin yksittäinen sähköenergiankulutus Sulkavalla koostuu työväentalon sähköliittymään kytketyistä valaistusjärjestelmistä. Liittyen diplomityön toteutukseen, ei sen yhteydessä päästy selvittämään miltä osin työväentalon sähköliittymään on esimerkiksi katuvalaistuksia kytketty. Huomioitavaa kuitenkin on, että suurimpana yksittäisenä vuosittaisena sähköenergiankulutuksena on oletettavaa, että sen yhteyteen on kytketty myös useampia valaistusjärjestelmiä, eikä vuosittainen sähköenergiankulutus kata näin ainoastaan työväentaloa, johon kohteen nimellä viitataan.

Lisäksi liittyen kunnan valaistuksen sähköenergiankulutukseen, mukana on myös Lohilahdella sijaitsevat katuvalaistukset. Ne ovat laskettu yhteen Sulkavan ns. keskuskunnan sähköenergiankulutukseen, poikkeuksena diplomityön rajaukseen, jossa muuten Lohilahdella sijaitsevia järjestelmiä ei työssä käsitelty.

Taulukkoon 9. on puolestaan koostettu Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien osalta vuonna 2021 kulunut sähköenergiankulutukset, jotka ovat kohdistettu perustuen sähkösopimukseen Sulkavan kunnalle. Sulkavan kunnan alueella toimivalle palveluja tarjoavalle Järvi-Saimaan Palvelut Oy:lle sähköenergiankulutuksessa on kohdistettu perustuen verkkopalvelun tietoihin lisäksi Lohilahden vedenottamo 11,3 MWh sekä 4 kpl pumppaamoita, joiden yhteenlaskettu sähköenergiankulutus vuonna 2021 on ollut 3,6 MWh.

Kohde	Sähköenergiankulutus MWh
Vilkalahti (vedenottamo)	26,7
Tanlahti (jätevedenpuhdistamo)	121,1
Hopeasaaren (JV-pumppaamo)	0,2
Alinanniemi (JV-pumppaamo)	0,9
Hallitie leipomo (JV-pumppaamo)	0,2
Pappila (JV-pumppaamo)	1,8
Teollisuustie (JV-pumppaamo)	0,8
Tiiterontie (JV-pumppaamo)	0,1
Tiiterontie vanha (JV-pumppaamo)	0,5
Vastaanottohalli (JV-pumppaamo)	0,3
Lomaliitto (JV-pumppaamo)	0,2
Toroppaniemen (JV-pumppaamo)	0,5
Pääpumppaamo	15,2
Yhteensä	168.5

Taulukko 9. Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien vesihuollon sähköenergiankulutus

Käsiteltäessä yhteensä Sulkavan yleisten järjestelmien osalta Sulkavan kunnan paikallisen sähköyhtiön verkkopalvelusta koostettuja kulutuksia diplomityössä käsitelyihin järjestelmiin, nähdään että yhteenlasketut Sulkavan kunnalle sekä Järvi-Saimaan palvelut Oy:lle

kohdistettujen sähköenergiankulutusten summa on ollut vuonna 2021 361,1 MWh, joka pitää sisällään katuvalaistuksen sekä vesihuoltojärjestelmät kuten pumppaamot, jätevedenpuhdistamon ja vedenottamot. Lisäksi nähdään, että varsinaiset jätevedenpumppaamot (JV-pumppaamo) ovat suhteutettuna yleisten järjestelmien kokonais-sähköenergiankulutukseen vain pieni osa kokonaisuutta. Huomioitavaa energiankulutuksissa lisäksi on, että tiedot ovat koostettu ainoastaan Sulkavan kuntakonsernia koskevasta paikallisen sähköyhtiön verkkopalvelusta, koskien sieltä saatavia tietoja Sulkavan kuntakonsernista sekä Järvi-Saimaan Palvelut Oy:stä, eivätkä ne kata näin kaikkia Sulkavan kunnan alueella olevia valaistus- ja vesihuoltojärjestelmiä. Tämä siksi, että työn laadintahetkellä osan laskutuksesta oli kohdistettuna Järvi-Saimaan Palvelut Oy:lle. Tällöin esimerkiksi Sulkavan kirkkokankaalla olevan vedenottamon sähköenergiankulutus kuuluu Järvi-Saimaan Palvelut Oy:n osuuteen, joiden osuutta diplomityön yhteydessä koskien kunnan alueen kokonaisenergiankulutusta ei käsitelty.

5 Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostaminen

Seuraavissa kohdissa 5.1–5.5 on esitetty energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamiseen liittyvät toimenpiteet perustuvat kohdassa 4. läpikäytyihin järjestelmiin, laskennallisen tarkastelun yhteydessä suoritettuihin kohdekäynteihin kiinteistöissä sekä kiinteistöistä käytettävissä olleisiin LVI- ja sähkötekniisiin suunnitelmiin. Näiden perusteella energiatehokkuustoimenpiteet ovat katsottu Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n järjestelmiä palveleviksi.

Kustannuksien osalta kappaleissa on käytetty arviona energianhinnoista diplomityön laadintahetkisiä Sulkavan sähkö- ja lämmitysenergian hintoja, joiden perusteella kustannusten kautta on mahdollista arvioida energiantehostustoimenpiteiden kannattavuutta. Hintatiedot perustuvat Sulkavan kunnan edustajalta saatuihin tietoihin diplomityön laadintahetkellä voimassa olleista sähkö- ja lämmitysenergian hinnoista, eivätkä ne ota kantaa sähkö- ja lämmitysenergiankulutuksen hintavaihteluihin vuosittain.

Tarkasteltaessa energiatehokkuustoimenpiteen kannattavuutta myöhemmässä vaiheessa, esimerkiksi tästä diplomityöstä poikkeavilla sähkön- ja lämmitysenergian hinnoilla, tulee investoinnin kannattavuus tarkastella voimassa olevilla sähkö- ja lämmitysenergian hinnoilla, laskennallisen energiansäästön kautta. Johtuen työn laajuudesta, Lämpöpumppujen kohdalta varsinaista esimerkkikohdetta tai kustannuslaskentaa ei tehty. Lämpöpumppujen osalta haarukoitiin kuitenkin suuntaa antavaa kustannusta vastaavaan toteutukseen Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta kappaleeseen 7. Kappaleessa 7. ilmoitettua kustannusta voidaan kappaleessa manituin seikoin soveltaa myös kohtaan 5.3.

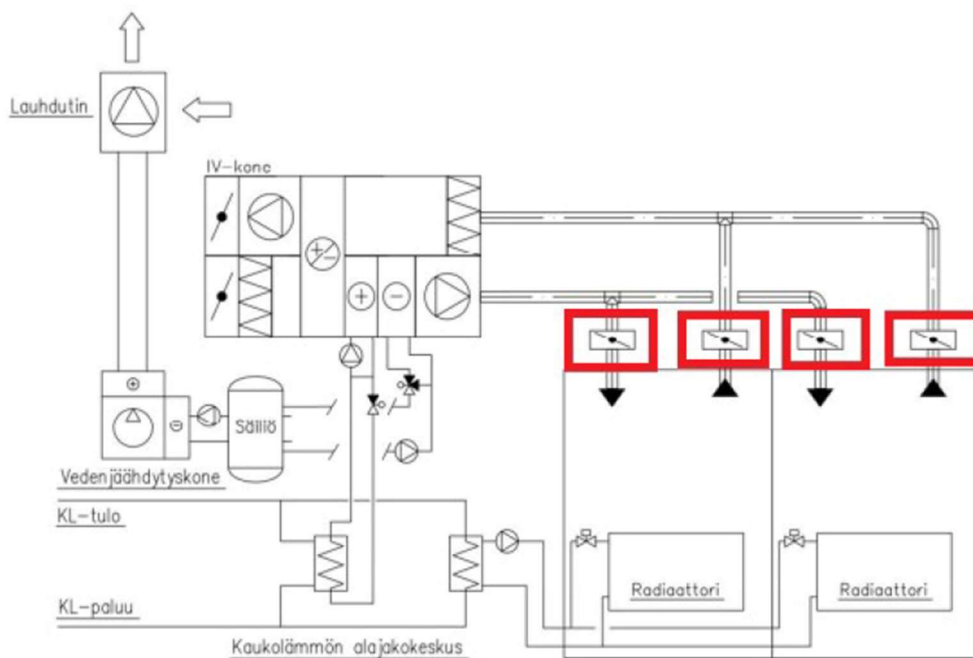
Liittyen kohdissa esitettyihin kustannusarvioihin, ovat ne suuntaa antavia arvioita kustannuksista. Kustannusten todellinen määrä tarkentuu työtä kohti saatavien tarjousten mukaan, toteutettavien toimenpiteiden mukaan, suunnittelun osuudesta sekä mahdollisten tehtävien lisätöiden mukaan. Tällöin kustannusarvioista saadaan suuntaa toteutettavan / toteutettavien toimenpiteiden kustannuksista, mutta niitä ei tule pitää lopullisina työstä muodostuvina investointikustannuksina. Liittyen lisäksi Sulkavan kunnan tässä diplomityössä esitettyihin energiatehokkuustoimenpiteisiin, on ne tarkasteltu koskien Sulkavan kunnan järjestelmiä sekä kunnassa työn laadintahetkellä olevaa kiinteistökantaa. Ne eivät ole suoraan verrannollisia toisiin kuntiin, niissä sijaitseviin järjestelmiin tai niissä sijaitseviin kiinteistöihin.

Mikäli tässä työssä esitettyjä energiatehokkuustoimenpiteitä sovelletaan muualle kuin tässä työssä käsiteltyyn Sulkavan kuntaan tai sen järjestelmiin, tulee niiden soveltuvuus tarkastella kunta-, kiinteistö-, ja rakennuskohtaisesti, tarkasteltavan kunnan, kunnan järjestelmien, rakennusten sekä järjestelmien teknisten ominaisuuksien mukaan.

Samoin liittyen tässä diplomityössä esitettyihin laskennallisiin energiansäästöihin, ovat energiasäästötoimenpiteiden arvioidut säästöt laskettu koskien Sulkavan kunnan työn laadintahetkisiä sekä tässäkin diplomityössä aikaisemmin kuvattuja järjestelmiä sekä niiden teknisiä ominaisuuksia. Tässä diplomityössä esitetyt energiansäästöt sekä energiatehokkuustoimenpiteet toimivat mahdollisena mallina energiatehokkuustoimenpiteistä muillekin kunnille, mutta tarkemmin muita kuntia tai kohteita koskevat tarkastelut energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamisessa on toteutettava kunta-, kiinteistö- ja järjestelmäkohtaisesti. Lisäksi on huomioitava kohteiden tekniset ominaisuudet sekä energiatehokkuustoimenpiteiden soveltuvuus kuhunkin kohteeseen.

5.1 Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus

Ilmanvaihdon tarpeen mukaisella ohjauksella tarkoitetaan ilmanvaihtojärjestelmää, jossa ilmanvaihdon ilmavirtoja ohjataan perustuen ilmanvaihdon tarpeeseen sekä tilan käyttöön /9/. Tässä diplomityössä käsiteltiin tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän soveltamista Sulkan kunnan kiinteistöihin, jolloin tiloja / alueita olisi mahdollista toteuttaa ohjattavaksi tarpeen mukaisesti mahdollisimman tehokkaasti. Diplomityössä kohdassa 4. suoritettua laskennallista tarkastelua yhteydessä käytiin läpi mahdollisia potentiaalisia paikkoja tilakohtaiselle ilmanvaihdon ohjaukselle, jossa ilmanvaihtojärjestelmään sekä sen tiloihin johtaviin haarakanavistoihin asennettaisiin erilliset tilakohtaiset ilmanvaihdon ilmavirtasäätimet tulo- ja poistokanavaan. Ilmavirtasäätimien avulla ohjattaisiin tilakohtaisia ilmavirtoja tilan hiili- dioksidipitoisuuden tai läsnäoloanturin perusteella siten, että ilmanvaihto tilassa tehostuisi perustuen ihmisen tai ihmisryhmän oleskeluun tilassa. Puolestaan tilanteissa, jossa ihminen tai ihmisryhmä ei oleskelisi tilassa, ilmanvaihtoa ohjattaisiin pienemmälle.



Kuva 7. Periaatekuva muuttuvailmavirtajärjestelmästä /19/.

Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen tilakohtaiseen ohjauksen säästöpotentiaali perustuu ilmanvaihdon ohjaukseen tarpeenmukaisesti, jolloin ilmanvaihtoa ohjataan sinne, missä sitä tarvitaan, eikä tilan tai alueen ilmanvaihtoa pidetä yllä silloin kun tilalla tai alueella ei ole käyttöä. Tämä pienentää tarvetta ilmanvaihdon tuloilman lämmitykselle, tarvittaessa jäähdytykselle sekä tulo- ja poistoilmanvaihdon puhaltimien sähköenergiankulutukselle /9/. Kuvassa 7. on esitetty periaatepiirros, jossa punaisella on esitetty muuttuvilmavirtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä kanavistoissa sijaitsevat ilmavirtasäätimet, joilla ilmanvaihtoa voidaan tilakohtaisesti sekä tarpeenmukaisesti ohjata.

Tilanteissa, joissa tiloissa ei oleskele ihmisiä tai ihmisryhmää, ohjataan ilmavirtasäätimiä kiinni ja puolestaan kun tilassa oleskelee henkilöitä tai ihmisryhmä, ohjataan ilmavirtasäätimiä auki. Tällöin tilan ilmanvaihtoa saadaan ohjattua tulo- ja poistoilmanvaihdon osalta perustuen ilmanvaihdon tilakohtaiseen tarpeeseen. Kun ilmanvaihto on tiloissa kiinni, ohjataan ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmapuhaltimien kierrosnopeutta pienemmälle ja puolestaan tilanteissa, joissa ilmanvaihto on tiloissa auki, ohjataan ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmapuhaltimien kierrosnopeutta suuremmalle. Ohjattaessa ilmanvaihtokoneen läpi virtaavan ilman määrää, vaikuttaa se ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytystehontarpeeseen, puhaltimien sähköverkosta ottamaan tehoon sekä sitä kautta ilmanvaihdon lämmitys-, jäähdytys- sekä sähköenergiantarpeeseen /9/.

Suurin potentiaali tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteuttamiseen ilmamääräsäätimillä / muuttuvilmavirtajärjestelmällä löydettiin Sulkavalta Keskuskoululta, jossa sijaitsee kaksi luokkatiloja palvelevaa ilmanvaihtokonetta. Ilmanvaihtokoneet TK – 1 (ala-aste) sekä TK – 4 (lukio), joiden ilmavirrat TK – 1 osalta ovat noin 1,7 m³/s ja puolestaan TK – 4 osalta noin 2,5 m³/s. Ilmanvaihtokoneet valikoituivat potentiaaliltaan energiansäästöissä parhaimmiksi perustuen niiden palvelualueisiin, jotka ovat luokkatiloja sekä ilmanvaihtokoneiden tilakohtaisiin mitoitusilmavirtoihin. Perustuen luokkatiloihin, on muuttuvilmavirtaisella järjestelmällä suurin tilakohtainen energiansäästöpotentiaali suurien tilakohtaisten mitoitusilmavirtojen osalta, kun isoja tilakohtaisia tulo- ja poistoilmavirtoja voidaan tarpeenmukaisesti ohjata. Koska Sulkavan keskuskoulu on rakennuksena huonekorkeudeltaan kuitenkin suhteellisen matala, ei työssä suoritettu varsinaista toimenpiteen suunnittelua keskuskoululle, vaan toimenpiteen soveltuvuus huonekorkeudeltaan matalampaan rakennukseen tulee arvioida mahdollisessa erikseen toteutettavassa suunnitteluvaiheessa.

Keskuskoulun nykyisten ilmanvaihtosuunnitelmien mukaan ilmavirrat kahden ilmanvaihtokoneen (TK-1 ja TK-4) palvelualueiden luokkahuoneissa vaihtelevat 90 l/s – 230 l/s välillä.

Diplomityössä suoritettiin tarkastelu, jonka tarkoituksena oli hahmottaa, millainen energi-ansäästöpotentiaali tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän asentamisella Keskuskoulun kahteen ilmanvaihtokoneeseen olisi. Tarkastelun ajatuksena oli, että nykyisiin ala-asteen sekä lukion luokkahuoneisiin asennettaisiin uudet kanavisto-osat, päätelaitteet sekä kanavistot, joiden luokkatiloihin johtaviin haarakanaviin asennettaisiin ilmavirtasäätimet ja joita ohjattaisiin luokkatiloihin asennettavien luokkahuonekohtaisten hiilidioksidiantureiden mittaus-tuloksen perusteella. Tarkastelun keventämiseksi, ilmanvaihtokoneet TK-1 sekä TK-4 yhdistettiin ilmavirtojen-, ilmanvaihtokoneiden teknisten ominaisuuksien, luokkatilojen käytötarkoituksen ja ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen perusteella yhdeksi tarkasteltavaksi ilmanvaihtokoneeksi, jonka kokonaisilmavirraksi tulo- ja poistoilmanvaihdon osalta saatiin 4,2 m³/s. Molempia ilmanvaihtokoneita sekä TK-1:stä sekä TK-4:sta palvelee kuutio LTO, jonka lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeksi tarkastelussa arvioitiin 55 %.

Tarkastelu suoritettiin lähtötilanteelle ilman tarpeenmukaista tilakohtaista ohjausta, kuin tarpeenmukaisen tilakohtaisen ilmanvaihdon asennuksen jälkeen. Tällöin erotukseksi saatiin tilakohtaisella tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla saavutettava vuotuinen säästö. Molemmat tarkasteluun yhdistetyistä ilmanvaihtokoneista ovat kytketty rakennuksen kaukolämmön alajakokeskukseen sekä niitä palvelee vesikiertoinen ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatteri. Tarkastelussa ei huomioitu ilmanvaihtokoneiden IV – lämmityspiirin pumpun osuutta ilmanvaihtokoneen energiankulutukseen, eikä myöskään huomioitu ilmanvaihdon jäähdytystä, ilmanvaihtokoneista molempien ollessa varustettu vain lämmityspatterein. Tarkastelu suoritettiin perustuen kuukauden keskimääräisiin ulkolämpötiloihin Sulkavaa lähimällä tarkastelupaikkakunnalla, jossa oletettiin ilmanvaihdon tuloilman lämpenevän ensin ilmanvaihtokoneen LTO – kennossa hyötysuhteella 55 %, jonka jälkeen laskettiin perustuen tuloilman lämmitystehontarve LTO:n jälkeisestä lämpötilasta sisäänpuhalluslämpötilaan.

Sisäänpuhalluslämpötilana tarkastelussa käytettiin 18 °C. Sisälämpötilana luokkatiloissa käytettiin tarkastelussa 22 °C. Tarkastelussa tarvittavien kaavojen osalta sovellettiin Ympäristöministeriön ohjetta rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta /2/, jossa ilmoitetaan kaavoin LTO:n jälkeinen lämpötila, tuloilman lämmitystehontarve ja sitä kautta tuloilman lämmitysenergiantarve laskettiin.

Liitteistä 1. ja 2. löytyy tarkastelusta laskelmat, jonka perusteella arvioidut säästöt ilmanvaihdon tarpeenmukaisella tilakohtaisella säädöllä on lämmitysenergian osalta saavutettu. Lähtötilanteessa yhdistetyn ilmanvaihtokoneen on arvioitu pyörivän mitoitusilmavirralla 4,2 m³/s 16 tuntia vuorokaudessa (klo. 05.00–21.00) viitenä päivä viikossa, perustuen Sulkavan kunnalta saatuihin tietoihin ilmanvaihtokoneiden käyntiajoista. Tällöin kuukausittaiseksi käyntiajaksi mitoitusilmavirralla on saatu 320 tuntia.

Tarkastelussa ei huomioitu koulun käyttötarkoitusta oppilaitoksena kesäajan mahdollisten lyhyempien ilmanvaihdon käyntiaikojen osalta, eikä myöskään ilmanvaihtokoneiden energiankulutusta tarkastelun käyttöaikojen ulkopuolella. Tilakohtaisen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutuksen jälkeinen osuus ilmanvaihdon käyttöajoista on puolestaan tarkastelussa arvioitu olevan 80 tuntia mitoitusilmavirralla 4,2 m³/s kuukaudessa, joka vastaisi 4. tuntia opetusta per. luokkatila / kuukauden arkipäivät. Arviossa 4. tuntia opetusta arkipäivässä on kuitenkin pyritty huomioimaan kesäajan lomakaudet, jolloin todellinen lukuvuosikohtainen arkipäiväinen opetusmäärä luokkatilakohtaisesti voi todellisuudessa olla hieman suurempi.

Tilanteissa, joissa ilmanvaihdon tilakohtaisen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ilmavirtasäätimet ovat arvioitu olevan kiinni – asennossa, on tarkastelussa oletettu niiden sulkevan luokkatilan ilmanvaihdon kokonaan, huomioimatta sitä, että luokkatiloissa huolimatta niiden tilakohtaisesta ilmanvaihdon säädöstä ja luokkatilan käyttötilanteesta, olisi kuitenkin hyvä toimia perusilmanvaihto. Tällöin tarkastelu on toteutettu laskentana lähtötilanteen ja tilakohtaisen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon välille perustuen ilmanvaihdon kuukausittaisiin käyntiaikoihin, yhdistetyn ilmanvaihtokoneen mitoitusilmavirralla 4,2 m³/s. Lisäksi tarkastelussa on oletettu ilmavirtasäätimien toimivan ON – OFF – periaatteella auki tai kiinni, eikä tarkastelu näin huomioi tilanteita, jolloin luokkatila / luokkatilat toimisivat puolitetulla ilmavirralla tai osittaisella säädöllä.

Liittyen ilmanvaihdon tarvitsemaan sähköenergiankulutukseen, on sen osuus tilakohtaisella ilmanvaihdon tarpeenmukaisella säädöllä kokonaisenergiankulutuksesta arvioitu liitteessä 2. vastaavilla ilmanvaihdon käyttöajoilla, kun liitteen 1. tuloilman lämmitysenergian tarpeen osalta. Puhaltimien sähköenergiankulutus on arvioitu perustuen ilmanvaihdon ominaissähkötehoon 2,5 kW / m³/s ennen vuotta 2012 rakennetuille rakennuksille /1/, jolloin tarkastelussa yhdistetyn TK-1 ja TK-4 ilmanvaihtokoneen yhdistetyksi sähkötehoksi on saatu 10,5 kW.

Huomiona liitteen 2. laskelmaan, on siinä käytetty vuotuisen sähköenergiantarpeen määrittämisessä apuna ilmanvaihdon ominaissähkötehoa varsinaisten ilmanvaihtokoneiden paineenkorotuksen tai tulo- ja poistoilmapuhaltimien hyötysuhteen sijasta. Tarkkoja tietoja ilmanvaihtokoneiden paineenkorotuksista tai puhaltimien hyötysuhteista ei työn laadinnan yhteyteen ollut saatavissa, jolloin apuna ilmanvaihdon sähköenergiankulutuksen määrittämisessä käytettiin arviota rakennuksen rakennusajan ilmanvaihtokoneiden ominaissähkötehosta. Kuten tuloilman lämmitystehontarpeen osallakin, sovellettiin ilmanvaihdon sähköenergiantarpeen laskennassa Ympäristöministeriön ohjetta rakennuksen energiankulutuksen laskennasta, jonka kautta ilmanvaihdon sähköenergiankulutus laskettiin.

Seuraavaan taulukkoihin 10. ja 11. on koostettu liitteissä 1. ja 2. lasketut lämmitys- ja sähköenergiantarpeet yhdistetyn ilmanvaihtokoneen osalta. Taulukoista 10. on nähtävissä, että toteutuksen jälkeen Keskuskoululle yhdistetyn IV – koneen uusi vuotuinen tuloilman lämmitysenergiantarve olisi noin 19 956 kWh, kun puolestaan lähtötilanne ennen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ohjausta olisi noin 79 826 kWh.

Erotukseksi lämmitysenergiantarpeen osalta muodostuu näin 59 870 kWh. Vastaavat luekat puolestaan ilmanvaihdon sähköenergiankulutuksen osalta ovat ennen tilakohtaista tarpeenmukaista ilmanvaihdon ohjausta vastaavasti noin 40 320 kWh ja sen jälkeen noin 10 080 kWh. Tällöin vuotuista säästöä ilmanvaihdon sähköenergiankulutuksen osalta muodostuisi noin 30 240 kWh. Kokonaisuutenaan säästö yhdistettynä ilmanvaihdon tuloilman lämmitysenergian osalta sekä ilmanvaihdon sähköenergiankulutuksen osalta muodostuisi 90 110 kWh.

Lähtötilanne lämmitysenergiankulutus	79 826 kWh
Lopputilanne lämmitysenergiankulutus	19 956 kWh
Erotus	59 870 kWh

Taulukko 10. IV – lämmitysenergia lähtötilanne-, lopputilanne sekä erotus

Lähtötilanne sähköenergiankulutus	40 320 kWh
Lopputilanne sähköenergiankulutus	10 080 kWh
Erotus	30 240 kWh

Taulukko 11. IV – sähköenergia lähtötilanne-, lopputilanne sekä erotus

Laskettaessa ilmanvaihdon tilakohtaisella säädöllä saavutettavaa rahallista vuosittaista säästöä, laskennassa on käytetty hyväksi kunnalta saatuja tietoja Sulkavan kunnan tämän diplomityön laadintahetkisistä sähkö- ja lämmitysenergian hinnoista sekä sovellettu samoja hintoja koskevaksi läpi tarkasteluajanjakson.

Tarkasteltaessa ensin lämmitysenergian osalta toimenpiteellä saavutettavaa säästöä, on energian hintana käytetty 82,86 € / MWh, joka vastaa kilowattitunneiksi muutettuna 8,286 snt / kWh. Perustuen tässä kappaleessa mainittuun tarkasteluun ilmanvaihdon lämmitysenergian osalta saavutetaan noin 4 960 € vuotuinen säästö lämmitysenergiainnoinnoissa, sisältäen molemmat ilmanvaihtokoneen TK-1 sekä TK-4. Vastaavat lukemat sähköenergian osalta ovat Sulkavan kunnan sähköenergian hinnan osalta 352,1 € / MWh (35,21 snt / kWh), jolloin laskettuna koskemaan ilmanvaihtokoneiden sähköenergiankulutusta, on vuotuinen ilmanvaihdon tilakohtaisella säädöllä saavutettu säästö perustuen tässä kappaleessa mainittuun tarkasteluun, noin 10 650 € vuodessa. Yhteenlaskettuna, vuotuinen tarkasteluun perustuva toimenpiteellä saavutettava säästö sähkö- ja lämmitysenergian osalta on noin 15 600 €.

Jotta ilmanvaihdon tilakohtaiselle tarpeenmukaiselle säädölle voitiin laskea takaisinmaksuaikaa, toteutettiin toimenpiteestä laajuusperusteinen kustannusarvio. Kustannusarvion lähtökohtana oli, että luokkatiloihin, joita ilmanvaihtokoneet TK-1 sekä TK-4 palvelevat, asennettaisiin uudet ilmanvaihdon päätelaitteet, tilakohtaiset kanavoinnit, tilakohtaiset ilmamääräsäätimet, kanavisto-osat sekä hiilidioksidianturit siten, että tilakohtainen tarpeenmukainen ilmanvaihto olisi mahdollista toteuttaa. Lisäksi ilmanvaihtokoneet TK-1 ja TK-4 muutettaisiin paineohjaukseen sekä nykyisiä puhaltimia ohjattaisiin taajuusmuuttajin.

Kustannusarvion yhteydessä ei suoritettu toteutus-suunnittelutasoista kustannuslaskentaa, vaan toteutettiin laskenta perustuen ilmanvaihtokoneiden TK-1 sekä TK-4 palvelualueiden laajuuteen sekä niiden mitoitusilmavirtoihin. Huomiona tässä on se, että laskennan perusteessa palvelualueiden laajuuteen, huomioi laskenta mukanaan myös ilmanvaihtokoneiden palvelualueilla olevat myös muut kuin luokkatilat, kuten esimerkiksi luokkatilojen viereiset käytävät. Näiden osuus kunnalta saatujen keskuskoulun nykyisten ilmanvaihtosuunnitelmien mukaan on kuitenkin suhteutettuna luokkatiloihin sekä niiden mitoitusilmavirtoihin vähäinen. Kuitenkin esimerkiksi luokkatiloja palvelevan ilmanvaihdon runkokanavat kulkevat käytävillä ja joiden uusintatarve on tarkasteltava erikseen.

Erikseen on tarkasteltava myös se, onko tarvetta pienemmille runkokanavamuutoksille käytävösuuksilla, varsinaisten muutostoimenpiteiden sijoituessa kuitenkin pitkälti vain luokkatiloihin. Tällöin varsinainen kustannusarvio tarkentuu mahdollisen suunnitteluvaiheen yhteydessä. Kustannusarvio toteutettiin laajuusperusteisesti /20/, josta saatua lopputulosta korjattiin vastaamaan Sulkavan aluetta sekä diplomityön laadintahetkeä /21/.

Liitteestä 3. löytyy kustannusarvio, jonka perusteella tilakohtaisen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon asennuksesta aiheutuvia kustannuksia arvioitiin. Tarkasteltaessa kustannusarviota voidaan todeta, että investointi ilmanvaihdon tilakohtaiseen tarpeenmukaiseen ohjaukseen ilmavirtasäätimin, maksaisi itsensä takasin työssä esitetyin arvoin noin 8. vuodessa. Tällöin investoinnin arvo kustannusarvion perusteella olisi arvonlisäverottomana noin 121 800 €. Kustannusarvio pitää sisällään talotekniikka- sekä rakennusautomaatio-osien hinnat. Kustannusarvion lisäksi huomioon on otettava erikseen tehtävät sähkötekniset työt, kuten kaapeloinnit sekä mahdolliset rakennusaputyöt ja tilojen ehostustoimenpiteet. Näillä töillä tarkoitetaan esimerkiksi paikkauksia, reikiä, alakattoja, maalauksia tai töihin liittyviä nostoja.

Liittyen ilmanvaihdon tarpeenmukaisuuteen, käytiin työssä läpi lisäksi Sulkavan kunnalta saadut nykyiset ilmanvaihtokoneiden käyntiajat. Johtuen diplomityön laajuudesta, kaikkien ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja ei tarkastettu, mutta tarkasteltiin tässäkin kappaleessa mainitun keskuskoulun IV – koneiden TK-1 ja TK-4 käyntiaikoja. Käyntiajat IV – koneille TK-1 sekä TK-4 ovat Sulkavalta saatujen tietojen mukaan arkipäivinä aamu viidestä iltayhdeksään, jolloin kokonaisuutena ilmanvaihtokoneet käyvät mitoitusilmavirrallaan 4,2 m³/s yhteensä 16 tuntia vuorokaudessa.

Perustuen ilmanvaihtokoneiden palvelualueiden käyttötarkoitukseen, ala-asteena sekä lukiona, herää kysymys ilmavaihtokoneiden käyntiaikojen tarpeenmukaisuudesta. Oletettavaa keskuskoulun tapauksessa on, että opetus / tilojen käyttö ala-asteella sekä lukiossa painottuu kuitenkin pääosin arkipäiviin sekä aikavälille klo. 8–16, jolloin ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkastamisella esimerkiksi välille klo 7–17 saavutettaisiin kuuden tunnin säästö ilmanvaihtokoneiden käyntiajoissa per. arkipäivä. Liittyen myös ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkastamiseen, ei niiden läpikäynti sekä käyntiaikojen tarkennus ole suhteutettuna tilakohtaiseen säätöön yhtä suuri toimenpide, kuin esimerkiksi ilmanvaihdon tarpeenmukaisen tilakohtaisen ohjauksen toteutus.

Tällöin toimenpiteestä aiheutuva kustannukset jäävät pääasiassa vain ohjelmallisten muutosten tai rakennusautomaatiomuutosten osuuteen. Edellyttäen kuitenkin sen, että ilmanvaihtokoneiden palvelualueet sekä palvelualueiden / koko koulun ilmanvaihtojärjestelmän toiminta tarkastetaan kokonaisuudessaan käyntiaikojen, huippuimureiden ja muiden ilmanvaihtokoneiden osalta.

Tällä varmistetaan, että rakennuksen sekä sen tilojen painesuhteet säilyvät käyntiaikojen muutoksen jälkeen haluttuina. Tällöin vältetään tilanteilta, joissa rakennuksen tilakohtaiset tai rakennuksen vaipan yli olevat painesuhteet muuttuisivat epäedullisiksi yksittäisten ilmanvaihtokoneiden tai niiden palvelualueiden käyntiaikojen muutosten osalta /22/. Lisäksi toimenpide edellyttää tilakohtaisen / palvelualuekohtaisen kartoituksen, jossa tilojen käyttötarkoitusta käydään tilojen käyttäjän kanssa läpi sekä selvitetään tilanteet, joissa tilojen käytön kannalta ilmanvaihdon käyntiaikoja pystyttäisiin tarkentamaan. Perustuen liitteen 1. ja 2. laskelmiin sekä suhteelliseen arviointiin TK-1:sen sekä TK-4:sen osalta, saavutettaisiin kuu-den tunnin käyntiaikojen lyhentämisellä noin 37,5 % säästö ilmanvaihdon vuotuisessa kokonaisenergiankulutuksessa, joka vuotuisessa kokonaisenergiankulutuksessa vastaisi noin 45 050 kWh energiansäästöä.

Sekä tilakohtaisen tarpeenmukaisen ilmavaihdon toteuttamisessa että ilmanvaihtokoneiden käyttöaikojen tarkastamisessa, saavutetaan etua hiilineutraaliustavoitteissa keskuskoulun ollessa liitettynä kaukolämpöön, jonka tarvitsema lämmitysenergia tuotetaan metsähakkeesta keskuskoulun sekä Vilkaharjuntien lämpölaitoksilla.

Tällöin lyhennettäessä ilmanvaihdon käyntiaikoja, vaikuttaa se ilmanvaihdon lämmitysenergiatarpeeseen, joka vaikuttaa tällöin lämpölaitoksissa tarvittavan metsähakkeen määrään. Tällöin tarpeen mukaistettaessa keskuskoulun kahden IV – koneen TK-1:sen sekä TK-4:sen ilmanvaihtoa, pienentää se tarvittavan metsähakkeen määrää sekä sitä kautta metsähakkeen poltosta syntyvä ilmastovaikutuksia. Liittyen myös sähköntuotantoon, toimenpiteellä saavutetaan etua hiilineutraaliustavoitteissa, esimerkiksi talviaikaan, jolloin alueelle rakentuvan aurinkosähköpuiston sähköenergiantuotanto on vähäisempää. Tällöin sähköntuotanto mahdollisilla muilla Sulkavalle kohdistetuilla sähkön tuotantomuodoilla voi olla myös vähäisempää ilmanvaihtokoneiden TK-1 sekä TK-4 sähköenergiatarpeiden vähentyessä.

5.2 LTO – IV – saneeraus

LTO – IV – saneerauksella tarkoitetaan tässä diplomityössä rakennuksen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän tai painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän muuttamista koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi lämmöntalteenotolla.

Liittyen diplomityön toteutukseen, tarkasteltiin sen yhteydessä potentiaalisia paikkoja LTO – IV – saneerauksen toteuttamiseen. Tarkastelusta rajattiin pois painovoimaisen ilmanvaihdon kohteet, jolloin tarkastelu rajattiin koskemaan päiväkeskus Ilonaa sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjä. Perusteena rajauksen toteuttamiseen oli, että niissä käytössä ilmanvaihtojärjestelminä toimii koneellinen poistoilmanvaihto, jonka ilmavirrat ovat helpommin todennettavissa verraten painovoimaiseen ilmanvaihtoon, jonka ilmavirrat perustuvat lämpötilaeroihin sekä hormivaikutukseen /22/.

Liittyen päiväkeskus Ilonaan, toimi rakennuksessa myös koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, mutta koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä ei kata koko rakennusta, vaan rajoittuu ainoastaan rakennuksen pääosan yhteyteen. Päiväkeskus Ilonassa sijaitsevassa asuinsiipiosassa, jossa huoneistot, makuuhuoneet sekä ruokailutilat sijaitsevat, ilmanvaihto on toteutettu ainoastaan koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Sulkavan Vuokratalot Oy:n ovat pääosin toteutettu koneellisella poistoilmanvaihdolla, jonka kautta ilmanvaihto asuinhuoneistokohtaisesti toteutetaan. Liittyen diplomityöhön suoritettuun tarkasteluun LTO – IV – saneerauksen toteuttamisesta, potentiaalisimmat paikat saneerauksen toteuttamiselle löydettiin päiväkeskus Ilonan koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän asuinsiipi-osasta sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kohteista.

Liittyen koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään sekä LTO – IV –saneeraukseen, pienentää koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän asentaminen rakennuksen korvausilman lämmitystehontarvetta poistoilman korvausilman tullessa ilmanvaihtokoneen LTO – kennon takaa esilämmitettynä lämmöntalteenottokennolla sekä IV – lämmityspatterilla /9/. Tällöin ilmanvaihdon korvausilma ei tule täysimääräisesti rakennuksen päälämmitysjärjestelmällä lämmitettäväksi.

Lisäksi rakennuksen päälämmitysjärjestelmällä lämmitettyä ilmaa ja sitä myöten ilman lämmitykseen käytettyä lämpöenergiaa, ei puhalleta rakennuksesta suoraan ulos, vaan lämpöenergia kierrätetään ilmanvaihtokoneen LTO – kennolla takaisin huonetilaan.

Tämä vähentää rakennuksen kokonaislämmitysenergiantarvetta. Lisäksi LTO – IV – saneerauksella saavutettavat höydyt tulevat esilämmitetyn tuloilman muodossa, joka vähentää vedon tunnetta tilassa sekä suodatetun tuloilman muodossa, joka puolestaan vähentää ulkoa tulevien epäpuhtauksien määrää tilassa /9/.

Diplomityössä suoritettiin LTO – IV – saneerauksen osalta tarkastelu sillä saavutettaviin energiansäästöisiin hyötyihin tarkasteluun valittuihin kohteisiin. Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjen ollessa kuitenkin laajempi kokonaisuus, tarkastelu rajattiin koskemaan Leppäkuja 2–4 A – taloa, jonka perusteelta LTO – IV – saneerauksen toteuttamista arvioitiin. Päiväkeskus Ilonan asuinsiiven osalta nykyisen koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat todennettiin kunnalta saatujen ilmanvaihtosuunnitelmien perusteella. Leppäkuja 2–4 A – rakennuksen nykyisen koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat arvioitiin johtuen nykyisten ilmanvaihtosuunnitelmien puutteellisuudesta niin, että jokaiselle asuinhuoneistolle arvioitiin koneellisen poistoilmanvaihdon mitoitusilmavirraksi 30 l/s / asuinhuoneisto. Tällöin rakennuksen kokonaisilmavirroiksi arvioitiin 210 l/s. Vastaavasti nykyiset ilmavirrat päiväkeskus Ilonan asuinsiiven osalta olivat nykyisten ilmanvaihtosuunnitelmien mukaan noin 210 l/s.

Asuinhuoneistoja Leppäkuja 2–4 A – rakennuksessa on 7. Perustuen tilojen vastaaviin käyttötarkoituksiin, käsiteltiin tilat toisiaan yhteneväisinä, jolloin tilanteessa LTO – IV – saneerauksella saavutettavaa hyötyä verrattiin kohteiden koneelliseen poistoilmanvaihtoon yhdessä. Tällöin tarkasteltavaksi mitoitusilmavirraksi molempien kohteiden osalta saatiin 420 l/s, joka jakautuu puoliksi siten, että molempia kohteita voitiin käsitellä toisiaan vastaavina.

Tarkastelu kattaa tilanteen, jossa Leppäkujan 2–4 A-talon seitsemään asuinhuoneistoon asennettaisiin huoneistokohtaiset LTO ilmanvaihtokoneet 1 kpl / huoneisto (yht. 7. kpl) sekä päiväkeskus Ilonan ns. asuinsiipeen asennettaisiin huoneistokohtaisia LTO ilmanvaihtokoneita 2 kpl. Ilonassa toinen ilmanvaihtokoneista palvelisi asuinhuoneita / huoneistoja sekä toinen ilmanvaihtokoneista asuinsiiven keittiötä sekä sosiaalitiloja.

Vanhat koneellisen poistoilmanvaihdon huippumurit sekä kanavistot purettaisiin pois sekä nykyiset mahdolliset koneellisen poistoilmanvaihdon korvausilmareitit poistettaisiin. Tarkastelussa ei huomioitu mahdollisia ilmanvaihtojärjestelmästä ja sen käytöstä aiheutuvia lyhyempiä käyttöaikoja, kuten huoneistokohtaisten LTO – koneiden yhteydessä olevia ilmanvaihtokoneen ohjauslaitteita, joilla ilmanvaihdon käyntiä voidaan ohjata.

Tällöin ilmanvaihtokoneiden arvioitiin pyörivän mitoitusilmavirroillaan jatkuvasti. Vertailun selkeyttämiseksi koneellisen poistoilmanvaihdon oletettiin käyvän samoin. Tällöin tulokset koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän sekä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän välillä olivat vertailussa yhteneväisempiä.

Liitteeseen 4. on koottu laskelma, jossa on laskelma koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdon saavutettavalle vuotuiselle energiankulutukselle tilanteissa, joissa Leppäkuja 2–4 A –rakennuksen seitsemään huoneistoon sekä päiväkeskus Ilonan ns. asuinsiipeen asennettaisiin huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet. Liitteen 4. tarkasteluun tarvittaviin kaavoihin sovellettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta /2/, jonka mukaan laskelma lämmöntalteenoton hyötysuhteella 55 % laskettiin. Ulkolämpötiloina käytettiin kuukauden keskimääräisiä ulkolämpötiloja tarkastelupaikkakuntaa lähimpänä olevalla tarkastelupaikkakunnalla. Laskelmassa on lisäksi mukana tuloilman lämmöntalteenoton jälkeen tarvittava kuukausikohtainen IV –patterin lämmitysenergiatarve, jolloin tuloksena on tarkasteltavan vuoden ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergiatarve.

Kuten kappaleessa 5.1, käytettiin ilmanvaihdon tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana 18 °C sekä sisäilman lämpötilana 22 °C. Tarkastelussa ei huomioitu tuloilman lämmitystehontarvetta sisäänpuhalluslämpötilasta sisälämpötilaan 21 °C, joka kasvattaa hieman tuloilman aiheuttamaa lämmitystehontarvetta. Todellisuudessa tuloilma on hyvä tuoda tilaan hieman alilämpöisenä, jolloin ilmanvaihdon tilakohtaisen toimivuuden kannalta saavutetaan parempi lopputulos /9/. Tällöin kuitenkin tilan ja sitä kautta rakennuksen päälämmitysjärjestelmän tehtäväksi tulee nostaa tilan sisälämpötila haluttuun 21 °C. Lisäksi laskelmassa tilakohtaiset lämpökuormat, kuten esimerkiksi ihmiset sekä kuluttajalaitteet on huomioitu yhden asteen korkeammalla poistoilman lämpötilalla, jolloin oletettavaa on, että ihmisistä sekä kuluttajalaitteista syntyvä lämpökuorma poistoilmassa aiheuttaa LTO – kennolle siirtyessään hieman arvioitua tilakohtaista sisälämpötilaa korkeamman lämpötilan.

Liitteessä 5. on koostettu laskelma nykyisestä Leppäkuja 2–4 A - rakennuksen sekä päiväkeskus Ilonan ns. asuinsiiven koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmien aiheuttamasta lämmitysenergiatarpeesta rakennukselle. Koska koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän korvausilma tulee ulkoa, hyödyntäen korvausilmareittejä tai vaipan ilmapuotoja /9/, kohdistuu tällöin ilmanvaihdon tarvitsema korvausilman lämmitystehontarve rakennuksen päälämmitysjärjestelmälle.

Tämä poikkeaa koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä, jossa tätä energiamäärää vastaava lämmitysenergiatarve tuotetaan varsinaisessa ilmanvaihtokoneessa LTO – kennolla sekä ilmanvaihdon lämmityspatterilla /9/. Seuraavaan taulukkoon 12. on koottu vuotuiset lämmitysenergiankulutukset lähtötilanteen koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä sekä lopputilanteen LTO – IV – saneerauksen jälkeen. Erotukseksi tällöin näiden välillä on saatu 52 100 kWh.

Lähtötilanne lämmitysenergiankulutus	70 300 kWh
Lopputilanne lämmitysenergiankulutus	18 200 kWh
Erotus	52 100 kWh

Taulukko 12. Lämmitysenergiatarve lähtötilanne-, lopputilanne sekä erotus

Tarkastelussa ei huomioitu uusien ilmanvaihtokoneiden tarvitsemaa sähköenergiatarvetta, vaan sähköenergiatarpeen on oletettu korvautuvan pääosin purettavien huippuimureiden sähköenergiatarpeella. Todellisuudessa huippuimureiden sähköenergiankulutus voidaan olettaa olevat hieman varsinaista LTO – ilmanvaihtokonetta pienempi, johtuen pienemmästä määrästä puhaltimia, mutta jonka on tarkastelussa ajateltu korvautuvan uudempien ilmanvaihtokoneiden paremmilla energiateknisillä ominaisuuksilla. Koska LTO – IV – saneerauksen tarkasteltavien kohteiden osalta Leppäkuja 2–4 A - rakennuksen lämmitysenergia tuotetaan pääosin öljylämmityksellä, pienentää LTO – IV – saneerauksen toteuttaminen Leppäkuja 2–4 A - rakennuksen kokonaisöljyenergiankulutusta noin 26 050 kWh.

Vastaavasti palvelukeskus Ilonan ollessa kytkettynä kaukolämpöön, pienentää LTO – IV – saneerauksen toteuttaminen palvelukeskus Ilonan kaukolämmön määrää noin 26 050 kWh. Johtuen päiväkeskus Ilonan sekä Leppäkuja 2–4 toisistaan poikkeavista lämmöntuotantomuodoista sekä kustannuseroista eri lämmöntuotantomuotojen välillä, ei tarkastelun ohessa suoritettu erillistä tarkastelua LTO – IV – saneerauksella saavutettavista taloudellisista hyödyistä. Tuloksia verrattiin kuitenkin kaukolämmön kustannuksiin, jolloin työn laadintahetkiselä kaukolämmön hinnalla (8,286 snt / kWh) saatiin päiväkeskus Ilonan osalta suuntaa antavasti noin 2160 € vuotuinen säästö lämmitysenergiakustannuksiin.

Liittyen kuitenkin LTO – IV – saneerauksen toteuttamiseen, laadittiin LTO – IV – saneerauksen osalta laajuusperusteinen kustannusarvio, jolla haarukoitiin LTO – IV – saneerauksen kustannuksia. Kustannusarvio toteutettiin Leppäkuja 2–4 A – rakennukseen, jonka perusteella kustannusarvio toteutettiin sillä olettamuksella, että kustannukset olisivat sovellettavissa myös muihin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin. Kustannusarvion pohjana käytettiin huoneistokohtaista LTO - IV - ratkaisua, jossa jokaiseen talon seitsemään huoneistoon asennettaisiin omat huoneistokohtaiset IV – koneensa, omat huoneistokohtaiset kanavointinsa, kanavisto-osansa sekä ilmanvaihdon päätelaitteet. Huomiona kuitenkin Leppäkuja 2–4 A – rakennuksen yläpohjarakenteeseen, on se matala, jolloin kanavistojen mahdollinen asennus yläpohjaan on tarkasteltava erikseen, mutta josta saatua arviota kustannuksista käytettiin suuntaa antavana arviona.

Kuten kohdassa 5.1, kustannusarvio toteutettiin laajuusperusteisena /20/, jossa kiinteistön laajuutena käytettiin Leppäkuja 2–4 A – talon osalta 464 m². Lisäksi kustannusarviossa lopputulosta indeksi korjattiin /21/ vastaamaan Sulkavan kunnan aluetta sekä nykyhetkeä. Kustannusarvio löytyy liitteestä 6. josta nähdään, että kustannukset LTO IV – saneeraukselle tarkastelun perusteella ovat noin 41 100 €. Tämä vastaa neliöperusteisesti 464 m² alalle kustannuksina noin 89 € / m². Neliöperusteista arviota voidaan soveltaa myös päiväkeskus Ilo-
nan ns. asuinsiipeen poikkeuksena se, että siellä asennettavien ilmanvaihtokoneiden määrä on vähäisempi. Kuten ilmanvaihdon tilakohtaisen ohjauksen kohdallakin, hinta on arvonliisäveroton sekä se sisältää kohteiden talotekniikkaosien hinnat. Talotekniikkaosien lisäksi huomioitava kustannuksissa on tilojen ehostustoimenpiteet tai rakennusaputyöt, joita voivat olla esimerkiksi koteloinnit, maalaukset, paikkaukset, reiät tai mahdolliset työhön liittyvät nostot.

Neliöperusteista arviota voidaan hyödyntää lisäksi muihin vastaaviin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin arviona kustannusten toteutumisesta. Samoin kustannusta voi suhteuttaa neliöperusteiseen arvioon Sulkavan vuotuisesta LTO – IV – saneerauksella saavutettavasta energiansäästöstä, joka esimerkiksi Leppäkuja 2–4 A – talon osalta on noin 55 kWh / m² / vuosi. Riippuen kuitenkin toteutettavasta talosta sekä sen lämmitysjärjestelmän lämmöntuotantomuodosta (sähkö, kaukolämpö tai öljylämmitys) voivat eri järjestelmien takaisinmaksuajat vaihdella. Tällöin lopullinen tarkasteltavan kohteen toteutuksen kannattavuus tulee tarkastella huomioden lisäksi kohteen lämmöntuotantomuoto sekä siitä riippuvat kustannukset.

Tarkastelun laadintahetkellä energiamuodoista sähkön ollessa kallein (35,21 snt / kWh), saavutettaisiin LTO – IV – saneerauksella suurin kustannuksellinen hyöty suoran sähkölämmityksen kiinteistöissä. Tarkempi jakauma eri lämmöntuotantomuodoille Sulkavan Vuokratalot Oy:lle on nähtävissä taulukossa 5.5.

Liittyen LTO – IV – saneerauksen toteuttamiseen tulisi kunnan harkita LTO – IV – saneerauksen toteuttamista sekä toteuttaa mahdollisia lisäselvityksiä kiinteistöissä, joissa vallitsevana ilmanvaihtojärjestelmänä toimii koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Koskien lisäksi toimenpiteellä saavutettuja kustannussäästöjä, olisi tarkastelun laadintahetken sähkön hinnalla sähkölämmitteisissä kiinteistöissä lyhin takaisinmaksuaika.

5.3 Lämpöpumput

Diplomityön yhteydessä selvitettiin mistä osista Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjen lämmitysjärjestelmät koostuvat. Tarkastelun tarkoituksena oli selvittää, miltä osin kiinteistöissä on lämmönjaon osalta käytössä vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä sekä miltä osin lämmitysjärjestelmät koostuvat suoran sähkölämmityksen omaavista kiinteistöistä. Sulkavan kuntakonsernin osalta ainoastaan etelävintin nuorisotalolla sekä vanhalla virastotalolla käytössä oli suora sähkölämmitys. Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta suora sähkölämmitys puolestaan oli neljässä kiinteistöistä, joissa kuitenkin yhdessä lämmöntuotantomuotona sähkökattila, omaten näin kuitenkin vesikiertoisen lämmönjaon.

Syy miksi lämmitysjärjestelmät sekä lämmönjaot diplomityön yhteydessä selvitettiin, liittyy vesikiertoisen lämmönjaon omaavien kiinteistöjen parempaan potentiaaliin siirtyä maalämpöön tai käyttämään ilma - vesilämpöpumppua. Maalämpö tai ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee toimiakseen vesikiertoisen lämmönjaon, kuten esimerkiksi rakennuksessa olevan vesikiertoisen lattialämmityksen tai vesikiertoisen radiaattoriverkon. Siirryttäessä käyttämään esimerkiksi öljylämmityksestä maalämpöjärjestelmää tai ilma-vesilämpöpumppua, on investointikustannukset saatavissa edullisemmaksi, verraten suoran sähkön rakennuksiin, joissa lämpöpumppumuutosta tehtäessä tarvitaan rakennukseen lisäksi rakentaa erillinen vesikiertoinen lämmönjako, jolla lämpöenergia jaetaan rakennukseen.

Johtuen lämpöpumppujärjestelmän toiminnasta, siirrettäessä lämpöä mitoituslämpötiloiltaan korkeampiin, esimerkiksi radiaattoriverkkoihin, tulee radiaattoriverkon sekä maalämmön mitoituslämpötilat huomioida. Tällöin huomioidaan se, että esimerkiksi mitoituslämpötiloiltaan korkeammissa radiaattoriverkoissa ei suoraan päädytä tilanteeseen, jossa osaa lämpöpumppujärjestelmän tuottamasta lämpöenergiasta tuotetaan sähkövastuksilla. Mitä matalammat maalämpö- tai vesi- ilmalämpöpumppujärjestelmän toisiopuolen mitoituslämpötilat saadaan, sitä parempi hyötysuhde maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän toiminnalle saadaan. Tällöin esimerkiksi mitoituslämpötiloiltaan matalampi vesikiertoinen lattialämmitys voi tuottaa maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppu järjestelmälle paremman hyötysuhteen, kuin mitoituslämpötiloiltaan 70 °C / 40 °C radiaattoriverkko. Tämä perustuu lämpöpumppujärjestelmän lämpökertoimeen, jossa lämpökerroin on parempi, mitä pienempi lämpötilaero lämpöpumppujärjestelmän ensiö- ja toisiopuolen välille saadaan /23/.

Työssä ei päästy tarkastamaan mitkä varsinaiset Sulkavan kunnan Sulkavan kuntakonsernin tai Sulkavan Vuokratalot Oy:n lämmitysjärjestelmien mitoituslämpötilat ovat, mutta kohteista paloasema oli ainoa, jossa käytössä toimi mitoituslämpötiloiltaan matalammilla lämpötiloilla toimiva lattialämmitys. Liittyen maalämpömuutokseen tai ilma-vesilämpöpumppumuutokseen on mahdollista, että muutoksia rakennusten lämmönjakoon voi joutua lämmitysjärjestelmämuutoksen yhteydessä tekemään. Tällöin ajankohtaiseksi voi tulla myös sähkölämmityksen omaavissa kiinteistöissä lämmönjakomuutoksen tekeminen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Lämpöpumppujärjestelmä kerää osan tuottamastaan lämpöenergiasta maalämpöjärjestelmässä maalämpökaivoista tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmässä ulkoilmasta, jolloin lämpöpumppumuutos pienentää myös sähkölämmitteisen rakennuksen kokonaisenergiankulutusta.

Tarkasteltaessa Sulkavan lämmitysjärjestelmiä kokonaisuudessaan, huomioiden hiilineutraalius sekä kunnan nykyisen kiinteistökannan lämmöntuotantomuodot, parhaat tavoitteet saavutettaisiin muuttaessa nykyiset öljylämmityksellä toimivat kiinteistöt toimiviksi lämpöpumppujärjestelmillä, kuten maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumpulla.

Tällöin kohteiden nykyiset öljykäyttöiset lämmitysjärjestelmät poistettaisiin sekä korvattaisiin maalämpöjärjestelmillä tai vesi- ilmalämpöpumppujärjestelmillä, jolloin osa rakennusten tai kiinteistöjen tarvitsemasta lämmitysenergiantarpeesta kerättäisiin joko maasta tai ulkoilmasta. Tällöin rakennuksen tarvitsemaa lämmitysenergiantarvetta ei katettaisi kokonaan muualta tuodulla energialla, kuten öljylämmitteisten kiinteistöjen kohdalla öljyllä.

Diplomityössä käytiin läpi mahdolliset lämpöpumppumuutokset Sulkavan kunnan kiinteistöihin. Potentiaalisia paikkoja lämpöpumppumuutoksille olivat pääsääntöisesti kaikki, joissa toimii vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä sekä varauksella kiinteistöt, joissa pääasiallisena lämmitysmuotona sekä lämmönjakomuotona toimii suorasähkö. Tavoiteltaessa sekä energiatehokkuutta että hiilineutraaliutta, lämpöpumppumuutoksia olisi tehokkain suunnitella juuri öljyllä lämmitysenergiansa tuottaviin kiinteistöihin, kuten Sulkavan Vuokratalot Oy:n viiteen öljylämmitteiseen kiinteistöön. Koskien Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjä, Sulkavan kunta oli työn laadintahetkellä hankkinut jo kansalaisopiston lämpöpumppumuutoksen.

Tarkastelussa ei käyty läpi mahdollisten maalämpökaivojen sijoittelua tai asemointia tonteille, joten niiden osalta tarkastelu on suuntaa antava. Perustuen kuitenkin lämpökaivojen sekä sen kautta maalämmön liuospiirin toteuttamiseen, tulee mahdolliset potentiaaliset kiinteistöt maalämmön toteuttamiselle tarkastella tontti-, paikka- ja kiinteistökohtaisesti erikseen. Vertailuksi maalämmön tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän toteuttamiseen arvioitiin diplomityössä kuitenkin potentiaalia eri ratkaisuiden kesken, maa- ja ilma-vesilämpöpumpuille, joiden erona on se, että maalämpö kerää rakennuksen tarvitseman lämmitysenergian käyttäen hyväksi maassa olevaa lämpöenergiaa, kun puolestaan vesi-ilmalämpöpumppu tuottaa rakennuksen tarvitseman lämmitysenergian ulkoilmasta. Tällöin ilma-vesilämpöpumpulle ei tarvita erikseen porattavaa / porattavia tai esimerkiksi vesistöön asennettavaa maalämmön keruupiiriä tai keruupiirejä, jolloin varsinaiset investointikustannukset ovat ilma-vesilämpöpumpulle edullisemmat.

Johtuen molempien ratkaisuiden toteutuksesta, useimmiten varsinaisen lämpöpumppujärjestelmän rinnalla on lisäksi kattamassa rakennuksen varsinaista lämmitystehontarvetta sähkö, jolla voidaan tuottaa loppu lämpöpumppujärjestelmän tarvitsemasta rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta. Tällöin huomioiden varsinaiset investointikustannukset lämpöpumppujärjestelmän asentamisessa, saadaan investointikustannukset pienemmäksi, johtuen mitoitusheoiltaan pienemmästä mitoittavasta lämpöpumppujärjestelmästä. Vuoden kovimpien pakkasjaksojen aikaan varsinaisen lämpöpumppujärjestelmän rinnalla käytetään suoraa sähköä, huomioiden se, että matalimmat ulkolämpötilat alitetaan vuodessa usein vain lyhyissä ajanjaksoissa.

Mitoitettaessa lämpöpumppujärjestelmä kattamaan vain osa huipputehontarpeesta, voidaan puhua lämpöpumppujärjestelmän osatehomitoituksesta, jolloin lämpöpumppujärjestelmällä katetaan rakennuksen lämmitystehontarpeesta mitoitusulkolämpötilassa esimerkiksi 60 % /24/. Kuvassa 3. näkyy vuoden tunnittainen sääaineisto, jonka perusteella lämpöpumppujärjestelmän osatehomitoitusta voidaan paremmin hahmottaa. Tällöin osatehomitoitettu lämpöpumppu voi tuottaa tarvittavan lämmitysenergian esimerkiksi ulkolämpötilaan – 15 °C, jonka jälkeen lämmitystehontarpeen kattamiseksi matalampiin ulkolämpötiloihin lämpöpumpun rinnalle tulee sähkö.

Diplomityön yhteydessä ei päästy tekemään varsinaista esimerkkimitoitusta maa- tai ilma-vesilämpöpumpun osalta siihen liittyvine kustannuksineen, mutta arvioitiin kuitenkin lämpöpumppujärjestelmän kuten maa- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä saavutettavaa etua energiatehokkuuden kannalta. Kuten taulukosta 5. nähdään, viidessä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöistä käytössä on pääasiallisena lämmöntuotantomuotona öljylämmitys.

Muutettaessa näistä öljylämmitteisistä kiinteistöistä kaikki joko maalämpöjärjestelmään tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmään, saavutettaisiin etua hiilineutraaliudessa kuin energiatehokkuudessakin siten, että varsinaiset öljyn polttamisesta syntyvät päästöt vähenisivät sekä lämpöpumppumuutos vähentäisi tarvittavaa muualta tuodun energian määrää.

Sulkavan kunnan alueella varsinainen rakennusten lämmityksestä johtuva öljynkulutus tip-puisi Sulkavan Vuokratalot Oy:n lämpöpumppumuutoksen jälkeen noin 63 500 l / vuosi, joka energiamääräksi muutettuna vastaa noin 635 000 kWh / vuosi. Tällöin lämpöpumppujärjestelmän työssä arvioidulla 3. kylmäkertoimella, tarvitsisi kohdistaa rakennuksille vain noin kolmasosa vuotuisesta nykyisestä energiamäärästä. Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisissä kiinteistöissä vastaisi se noin 211 500 kWh / vuosi. Lämpöpumppujärjestelmän etuna ollessa se, että lämpökertoimen ollessa 3. saadaan yhdellä syötetyllä yksiköllä sähköenergiaa lämpöpumppujärjestelmästä kolme yksikköä lämpöenergiaa /23/.

Työn yhteydessä arvioitiin lisäksi potentiaalia Sulkavan kunnan kiinteistöihin ilmalämpöpumppujen sekä poistoilmalämpöpumppujen osalta. Verraten maalämpöpumppuun tai ilma-vesilämpöpumppuun, tuodaan ilmalämpöpumppuissa ulkoilmasta kerätty lämpöenergia sisään huoneilmaan, jolloin lämpöpumppujärjestelmällä siirretään lämpöä ulkoilman ja sisäilman välillä.

Diplomityön laadintahetkellä oli Sulkavan Vuokratalot Oy:llä hankinnassa ilmalämpöpumput, joilla rakennusten päälämmitysjärjestelmää oli tarkoitus tukea siten, että osa rakennuksen lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta tuotettaisiin ilmalämpöpumpuilla.

Perustuen Ympäristöministeriön asetukseen rakennuksen energiatodistuksesta /1/ voitaisiin ilmalämpöpumpuilla tuottaa 3000 kWh – 6000 kWh vuotuista lämmitysenergiaa / laite. Vuoden 2003 jälkeen rakennetuille rakennuksille arvioitava lämmitysenergian määrä on 3000 kWh / vuosi. Vuoteen 1985 asti voitaisiin ilmalämpöpumpulla tuottaa 5000 kWh / vuosi (kuitenkin enintään 35 kWh / m²) ja ennen vuotta 1985 rakennetuille rakennuksille 6000 kWh / vuosi (kuitenkin enintään 40 kWh / m²). Tämä sovellettaessa asennusta pieniin asuinrakennuksiin.

Huolimatta tilanteesta, jossa Sulkavan kunta oli diplomityön laadintahetkellä hankkinut jo Sulkavan Vuokratalot Oy:n asennettavat ilmalämpöpumput, tulisi tarkastella myös muut mahdolliset kohteet ilmalämpöpumpun potentiaaliselle asennuspaikalle. Tällöin kiinteistöjen lämmitysjärjestelmiä voitaisiin tukea myös maa- tai ilma-vesilämpöpumppumuutoksia kevyemmällä ratkaisuilla. Lisäksi Ilmalämpöpumpuilla voitaisiin kesätilanteessa jäähdyttää, joka lisää asumis- tai oleskeluviihtyvyyttä tiloissa, kun rakennuksen- tai sen tilan sisälämpötila on selkeämmin hallittavissa. Käytettäessä ilmalämpöpumppuja kesätilanteessa jäähdyttämiseen, kasvattaa jäähdyttäminen kuitenkin kesätilanteen sähköenergiankulutusta.

Varsinaisten poistoilmalämpöpumppujen osalta Sulkavan kunnalle tarkasteltiin yksittäisiä mahdollisuuksia poistoilmalämpöpumpun asennukselle. Poistoilmalämpöpumpun asennuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmanvaihdosta kerätään lämmöntalteenottotyyppisesti lämpöpumpulla lämpöenergiaa, joka siirretään käytettäväksi rakennuksen päälämmitysjärjestelmässä tai käyttöveden valmistuksessa /25/. Tähän potentiaalisia paikkoja ovat esimerkiksi suoraan ulos esimerkiksi huippuimurein johdettavat koneellisen poistoilmanvaihdon kanavoinnit. Tällaisia Sulkavan kuntakonsernin osalta suoritettussa tarkastelussa löytyi Sulkavan kunnan virastotalolta palvelemasta valtuustosalia sekä sen viereisiä kokoushuoneita. Tilanteessa puhalletaan tilojen lämmitettyä ilmaa suoraan ilman ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenottokeinoa rakennuksesta ulos, jonka mukana myös rakennukseen tuotua lämmitysenergiaa hukataan. Tällöin vastaavien poistoilmakanavointien yhdistäminen joko poistoilmalämpöpumpulla rakennuksen päälämmitysjärjestelmään tai ulospuhallettavan lämpöenergian kerääminen ilmanvaihtokoneella olisi harkittavaa.

Jotta Sulkavan virastotalon valtuustosalin huippuimureiden aiheuttamaa lämpöhäviötä voisi hahmottaa paremmin, tarkastettiin työn yhteydessä virastotalon nykyiset ilmanvaihtosuunnitelmat. Ilmanvaihtosuunnitelmista ilmeni, että valtuustosalin sekä sen yhteen liitettyjen kokoushuoneiden poistoilmavirta on 450 l/s huippuimurin käydessä sekä mahdollisesti myös tätä suurempi, johtuen puutteista virastotalon ilmanvaihtosuunnitelmien merkinnöissä. Tällöin 450 l/s ilmavirta kattaa ainoastaan itse valtuustosalin ja sen ohessa olevan kokoushuoneen.

Huolimatta puutoksista nykyisissä ilmanvaihtosuunnitelmissa, aiheuttaa pelkästään yksi huippuimuri ilmavirralla 450 l/s sekä mitoitusulkolämpötilassa -29 °C noin 27 kW:n lämmitystehontarpeen sisälämpötilan ollessa 21 °C . Huippuimureiden käyntiaikoja tai niiden ohjausta ei ollut tiedossa, jotta varsinaista vuosittaista hukattua energiamäärää voisi paremmin hahmottaa. Perustuen kuitenkin tarkastellun huippuimurin korvausilma lämmitystehontarpeeseen mitoitusulkolämpötilassa, voidaan todeta huippuimureiden aiheuttaman lämpöhäviön olevan suuri.

Tilanteessa vastaava lämmitysteho joudutaan tuomaan tuloilmakoneella 302TK sekä rakennuksen päälämmitysjärjestelmällä takaisin tilaan, jotta tilassa säilyy haluttu sisälämpötila, esimerkiksi 21 °C . Tällöin yhdistämällä kanavoinnit joko poistoilmalämpöpumpulla tai vastaavasti LTO – kennolla voisi olla harkittavaa. Näin myös valtuustosalin sekä tuloilmakoneen 302TK palvelualueelta saataisiin lämpöenergiaa kerättyä talteen sekä hyödynnettyä lämpöenergia rakennuksen lämmityksessä tai käyttöveden valmistuksessa.

5.4 Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteet

Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteillä tarkoitetaan tässä diplomityössä rakennuksen vaipan lisäeristämistä, ikkunoiden lämmönläpäisykerroimen parantamista tai rakennuksen vaipan ilmatiiveyden parantamista. Rakennuksen vaipan energiatehokkuutta voidaan parantaa lisäeristämällä joko ylä- tai alapohjarakenteita tai ulkoseinärakenteita, jonka tarkoitus on parantaa kyseisen rakenneosan lämmönläpäisykerrointa /26/.

Koska varsinkin yläpohjarakenteen lisälämmöneristäminen yläpohjarakenteen salliessa, voi olla mahdollinen ilman suuria suurempia toimenpiteitä toteuttaa, toteutettiin diplomityön yhteydessä tarkastelu, jonka tarkoituksena oli selvittää millaiset vaikutukset yläpohjan lisälämmöneristämällä, olisi valittuun esimerkkikohteeseen. Diplomityössä ei käyty esimerkkikohteessa paikan päällä toteamassa, onko lisälämmöneristys nimenomaiseen esimerkkikohteeseen yläpohjarakenteen osalta mahdollinen, vaan tarkastelu on nykyisen rakenneosan osalta hypoteettinen. Tällöin se ei huomioi esimerkiksi mahdollista yläpohjarakenteen korotustarvetta lisäeristekerroksen asentamiseksi.

Esimerkkikohteena käytettiin aikaisemminkin käytettyä Leppäkuja 2–4 A – rakennusta, jonka rakennusvuoden aikaisena U – arvona käytettiin vuonna 1978 rakennetun rakennuksen yläpohjalle U – arvoa $0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ /1/. Lisättävä lisäpohjaeriste olisi mineraalivillaa, jota lisittäisi 200 mm parantamaan yläpohjan eristystä niin, että yläpohjarakenteen uudeksi U – arvoksi saataisiin $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Tällöin erotus alkuperäisen U – arvon sekä uuden U – arvon välillä olisi $0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Liitteessä 7. on esitetty laskelma, jossa kuukausitason laskentana vuotuinen säästö on saavutettu. Kuukausitason laskelmassa on käytetty kuukauden keskimääräisiä ulkolämpötiloja sekä laskelma toteutettu Suomen rakennusmääräyskokoelman laskentaohjeen mukaan /2/. Laskelmasta nähdään, että esimerkkikohteessa Leppäkuja 2–4 A – rakennuksessa 200 mm lisälämmöneristämällä saavutettaisiin noin 8 410 kWh vuotuinen säästö lämmitysenergiankulutuksessa verraten nykyiseen yläpohjan U – arvoon.

Huomioiden yläpohjan lisälämmöneristämisestä aiheutuvat kustannukset, arvioitiin kustannuksen laajuusperusteisena /20/, jossa yläpohjan lisälämmöneristämisen kustannukset mineraalivillalla per. 100 mm on arvioitu olevan noin $5,3 \text{ €/m}^2$. Tällöin eristettäessä ilman rakennemuutoksia 200 mm yläpohjarakennetta, kustannukseksi yhteensä saadaan noin $10,6 \text{ €/m}^2$.

Huomioiden Leppäkuja 2–4 A – rakennuksen yläpohjan pinta-ala, kokonaiskustannuksiksi muodostuisi näin noin 4 900 € ja joka indeksikorjattuna /21/ vastaisi noin 5 800 € arvonlisäverottomia investointikustannuksia. Esimerkiksi Leppäkuja 2–4 A - rakennuksen kohdalla, yläpohjan lisälämmöneristäminen Sulkavan nykyisellä diplomityössä käytetyllä kaukolämmön hinnalla ($8,286 \text{ snt / kWh}$) maksaisi itsensä takaisin noin kahdeksassa vuodessa, huomioimatta yleiskorkoa tai kaukolämmön hinnanmuutoksia laskemissa. Kohteissa, joissa käytössä on suora sähkölämmitys, takaisinmaksuaika olisi lyhyempi johtuen tarkasteluhetken korkeammasta sähkön hinnasta.

Sulkavan tapauksessa on suositeltavaa, että mahdollisuudet yläpohjarakenteiden lisälämmöneristämiseen selvitetään tarkemmin, jonka pohjalta voidaan tehdä tarkempaa arviota yläpohjan lisälämmöneristämisen mahdollisuuksista. Huolimatta pelkästä yläpohjarakenteesta, suositeltavaa olisi myös, että kiinteistöjen ylläpidossa huomioitaisiin rakenteen U – arvon parantamisesta aiheutuvat säästöt, esimerkiksi uusittaessa ikkunoita tai parannettaessa julkisivua. Parannettavat kohteet ovat kuitenkin käytävä läpi kohdekohtaisesti sekä tutkittava, missä U – arvon parantaminen olisi realistisesti mahdollista. Tällöin myös kustannukset ikkunoiden vaihdon tai rakennuksen seinärakenteiden lisäeristämisen osalta on tehtävä kohdekohtaisesti. Suositeltavaa tulevaisuudessa myös on, että kiinteistöissä kiinnitettäisiin huomiota myös rakennuksen vaipan ilmanpitävyyteen ja sitä kautta rakennuksen ilmanvuotoluukuun. Lisäksi suositellaan, että mahdollisuutta rakennuksen vaipan lisälämmöneristämiseen tai rakennusten ikkunoiden U – arvon parantamiseen tarkastellaan kiinteistöjen teknisen ylläpidon ohessa.

5.5 Kunnan yleisten järjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet

Kunnan yleisten järjestelmien osalta työssä käytiin läpi, mistä osista Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät koostuvat. Yleisillä järjestelmillä tarkoitetaan työssä vesihuollon järjestelmiä, kuten vedenottamoita, jätevedenpuhdistamoita sekä pumppaamojärjestelmiä. Liittyen diplomityön yhteydessä toteutettuun osaan energiatehokkuuden tehostamisesta, tarkasteltiin työssä kunnan pumppaamojärjestelmiä sekä valaistusjärjestelmiä niiden energiatehokkuuden tehostuspotentiaalin kannalta.

Tarkoituksena tarkastelulla oli selvittää, onko järjestelmissä potentiaalia energiatehokkuuden tehostamiseen ja kuinka se käytännössä tapahtuisi. Tarkasteluun saatiin tiedot nykyisten jätevesipumppaamoiden sijoittelusta sekä niiden asemoinnista suhteessa kuntaan. Lisäksi valaistuksen osalta saatiin tiedot kuinka esimerkiksi nykyiset Sulkavan kunnan alueella olevat katuvalaistukset ovat toteutettu.

Näiden perusteella pystyttiin hahmottelemaan kuinka yleiset järjestelmät toimivat sekä kuinka esimerkiksi paineenkorotukset eri pumppaamojärjestelmien sekä vedenottamoiden kohdalla toimivat.

Koska tarkastelluista järjestelmistä varsinkin vesihuollon järjestelmät kuten pumppaamot ovat pitkälti paikkasidonnaisia, keskityttiin diplomityössä energiatehokkuuden tehostamisen kannalta valaistukseen, josta energiatehokkuutta haettiin. Perustuen vedenottamoiden tarkoitukseen sekä jäteveden pumppaamoiden toimintaan, ei niitä ole mahdollista vesihuoltoverkostossa asemoida uudestaan, jolloin näiden järjestelmien osalta toimenpide-ehdotukseksi annettiin kiinnittää huomiota tulevaisuuden laitehankinnoissa energiatehokkaampiin vedenkäsittelyjärjestelmiin sekä pumppaamoihin.

Liittyen kunnan yleisten järjestelmien katuvalaistukseen, käytössä Sulkavalla diplomityön laadintahetkellä oli valaistuksessa LED – valaisimien lisäksi elohopea- sekä monimetallivalaisimia. Sulkavan kunta oli teettänyt jo alustavan suunnitelman valaistuksen uusintaan, jolloin työn yhteydessä varsinaista uutta hahmotelmaa valaistuksen osalta ei tehty, vaan keskityttiin jo nykyiseen Sulkavan kunnalta saatuun suunnitelmaan katuvalaistusverkoston uudistamisesta. Perustuen Sulkavan kunnalta saatuun suunnitelmaan katuvalaistuksen uusinnasta, suunnitelmassa oli tarkoitus asentaa uudet katuvalaistukset 26. katuvalaistusosuudelle.

Katuvalaistus tulisi uusittavaksi siten, että teille / valaistusosuuksille asennettaisiin LED – valaisimet sekä tehtäisiin tarvittavat tiekohtaiset oikaisut tai tarvittavat toimenpiteet uusien valaisinpylväiden sekä niiden varusteiden asennuksesta. Liittyen suunnitelmaan valaistuksen uusinnasta, eri valaisintyyppien määrät sekä varsinaisten LED – valaisimien tyypit vaihtelivat riippuen katuosuudesta. Tyypillisenä LED – valaisintyyppinä suunnitelmassa oli käytetty pääosin joko Hercules L – LED – valaisinta tai Malaga LED 55/740 – valaisinta, jotka poikkeavat hieman valaistusteknisiltä ominaisuuksiltaan sekä energiankulutukseltaan toisistaan.

Laskettaessa LED – valaisimien yhteismäärää, LED – valaisimia tulisi suunnitellun valaistuksen uusinnan yhteydessä yhteensä 343 kpl. Valaisinten uusintaa suoritetaan eri vuosina niin, että nykyiset elohopea ja monimetallivalaisimet korvataan kokonaisuudessaan siten, että kunnassa katuvalaistuksessa käytetään ainoastaan LED – valaisimia.

Diplomityössä arvioitiin, paljon katuvalaistuksen uusinta kokonaisuudessaan LED – valaisimiin tuottaisi energiansäästöä ja millainen potentiaali energiatehokkuudessa LED – valaisimien uusinnalla Sulkavalla olisi.

Nykyisen katuvalaistuksen tietoja, kuten tarkkoja valaisin tai katuvalaisinkohtaisia tehoja ei ollut saatavissa, mutta lähtötilanteen arvioinnissa käytettiin tehoina elohopeavalaisimille 125 W / valaisin, monimetallivalaisimille 70 W / valaisin sekä LED – valaisimille 45 W / valaisin /27/. Näiden oletettiin koskevan kaikkia katuvaloja. Perustuen nykyisten katuvalaistustyyppien määrään, arvioitiin että noin 60 % kunnan katuvalaistuksista ovat elohopeavalaisimia, noin 10 % monimetallivalaisimia ja noin 30 % LED – valaisimia. Tällöin elohopea ja monimetallivalaisinten korvaaminen LED – valaisimilla koskettaisi noin 70 % kunnan valaistusosuuksista. Perustuen uuteen valaistussuunnitelmaan, oletettiin että nykyisten valaisinpylväiden ja sitä myöten niiden kokonaismäärä vastaisi nykyisen katuvalaistuksen sekä uuden katuvalaistuksen osalta toisiaan.

Uusittaville elohopeavalaisimille saatiin kokonaismääräksi 205. valaisinta sekä monimetallivalaisimille 34. valaisinta. Tällöin uudistuksen jälkeen katuvalaistuksella saavutettavaksi tehonsäästöksi arvioitiin elohopeavalaisimille 16,4 kW ja monimetallivalaisimille 0,85 kW, joka kokonaisuudessaan tehonsäästöissä vastaisi noin 17,3 kW. Arvioitaessa katuvalaistuksen muutoksella saavutettavaa vuotuista säästöä, saavutetaan katuvalaistuksella noin 69 000 MWh vuotuinen säästö, jossa keskimääräisenä katuvalojen vuosittaisena käyttöaikana on arvioitu 4000 tuntia /28/.

Johtuen katuvalojen uusinnan investoinnin jakautumisesta useammalle vuodelle sekä toteuttamisen jaksottumisesta pidemmälle ajalle, tarkkaa kokonaiskustannusta katuvalojen uusinnasta ei diplomityön yhteyteen ollut saatavissa. Perustuen kuitenkin työn laadintahetkiseen sähkön hintaan (35,21 snt / kWh), saavutettaisiin nykytilanteessa kaikilla uudistetuilla katuvalaistuksilla noin 24 300 € vuotuinen säästö sähköenergiakustannuksissa.

Säästöissä on kuitenkin huomioitava se, että Sulkavan tapauksessa investointi katuvalaistuksen uusintaan jakautuu useammalle vuodelle, jolloin myös varsinainen säästö hajaantuu useammalle vuodelle. Tällöin katuvalaistuksen uusinnalla saadaan säästöä sitä mukaa, kun katuvalaistusta uusitaan. Varsinainen tässä työssä käsitelty säästö kattaa tilanteen, jossa kaikki suunnitellut katuvalaistukset ovat uusittu.

6 Energiatehokkuustoimenpiteet Sulkavan kunnassa

Energiatehokkuustoimenpiteissä keskityttiin Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöjen, Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöjen sekä Sulkavan yleisten järjestelmien energiatehokkuustoimenpiteisiin. Diplomityössä laadittiin niitä koskevia toimenpide-ehdotuksia tarkasteltaviksi järjestelmiksi sekä toimenpidevaihtoehtoiksi. Koska vaihtoehtojen määrä oli rajallinen, keskityttiin diplomityössä toimenpiteisiin, jotka palvelisivat Sulkavan kuntakonsernia sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:tä. Kuntaan jäi vielä tämänkin jälkeenkin energiatehokkuustoimenpiteitä, jotka arvioitaessa kunnan kokonaista energiantehostuspotentiaalia olisivat mahdollisia.

Ilmanvaihdon tarpeen mukaisen ohjauksen sekä tilakohtaisen että IV – koneiden käyntiaikojen tarkastamisen osalta diplomityössä ei käsitelty kuin osaa. Sulkavalla ilmanvaihtokoneiden käyntiajat sekä niiden tarpeenmukaisuus tulisi käydä läpi laajemminkin sekä suhteuttaa käyntiaikojen tarpeellisuus tilojen todelliseen käyttöön. Kuten kappaleessa 5. esitellyt esimerkit, voidaan kysyä, onko esimerkiksi ala-asteen sekä lukion ilmanvaihdon käytävä arki-ilta yhdeksään, kun todellisuudessa opetuksen voidaan olettaa painottuvan aamupäiviin, päiviin tai iltapäiviin. Tai, voitaisiinko tiloissa iltaisin suoritettavia kunnan toimintoja keskittää esimerkiksi siten, että ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja voitaisiin ilmanvaihtokonekohtaisesti tarpeenmukaistaa. Käymällä kohdekohtaisesti ilmanvaihdon toiminta läpi, huomioiden rakennuksen painesuhteet sekä ilmanvaihtojärjestelmien kohdekohtainen toiminta, voitaisiin tällä saavuttaa suurempiakin säästöjä kuin nyt esimerkinomaisesti käydyt säästöt. Lisäksi ilmanvaihdon tarpeenmukaisen tilakohtaisen ohjauksen osalta tulisi läpikäydä myös muut potentiaaliset toteuttamispaikat tarkemmin, joista keskuskoulu paljastui työn yhteydessä kuitenkin yhdeksi potentiaalisimmista.

LTO – IV – saneeruksesta kappaleessa 5. ei esitetty kuin esimerkkipaikat LTO – IV – saneerauksen toteuttamiselle, joista päiväkeskus Ilonan asuinsiiven sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n koneellisen poistoilmanvaihdon järjestelmistä löydettiin potentiaalia. Tällöin Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta kokonaisuudessaan, kohteiden ollessa pitkälti koneellisella poistoilmanvaihdon toteutettuja, voitaisiin LTO – IV – saneerauksella saada hyötyjä niin sähköenergiankulutuksen kuin lämmitysenergiankulutuksenkin osalta.

Myös LTO – IV – saneerauksen toteuttamista painovoimaisen ilmanvaihdon kohteisiin voitaisiin myös arvioida tarkemmin. Huomioiden LTO – IV – saneerauksen toteuttamisessa se, että se parantaa myös rakennuksen sisäilmastoa, ilmanvaihdon tullessa sisään esilämmitettynä sekä suodatettuna /9/, jolloin saneerauksella saavutetaan hyötyjä myös olosuhteissa, pelkän energiansäästöllisen hyödyn lisäksi.

Sulkavan virastotalon valtuustosalin sekä sen yhteydessä olevia tiloja tulisi harkita yhdistää lämmöntalteenotolla varustettuun ilmanvaihtoon tai poistoilmalämpöpumppuun. Lisäksi tulisi huomioida muut vastaavat paikat, joissa koneellista poistoilmanvaihtoa käytetään siten, että koneellisen poistoilmanvaihdon korvausilma tuodaan rakennukseen suoraan ulkoilmasta erillisillä korvausilmareiteillä tai rakennuksen ilmaraoilla. Käytettäessä vastaavissa paikoissa lämmöntalteenottoa, rakennuksen päälämmitysjärjestelmällä ei tarvitse lämmittää ulkoa tulevaa korvausilmaa täysimääräisesti ja ulospuhallettavasta poistoilmasta saataisiin lämpöenergiaa hyödynnettäväksi rakennuksen lämmityksessä.

Liittyen lämpöpumppujärjestelmiin, tulisi kunnan tarkastella tarkemmin paikat, joihin maalämpöpumppumuutos tai ilma-vesilämpöpumppumuutos olisi mahdollista toteuttaa. Tällöin varsinaisen lämmitysjärjestelmän osalta rakennus tarvitsisi käyttöönsä ainoastaan sähköenergiaa, jonka tuotantoon olisi mahdollista hyödyntää esimerkiksi työn laadintahetkellä rakenteilla olevaa aurinkosähköpuistoa. Tällöin myös potentiaali lämpöpumppujen tarvitseman sähköenergian puhtaaseen tuotantoon olisi suurempi. Lisäksi lämpöpumppujen potentiaaliset asennuspaikat tulisi tarkastella myös suoran sähkölämmityksen omaaviin kiinteistöihin laajemmin, jolloin lämpöpumpuilla voitaisiin tuottaa osa sähkölämmitteisen rakennuksen tarvitsemasta lämmitysenergiasta, joka pienentäisi tällöin tarvittavaa kokonaisenergiankulutuksen määrää myös sähkölämmitteisissä kiinteistöissä.

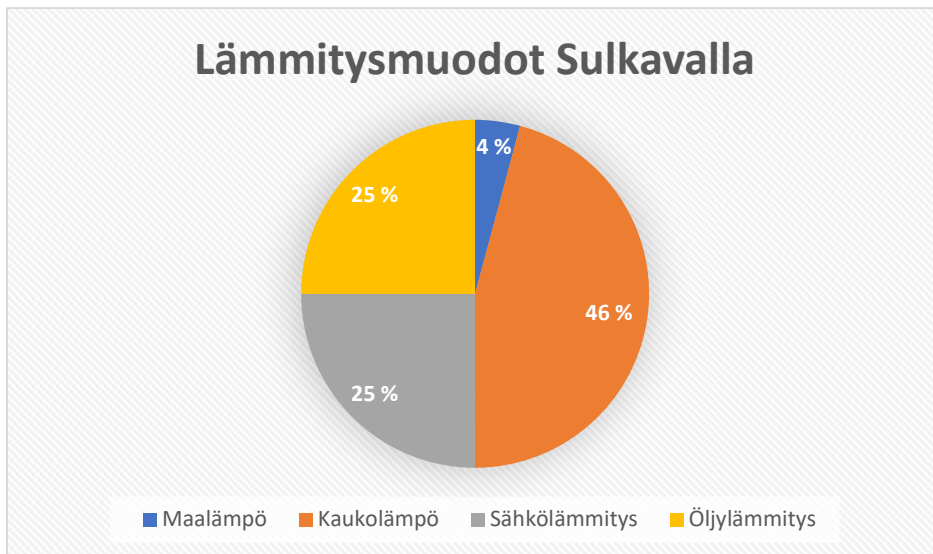
Koska Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöt ovat rakennettu pitkälti vanhempien rakennusmääräysten mukaan, voitaisiin rakennusten vaipan energiatehokkuustoimenpiteillä tehostaa laajemminkin kunnan rakennuskantaa. Vanhemmissa rakennuksissa energiatehokkuus on pääsääntöisesti heikompa, kun rakennusvuodeltaan uudemmissa parempaa /29/. Tällöin rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteitä voitaisiin kohdistaa myös esimerkiksi rakennusten teknisen ylläpidon oheen tai tarkasteltavaksi korjaus- ja muutostöiden yhteyteen.

Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteitä löytyy likimain jokaisesta kunnan rakennusvuodeltaan vanhemmasta rakennuksesta. Kiinnitettäessä huomiota esimerkiksi kiinteistön teknisen ylläpidon yhteyteen ikkunoiden U – arvoihin tai rakennuksen vaipan osien lämmönläpäisykertoimiin, voitaisiin myös näillä toimenpiteillä rakennusten energiatehokkuutta parantaa. Huomioiden kuitenkin se, että parannettaessa rakennuksen vaipan energiatehokkuutta, tulisi samalla keskittyä myös rakennuksen vaipan ilmatiiveyteen. Tällöin parannettaessa rakennuksen ilmatiiveyttä ja sitä kautta rakennuksen ilmanvuotolukua, saavutettaisiin myös sitä kautta etuja energiatehokkuudessa.

Lisäksi vaikka diplomityöstä rajattiin pois kiinteistöjen sähköjärjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet, voitaisiin kunnassa kiinnittää huomioita myös rakennusten valaistuksen energiatehokkuuteen, kuten LED – valaisimien käyttöön sekä niiden tarpeenmukaiseen ohjaukseen. Tällöin säästöjä voitaisiin saavuttaa niin valaistuksen tarvitsemien tehojen kuin käyttöaikojenkin osalta. Ratkaisuksi valaistuksen tarpeenmukaisuuteen, voitaisiin käyttää esimerkiksi erikseen käytettävää automatisoitua valaistuksen ohjausta tiloissa tai alueilla, joissa oleskellaan vain osin tai satunnaisesti. Tällöin pienennettäisiin riskiä, että valaistusta käytettäisiin silloin kun sen käytölle ei ole perusteita.

Diplomityössä esitetyt energiatehokkuustoimenpiteet ovat vain osa kunnan potentiaalia energiatehokkuudesta. Työssä esitetyt toimenpiteet voitaisiin harkita toteutettavaksi kunnassa laajemminkin, jolloin vaikutus kunnan alueen energiatehokkuuteen olisi suurempi. Myös kunnan alueella asuvien asukkaiden tai yksityisessä omistuksessa olevien kiinteistöjen olisi mahdollista ottaa kunnasta mallia sekä viedä energiatehokkuustoimenpiteitä eteenpäin omassa toiminnassaan. Tällöin energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettaisiin laajempi alueellinen vaikutus, jolla olisi myös laajemmin vaikutusta energiatehokkuuteen sekä alueen hiilineutraaliustavoitteisiin.

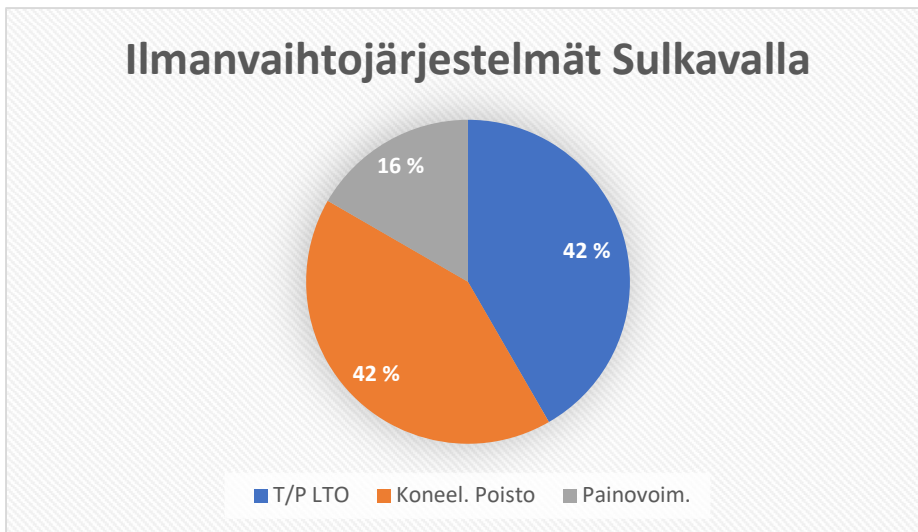
Tarkasteltavat ja mahdolliset toteutettavat energiatehokkuustoimenpiteet ovat kuitenkin käytävä laajemmin läpi kohdekohtaisesti läpi sekä niiden vaikutukset ovat tarkasteltava myös laskennallisesti tarkemmin. Tällöin voidaan ottaa huomioon laajemmin myös toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset, joka mahdollistaisi resurssien tehokkaamman käytön. Mahdollisuus energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamiseen on sekä yksittäin tai otettavaksi huomioon kiinteistöjen teknisen ylläpidon tueksi. Puhuttaessa energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamisesta kiinteistön teknisen ylläpidon tukena, tarkoitetaan sillä energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamista kiinteistöjen ylläpitotoimenpiteiden ohessa.



Kuva 8. Sulkavan kunnan lämmitysmuodot

Kuvaan 8. on koottu osuuksittain lämmitysjärjestelmät antamaan parempi kuva Sulkavan kunnassa käytössä olevista lämmitysjärjestelmistä. Kuvasta nähdään, että työssä käsitellyissä kiinteistöissä hallitsevin lämmitysmuoto on kaukolämmitys. Sähkö- ja öljylämmitysjärjestelmiä on puolet sekä maalämpöjärjestelmiä on yksi. Tällöin perustuen Sulkavan alueen kahteen lämpölaitokseen, tuotetaan lämpölaitoksilla Sulkavan kunnalle noin puolet työssä käsiteltyjen kohteiden lämmitysenergiasta. Öljylämmitteisten kohteiden osalla lämmitysenergia kohteille saadaan öljystä sekä maalämpö- ja sähkölämmityksen kohteissa sähköenergiasta. Parannettaessa energiatehokkuutta kaukolämmitteisissä kiinteistöissä, on sillä vaikutusta lämmitysenergian osalta Keskuskoulun sekä Vilkaharjuntien lämpölaitoksiin. Parannettaessa energiatehokkuutta puolestaan öljylämmitteisissä kiinteistöissä, on sillä vaikutusta lämmitysenergian osalta tarvittavaan lämmitysöljyn määrään. Puolestaan kiinteistöissä, joissa kiinteistön lämmitysenergia tuotetaan täysimääräisesti sähköenergialla, vaikuttavat energiatehokkuustoimenpiteet niissä tarvittavan sähköenergian määrään.

Seuraavasta kuvasta 9. nähdään ilmanvaihtojärjestelmien osuudet Sulkavan kunnassa. Sulkavan kunnassa lämmöntalteenotolla varustettuja kiinteistöjä on 42 %. Muissa kiinteistöjen ilmanvaihtojärjestelmissä lämmöntalteenottoa ei ole. Tällöin lämmöntalteenottojärjestelmien harkitseminen rakennusten ilmanvaihtojärjestelmiin olisi mahdollinen 58 % kunnan kiinteistöistä.



Kuva 9. Sulkavan kunnan ilmanvaihtojärjestelmät

Liittyen varsinaisiin rakennusten vaipan energiatehokkuustoimenpiteisiin, rakennusvuodet Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta on koostettu taulukoihin 1. ja 4. Pääsääntöisesti uudemmissa rakennuksissa energiatehokkuus rakennuksen vaipan osalta on parempaa ja vanhemmissa heikompaa. Perustuen koottuihin rakennusvuosiin, voidaan rakennusvuosien osalta energiatehokkuutta arvioida, joista varsinainen rakennuksen energiatehokkuus tulee kuitenkin selvittää kohdekohtaisesti. Tämä johtuu siitä, että rakennusten vaipan energiatehokkuutta on voitu muuttaa varsinaisen rakennusvuoden jälkeen. Tällöin rakennusten rakennusvuosista voi ottaa suuntaviivoja rakennusten vaipan energiatehokkuuteen.

Taulukkoon 13. on koottu työssä käsiteltyjen energiatehokkuustoimenpiteiden (kappaleet 5.1–5.5) vuosittaiset energiansäästöt. Taulukossa 13. ilmanvaihdon tarpeen mukaisen ohjauksen energiansäästönä ovat yhteenlasketut säästöt lämmitys- ja sähköenergian osalta. Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteistä energiansäästö kattaa säästön öljylämmityksen, kuten myös lämpöpumppujen osalta. LTO – IV – saneerauksen osalta energiansäästö kattaa kaukolämmön- ja öljynkulutuksen. Ilmanvaihdon tarpeen mukaisen ohjauksen osalta säästöt kattavat kaukolämmön- ja sähköenergiankulutuksen. Yleisten järjestelmien energiansäästö koskee sähköenergiankulutusta. Taulukosta 13. nähdään että toteutettaessa kaikki tässä diplomityössä lasketut energiatehokkuustoimenpiteet olisi yhteenlaskettu energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettava säästö vuotuisesti noin 643 110 kWh.

Toimenpide	Vuotuinen energiansäästö (kWh)
Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus	90 100
LTO – IV - Saneeraus	52 100
Lämpöpumput	423 500
Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteet	8 410
Yleisten järjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet	69 000
Yhteensä	643 110

Taulukko 13. Vuosittaiset energiansäästöt toimenpiteittäin

Taulukossa 13. olevat tulokset ovat laskettu kohdekohtaisten energiansäästöjen mukaan. Lämpöpumppujen energiansäästö on laskettu perustuen Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kohteiden lämmitysenergiankulutukseen, joka huomioi myös lämmöntuotannon hyötysuhteen. Energiatehokkuustoimenpiteistä muut perustuvat energiatehokkuustoimenpiteillä pienennettävään lämmitysenergiatarpeeseen.

Seuraavaan taulukkoon 14. on koostettu energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettavat edut hiilineutraaliudessa. Sähköenergiankulutuksen osalta päästövähennemät ovat laskettu Sulkavan kunnan arvioidulla sähkön päästökertoimella 87 g CO_{2e} / kWh. Kaukolämmön päästökertoimena on käytetty 223 g CO_{2e} / kWh ja öljylämmityksen päästökertoimena on käytetty puolestaan 306 g CO_{2e} / kWh. Päästökertoimet kaukolämmölle sekä öljylämmitykselle on haettu Suomen Ympäristökeskuksen sekä Ympäristöministeriön rakentamisen päästötietokannasta /30/. Öljylämmityksen päästökertoimena on käytetty erillislämmityksen päästökertoiminta vuodelta 2020.

Toimenpide	Vaikutus CO ₂ (kg)
Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus	15 982
LTO – IV - Saneeraus	13 780
Lämpöpumput	129 591
Rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteet	2 573
Yleisten järjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet	6 368
Yhteensä	168 294

Taulukko 14. Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus hiilineutraaliuteen

7 Sulkavan kunnan polku kohti hiilineutraaliutta

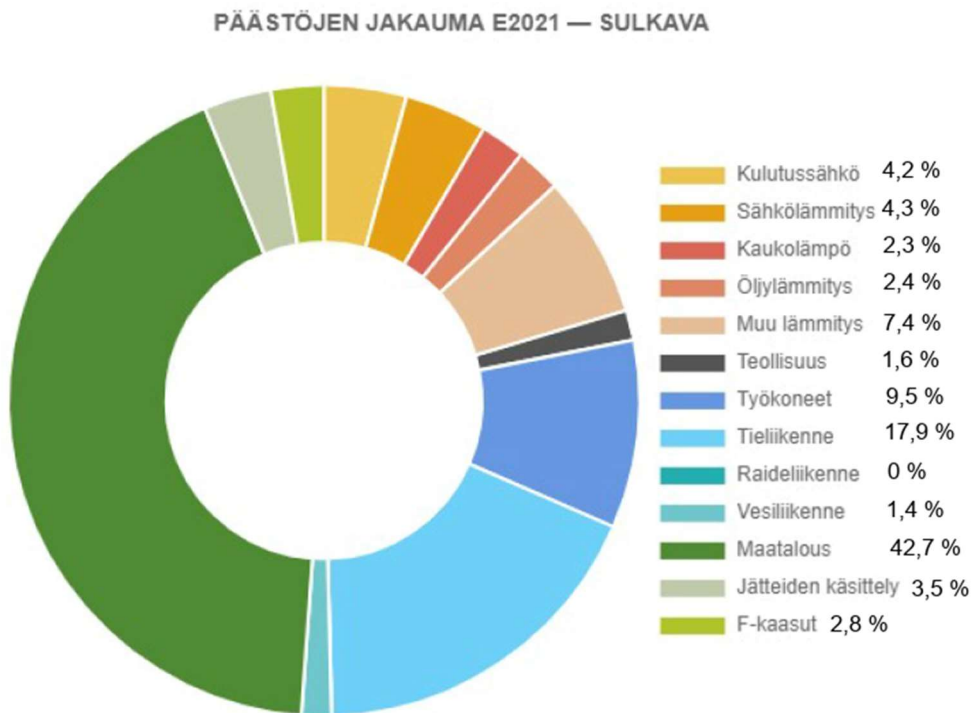
Hiilineutraaliudella tarkoitetaan hiilidioksidipäästöjen tuottamista sen verran, kun niitä voidaan ilmakehästä sitoa takaisin hiilinieluihin /31/. Puhuttaessa tässä työssä päästöistä, tarkoitetaan sillä Sulkavan alueella syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä, joihin hiilidioksidi myös kuuluu. Päästöjen vaikuttavuutta kasvihuoneilmistöön voidaan verrata hiilidioksidiin, jolloin puhutaan hiilidioksidiekvivalentista ja jota merkitään merkinnällä CO₂e /32/. Tällöin puhuttaessa hiilidioksidiekvivalenteista, voi se sisältää hiilidioksidin lisäksi myös muita ilmastoon vaikuttavia päästöjä.

Työn osuudessa polku kohti hiilineutraaliutta keskityttiin Sulkavan kunnan alueen kasvihuonekaasupäästöihin sekä niiden kehitykseen. Sulkava kuuluu niin sanottuun Hinku – verkostoon, jonka tavoitteena on kasvihuonepäästöjen vähentäminen vuoden 2007 tasosta vuoteen mennessä 2030 noin 80 % /33/. Kuvasta 10. nähdään kuinka Sulkavan tavoite kohti Hinku – verkoston tavoitteita on kehittymässä. Kuvassa näkyvät Sulkavan Hinku – laskennan mukaiset kokonaispäästöt vuonna 2007 sekä vuonna 2021, josta nähdään, että vuodesta 2007 Sulkavan alueen kasvihuonepäästöt ovat laskeneet noin 26 %.

Sulkava Hinku-laskenta	Kokonaispäästöt 2007 (kt CO ₂ e)	Kokonaispäästöt E2021 (kt CO ₂ e)	Päästömuutos (%)	Päästöt per asukas 2007 (t CO ₂ e)	Päästöt per asukas E2021 (t CO ₂ e)	Päästömuutos per asukas (%)
Kulutussähkö	3,6	1,1	-69,9	1,2	0,4	-61,7
Sähkölämmitys	3,0	1,1	-63,3	1,0	0,5	-53,4
Kaukolämpö	0,2	0,6	205,0	0,1	0,2	287,5
Öljylämmitys	2,4	0,6	-73,8	0,8	0,3	-66,7
Muu lämmitys	1,9	1,9	0,5	0,6	0,8	27,7
Teollisuus	0,5	0,4	-22,1	0,2	0,2	-1,1
Työkoneet	2,9	2,5	-16,3	1,0	1,0	6,3
Tieliikenne	6,9	4,7	-32,8	2,2	1,9	-14,6
Raideliikenne	0,0	0,0		0,0	0,0	
Vesiliikenne	0,6	0,4	-45,4	0,2	0,1	-30,7
Maatalous	10,2	11,1	9,1	3,3	4,6	38,6
Jätteiden käsittely	1,3	0,9	-33,4	0,4	0,4	-15,4
F-kaasut	1,2	0,7	-37,9	0,4	0,3	-21,1
Tuulivoima	0,0	0,0		0,0	0,0	
Yhteensä	34,9	26,0	-25,6	11,3	10,7	-5,5

Kuva 10. Sulkavan kunnan Hinku – laskennan mukaiset kasvihuonepäästöt /34/.

Hinku – laskennan tuloksissa ei ole mukana päästökauppaan kuuluvien teollisuuslaitosten polttoaineiden käyttöä, teollisuuden jätteiden käsittelyä, teollisuuden sähköenergiankulutusta eikä kuorma- paketti- tai linja-autojen läpiajoliikenteestä syntyviä päästöjä. Kuvasta 11. nähdään, että suurimmat yksittäiset päästöt Sulkavalla alueellisesti syntyvät maataloudesta, jonka päästöt muodostavat kokonaisuudesta vuoden 2021 päästöistä noin 43 %. Seuraavana tulee tieliikenne, joka vastaa vuoden 2021 kokonaispäästöistä noin 18 % ja kolmantena tulevat alueella käytettävät työkoneet, jotka muodostavat samoin vuoden 2021 päästöistä noin 10 %.



Kuva 11. Päästöjen jakauma (ennuste) Sulkavalla vuonna 2021 /35/.

Näiden lisäksi päästöjen jakaumassa isona osana on muu lämmitys, jonka osuus päästöistä on noin 7,4 %. Muulla lämmityksellä tarkoitetaan kaasua, raskasta polttoöljyä, turvetta, hiiltä sekä asumisen palveluita /36/. Varsinainen kaukolämmitys, kuten tässäkin diplomityössä käsitellyt keskuskoulun sekä Vilkaharjuntien lämpölaitokset, ovat Sulkavan kokonaispäästöissä pieni osa, kuten myös öljylämmityksen osuus alueen kokonaispäästöistä.

Näissä mukana ovat kaukolämmitettävät kiinteistöt niin Sulkavan kuntakonsernin, Sulkavan Vuokratalot Oy:n kuin alueen yksityisessäkin omistuksessa olevat kiinteistöjen osalta. Koskien diplomityössä käsiteltyjä energiatehokkuustoimenpiteitä, koskettavat ne Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n energiankulutusta, joilla on merkitystä päästöjen jakaumassa pääosin sähkölämmitykseen, kulutussähköön, öljylämmitykseen sekä kaukolämmitykseen Sulkavan kunnan osalta.

Toteutettaessa siis Sulkavan kuntakonsernia tai Sulkavan Vuokratalot Oy:tä koskevia energiatehokkuustoimenpiteitä, niillä on pääosin vaikutus kunnan alueen kokonaispäästöihin vain Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta. Tällöin ne eivät kata kunnan päästöjen jakaumasta kuin osan.

Energiatehokkuustoimenpiteillä toki on vaikutusta kunnan alueella käytettävään kokonaisöljylämmityksen määrään, kaukolämmön määrään, kulutussähkön- sekä sähkölämmityksen osuuteen. Kunnan alueelta suurimmiksi yksittäisiksi päästölähteiksi muodostuvat maatalous, tieliikenne sekä työkoneet, jotka kattavat vuoden 2021 päästöistä kokonaisuudessaan noin 70 %. Tulevaisuudessa tärkeää kuitenkin on, että päästöjä myös näiden osalta vähennetään, jolloin tavoitteet Hinku – laskennan noin - 80 % tavoitetasosta vuoden 2007 päästöistä vuoteen 2030 mennessä saavutettaisiin.

Diplomityössä toteutettiin hahmotelmaa, kuinka Sulkavan kunta alueena voisi tavoitella nykytasoisista päästöistä Hinku – laskennan tavoitetasoa, jolloin päästöt alueella vähenisivät työn laadintahetken tasosta noin 54 %. Työssä ei käsitelty varsinaisia maataloudesta syntyviä päästöjä, muuten kuin Hinku – laskennan tulosten sekä Hinku – laskennan skenaariotyökälyn osalta, vaan lähestyttiin asiaa kulutussähkön, sähkölämmityksen, kaukolämmityksen, öljylämmityksen, muun lämmityksen, työkoneiden sekä tieliikenteen osalta. Tällöin yksittäiseksi suureksi liikenteen osuudelta olevaksi päästövähennystoimenpiteeksi nousee ensimmäisenä tieliikenteen sekä työkoneiden osuuden päästötön liikenne, jolla saavutettaisiin nykytasosta noin 27,4 % vähennys kokonaispäästöistä. Tällöin tavoitetasosta saavutettaisiin lähemmäs puolet. Tieliikenteen sekä työkoneiden päästöjä saataisiin huomattavasti pienemmäksi siten, että työkoneita sekä tieliikennettä sähköistettäisiin sekä keskityttäisiin niiden tarvitseman sähköenergian päästöttömään tuotantoon esimerkiksi juuri aurinkosähköllä, tuulivoimalla tai esimerkiksi tulevaisuudessa puhtaasti tuotetulla vedyllä.

Huomioiden kuitenkin Hinku – laskennan periaatteet sekä tässäkin kappaleessa mainitut seikat, joissa Hinku – laskennan työssä esitetyissä tuloksissa lasketaan päästökompensaatiota tuuli- ja aurinkoenergialle vuosittaisen sähkön päästökertoimen mukaisesti. Esimerkiksi maataloudesta syntyviä päästöjä voitaisiin käyttää hyödyksi alueellisen tieliikenteen tai työkonoiden osalta siten, että maataloudessa syntyviä päästöjä voitaisiin hyödyntää konkreettisesti enemmän mm. biokaasun osalta. Biokaasu keventäisi kynnystä nykyisten työkoneliikennemäärän säilyttämiseen. Lisäksi maataloudesta syntyviä päästöjä voitaisiin tehokkaammin käyttää maatalouden ylläpitämisessä siten, että kierto biokaasun osalta saataisiin tehokkaammaksi. Liittyen muun lämmityksen, öljylämmityksen tai kaukolämmityksen osuuteen, kunnassa kaukolämmityksestä syntyviä päästöjä voidaan pienentää siten, että rakennusten energiatehokkuutta tehostetaan energiatehokkuustoimenpitein.

Lisäksi voitaisiin harkita sähköenergiaa talveksi lämpöenergiaksi varaavan kaukolämpövaraston hankintaa, jonka tavoitteena olisi luovuttaa varaamansa sähköenergian lämpöenergiaksi. Tällöin esimerkiksi nyt keskuskoulun tai Vilkaharjuntien lämpölaitosten käyttämän metsähakkeen kokonaismäärä vähenisi.

Huomioiden sähköenergiaa ja sitä kautta lämpöenergiaa varaavissa kaukolämpöakuissa kuitenkin se, että ne tarvitsevat toimiakseen päästöttömästi nimenomaan puhtaasti tuotettua sähköenergiaa, jonka määrä vähentää esimerkiksi diplomityön laadintahetkellä olevan aurinkosähköpuiston osalta puhtaan energian käyttömäärää muihin kohteisiin. Tällöin harkittavaa verraten esimerkiksi sähköenergiaa lämpöenergiaksi varaaviin lämpövarastoihin, voisi järjestelmävaihtoehtona olla esimerkiksi maa- tai ilmavesilämpöpumput, joilla osan rakennusten tarvitsemasta lämmitysenergiantarpeesta tuotettaisiin. Tällöin varsinaista sähköenergiaa ei tarvittaisi varattavaksi lämmityksen yhteyteen yhtä paljon, kuin esimerkiksi sähköenergiaa ja sitä kautta lämpöenergiaa varaavissa kaukolämpöjärjestelmissä.

Sähkö- / lämpöenergiaa varaavilla järjestelmillä voisi tavoitella energian varastointia kesäaikaan Sulkavan kunnan alueelle rakenteilla olevalla aurinkosähköpuistolla käytettäväksi kylmempinä aikoina lämpöenergiana rakennusten lämmityksessä. Tällöin kesällä puhtaasti auringosta kerättyä sähköenergiaa saataisiin siirrettyä käytettäväksi kylmempinä aikoina esimerkiksi alueellisissa lämmitysratkaisuissa. Siirrettäessä Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteiset kiinteistöt kaukolämpöjärjestelmään, jossa mukana olisi sähköenergiaa talveksi lämpöenergiaksi varastoiva lämpövarasto, saavutettaisiin nykyisten Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kiinteistöjen kohdalla noin 635 MWh puhdasta lämmitysenergiaa.

Kohteiden tarvitsema lämmitysenergia olisi tällöin tuotettu kesäaikaan aurinkosähköpuistolla sähköenergiasta ja sitä purettaisiin lämpöenergiana käytettäväksi kylmempinä ajanjaksoina kiinteistöjen lämmitykseen.

Tällöin aurinkosähköpuiston mitoitus, noin kaksi kertaa Sulkavan vuoden 2021 sähköenergiankulutuksen verran (yhteensä 4500 MWh / vuosi), riittäisi vuositasolla kattamaan myös kunnan vuosittaisen sähköenergiankulutuksen lisäksi Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kiinteistöjen arvioidun vuotuisen lämmitysenergiamäärän. Tämä mahdollistuu, kun sähkö- ja sitä kautta lämpöenergiaa varaava varaustila pystyisi säilömään kesäaikaan aurinkosähköpuistolla tuotetun sähköenergian kesäaikaan kylmemmille vuoden ajanjaksoille. Tällöin nykyisten Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kohteiden lämmitysenergiatarpeen saisi verrattuna vuoden 2021 lämmitysenergiankulutukseen tuotettua pelkästään puhtaalla energialla. Tarkastelu on täysin hypoteettinen, eikä se diplomityön laadintilanteessa kata varmuutta järjestelmän toiminnasta siten, että kesäaikaan kerätty puhdas sähköenergia saataisiin siirrettyä täysimääräisesti tai edes osin, käytettäväksi lämpöenergiana talviajan kiinteistöjen lämmityksessä. Tilanteessa, jossa Sulkavalla tuotettaisiin Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kiinteistöjen osalta lämmitysenergia varaavalla kaukolämpöverkkoon liitetyllä järjestelmällä, tulisi alueelle rakentaa varsinainen kaukolämpöverkko sekä kaukolämpöjärjestelmään liitettävän varaavan akun kustannukset.

Kustannukset esimerkiksi erään vastaavia järjestelmiä suunnittelevan tahon mukaan olisivat työn laadintahetkellä noin 10 € / kWh /37/, tai mahdollisesti alle, jolloin vastaavan järjestelmän rakentaminen Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten rakennusten osalla, verraten vuoden 2021 lämmitysenergiankulutukseen, olisi varauduttava noin 6,35 miljoonan euron investointikustannuksiin. Tämän lisäksi huomioitavaksi tulisivat myös Sulkavan Vuokratalot Oy:n alueelle itse kaukolämpöverkoston rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Verraten tätä kohdekohtaisesti Sulkavan Vuokratalot Oy:n maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmiin ja niiden yhteyteen varattavaan kohdekohtaisesti noin 70 000 € investointikustannuksiin per. muutos / öljylämmiteinen kohde, saavutettaisiin viidellä maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmämuutoksella noin kahdeksantoista kertaa pienemmät investointikustannukset. Huomioiden kuitenkin se, että maa- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kustannukset määräytyvät tarkasteltavan kohteen teknisten ominaisuuksien sekä sen yhteydessä tehtävien muutostöiden mukaan.

Tällöin ne ovat tässä vertailussa maa- tai ilmavesilämpöpumppujärjestelmän osalta vain vertailukustannus, antamaan kuva lämpöpumppujärjestelmien ja sähköenergiaa lämmitysenergiaksi varaavan kaukolämpöakkujärjestelmän välisistä investointikustannuksista. Lopulliset investointikustannukset maa- tai ilmavesilämpöpumppumuutokselle muodostuvat rakennuksen- sekä sen teknisten järjestelmien ominaisuuksien mukaan sekä riippuen lämpöpumppujärjestelmän halutuista ominaisuuksista.

Tällöin tässä kappaleessa mainittu investointikustannus on tarkoitettu toimimaan apuna siinä, että investointikustannuksia kesältä sähköenergiaa talveksi lämmitysenergiaksi varaavan kaukolämpöakun ja maa- / ilmavesilämpöpumppujen osalla investointikustannuksia voidaan vertailla ja sitä kautta paremmin hahmottaa.

Arvioitaessa eroja sähköenergiaa talveksi lämmitysenergiana varastoivaan kaukolämpöakun ja maa- tai ilmavesilämpöpumppujärjestelmän kohdalla, voidaan lämpöpumpuilla Sulkavan Vuokratalot Oy:n viiden öljylämmitteisen kiinteistön kohdalla arvioituna noin 3. kylmäker-toimella, tuottaa haluttu lämmitysenergiantarve kiinteistöihin vuositason tarkasteltuna noin 210 MWh sähköenergiaa. Tällöin vuositason tarkastelussa sisältyisi myös uuden aurinkosähkøpuiston kaksinkertaiseen mitoitukseen verraten Sulkavan tämänhetkiseen sähköenergiankulutukseen. Talvella aurinkosähkøpuisto tuottaa kuitenkin vähemmän puhdasta sähköenergiaa, jolloin puolestaan kiinteistöjen lämmitysenergiantarve on suurimmillaan.

Tarkasteltaessa Sulkavan kunnan Hinku-laskennan tuloksia, luovuttaessa kaikesta kunnan alueella tapahtuvasta poltettavasta kaukolämmityksestä, öljylämmityksestä tai muusta lämmityksestä, saavutettaisiin Hinku-laskennan mukaan noin 12 % pudotus Sulkavan kunnan nykyisiin vuoden 2021 päästöihin. Huomioitavaa kuitenkin muun lämmityksen osalta on se, että suositeltavaa olisi kuitenkin se, että esimerkiksi kotitalouksissa sähkökatkojen varalta toimisi myös tulisija.

Lisäksi liittyen kaukolämmityksen korvaamiseen maa- tai ilmavesilämpöpumpuilla, olisi öljylämmityksen korvaaminen lämpöpumppujärjestelmillä myös säästöä verraten suoraan sähkölämmitykseen, osan lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta tullessa lämpöpumppujärjestelmissä maasta tai ulkoilmasta. Sama pätee myös sähkölämmityksen osuuteen, jossa osa sähkölämmityksen tarvitsemasta lämmitysenergiasta voitaisiin tuottaa tässä työssä käsitellyllä 3. lämpökertoimella, jolloin tarvittavaksi sähköenergiamääräksi lämpöenergiantuotantoon jäisi noin yksi kolmasosa nyt tarvittavasta sähköenergiankulutuksesta.

Mikäli työkoneiden, liikenteen, kaukolämmityksen, öljylämmityksen ja muun lämmityksen osalta päästöt karsittua pois, Hinku – verkoston mukaisista vuoden 2021–2030 välisistä tavoitteista olisi saavutettu noin 40 %. Lisättäessä tähän maataloudesta mahdollisesti vielä vähennettävät päästöt, voi 54 % päästövähennys Hinku – verkoston mukaisiin tavoitteisiin olla realistinen. Lämpöpumppujärjestelmien lisäksi sähkölämmityksen osuutta saadaan pienennettyäkunnan alueen asukkaiden omalla sähkökäytöllä / sähkökäyttötottumuksilla, jolloin myös kulutussähkön osuutta päästöistä saataisiin pienennettyä.

Liittyen aurinkopaneelientästäön vaikutuksiin kunnan tavoitteisiin kohti hiilineutraaliutta, arvioitiin uuden aurinkopaneelientästäön CO₂ – vähenemää Sulkavan kunnan alueen sähkön päästökertoimella 87 kg CO₂e / MWh. Suhteutettuna arviointi aurinkosähköpuiston toimitajan ilmoittamaan aurinkosähköpuiston vuotuisen CO₂ - vähenemään /16/, aurinkosähköpuiston Sulkavalle tuottama vuotuinen päästövähennys on noin 338 000 kg CO₂e. Suhteutettuna sitä kunnan kokonaispäästöihin vuoden 2021 tässä diplomityössä käsitellyissä tuloksissa, olisi aurinkosähköpuistolla vain marginaalinen osuus kunnan kokonaispäästöihin, jotka olivat vuonna 2021 26,0 kt CO₂e.

Suurimmat haasteet kunnalle tulevat todennäköisesti olemaan maatalouden päästöjen vähentäminen, tieliikenteen sekä työkoneiden sähköistäminen sekä muusta lämmityksestä vähentäminen. Tämä johtuu Sulkavan kunnasta alueena, jossa osa kunnan toiminnoista perustuu maatalouteen sekä sen ylläpitämiseen. Lisäksi tieliikenteen sekä työkoneiden osalta haasteita tuo todennäköisesti niiden sähköistäminen, puhtaan sähköenergian tai puhtaan vedyn hankkiminen.

Diplomityössä toimintaohjeeksi Sulkavalle annetaan tavoitteeksi kohti Hinku – verkoston 80 % - päästövähennyksiä vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä keskittyä maataloudesta, alueen liikenteestä sekä työkoneissa syntyviin päästöihin sekä etsimään ratkaisuja näiden suurimpien osa-alueiden päästövähennyksiin. Tämän lisäksi voidaan harkita niiden keskinäistä kompensointia siten, että vuoteen 2030 Hinku – verkoston mukaiset tavoitteet saavutetaan. Tämä edellyttää myös sitä, että kunnan hiilinielut säilyvät verraten tarkastelutasoon ennallaan. Lisäksi kuntaa suositellaan kiinnittämään huomiota hankinnoissaan hiilineutraaliuteen sekä panostamaan omassa esimerkissään muille kuntalaisille hiilineutraaliuteen, sähköisen liikenteen, sähköautojen latauspistokkeiden tai energiatehokkuustoimenpiteiden muodossa.

8 Johtopäätökset

Diplomityön tavoitteena oli tutkia Sulkavan kunnan energiatehokkuuden tehostamista sekä polkua kohti hiilineutraaliutta. Diplomiyössä käytiin läpi Sulkavan kunnan alueen LVI – ja energiatekniset järjestelmät Sulkavan kuntakonsernin, Sulkavan Vuokratalot Oy:n sekä kunnan yleisten järjestelmien osalta. Tämän lisäksi työssä suoritettiin laskennallinen tarkastelu energiankulutusten osalta Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin. Laskennallisia tuloksia verrattiin Sulkavan kunnalta saatuihin tietoihin toteutuneista kunnan vuoden 2021 energiankulutuksista.

Sulkavan kuntakonsernin osalta tarkastelun tulokset olivat yhteneväisempiä, kun puolestaan Sulkavan Vuokratalot Oy:n osalta tarkastelun tuloksissa oli hajontaa. Hajonnan oletettiin johtuvan Sulkavan Vuokratalot Oy:tä koskevasta tarkastelusta, joka perustui referenssikohteeseen, josta laskettuja tuloksia sovellettiin myös muihin Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin. Tällöin erot useamman kiinteistön laajuusteknisissä ominaisuuksissa sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n laskennallisen tarkastelun toteutustavassa, oletettiin aiheuttavan erot laskennallisten ja toteutuneiden energiankulutusten välillä. Samalla tehtiin myös johtopäätös, että tarkasteltaessa laskennallisesti kiinteistömassoja, kuten Sulkavan Vuokratalot Oy:n kohteita, tulee tarkastelu laskennallinen tarkastelu toteuttaa aina kiinteistökohtaisesti, kuten Sulkavan kuntakonsernin kohdalla.

Lisäksi laskennallisen tarkastelun tarkoituksena oli hahmottaa miltä osin laskennalliset sekä toteutuneet rakennusten energiankulutukset ovat verrannollisia. Tämän lisäksi laskennallisen tarkastelun tarkoituksena oli perehtyä Sulkavan kunnan alueen järjestelmiin, jotta työssä käsiteltyjä energiatehokkuustoimenpiteitä pystyttiin paremmin käymään läpi. Perustuen laskennallisesta tarkastelusta saatuihin tietoihin, kohdennettiin energiatehokkuustoimenpiteitä Sulkavan kunnan sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin siten, että Sulkavan kunnalla sekä mahdollisesti kunnan asukkailla on mahdollista ottaa energiatehokkuustoimenpiteistä mallia. Tällöin voitiin hahmotella kohdekohtaisia energiatehokkuustoimenpiteitä, niillä saatavia energiansäästöjä sekä toimenpiteistä mahdollisesti syntyviä kustannuksia.

Diplomityössä käytiin läpi Sulkavan kunnan yleisten järjestelmien toiminta sekä niiden osuudet kunnan energiankulutuksesta siten, että järjestelmistä saatiin kokonaiskäsitys vuoden 2021 energiankulutuksista. Liittyen kunnan yleisten järjestelmien energiantehokkuustoimenpiteisiin, käytiin työssä läpi Sulkavan toteuttama suunnitelma katuvalaistuksen uusintaan, jonka pohjalta hahmoteltiin mahdollista katuvalaistuksen uusinnalla saavutettavia energiansäästöjä. Johtuen kuitenkin kunnan suunnitelmasta hajauttaa investointi katuvalaistuksen uusintaan useammalle vuodelle, varsinaisiin kustannuksiin liittyen katuvalaistuksen uusintaan ei otettu kuitenkaan kantaa. Tällöin katuvalaistuksen osalta arviotiin ainoastaan katuvalaistuksella saavutettavaa säästöä perustuen Sulkavan kunnan diplomityön laadintahetkiseen sähkön hintaan. Sähkön hintana diplomityössä käytettiin kunnassa loppuvuodesta 2022 sekä alkuvuodesta 2023 vallinnutta sähkön hintaa.

Liittyen diplomityön osuuteen polku kohti hiilineutraaliutta, käytiin työssä läpi Sulkavan kunnan kasvihuonekaasupäästöt perustuen Hinku – laskentaan sekä sen siitä saatuihin tietoihin eri päästölähteiden määrästä sekä niiden jakautumisesta kunnan alueelle. Perustuen Hinku – laskennan tuloksiin, pystyttiin arvioimaan isoimmat päästölähteitä aiheuttavat toiminnot kunnassa sekä tekemään tämän perusteelta johtopäätöksiä, mihin kunnan tulisi tulevaisuudessa keskittyä tavoitellessaan hiilineutraaliutta. Liittyen Sulkavalle diplomityön laadintahetkellä käynnissä olleeseen aurinkosähköpuistohankkeeseen, pystyttiin perustuen aurinkosähköpuiston toimittajalta saatuihin tietoihin arvioimaan aurinkosähköpuiston vuosittaista tuotantoa sekä tuotannon jakautumista eri vuodenaikoina. Tämän lisäksi työn yhteyteen saatiin myös tieto siitä, millainen vaikutus aurinkosähköpuistolla on kunnan alueen päästöihin.

Varsinaisten energiatehokkuustoimenpiteiden osalta käsiteltiin rakennusten ilmanvaihtoon, rakennusten lämmitykseen sekä rakennuksen vaipan energiatehokkuustoimenpiteisiin liittyviä energiatehokkuustoimenpiteitä. Ilmanvaihdon osalta käsiteltiin ilmanvaihdon tilakohdasta tarpeenmukaista ohjausta, ilmanvaihdon käyntiaikojen tarkastamista sekä LTO – IV – saneerauksen toteuttamista. Lisäksi lämpöpumppujen osalta hahmoteltiin maa- sekä ilma-vesilämpöpumpuilla saavutettavia etuja energiatehokkuudessa sekä rakennuksen vaipan osalta yläpohjan lisälämmöneristämistä.

Toimenpiteitä käsiteltiin esimerkkikohteiden osalta, jolloin niistä on saatavissa mallia myös muualle Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin. Tällöin diplomityössä esitetyt toimenpiteet toimivat suuntaviivoina toteutettavista toimenpiteistä, mutta toimenpiteiden tarkka soveltuvuus tulee tarkastella erikseen.

Liittyen työn yhteydessä käsitelyihin yksittäisiin energiatehokkuustoimenpiteisiin, kuten ilmalämpöpumppuihin tai valtuustosalin ilmanvaihdon energiatehokkuustoimenpiteisiin, tulee myös yksittäiset energiatehokkuustoimenpiteet ottaa huomioon tarkasteltaessa kunnan energiatehokkuutta kokonaisuudessaan. Tällöin saavutetaan myös yksittäisillä energiatehokkuustoimenpiteillä tai nykyisten tekniikan muutostöillä etua energiatehokkuudessa.

Vaikka diplomityöstä rajattiin pois kiinteistöjen sähköjärjestelmien energiatehokkuustoimenpiteet, tulisi tarkasteltaessa kunnan energiatehokkuutta huomioida työssäkin mainitut sähköjärjestelmien tarpeenmukaisuudet sekä niiden mahdolliset automatisoidut ohjaukset siten, että valaistukseen tarvittava teho sekä valaistuksen käyttöajat huomioidaan. Tällöin vältetään tilanteilta, joissa energiaa käytettäisiin silloin kuin sen käyttöön ei ole perusteita. Sama koskee ilmanvaihtoa, jossa tässäkin työssä mainitulla ilmanvaihdon tarpeenmukaisella tilakohtaisella ohjauksella viitataan.

Liittyen myös muihin diplomityön yhteydessä syntyneisiin jatkotutkimusajatuksiin, tulisi jatkotutkimuksessa Sulkavan kunnan osalta perehtyä tarkemmin järjestelmiin, joilla varastoidaan kesällä sähköenergiaa lämpöenergiaksi. Vastaavan järjestelmän toiminta tulisi tarkemmin todentaa sekä tehdä johtopäätökset siitä, vastaisiko se kunnan käyttötarkoitusta. Lisäksi järjestelmän kustannusten muodostuminen tulisi tarkemmin selvittää. Tällöin diplomityön yhteydessä ollutta ajatusta Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisien kiinteistöjen yhteyteen rakennettavasta kaukolämpöverkosta, voitaisiin tarkemmin viedä eteenpäin sekä sillä saavutettavia etuja todentaa. Samalla riskejä koskien vastaavan järjestelmän investointia voitaisiin pienentää. Perustuen kuitenkin Sulkavan tämänhetkiseen tilanteeseen ja rakenteilla olevaan aurinkosähköpuistoon, ajatus siitä, että kesällä saataisiin varastoitua ns. puhtaasta aurinkosähköpuistolla tuotettua energiaa talveksi ns. puhtaaseen lämmitykseen tukee ajatusta hiilineutraaliudesta.

Tällöin kuitenkin ennen varsinaista investointipäätöstä vastaavaan järjestelmään, tulisi järjestelmän tarkemmat hyötysuhteet selvittää sekä vertailla järjestelmä tarkemmin myös muihin vaihtoehtoihin, kuten kiinteistökohtaisiin maa- tai ilma-vesilämpöpumppujärjestelmiin.

Liittyen lisäksi Sulkavan Vuokratalot Oy:n öljylämmitteisten kiinteistöjen muutokseen, jossa tulevaisuudessa muutosalueen kiinteistöjä palvelisi kaukolämpöverkko, tulisi öljylämmitteisiin kiinteistöihin asentaa kaukolämmön alajakokeskukset, jotka osaltaan lisäävät myös investointikustannuksia.

Tässä diplomityössä käsiteltiin kunnan energiatehokkuustoimenpiteistä vain osaa. Tällöin jatkotutkimuksessa liittyen Sulkavan kuntaan, voitaisiin luoda tasomäärittely, jonka kautta käyttäen hyväksi tässäkin työssä mainittuja energiatehokkuustoimenpiteitä, saataisiin tarkempi kuva kuntaan kokonaisuudessaan toteutettavista energiatehokkuustoimenpiteistä tai kunnan alueen koko energiatehostuspotentiaalista. Tällöin saataisiin tarkempi alueellinen kuva niillä saavutettavista energiansäästöistä. Lisäksi tasomäärittelyssä voitaisiin huomioida myös toimenpiteiden kustannukset, jolloin myös niiden konkreettista toteuttamista voitaisiin tarkemmin tarvittaessa budjetoida sekä takaisinmaksuaikaa hahmottaa laajemmin.

Perustuen tässäkin diplomityössä käsiteltyihin Sulkavan kuntakonsernin sekä Sulkavan Vuokratalot Oy:n kiinteistöihin sekä niiden rakennusvuosiin, voidaan sanoa, että varoja energiatehokkuuteen on kunnassa kokonaisuudessaan laajemminkin. Tämä perustuu rakennusten rakennusvuosiin sekä rakentamisen määräystasoon, jossa uudemmat rakennukset ovat pääsääntöisesti vanhoja energiatehokkaampia. Tätä tietoa sekä toimenpiteiden toteuttamista tulisi kuitenkin käsitellä vielä laajemmassa mittakaavassa, jolloin tarkempaa tietoa vastaavien toimenpiteiden toteutettavuudesta muissakin Sulkavaa vastaavissa kunnissa voitaisiin soveltaa. Tällöin saataisiin tietoa siitä, kuinka paljon esimerkiksi Sulkavan kuntaa vastaavassa kunnassa voisi olla potentiaalia energiatehokkuuden tehostamiseen, jolloin tutkimuksen kattavuus olisi laajempi. Huomioiden kuitenkin tässäkin tapauksessa se, että varsinaiset kunnissa olevat järjestelmät sekä tarkasteltavan kunnan rakennuskanta voivat poiketa toisistaan. Diplomityön toteutuksen yhteydessä saatiin selvitettyä Sulkavan kunnan LVI- sekä energiatekniset järjestelmät sekä Sulkavan kunnan yleiset järjestelmät sillä tarkkuudella kuin tarkasteltavien kohteiden osalta oli työn laajuuden puitteissa mahdollista.

Perustuen diplomityön osuuteen energiatehokkuuden tehostaminen, saatiin laadittua toimenpidesuosituksia kunnan energiatehokkuuden tehostamiseen huomioiden toimenpiteiden aiheutuvat kustannukset sekä niiden muodostuminen. Näiden selvitysten perusteella kunnan on mahdollista lähteä jatkoselvittämään toimenpiteiden laajempaa toteuttamista.

Perustuen diplomityön osuuteen energiatehokkuuden tehostaminen, saatiin työn yhteydessä laadittuja suuntaviivoja energiatehokkuuden tehostamiseen. Lisäksi työn yhteydessä nousi esiin yksittäisiä paikkoja energiatehokkuuden tehostamiseen, kuten virastotalon koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän osalta. Diplomityö kattoi pääosin energiatehokkuuden tehostamisen osalta Sulkavan kuntakonsernin, eikä näin yksityisessä omistuksessa olevia kiinteistöjä. Toimenpiteistä myös kuntalaisten on kuitenkin mahdollista ottaa tulevaisuudessa mallia toiminnassaan energiatehokkuuden tehostamiseen sekä asioihin, joihin kiinnittää huomiota.

Samoin myös liittyen diplomityön osuuteen polku kohti hiilineutraaliutta, saatiin diplomityössä selville, mitkä osuudet Sulkavan kunnasta perustuen alueellisiin kasvihuonekaasupäästöihin ovat merkittävimmät ja joihin kunnan on tulevaisuudessa toiminnassaan hyvä kiinnittää huomiota.

Kokonaisuutena diplomityön laadinnasta sai hyvän käsityksen Sulkavan alueen energiateknisistä järjestelmistä sisältäen kunnan yleiset järjestelmät sekä rakennusten LVI- sekä automaatiojärjestelmät. Tämän lisäksi diplomityö toimi opettavana tehtävänä liittyen energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamiseen myös yksittäisiä kiinteistöjä laajemmassa mittakaavassa. Liittyen lisäksi energiatehokkuustoimenpiteiden tuottamaan alueelliseen vaikutukseen koskien hiilineutraaliustavoitteita, diplomityön kautta sai tietoa sekä työn osalta muodostui parempi kokonaiskäsitys siitä, kuinka eri toiminnot kuntatasolla tai laajemmassa alueellisessa mittakaavassa vaikuttavat hiilineutraaliustavoitteisiin.

Diplomityön voidaan sanoa olleen laadinnan osalta mielenkiintoinen sekä antaneen lähtökohtia myös tulevaisuudessa huomioitaviin asioihin sekä niiden soveltamiseen. Lisäksi diplomityön toteuttamisesta sai lähtökohtia myös liittyen Suomen työn laadintahetkiseen ilmastopolitiikkaan, jossa Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä.

Lähteet

1. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E – luvun) määrittäminen energiatodistuksessa (Liite 1). [verkkoaineisto] [viitattu 4.12.2022] Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>
2. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. [verkkoaineisto] [viitattu 11.11.2022] Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>
3. Kiinteistökierrös Sulkavan keskustan alueella sijaitseviin Sulkavan kuntakonsernin kiinteistöihin sekä kunnan kiinteistöistä vastaavan edustajan haastattelu 10.11.2022. [viitattu 10.11.2022]
4. Sulkavan kunnan edustajalta saadut tiedot kunnasta, tavoitteista, tekniikasta, järjestelmistä sekä kunnan hallinnoimista kiinteistöistä. [Kunnalta saatu lähdeaineisto] [viitattu 2.12.2022]
5. Sulkava-tietoa. Sulkavan kunnan verkkosivut [verkkoaineisto] [viitattu 3.12.2022] Saatavissa: <https://sulkava.fi/>
6. Järvi-Saimaan Palvelut Oy kotisivut / palvelut. [verkkoaineisto] [viitattu 1.12.2022] Saatavissa: <https://www.jarvisaimaanpalvelut.fi/palvelut/>
7. Sulkavan Energia Oy kotisivut. [verkkoaineisto] [viitattu 1.12.2022] Saatavissa: <https://www.sulkavanenergia.fi/>
8. Liiteri.ymparisto.fi tietopalvelun karttapohja, jossa Sulkavan kunnan aluerajat. [verkkoaineisto] [viitattu 2.12.2022] Saatavissa: <https://liiteri.ymparisto.fi/>
9. Ilmastoinnin suunnittelu. Olli Seppänen. Forssan Kirjapaino Oy 2004. [lähdekirjallisuus] [viitattu 3.12.2022]
10. Vesikiertoinen patterilämmitys. LVI – kortti 12–10343. RT tietoväylä. [LVI – kortti] [viitattu 3.12.2022]

11. Vesikiertoinen lattialämmitys. RT – kortti 52–10801. RT tietoväylä. [RT – kortti] [viitattu 3.12.2022]
12. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Raportti. Ilmatieteen laitos. [verkkoaineisto] [Viitattu 5.12.2022] Saatavissa: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia53-3.pdf>
13. Bioenergianeuvoja. Muuntokertoimet. [verkkoaineisto] [viitattu 8.12.2022] Saatavissa: <https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/polttopuu/puu/>
14. Bioenergianeuvoja. Energia-arvo ja muuntokertoimet [verkkoaineisto] [viitattu 3.12.2022] Saatavissa: <https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/hake/>
15. Metsähaketta käyttävät voimalaitokset Kaakkois – Suomessa. Tietokanta. Metsäkeskus sekä LUT – yliopisto. [verkkoaineisto] [viitattu 13.12.2022] Saatavissa: <https://storymaps.arcgis.com/stories/c18bd42b997944a99f66a16cdb1019c4>
16. Sulkavan kunnan oma sähkönkulutus kokonaan aurinkosähköpuistosta ensimmäisenä kuntana Suomessa. Solarigo Systems Oy. Tiedote. [verkkoaineisto] [viitattu 3.12.2022] Saatavissa: <https://www.solarigo.fi/post/sulkavan-kunnan-oma-sahkonkulutus-kokonaan-aurinkosahkopuistosta-ensimmaisena-kuntana-suomessa>
17. Maanmittauslaitos Ilmakuva Sulkava. Karttapohja. [verkkoaineisto] [viitattu 10.12.2022] Saatavissa: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>
18. Routa Etelä-Savon alueella 2021–2022. Sulkavan kunta routaraja maksimi 1981–2010. [verkkoaineisto] [viitattu 12.12.2022] Saatavissa: <https://www.i3.ymparisto.fi/i3/kktiedote/FIN/2021/routa/ESA.htm>
19. Koulun ilmastointijärjestelmien simulointi ja puhallinenergian laskentatyökalu. Pekka Toiviainen. Opinnäytetyö. [verkkoaineisto] [viitattu 12.12.2022] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46937/toivanen_pekka.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Haahtela & Kiiras. [lähdeaineisto] [viitattu 3.1.2023]
21. Tarjoushintaindeksi kesä 2022. Muu Suomi. [verkkoaineisto] [viitattu 8.1.2023] Saatavissa: <https://www.haahtela.fi/fi/haahtela-tarjoushintaindeksi/>

22. Ilmavirtaukset rakennuksessa. Sisäilmayhdistys Ry. [verkkoaineisto] [viitattu 2.2.2023] Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>
23. Lämpöpumppujen valinta eri kohteisiin. Motiva Oy. [verkkoaineisto] [viitattu 20.2.2023] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumppujen_hankintaopas_kunnille_ja_taloyhtiaille/lampopumppujen_valinta_eri_kohteisiin
24. Maalämpöpumppu (MLP). Motiva Oy. [verkkoaineisto] [viitattu 20.2.2023] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu
25. Poistoilmalämpöpumppu (PILP) Motiva Oy. [verkkoaineisto] [viitattu 20.2.2023] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu
26. Rakenteellinen energiatehokkuus avuksi ilmastopäästöjen vähentämisessä. Vaino, Ojanen, Hakkarainen, Ala-kotila, Heimonen, Vainio-Kaila. 2022. [verkkoaineisto] [viitattu 21.2.2023] Saatavissa: https://www.eristeteollisuus.fi/wp-content/uploads/Vahahiilinen_rakentaminen_opas_01112022_web.pdf
27. Myllyojan katuvalaistuksen testikentän raportti. Oulun tekninen keskus. [verkkoaineisto] [viitattu 22.2.2023] Saatavissa: <https://www.oukapalvelut.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=669>
28. Walkia. Led katuvalo – tehokas, turvallinen ja ekologinen. [verkkoaineisto] [viitattu 22.2.2023] Saatavissa: <https://www.walkia.fi/blogi/led-katuvalo/>
29. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Energiatodistusoppaan 2018 liite. Ympäristöministeriö. [verkkoaineisto] [viitattu 23.2.2023] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/energiatodistusten_laatijat/energiatodistusten_laskentaohjeet_2018
30. Rakentamisen päästötietokanta. Suomen Ympäristökeskus. Ympäristöministeriö. [verkkoaineisto] [viitattu 3.4.2023] Saatavissa: <https://co2data.fi/rakentaminen/>

31. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? Euroopan parlamentti. [verkkoaineisto] [viitattu 3.4.2023] Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>
32. Hiilidioksidiekvivalentti. Tilastokeskus. Käsitteet. [verkkoaineisto] [viitattu 5.4.2023] Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/hiilidioksidiek.html>
33. Hinku – verkosto. Hiilineutraalisuomi.fi. [verkkoaineisto] [viitattu 1.3.2023] Saatavissa: <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/hinku/>
34. Sulkavan kunta 2007–2030 Hinku – skenaariotyökalu. [verkkoaineisto] [viitattu 2.3.2023] Saatavissa: <https://skenaario.hiilineutraalisuomi.fi/>
35. SYKE – kuntien ja alueiden KHK – päästöt. Sulkava. [verkkoaineisto] [viitattu 2.3.2023] Saatavissa: https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/#fi_kunta768
36. Hyväksyttävät päästöhyvitysmenettelyt Hinku – laskennassa, versio 11/2020. [verkkoaineisto] [viitattu 2.3.2023] Saatavissa: [https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Paastot_ja_indikaattorit/Kuntien_ja_alueiden_kayttoperusteiset_kasvihuonekaasupaastot/Kayttoperusteisen_paastolaskennan_menete\(50082\)](https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Paastot_ja_indikaattorit/Kuntien_ja_alueiden_kayttoperusteiset_kasvihuonekaasupaastot/Kayttoperusteisen_paastolaskennan_menete(50082))
37. Polar Night Energy Oy. Technology. Store wind and solar power as heat in sand. [verkkoaineisto] [viitattu 2.3.2023] Saatavissa: <https://polarnightenergy.fi/technology>

Liite 1. Keskuskoulun yhdistetyn IV – koneen vuotuinen lämmitysenergiantarve

YHDISTETYN IV - KONEEN TUULILAMAN LÄMMITYSTEHOANTARVE LÄHTÖTILANNE													
KUUKAUSI	T _{u,mit} (°C)	h / Kk	Q _v (m ³ /s)	T _{sp} (°C)	T _s (°C)	n LTO	T _{ho, mit} °C	dT LP	ρ (kg/dm ³)	C _{pi} (kJ/kgK)	ϕ _{ip} (kW)	E / Kk (kWh/h)	
Tammikuu	-5,1	320	4,2	18	22	0,55	9,805	8,195	1,2	1	41,3028	3304,224	
Helmi	-10,2	320	4,2	18	22	0,55	7,51	10,49	1,2	1	52,8696	4229,568	
Maaliskuu	-5,4	320	4,2	18	22	0,55	9,67	8,33	1,2	1	41,9832	3358,556	
Huhtikuu	3	320	4,2	18	22	0,55	13,45	4,55	1,2	1	22,932	1834,56	
Toukokuu	14	320	4,2	18	22	0,55	18,4	-	1,2	1	-	-	
Kesäkuu	14,1	80	4,2	18	22	0,55	18,445	-	1,2	1	-	-	
Heinäkuu	21	80	4,2	18	22	0,55	21,55	-	1,2	1	-	-	
Elokuu	17	80	4,2	18	22	0,55	19,75	-	1,2	1	-	-	
Syyskuu	11,5	80	4,2	18	22	0,55	17,275	0,725	1,2	1	3,654	292,32	
Lokakuu	4,9	80	4,2	18	22	0,55	14,305	3,695	1,2	1	18,6228	1489,824	
Marraskuu	0,2	80	4,2	18	22	0,55	12,19	5,81	1,2	1	29,2824	2342,592	
Joulukuu	-4	80	4,2	18	22	0,55	10,3	7,7	1,2	1	38,808	3104,64	
YHTEENSÄ												79825,536	
YHDISTETYN IV - KONEEN TUULILAMAN LÄMMITYSTEHOANTARVE LOPPUKILANNE													
KUUKAUSI	T _{u,mit} (°C)	h / Kk	Q _v (m ³ /s)	T _{sp} (°C)	T _s (°C)	n LTO	T _{ho, mit} °C	dT LP	ρ (kg/dm ³)	C _{pi} (kJ/kgK)	ϕ _{ip} (kW)	E / Kk (kWh/h)	
Tammikuu	-5,1	80	4,2	18	22	0,55	9,805	8,195	1,2	1	41,3028	3304,224	
Helmi	-10,2	80	4,2	18	22	0,55	7,51	10,49	1,2	1	52,8696	4229,568	
Maaliskuu	-5,4	80	4,2	18	22	0,55	9,67	8,33	1,2	1	41,9832	3358,556	
Huhtikuu	3	80	4,2	18	22	0,55	13,45	4,55	1,2	1	22,932	1834,56	
Toukokuu	14	80	4,2	18	22	0,55	18,4	-	1,2	1	-	-	
Kesäkuu	14,1	80	4,2	18	22	0,55	18,445	-	1,2	1	-	-	
Heinäkuu	21	80	4,2	18	22	0,55	21,55	-	1,2	1	-	-	
Elokuu	17	80	4,2	18	22	0,55	19,75	-	1,2	1	-	-	
Syyskuu	11,5	80	4,2	18	22	0,55	17,275	0,725	1,2	1	3,654	292,32	
Lokakuu	4,9	80	4,2	18	22	0,55	14,305	3,695	1,2	1	18,6228	1489,824	
Marraskuu	0,2	80	4,2	18	22	0,55	12,19	5,81	1,2	1	29,2824	2342,592	
Joulukuu	-4	80	4,2	18	22	0,55	10,3	7,7	1,2	1	38,808	3104,64	
YHTEENSÄ												19956,384	

Liite 2. Keskuskoulun yhdistetyn IV – koneen vuotuinen sähköenergiatarve

YHDISTETYN IV - KONEEN SÄHKÖENERGIANTARVE LÄHTÖTILANNE					
KUUKAUSI	h / kk	Q (m ³ /s)	SFP (kW/m ³ /s)	Ø säh (kW)	E / KK (kWh)
Tammikuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Helmi	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Maaliskuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Huhtikuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Toukokuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Kesäkuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Heinäkuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Elokuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Syyskuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Lokakuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Marraskuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
Joulukuu	320	4,2	2,5	10,5	3360,0
				YHTEENSÄ	40320
YHDISTETYN IV - KONEEN SÄHKÖENERGIANTARVE LOPPUTILANNE					
KUUKAUSI	h / kk	Q (m³/s)	SFP (kW/m³/s)	Ø säh (kW)	E / KK (kWh)
Tammikuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Helmi	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Maaliskuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Huhtikuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Toukokuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Kesäkuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Heinäkuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Elokuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Syyskuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Lokakuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Marraskuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
Joulukuu	80	4,2	2,5	10,5	840,0
				YHTEENSÄ	10080

Liite 3. Kustannusarvio ilmanvaihdon tilakohtainen ohjaus

KUSTANNUSARVIO ILMANVAIHDON TILAKOHTAINEN OHJAUS

Ilmanvaihtokoneet TK-1 sekä TK-4 muutetaan paineohjaukseen ja ala-asteen sekä lukion luokkatiloihin asennetaan uudet kanavistot, kanavisto-osat, ilmanvaihdon päätelaitteet tulo- ja poistoilmakanavointeihin sekä luokkatilakohtaiset ilmavirtasäätimet palvelemaan luokkatilojen tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Luokkatiloja nykyisin palvelevat kanavistot sekä päätelaitteet puretaan pois. Muutoksessa ei uusita luokkatiloja sekä näiden viereisiä käytäviä palvelevia ilmanvaihtokoneita TK-1 sekä TK-4.

Ilmanvaihtokoneita palvelevat säätökeskukset uusitaan. Yhteenlaskettu ilmavirta ilmanvaihtokoneille TK-1 sekä TK-4 on 4,2 m³/s. Alueellisena hintatasona Sulkavalle on käytetty kevään 2023 indeksiä muun Suomen alueena 98. Kustannusnousuvarauksena on käytetty 5 %.

TULOILMA

- Nykyisten tuloilmakojeiden kunnostus 6 – 10 m³/s. 1 kpl. 1200 €.
- IMS – järjestelmä (ilmamääräsäätäinen) ja paineohjattu vyöhykesäätö. Jatkuvasäätäinen tuloilma, 4 – 9 m³/s, taajuudenmuuttaja. 1 kpl. 5100 €.
- Lisähinnat IMS – säätimistä tai vyöhykesäädön sulkupelleistä 0,02 säädinparia / brm². 17 400 €.
- Tuloilmakanavat. Huonekohtainen tuloilmanjako ja poisto, mitoitusilmanvaihto 2,8 l/s / brm². 30 800 €.
- Kanavistosta suorakaidekanavia noin 30 %. 8000 € (varaus).
- Huonekohtainen ilmanjako (20 hum²). Tuloilma seinä- ja kattojakolaitteilla. Vakio-malliset ilmanjakolaitteet. 11 600 €.
- Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rakennukseen. Normaali. 1200 €.

- Uudet tuloilmakojeiden säätölaitteet ja käsittelytoiminnon säätölaitteet (ei sis. LTO:n säätölaitteita) sekä keskitetty valvontajärjestelmä molempiin ilmanvaihtokoneisiin. Uudet huonekohtaiset säätölaitteet. 9400 €.

POISTOILMA

- IMS – järjestelmä (ilmamääräsäätöinen) ja paineohjattu vyöhykesäätö. Jatkuvasäätöinen poistoilma, 4 – 9 m³/s, taajuudenmuuttaja. 1 kpl. 5100 €.
- Poistoilmakanavat. Huonekohtainen tuloilmanjako ja poisto, mitoitusilmanvaihto 2,8 l/s / brm². 17 600 €.
- Nykyisen kanaviston purku. 3100 €.
- Huonekohtainen ilmanjako (20 hum²). Poistoilma seinä- ja kattojakolaitteilla. Vakiomalliset ilmanjakolaitteet. 5600 €.
- Uudet poistoilmakojeiden säätölaitteet ja käsittelytoiminnon säätölaitteet (ei sis. LTO:n säätölaitteita) sekä keskitetty valvontajärjestelmä molempiin ilmanvaihtokoneisiin. 5700 €.

Yhteensä tulo- ja poistoilmanvaihto 121 800 € alv. 0 %.

Liite 4. LTO – IV – saneerauksen jälkeinen vuotuinen IV:n lämmitysenergiatarve

LTO - IV SANEERAUKSEN JÄLKEINEN VUOTUINEN IV:N LÄMMITYSENERGIATARVE													
KUUKAUSI	Tu,mit (°C)	h /kk	Qv (m³/s)	Tsp (°C)	Ts (°C)	nLTO	T to, mit °C	dTLP	p (kg/dm³)	Cpi (kJ/kgK)	ølp (kW)	E / Kk (kWh)	
Tammikuu	-5,1	730	0,42	18	22	0,55	9,805	8,195	1,2	1	4,13028	3015,1044	
Helmi	-10,2	730	0,42	18	22	0,55	7,51	10,49	1,2	1	5,28696	3859,4808	
Maaliskuu	-5,4	730	0,42	18	22	0,55	9,67	8,33	1,2	1	4,19832	3064,7736	
Huhtikuu	3	730	0,42	18	22	0,55	13,45	4,55	1,2	1	2,2932	1674,036	
Toukokuu	14	730	0,42	18	22	0,55	18,4	-	1,2	1	-	-	
Kesäkuu	14,1	730	0,42	18	22	0,55	18,445	-	1,2	1	-	-	
Heinäkuu	21	730	0,42	18	22	0,55	21,55	-	1,2	1	-	-	
Elokuu	17	730	0,42	18	22	0,55	19,75	-	1,2	1	-	-	
Syyskuu	11,5	730	0,42	18	22	0,55	17,275	0,725	1,2	1	0,3654	266,742	
Lokakuu	4,9	730	0,42	18	22	0,55	14,305	3,695	1,2	1	1,86228	1359,4644	
Marraskuu	0,2	730	0,42	18	22	0,55	12,19	5,81	1,2	1	2,92824	2137,6152	
Joulukuu	-4	730	0,42	18	22	0,55	10,3	7,7	1,2	1	3,8808	2832,984	
YHTEENSÄ											18210,2004		

Liite 5. Tilanne ennen LTO – IV – saneerausta vuotuinen lämmitysenergiantarve

TILANNE ENNEN LTO - IV - SANEERAUSTA LÄMMITYSENERGIANTARVE										
KUUKAUSI	Tu,mit (°C)	h / kk	Qv (m³/s)	Ts (°C)	ΔT	ρ (kg/dm³)	Cpi (kJ/kgK)	Δhp (kW)	E / KK (kWh)	
Tammikuu	-5,1	730	0,42	21	26,1	1,2	1	13,1544	9602,712	
Heinikuu	-10,2	730	0,42	21	31,2	1,2	1	15,7248	11479,104	
Maaliskuu	-5,4	730	0,42	21	26,4	1,2	1	13,3056	9713,088	
Huhtikuu	3	730	0,42	21	18	1,2	1	9,072	6622,56	
Toukokuu	14	730	0,42	21	7	1,2	1	3,528	2575,44	
Kesäkuu	14,1	730	0,42	21	6,9	1,2	1	3,4776	2538,548	
Heinäkuu	21	730	0,42	21	0	1,2	1	0	0	
Elokuu	17	730	0,42	21	4	1,2	1	2,016	1471,68	
Syyskuu	11,5	730	0,42	21	9,5	1,2	1	4,788	3495,24	
Lokakuu	4,9	730	0,42	21	16,1	1,2	1	8,1144	5923,512	
Marraskuu	0,2	730	0,42	21	20,8	1,2	1	10,4832	7652,736	
Joulukuu	-4	730	0,42	21	25	1,2	1	12,6	9198	
								YHTEENSÄ	70272,72	

KUSTANNUSARVIO LTO IV – SANEERAUS

Leppäkuja 2 – 4 A – rakennuksen nykyiset huippumurit, poistoilmakanavoinnit sekä poistoilmaventtiilit puretaan sekä huoneistoihin (7. kpl), asennetaan uudet LTO – IV – koneet, tulo- ja poistoilmakanavoinnit sekä jäte- ja raitisilmakanavoinnit. Lisäksi asuntoihin asennetaan uudet ilmanvaihdon päätelaitteet sekä tarvittavat ilmanvaihdon säätölaitteet, kanavavarusteet sekä ilmanvaihtokoneen säätölaitteet, joista ilmanvaihtokoneen säätölaitteet sisältyvät ilmanvaihtokoneen toimitukseen. Huoneistokohtaisissa ilmanvaihtokoneissa mahdollisesti syntyvä kondenssivesi johdetaan viemäröintiin. Kanavoinnit toteutetaan tilanteen niin salliessa asunnoissa tai asuinhuoneistojen yläpohjassa. Alueellisena hintatasona Sulka-valle on käytetty kevään 2023 indeksiä muun Suomen alueena 98. Kustannusnousuvarauksena on käytetty 5 %.

- Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone 7. kpl, 1 kpl / asuinhuoneisto. 21 000 €.
- Asunnon tuloilmanjako. Koskien koko rakennusta. 4500 €.
- Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavoinnit vanhaan rakennukseen. Vaikea. 2200 €.
- Asunnon poistoilmanjako. Koskien koko rakennusta. 2800 €.
- Nykyisen kanaviston ja laitteiden purku. 1100 €.
- Eristykset. Kanavat kylmässä tilassa (tulo- ja poistoilmakanavat eristettyjä) 8500 €.
(varaus).

Yhteensä tulo- ja poistoilmanvaihto 41 100 € alv. 0 %.

Liite 7. Yläpohjan lisälämmöneristämällä saavutettava vuotuinen säästö

YLÄPOHJAN LISÄLÄMMÖNERISTÄMISELLÄ SAAVUTETTAVA VUOTUINEN SÄÄSTÖ									
KUUKAUSI	T _{u,mit} (°C)	h /kk	A (m ²)	U (W/m ² K)	T _s (°C)	dT (°C)	∅ (W)	E /kk (kWh)	
Tammikuu	-5,1	730	464	0,13	21,0	26,1	1574,4	1149,3	
Helmikuu	-10,2	730	464	0,13	21,0	31,2	1882,0	1373,8	
Maaliskuu	-5,4	730	464	0,13	21,0	26,4	1592,4	1162,5	
Huhtikuu	3	730	464	0,13	21,0	18,0	1085,8	792,6	
Toukokuu	14	730	464	0,13	21,0	7,0	422,2	308,2	
Kesäkuu	14,1	730	464	0,13	21,0	6,9	416,2	303,8	
Heinäkuu	21	730	464	0,13	21,0	0,0	0,0	0,0	
Elokuu	17	730	464	0,13	21,0	4,0	241,3	176,1	
Syyskuu	11,5	730	464	0,13	21,0	9,5	573,0	418,3	
Lokakuu	4,9	730	464	0,13	21,0	16,1	971,2	708,9	
Marraskuu	0,2	730	464	0,13	21,0	20,8	1254,7	915,9	
Joulukuu	-4	730	464	0,13	21,0	25,0	1508,0	1100,8	
YHTEENSÄ							8410,4	8410,4	