

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmät

Case: Valolinna, Heinola

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristöteknologia
Energia-asiat
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Mikael Bragge

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

BRAGGE, MIKAEL: Ilmanvaihdon
lämmöntalteenottojärjestelmät
Case: Valolinnassa, Heinola

Energia-asioiden opinnäytetyö, 34 sivua, 6 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmät, joita tarkasteltiin Carelogi Oy:n toimeksiantona Valolinnassa Heinolassa. Syy tarkasteluun oli toimeksiantajan halu olla energiatehokkaampi. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon Valolinnan kiinteistöjen ilmanvaihdon lämmöntalteenottimet todellisuudessa säästävät ja toimivatko ne oikein ja oikeilla hyötysuhteilla.

Teoriaosuudessa käytiin läpi lämmöntalteenoton ja lämmönsiirron perusteita, tekniikoita ja lainsäädäntöä. Teoriaosuuden lopussa esiteltiin Valolinnan kiinteistö ja sen taloteknisiä ominaisuuksia.

Työn käytännönoosuudessa laskettiin kaikista kiinteistöjen lämmöntalteenottimista hyötysuhteet. Tuloksia vertailtiin niitä tyypillisiin samalla lämmönsiirrintekniikalla toimivien LTO-laitteiden hyötysuhteisiin. Lähempään tarkasteluun valittiin neljä kiinteistöjen suurinta IV-konetta, joista mitattiin ilmamäärämittarilla ilman tilavuusvirta, ilman virtausnopeus ja lämpötila käyttäen erilaisia antureita. Mittausten jälkeen laskettiin, kuinka paljon energiaa ja rahaa kyseiset neljä lämmöntalteenotinta säästävät.

Tulokseksi saatiin laskettua, kuinka paljon lämmöntalteenottimet säästävät lämmityksessä käytettävää puupellettiä, tämän laskun avulla voitiin myös laskea rahallinen säästö. Voitiin myös todeta, että rakennusten kaikkien lämmöntalteenottimien yhteisvuosihyötysuhde on parempi kuin ympäristöministeriön ilmoittama 45 %.

Asiasanat: lämmöntalteenotto, ilmanvaihto, energiatehokkuus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental technology

BRAGGE, MIKAEL:

Heat recovery from ventilation
Case: Valolinna in Heinola

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 34 pages, 6 pages
of appendices

Spring 2017

ABSTRACT

The subject of this Bachelor's thesis was heat recovery from ventilation, which was examined as an assignment by Carelogi Oy in their buildings at Valolinna. The reason for examining heat recovery systems was the client's wish to be more energy efficient. The objective of this thesis was to research how much the current heat recovery systems in Valolinna actually save, and how much they would save and if they were as efficient as promised and if they were operating correctly.

The theory part is a review of the basics and different technologies of heat recovery, heat exchange, and legislations were reviewed. At the end of the theory part, Valolinna and its HVAC systems are presented.

In the practical part of the thesis, the efficiency of every heat recovery system was calculated. Results were compared to systems that use similar heat exchange technology.

Four largest ventilation systems were chosen for closer inspection. The airflow, flowrate and temperature of the air were measured with an airmass meter using different kinds of probes. After the measurements it was possible to calculate how much energy the four heat recovery systems actually save.

The results of the thesis indicate how much wooden pellets can be saved with the current heat recovery systems. With these calculations it was possible to calculate how much money is being saved. It was also stated that the total efficiency of the heat recovery systems was better than the 45 % announced by the Finnish Ministry of the Environment.

Keywords: heat recovery, ventilation, energy efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	LÄMMÖNTALTEENOTTO	3
2.1	Perusteet	3
2.2	Lämmönsiirron perusteet ja tekniikat	4
2.2.1	Levylämmönsiirtimet	4
2.2.2	Pyörivät lämmönsiirtimet	5
2.2.3	Nestekiertoiset lämmönsiirtimet	6
2.3	Poistoilmalämpöpumppu	7
2.4	Lainsäädäntö	9
3	CASE: VALOLINNA	12
3.1	Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö	12
3.2	Kohteen nykytila	13
3.3	Ilmanvaihto	13
4	MITTAUKSET	16
4.1	Ilmakanavamittaukset	16
4.2	Lämpötila	16
4.3	Virtausnopeus ja tilavuusvirta	17
5	TULOKSET	19
5.1	Lasketut arvot	19
5.1.1	Lämmöntalteenottimien hyötysuhteet	19
5.1.2	Poistoilman tilavuusvirta	22
5.1.3	Poistoilman lämpöteho	22
5.1.4	Poistoilman sisältämä lämpöenergia	24
5.1.5	Talteenotettu energia	25
5.2	Rahansäästö	26
6	YHTEENVETO	28
6.1	Ehdotukset	29
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	35

SANASTO JA MERKISTÖ

Lyhenteet:

IV	Ilmanvaihto
LTO	Lämmöntalteenotto
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
RKY	Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö

Matemaattiset merkit ja suuret:

η_k	Hyötysuhdekerroin	
A	Ilmanvaihtokanavan pinta-ala	[m ²]
v	Ilman virtausnopeus	[m/s]
t_k	IV-koneen käyntiaika	[h/d]
c_{ilma}	Ilman ominaislämpökapasiteetti (vakio)	[kJ/kgK]
Q	Ilman mukana poistuva lämpöenergia	[W]
ρ_{ilma}	Ilman tiheys (vakio)	[kg/m ³]
T_{jLTO}	Jäteilman lämpötila lto:n jälkeen	[°C]
q_v	Poistoilman tilavuusvirta	[m ³ /s]
Φ	Poistoilman lämpöteho	[kW]
T_p	Poistoilman lämpötila	[°C]
T_s	Sisälämpötila (Tavoitelämpötila)	[°C]
Q_{talt}	Talteenotettu lämpöenergia	[kWh]
η_t	Tuloilman lämpöhyötysuhde	[%]
T_{tLTO}	Tuloilman lämpötila lto:n jälkeen	[°C]
T_u	Ulkoilman lämpötila	[°C]
η_a	Vuosihyötysuhde	[%]

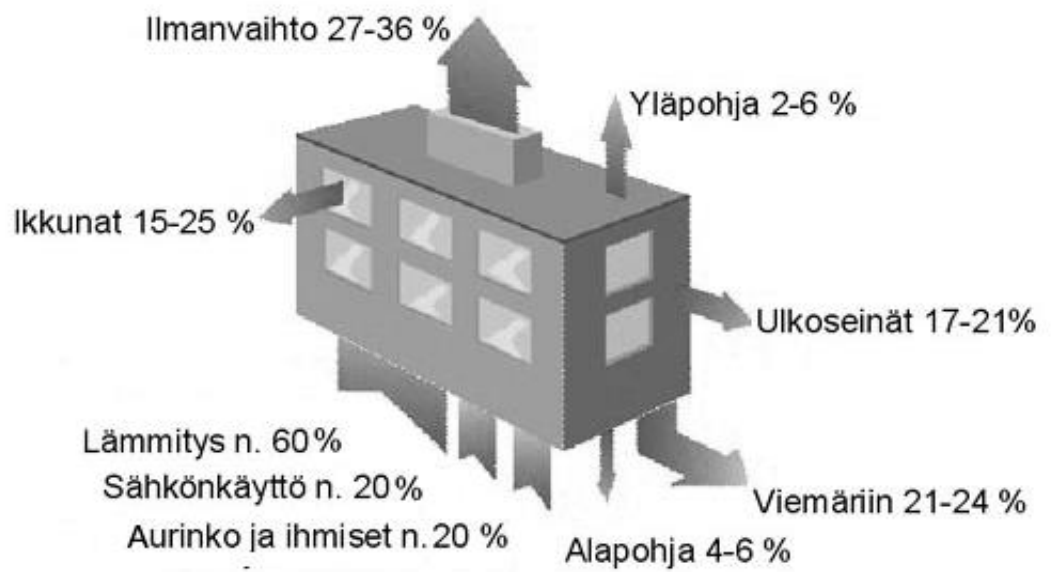
1 JOHDANTO

Energian hinta kasvaa, myös lait sekä määräykset energian säästöstä tiukentuvat vuosi vuodelta ja näistä syistä onkin ensiarvoisen järkevää ottaa jo kerran lämmitetystä ilmasta sen lämpöenergia talteen eikä vain päästää sitä ulkoilmaan. Lämpöenergian talteenotto poistoilmasta vähentää ympäristökuormitusta ja hiilijalanjälkeä, mutta monissa tapauksissa rahansäästö on suuri tekijä lämmöntalteenottojärjestelmiin investoitaessa. Isoin osa rakennuksen lämpöenergiasta karkaa ilmanvaihdon kautta (KUVIO 1).

Suomen rakennusmääräysten mukaan asuntojen ilma on vaihdettava kerran kahden tunnin aikana, minkä seurauksena ilmanvaihdon kautta hukkaan menevä lämpömäärä on huomattavan suuri (Ympäristöministeriö 2012a, 10). Tästä syystä Suomen rakennusmääräyksiin on merkitty myös, että uudisrakennuksissa poistoilmasta on talteenotettava 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämmöstä. (Ympäristöministeriö 2012b, 28). Lainsäädännöstä lisää luvussa 2.4.

Uudisrakennuksiin poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmät asennetaan jo rakennusvaiheessa, mutta Suomen rakennuskannan ollessa saneeraus iässä (Holmijoki. 2013), asennetaan niitä myös jälkeenpäin esimerkiksi muiden remonttien yhteydessä ja haluttaessa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta.

Opinnäytetyön perimmäisenä tarkoituksena on selvittää ja mitoitaa toimeksiantajayrityksen, Carelogi Oy:n kiinteistöjen ilmanvaihdon nykyisten lämmöntalteenottimien energiatehokkuus ja se, paljon lämmöntalteenottimet todellisuudessa säästävät. Samalla tarkastellaan, onko niitä kannattavaa uusia.



KUVIO 1. Rakennuksen lämpöenergiatase. (teeparannus.fi. 2017)

2 LÄMMÖNTALTEENOTTO

Puhuttaessa lämmöntalteenotosta tässä opinnäytetyössä tarkoitetaan rakennuksen tai rakennusten poistoilman lämmöntalteenottoa.

Ensimmäisessä luvussa käydään läpi lämmöntalteenoton perusteita, erilaisia menetelmiä, laitetyyppejä, sekä lainsäädäntöä.

2.1 Perusteet

Kaikki lämmöntalteenottaminen perustuu termodynamiikan fysikaalisiin lakeihin. Tämä tarkoittaa sitä, että eri suuruiset lämpötilat pyrkivät aina tasaantumaan ja lämpö siirtyy lämpimästä kylmään. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän tarkoitus on siirtää poistoilman sisältämää lämpöenergiaa takaisin rakennuksen lämmitykseen, tämä energia kerätään talteen erilaisten lämmönsiirtimien avulla. Poistuva lämmitetty sisäilma kulkee poistokanavaa pitkin ja viileä ulkoilma tulokanavaa pitkin. Yksinkertaisimmillaan näiden kanavien välille asennettava lämmönsiirrin siirtää poistoilman ylijäämälämpöä tuloilmakanavaan lämmittäen siinä kulkevaa ilmaa ennen kuin se johdetaan rakennukseen ja täten järjestelmä säästää tuloilman lämmityskustannuksissa. Poistoilmasta talteenotettua lämpöenergiaa voidaan käyttää myös rakennuksen käyttö- tai lämmitysveden lämmittämiseen kohteesta ja sen taloteknisistä ominaisuuksista riippuen. (Isosaari. 2012, 34.)

Lämmöntalteenottamiseen on kehitelty monenlaisia erilaisia tekniikoita ja laiteratkaisuita. Asennettavan laitteen ja tekniikan tyyppi riippuu asennuskohteen ja sen sijainnin ominaisuuksista. Rakennuksessa voi olla myös useampia erilaisia lto-laitteita, kuten tämän opinnäytetyön kohderakennuksessakin. Nämä laitteet toimivat erihyötysuhteilla. Rakennuksessa voi myös olla ilmanvaihtokanavia, joissa ei lto-laitetta ole lainkaan, koska rakennusmääräyskokoelma D2 koskee vain rakennuksen kokonaispoistoilmavirtaa, eikä pelkästään yhden poistoilmakanavan ilmavirtaa. (Seppänen. 2004.)

Lämmöntalteenottolaitteistoon kuuluu kolme pääkomponenttia: ulkoyksikkö, jolla korvataan vanha huippuimuri; lämmönjakohuoneeseen tai rakennustekniseen tilaan asennettava sisäyksikkö; Energiavaraaja, joka asennetaan myös lämmönjakohuoneeseen. Energiavaraajaan voidaan talteenottaa talteenotettua energiaa silloin kun sitä ei välittömästi tarvita. Esimerkiksi lämmityskauden ulkopuolella jolloin energiavaraajasta voidaan lämpöä siirtää käyttöveden lämmitykseen. (RIL Ry 2014, 66.)

2.2 Lämmönsiirron perusteet ja tekniikat

Lämmönsiirtoa voi tapahtua kolmella eri tavalla. Nämä tavat ovat johtuminen, säteily ja konvektio. Johtumisella tarkoitetaan, että lämpö siirtyy kiinteässä väliaineessa lämpimästä viileämpään. Säteilynä tapahtuva lämmönsiirto on puolestaan sähkömagneettista säteilyä joka osuessaan kiinteään aineeseen, muuttuu lämmöksi. Konvektiolla tarkoitetaan lämmön siirtymistä nestemäisessä tai kaasumaisessa väliaineessa. Konvektiossa lämpö siirtyy lämpötilaerojen aiheuttamien virtausten mukana (Harsia. 2005.)

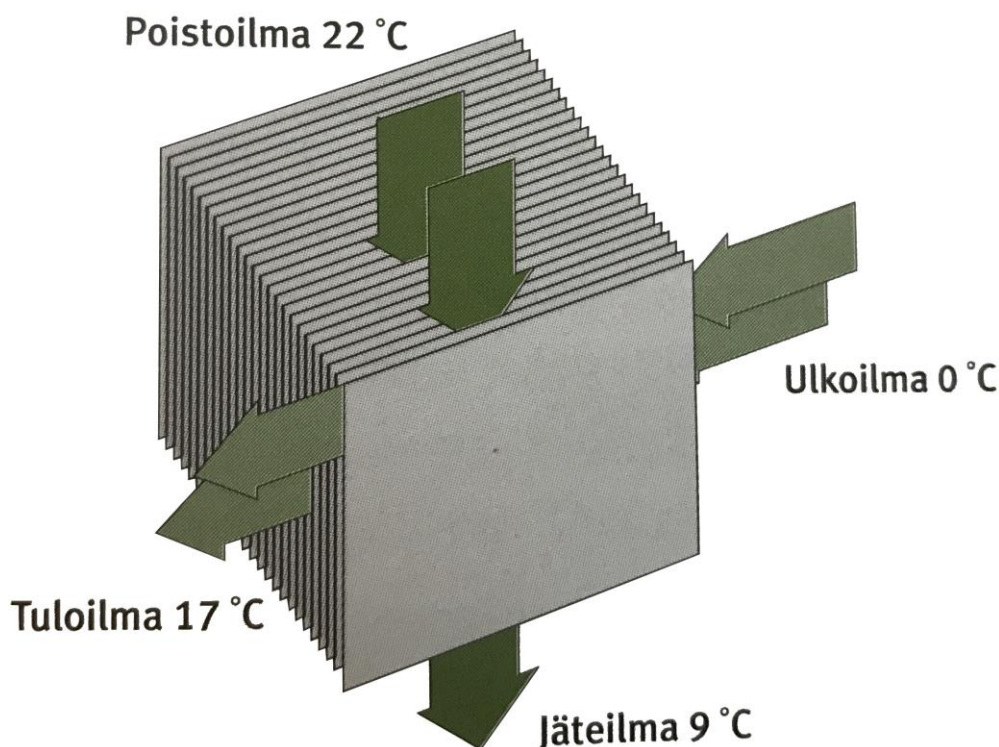
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimissä on käytössä näitä kahta eri tekniikkaa, eli johtumis- ja konvektioperiaatteella toimivia laitteita. (Aalto Yliopisto. 2016). Kohteessa on käytössä kolmea erilaista lämmönsiirrintekniikkaa, joiden toimintaperiaate on esitelty seuraavissa kappaleissa.

2.2.1 Levylämmönsiirtimet

Levylämmönsiirrin on yksinkertaisin LTO-laite (KUVIO 2).

Levylämmönsiirtimessä lämpöä siirretään ohuiden usein alumiinisten metallilevyjen avulla ilman ilmavirtojen sekoittumista tai suoranaista kosketuksista toisiinsa. Levylämmönsiirrin voi toimia myös nesteen avulla, eli metallilevyjen välissä kiertää vesiglykoliseos, jonka avulla lämpöä siirretään esimerkiksi lämminvesivaraajaan. Levylämmönsiirtimellä toimivat lämmöntalteenottokoneet ovat hyvin monikäyttöisiä, niiden sovelluksia käytetään pienrakennuksista teollisuuteen. Niiden

hyötysuhteet ovat tavallisesti 55 – 70 %. Levylämmönsiirtimet tarvitsevat kuitenkin ilman tulokanavan sijoittamisen poistokanavan viereen, mikä vähentää laitteen käyttömahdollisuuksia etenkin vanhemmissa rakennuksissa. Mahdollisen nestekiertoisuuden ansiosta voidaan neste pumpata lämmittämään talon käyttö- tai lämmitysvettä. (Lappalainen. 2010, 64)



KUVIO 2. Levylämmönsiirtimen toimintaperiaate (Lappalainen. 2012, 64)

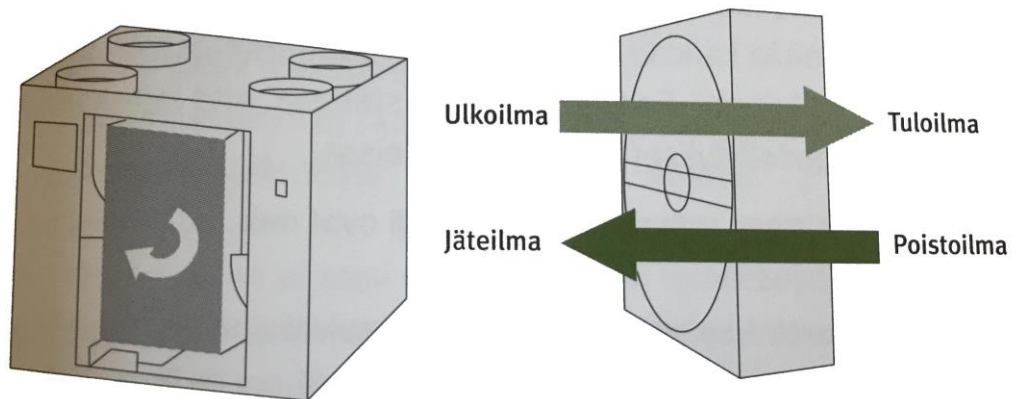
2.2.2 Pyörivät lämmönsiirtimet

Pyörivällä lämmönsiirtimellä (KUVIO 3) varustettu lämmöntalteenottolaite on suhteellisen tehokas. Sen hyötysuhde tavallisesti on noin 70 – 80 % riippuen jäätymisenesto ratkaisuista, sekä automatiikka- tai käyttäjäpainotteisesta ohjausjärjestelmästä (RIL Ry. 2015, 124).

Pyörivässä lämmönsiirtimessä lämmin poistoilma virtaa pyörivän kiekon yläpuolen läpi ja viileä ulkoilma kiekon alapuolen läpi. Tämä tarkoittaa, että sekä poistoilma- ja tuloilmakanavat on sijoitettava vierekkäin, mikä jälleen hankaloittaa pyörivän lämmöntalteenottimen asentamista vanhaan

rakennukseen, jossa ei erillistä tuloilmakanavaa ole. Lämpöenergia siirtyy varastoitumalla pyörivän kiekon massaun. (Harju. 2009, 75.)

Pyörivä lämmönsiirintekniikka sopii parhaiten pientaloon. Sitä voidaan käyttää kuitenkin myös kerrostaloissa, mikäli käytössä on huoneistokohtainen ilmanvaihto. Pyörivä lämmönsiirrin ei sovellu keskitetyllä ilmanvaihdolla varustettuun rakennukseen eikä myöskään tiloihin, joiden ilmassa on paljon epäpuhtauksia tai kosteutta, koska rakenteensa myötä riskinä on ilmavirtojen sekoittuminen. (RIL Ry. 2015, 124.)



KUVIO 3. Pyörivän lämmönsiirtimen toimintaperiaate (Lappalainen. 2010, 64)

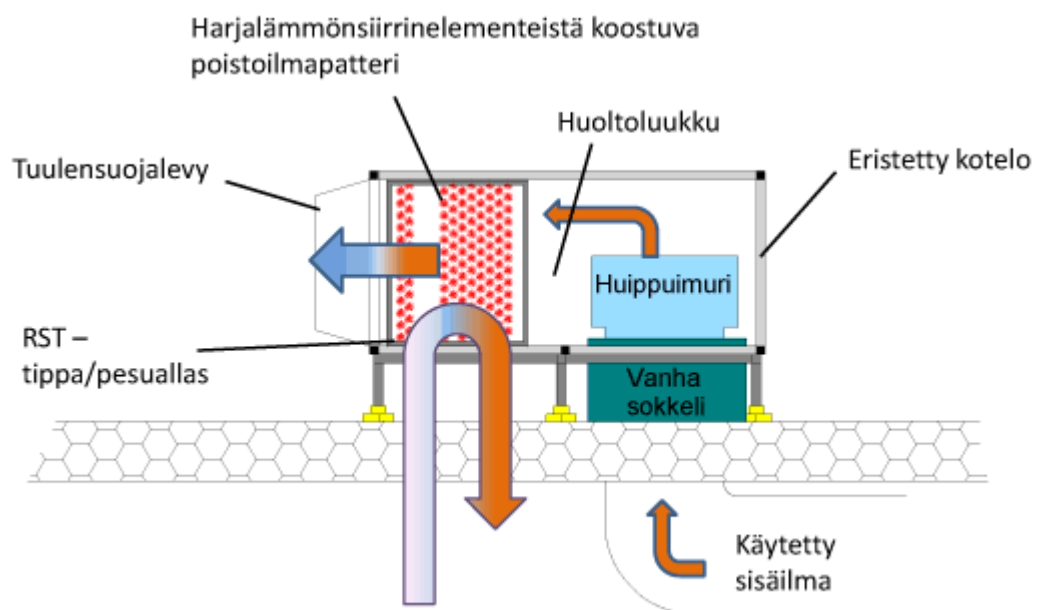
2.2.3 Nestekiertoiset lämmönsiirtimet

Nestekiertoiset lämmönsiirtimet, esimerkkinä harjalämmönsiirrin (KUVIO 4) soveltuu hyvin vanhoihin rakennuksiin, joissa ei lämmöntalteenottoa ole aikaisemmin ollut, sillä se ei vaadi erillisen tuloilmakanavan rakentamista. Tuloilmakanavan rakentaminen vie yleensä kohtuuttomasti tilaa ja investointiresursseja, sekä on vaikea saada piilotettua tai edes sopimaan rakennuksen rakenteisiin ilman suurta remonttia. (Isosaari. 2012, 40.)

Lämmönvälittäjänä nestekiertoisissa lämmönsiirtimissä käytetään kupariputkistossa virtaavaa vesi-glykoliseosta. Kupariputkiston ympärille on kierretty monisäikeistä alumiinilankaa, jolla lämpöenergiaa siirretään ilmasta nesteeseen. Seos voidaan pumpata eri puolille rakennusta, jolloin

lämmönsiirtimen talteenottama ylijäämälämpö voidaan käyttää esimerkiksi rakennuksen käyttöveden lämmitykseen. Harjalämmönsiirrin vaatii jälkilämmityksen, joka toteutetaan joko sähkölämmityksenä tai vesikiertoisena lämmityksenä, mikäli rakennukseen on jo aiemmin sellainen asennettu. Nestekiertoisilla järjestelmillä saavutetaan noin 40 – 60 % hyötysuhde. Erittäin likaisen ilman lämmöntalteenottoon nestekiertoiset järjestelmät ovat ainoita ratkaisuita, sillä nestekiertoisissa lämmönsiirtimissä ei likainen poistoilma pääse kosketuksiin puhtaan tuloilman kanssa lainkaan. (Isosaari. 2012, 40.)

Yksinkertaisimmillaan nestekiertoinen lämmönsiirrin toimii kahden lämmönvaihtimen avulla, jotka on yhdistetty kupariputkistolla toisiinsa. Lämmönvaihtimet sijoitetaan toinen tuloilmakanavaan ja toinen poistoilmakanavaan. (Isosaari. 2012, 41.)



KUVIO 4. Harjalämmönsiirtimen toiminta (Hydrocell.fi 2017)

2.3 Poistoilmalämpöpumppu

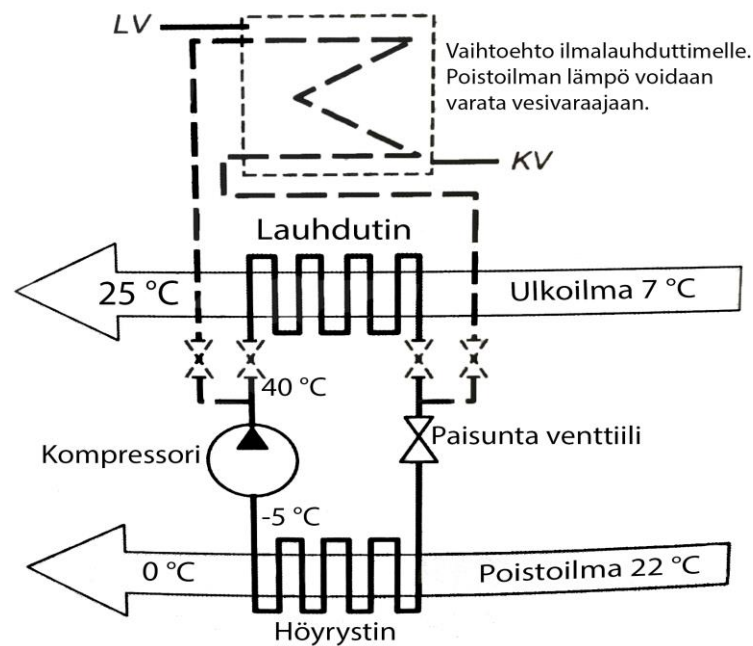
Lämmöntalteenottolaitteet ja ilmalämpöpumput eivät tarkoita samaa laitetta, täten niiden ominaisuuksia ei voida suoraan vertailla keskenään. Lämmöntalteenottolaite on periaatteessa koneellinen ilmanvaihtoyksikkö,

kun taas ilmalämpöpumput ovat laitteita, joilla siirretään energiaa ulkoilmasta sisäilmaan. Nämä kaksi laitetta (LTO ja PILP) toimivat kuitenkin erinomaisesti keskenään ja niillä saavutetaan hyviä hyötysuhteita, tästä syystä poistoilmalämpöpumput on järkevä ottaa huomioon suunniteltaessa rakennukseen lämmöntalteenottolaitteistoa. (Sähkölämmitysfoorumi Ry. 2017.) Poistoilmalämpöpumpulla on mahdollista toteuttaa koko rakennuksen lämmitystarve. Lämmitystarpeen kasvaessa esimerkiksi talviaikaan on kuitenkin yleistä, että tarvitaan lisälämpöä jostakin muusta lämmitysmuodosta.

Poistoilmapumppu ottaa nimensä mukaisesti lämpöä talteen rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta. Poistoilmapumpulla toteutettuun lämmöntalteenottojärjestelmään kuuluu kompressori, paisuntaventtiili, höyrystin ja lauhdutin, joka asennetaan tilaan tai sen välittömään läheisyyteen, johon talteenotettu lämpö halutaan johtaa: esimerkiksi käyttövesivaraajaan (KUVIO 5). (Harju. 2009, 79.)

Lämmin poistoilma virtaa laitteiston höyrystimen läpi. Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy ja energia siirtyy lämpimästä poistoilmasta höyrystyneeseen kylmäaineeseen. Höyrystyttyään kylmäaine jäähdytetään jolloin se luovuttaa höyrystyessään saadun lämmön. Jäähdyttäminen voi tapahtua esimerkiksi rakennuksen lämminvesivaraajassa jolloin järjestelmällä saadaan lämmitettyä käyttövettä. (Motiva Oy. 2008.)

Kohteessa ei nykyisellään lämpöpumppuja ole, mutta toimeksiantaja ilmaisi kiinnostuksensa mahdollisiin vesi-ilmalämpöpumppuihin.



KUVIO 5. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Harju. 2009, 79.)

2.4 Lainsäädäntö

Ympäristöministeriön rakentamismääräys kokoelmat D2 ja D3 koskevat rakennusten sisäilmastoa, ilmanvaihtoa ja tilojen, sekä ilmanvaihdon energiatehokkuutta. Molemmat näistä määräyksistä ovat tulleet voimaan vuonna 2012. (Ympäristöministeriö 2012a; 2012b.) Nämä määräykset ja ohjeistukset koskevat uusia rakennuksia, mutta niitä voidaan käyttää ohjenuorana myös vanhempien rakennusten kohdalla.

Määräyksissä on määriteltä, miten ja millä tavalla ulko- ja jäteilmalaitteet on sijoitettava. Jäteilman eli poistoilman johtamisesta on koottu taulukko, josta voidaan tarkastella, mitä jäteilmalaitteita syntyy kohderakennuksissa Heinolassa (TAULUKKO 1).

TAULUKKO 1. Rakennusten poistoilmaluokittelu. (Ympäristöministeriö)

Poistoilma- luokka	us ja käytön rajoitus	Tilaesimerkki
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat lähtöisin ihmisistä tai rakenteista. Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, kokoontumistilat, sekä liiketilat jossa ei ole hajukuormitusta
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia. Ilmaa ei käytetä palautusilmana, mutta se voidaan käyttää siirtoilmana	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirrustusten kopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet. Ilmaa ei käytetä palautus tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat: vetokaapit, grillit, keittiöt, pesuloiden likapyykkitilat, maalien ja liuottimien käsittelytilat, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakointitilat sekä hotellit, joissa on tupakointi sallittu.

Taulukkoa tarkastelemalla voidaan todeta, että kohderakennuksissa Valolinnassa syntyy luokkien 1, 2, 3 ja 4 poistoilmoja. Luokan 4 poistoilmaa syntyy rakennuksen tiloissa sijaitsevan lounasravintolan keittiöstä. Rakennusten joitain poistoilmoja voidaan siis käyttää siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloissa. Siirtoilmana käyttämistä varten, on investoitava siirtoilmalaitteistoon ja mahdollisesti rakennettava siirtoilmalle kavana. (Ympäristöministeriö 2012a, 12).

LTO-järjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon, etteivät ilman epäpuhtaudet pääse haitallisissa määrin leviämään ilmanvaihtokanavia pitkin muihin tiloista toisiin. LTO-järjestelmän rakenne on suunniteltava siten, että poistoilmaa ei siirry merkittävästi tuloilman sekaan. Tämä vaikuttaa siihen, minkätyyppinen laite kohteeseen asennetaan, riippuen kuinka paljon epäpuhtauksia ilmassa on. (Ympäristöministeriö 2012a, 12.)

Taulukon 1 ilmaluokan 1 poistoilman virtaussuunnalle ei ole asetettu vaatimuksia. Ilmaluokan 2 poistoilmaa hyödynnettäessä on virtaussuunnan oltava pääosin tuloilmasta poistoilmaan. Ilmaluokan 3 poistoilmaa hyödynnettäessä virtaussuunnan on aina oltava tuloilmasta poistoilmaan. Ilmaluokan 4 poistoilmaa hyödynnettäessä on käytettävä väliaine-tekniikkaan perustuvaa lämmöntalteenottoa. Nämä ilmaluokat tulee huomioida valittaessa käytettävää lämmönsiirritekniikkaa. Tästä syystä kohderakennuksessa on monia erityyppisiä lämmönsiirtimiä. IV-koneet palvelevat eri tiloja, joista poistetaan eri luokkaisia ilmoja. (Ympäristöministeriö 2012a,17.)

3 CASE: VALOLINNA

Valolinna, entinen Heinolan reumasairaala, on valmistunut vuonna 1951. Siinä toimi tuona aikana nimensä mukaisesti maamme suurin reumapotilaille suunnattu sairaala. Sairaala oli toiminnassa vuoteen 2010 asti, jolloin se ajautui konkurssiin. Vuonna 2012 reumasairaalan kiinteistö myytiin kokonaisuudessaan Carelogi Oy:lle ja kiinteistöt nimettiin Valolinnaksi. (Carelogi.fi. 2017).

Carelogi Oy:n aikomuksena on toteuttaa reumasairaalan alueelle suuri ja kattava hyvinvointi- ja osaamiskeskus, josta löytyvät kaikki tarvittavat hoivapalvelun tuottajat, jotka muodostavat toisiaan tukevan yhteisön. Valolinnan tontin koko on noin 135000 m² ja rakennusten kerrosneliömäärä on noin 24000m². (Carelogi.fi. 2017).

Valolinnan kiinteistöissä on kolmenlaisia asumismuotoja: vuokra-asuntoja, ryhmäkoti-asuntoja ja kalustettuja vuokra-asuntoja. Huoneistojen koot vaihtelevat välillä 15m² - 40m². Valolinnan esitteen mukaan kaikki asunnot ja palvelut ovat esteettömiä ja turvallisia. Rakennuksiin kuuluu myös Hotelli Valo, josta on mahdollista vuokrata hotelliasumisen lisäksi myös kokoustiloja. Rakennusten tiloissa toimii tällä hetkellä myös vastaanottokeskus. (Valolinna.fi. 2017).

3.1 Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö

RKY on museoviraston laatima inventointi, siihen valitut kohteet ovat alueellisesti, ajallisesti tai kohdetyypiltään ja kokonaisuudeltaan merkittäviä Suomen rakennetun ympäristön historiassa ja kehityksessä. RKY-inventoinnin tarkoitus on suojella alueilla olevia rakennuksia ja sille ominaista ympäristöä. Inventointiin kuuluvia alueita ja rakennuksia on mahdollista muokata ja kehittää, kunhan muutokset eivät ole ristiriidassa alueen kulttuuriarvojen ja erityispiirteiden kanssa. Inventointiin kuuluvien rakennusten kunnostamiseen on mahdollista hakea tukea museovirastolta ja ympäristökeskukselta. (Museovirasto. 2009.)

Heinolan kaupungin kaavoituspäällikön, Harri Kuivalaisen mukaan RKY-inventointi ei sulje pois lisälämmönotinyksiköiden asentamista kohderakennuksien katolle. Mahdolliset uudet lämmöntalteenottolaitteiden ulkoyksiköt voi myös maastouttaa. Maastouttaminen tarkoittaa sitä, että LTO-laitteiden ulkoyksiköiden kuoret värjätään saman väriksi kuin kohde rakennuksen katto, jotta ne sopeutuvat ympäristöönsä paremmin eivätkä pistä silmään. Kohteessa nykyisin olevat LTO-laitteet edesauttavat myös uusien laitteiden lisäämistä, sekä vanhat laitteet voi helposti vaihtaa tehokkaampiin. Kuivalaisen mukaan ennen investointipäätöstä kannattaa olla yhteydessä rakennusvalvontaan. (Kuivalainen. 2017.)

3.2 Kohteen nykytila

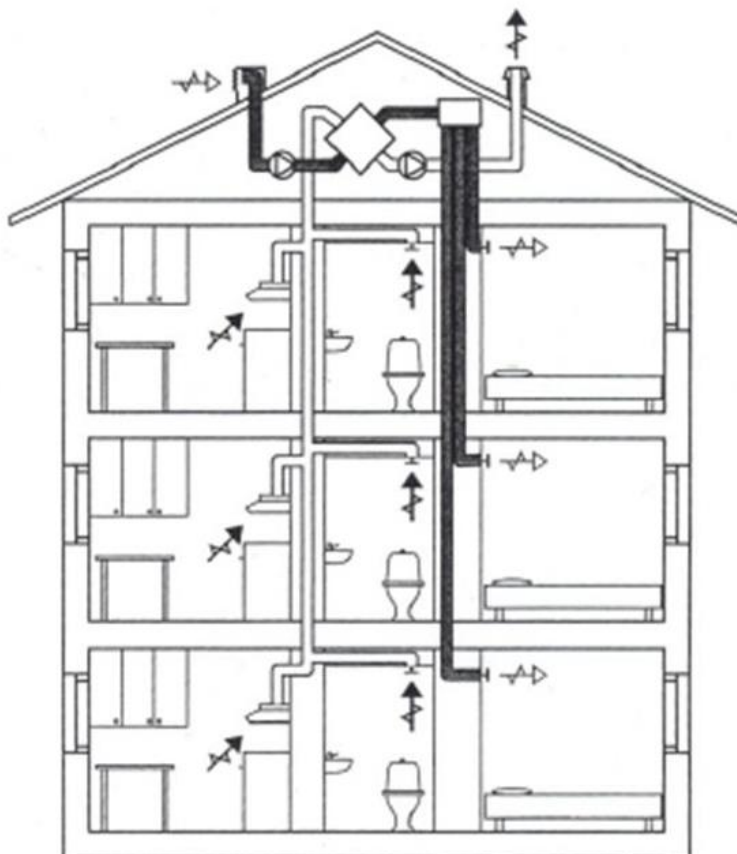
Kohderakennuksissa on jo nykyisellään ilmanvaihdon lämmöntalteenottimia. Kyseiset LTO-laitteet on asennettu eri aikoihin, eikä niiden energiatehokkuudesta ole enää varmuutta.

Kiinteistöt lämmitetään tontilla sijaitsevalla lämpövoimalalla, jossa polttoaineena käytetään puupellettiä. Rakennuksissa on vesikiertolämmitys. Vesikiertolämmitys tarkoittaa käytännössä sitä, että kohteen pellettivoimalalla lämmitetään patteriverkostossa kiertävää vettä. Vesikiertolämmityksen ansiosta voidaan ilmanvaihdon lämmöntalteenottimilla talteenotettu lämpö johtaa rakennuksen lämmitykseen, jos tuloilman lämmitys ei jostain syystä ole mahdollista.

3.3 Ilmanvaihto

Kohteessa on nykyisellään koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (KUVIO 6). Tämä tarkoittaa sitä, että molempia sekä poistoilmaa että tuloilmaa tuodaan kiinteistöön puhaltimien avulla. Kyseisessä ilmanvaihdossa on etuna myös, että tuloilmaa voidaan tarpeen mukaan lämmittää, jäähdyttää tai kosteuttaa. Tuloilmakanavissa on suodattimet, joilla suodatetaan ulkoilmasta epäpuhtauksia pois ennen ilman johtamista rakennuksen huoneistoihin. Tuloilma myös usein esilämmitetään, tähän lämmitykseen

sopii erittäin hyvin poistoilmasta talteenotettava lämpöteho. Kuitenkin usein myös sähköinen tai vesikiertoinen lisälämmitin on tarpeen varsinkin talven huippupakkasille. (Oulun rakennusvalvonta. 2013).



KUVIO 6. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Lamminaho, 2012)

Kaikissa kohteen ilmanvaihtokoneissa on jo nykyisellään lämmöntalteenotin. IV-koneiden lisäksi kohteessa on useita erillispoistoja, joissa lämmöntalteenottoa ei ole. Erillispoistot toimivat yksittäisillä erillään muista olevilla huippuimureilla. Niillä poistetaan ilmaa WC- ja varastotiloista. Rakennuksissa on myös muutamia siirtoilmakoneita. Siirtoilmaa hyötykäytetään muun muassa rakennusten eteisten tuulikaapeista.

Suurin osa rakennusten ilmanvaihtokoneista on kytkettynä rakennuksen kiinteistöautomaatiojärjestelmään, jota voidaan ohjata tietokoneella käyttäen Computec-kiinteistöautomaatioohjelmistoa. Tämä ohjelmisto

mittaa myös eri laitteiden lämpötiloja, paineita ja joistakin uudemmissa lämmöntalteenottimista myös hyötysuhteet.

Ohjelmisto antaa myös hälytyksiä, jos laitteissa on mennyt jotain rikki. Rakennusten kaikki ilmanvaihtokoneet eivät olleet kytkettyinä kyseiseen järjestelmään. Kytkemättömistä järjestelmistä jouduttiin lämpötilat mittaamaan käsin hyötysuhteen selvittämiseksi.

4 MITTAUKSET

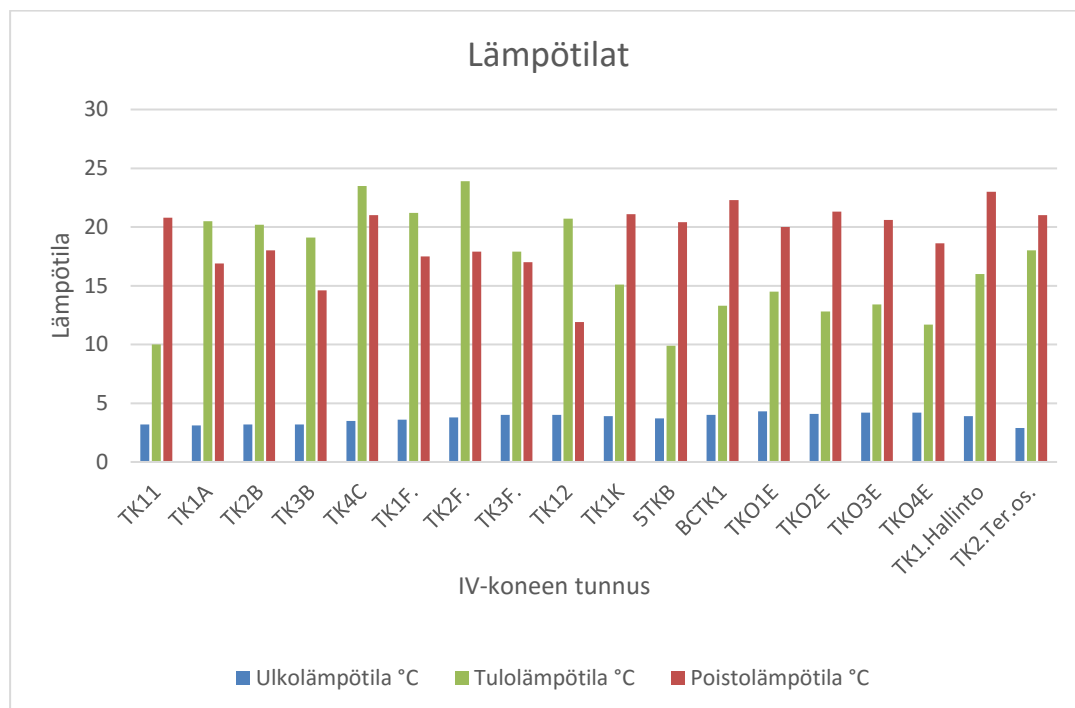
Tämän opinnäytetyön ilmakavanamittaukset on tehty Swema 3000 -mittarilla. Mittarilla on mitattu ilmakehän virtausnopeus (m/s), tilavuusvirta (l/s) ja lämpötila (°C). Mittarilla voidaan mitata myös kanavien paine-eroja. Mittari on lainattu Lahden Ammattikorkeakoululta.

4.1 Ilmakehämittaukset

Kohteessa olevien kanavien halkaisijat mitatuissa IV-koneissa olivat kaikki kooltaan 500mm. Mittaukset otettiin jo valmiiksi kanavissa olleista mittareista. Lämpötilojen sekä virtausnopeuden mittaamiseen käytettiin kuumalanka-anemometriä. Tilavuusvirtojen mittaukseen käytettiin Pitot-putkianturia. Mittaukset suoritettiin kanavan suorimmasta kohdasta, jotta mahdolliset mutkat kanavistossa eivät vaikuttaisi tuloksiin. Mittauksia tehdessä, asetettiin IV-koneet sähkökeskuksesta toimimaan täydellä teholla.

4.2 Lämpötila

Lämpötiloja mitattiin kahdesta laitteesta, jotka eivät olleet mukana kiinteistöautomaatiojärjestelmässä. Lämpötilat mitattiin myös neljästä lähemmässä tarkastelussa olleesta laitteesta. Järjestelmässä olleiden IV-koneiden lämpötilat katsottiin kiinteistöautomaatiojärjestelmän ilmoittamista tiedoista (KUVIO 1). Lämpötilat löytyvät tarkemmin liitteestä 1.

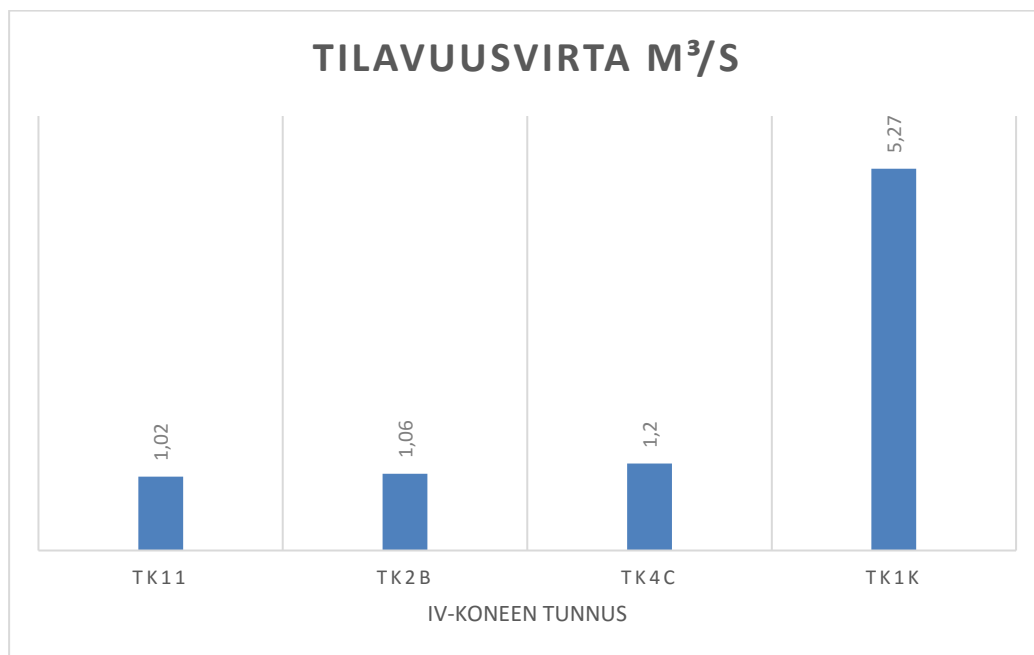


KUVIO 7. Kohteen IV-koneiden tulo- ja poistolämpötilat.

4.3 Virtausnopeus ja tilavuusvirta

Virtausnopeudet ja tilavuusvirrat mitattiin Ilmanvaihtokoneiden poistoilmakanavista. Tarkempiin mittauksiin valikoitui rakennuskompleksin neljä suurinta ilmanvaihtokonetta, joista haluttiin tutkia, kuinka paljon lämpöenergiaa kyseisten IV-koneiden LTO todellisuudessa talteenottaa.

Tarkemmissa mittauksissa mukana olleiden laitteiden tunnuksset ovat seuraavat: TK11, TK2B, TK4C ja TK1K. IV-kone TK1K oli muita koneita huomattavasti suurikokoisempi ja se palveli tiloja, joissa tarvitaan tehokasta ilmanvaihtoa muun muassa lounasravintolan keittiötä. Tilavuusvirrat kyseisille laitteille löytyvät kuviosta 8.



KUVIO 8 Neljän lähemmässä tarkastelussa olleiden IV-koneiden tilavuusvirrat.

5 TULOKSET

Seuraavissa luvuissa on avattu, mitä arvoja kohteesta on selvitetty laskemalla. Laskuissa on käytetty apuna aiemmin kohteesta mitattuja sekä kiinteistöautomaation ilmoittamia arvoja. Kaavojen johtamisia ei ole esitetty. Kappaleessa on esitelty yhdestä lämmöntalteenottimesta saadut tulokset ja lasketut arvot.

5.1 Lasketut arvot

Toimeksiantajan pyynnöstä laskettiin kaikkien lämmöntalteenottimien hyötysuhteet tuloilman lämpötilahyötysuhteen kaavalla. Laitevalmistajat yleensä ilmoittavat tuotteidensa hyötysuhteet kyseisellä kaavalla. (Ympäristöministeriön moniste 122. s,14). On tarkoituksen mukaista käyttää sitä myös tässä opinnäytetyössä hyötysuhteiden tarkasteluun.

Valitettavasti kiinteistöautomaatio-ohjelma ei antanut jokaisen laitteen lämpötiloille keskiarvoja, joten hyötysuhteet on laskettu mittaushetken sen hetkisistä arvoista, minkä johdosta hyötysuhde osassa LTO-laitteista vaikuttaa suurelta. Näiden laitteiden osalta olen kuitenkin laskenut vuosihyötysuhteen (KAAVA 2 ja KUVIO 11), jonka tulos on lähempänä todellista hyötysuhdetta kuin mittaushetken hyötysuhde.

5.1.1 Lämmöntalteenottimien hyötysuhteet

Lämmöntalteenottimien hyötysuhteet laskettiin seuraavilla kaavoilla:

KAAVA 1. Tuloilman lämpötilasuhde.

$$\eta_t = \frac{T_{tlto} - T_u}{T_p - T_u}$$

T_p , poistoilman lämpötila ennen lämmöntalteenottoa.

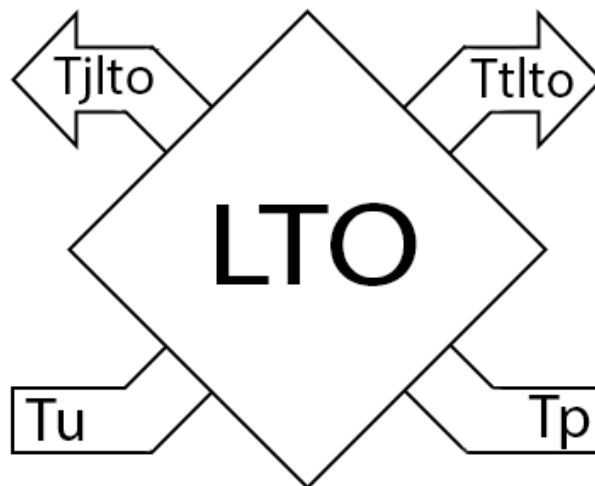
T_u , ulkoilman lämpötila.

T_{tLTO} , tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen.

KAAVA 2. Vuosihyötysuhde.

$$\eta_a = \eta_t * 0,6$$

Kaavassa 2 0,6 on ympäristöministeriön ilmoittama kerroin lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennalle. LTO-laitteen lämpötilat sijoittuvat levylämmönsiirtimessä todellisuudessa kuvion 9 mukaisesti.



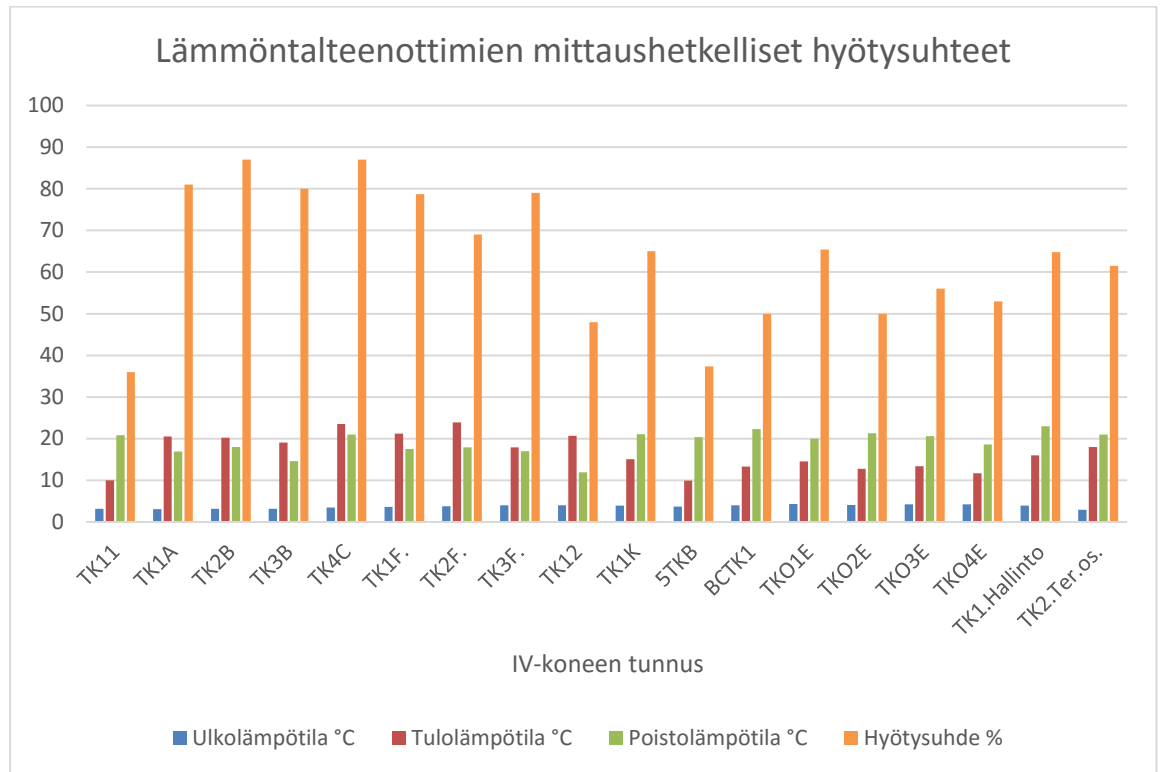
KUVIO 9. LTO-laitteen lämpötilasuureiden sijoittuminen.

Täten LTO- laitteen jossa on levylämmönsiirrin, tuloilmanhyötysuhteeksi saadaan:

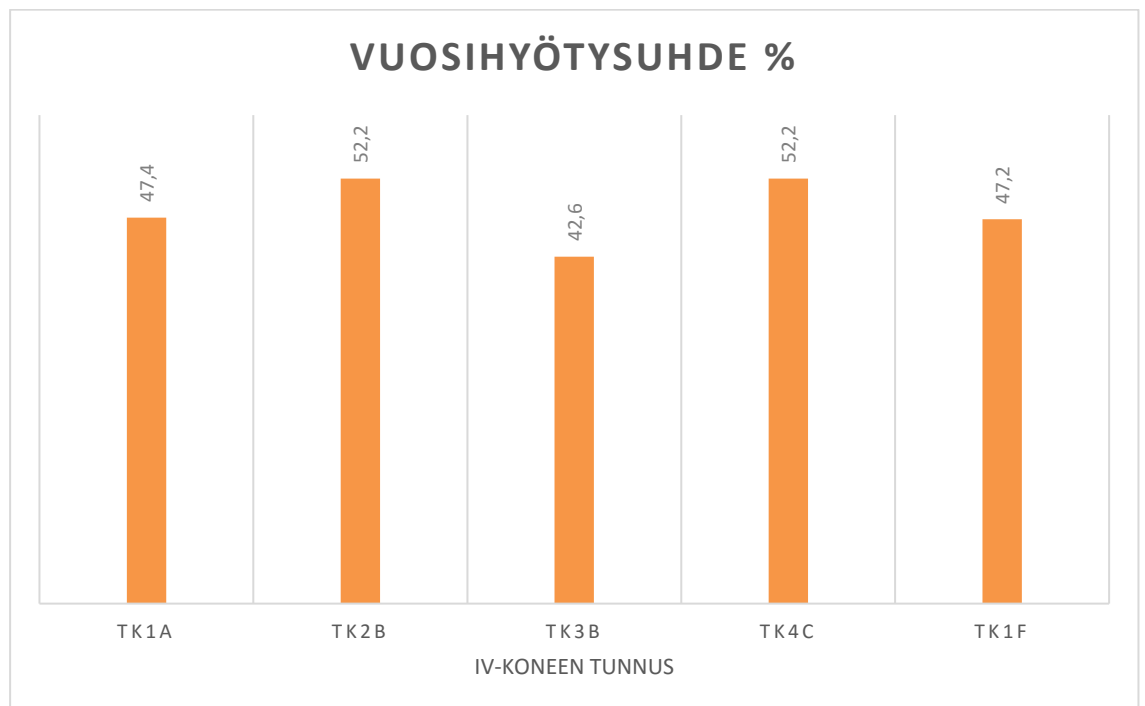
KAAVA 1.1.

$$\eta = \frac{14.5^{\circ}\text{C} - (4.3^{\circ}\text{C})}{20.0^{\circ}\text{C} - (4.3^{\circ}\text{C})} = 0,654 \approx 65,4\% \text{ hyötysuhde}$$

Kyseinen lämmönsiirrin sijaitsee E-talossa, rakennuksen eteläsiiven yhteistiloissa. On huomioitavaa, että kaikki kohde rakennusten lämmöntalteenottimet eivät ole levylämmönsiirtimiä, tästä johtuen ovat hyötysuhteet eri suuruisia. Muiden lämmöntalteenottimien hyötysuhteet löytyvät tarkemmin kuviosta 10, 11 ja liitteestä 1.



KUVIO 10. Lämmöntalteenottimien mittaushetkelliset hyötysuhteet.



KUVIO 11. Lämmöntalteenottimien vuosihyötysuhteet.

5.1.2 Poistoilman tilavuusvirta

Ilmanvaihtokanavien tilavuusvirta q_v (m^3/s) lasketaan seuraavalla kaavalla:

KAAVA 3.

$$q_v = v * A$$

Kaavassa 3:

v , poistoilman virrannopeus kanavassa.

A , kanavan pinta-ala.

Käytettäessä virtausnopeutta, lasketaan ensin kanavan pinta-ala ympyrän pinta-alan kaavalla. Esitetyissä yhtälöissä on käytetty TK4C-koneelta mitattuja arvoja. Täten kyseisen LTO-laitteen poistoilman tilavuusvirraksi saadaan:

KAAVA 3.1.

$$q_v = 6,13m/s * 0,196m^2 = 1,203m^3/s$$

Swema -mittarilla voidaan tilavuusvirta mitata suoraan, eikä täten yllä olevaa kaavaa ole pakko käyttää, sillä voidaan kuitenkin tarkastaa tilavuusvirran tuloksen oikeellisuus. Mittarilla samasta laitteesta, samasta kanavasta ja samasta mittauspisteestä mitattu tilavuusvirta oli 1205l/s joka muunnettuna yksikköön m^3/s on $1,205m^3/s$.

5.1.3 Poistoilman lämpöteho

Poistoilman lämpöteho Φ (W) lasketaan seuraavalla kaavalla (KAAVA 4). Tällä samalla kaavalla voidaan laskea myös kohderakennusten nykyisten lämmönlämmittimien tehokkuutta ja niistä saatavia hyötyjä.

KAAVA 4.

$$\Phi = \rho_{ilma} * c_{ilma} * q_v * (T_p - T_u)$$

Kaavassa 4:

ρ_{ilma} , ilman tiheys joka on luonnonvakio (1,2kg/m³).

c_{ilma} , ilman ominaislämpökapasiteetti joka on myös vakio (1,0kJ/kgK).

q_v , tilavuusvirta.

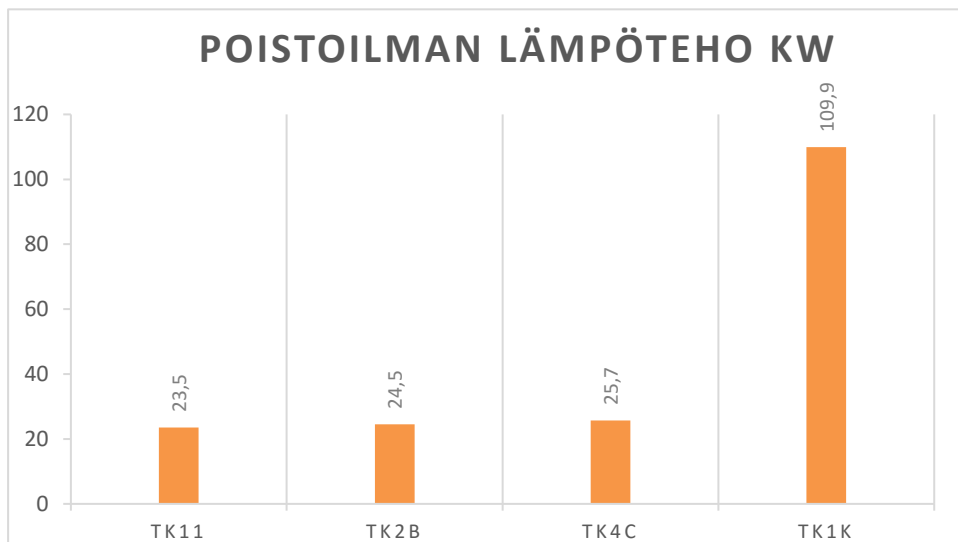
T_p ja T_u , lämpötilaero (poistoilman lämpötila ja ulkoilman lämpötila).

Kuviossa 12 on esitetty lähemmässä tarkastelussa olleiden laitteiden poistoilman lämpötehot kilowatteina. Kaavassa 4.1 on laskettuna IV-koneen TK11 poistoilman lämpöteho.

KAAVA 4.1

$$\Phi = 1,2kg/m^3 * 1,0kJ/kgK * 1,02m^3/s * (20^{\circ}C - 1^{\circ}C)$$

$$\Phi = 23,5kW$$



KUVIO 12. Poistoilman lämpöteho kilowatteina.

5.1.4 Poistoilman sisältämä lämpöenergia

Poistoilman mukana poistuvan lämpöenergian määrä lasketaan kaavalla 5. Tämän kaavan avulla saadaan siis laskettua, kuinka paljon energiaa poistoilman mukana poistuisi, jos lämmöntalteenottoa ei olisi ollenkaan.

Kaavassa 5:

t_k , IV-koneen käyntiaika päivässä.

T_s , sisälämpötila (tavoitelämpötila).

S, lämmitystarve luku.

Lämmitystarveluvut löytyvät liitteestä 2, laskuissa on käytetty ilmatieteenlaitoksen Lahden alueelle ilmoittamaa lämmitystarvelukua.

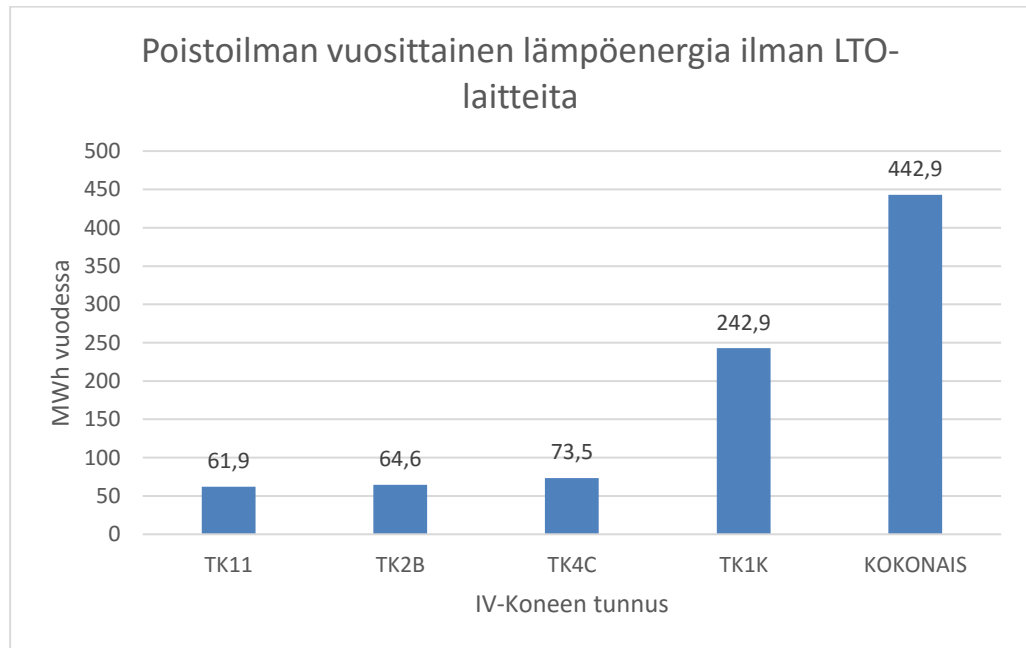
Neljän tarkastelussa olleen koneen arvot löytyvät tarkemmin liitteestä 3 ja kuvioista 13. Kaavassa 5.1 on laskettu IV-koneen TK11 vuosittainen poistoilman mukana poistuva energiamäärä. Poistoilman mukana kuukauden ja vuoden aikana poistuva lämpöenergia LTO-laitteet mukaan huomioituna on esitelty liitteessä 4 ja 5. Toimeksiantajalla ei ollut tarjota tuoretta dataa eri IV-koneiden käyntiajoista, joten laskuissa käytettiin vuonna 2007 luotua taulukkoa.

KAAVA 5.

$$Q = \Phi * \frac{t_k * S}{T_s - T_u}$$

KAAVA 5.1

$$Q = 23,5\text{kW} * \frac{12\text{h/d} * 4175^\circ\text{Cd}}{20^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C}} = 61965\text{kWh} = 61,9\text{MWh}$$



KUVIO 13. Vuosittain poistuva lämpöenergia ilman lämmöntalteenottoa.

5.1.5 Talteenotettu energia

Hyötysuhteiden avulla voidaan laskea toimeksiantajan haluama tieto; kuinka paljon energiaa todellisuudessa tarkasteluun valitut laitteet talteenottavat. Talteenotetun energian määrä lasketaan kertomalla poistuvan lämpöenergian määrä hyötysuhdekertoimella η_k (KAAVA 6). Kertoimet löytyvät liitteestä 6. Todellisuudessa lasketut arvot voivat olla hieman eri suuruisia, sillä luvussa 5.1.4 käytettyjä ilmastoinnin käyntiaikoja ei voida pitää täysin paikkaansa pitävinä. Toimeksiantajan mukaan käyntiaikoja on muutettu kyseisistä käyntiajoista.

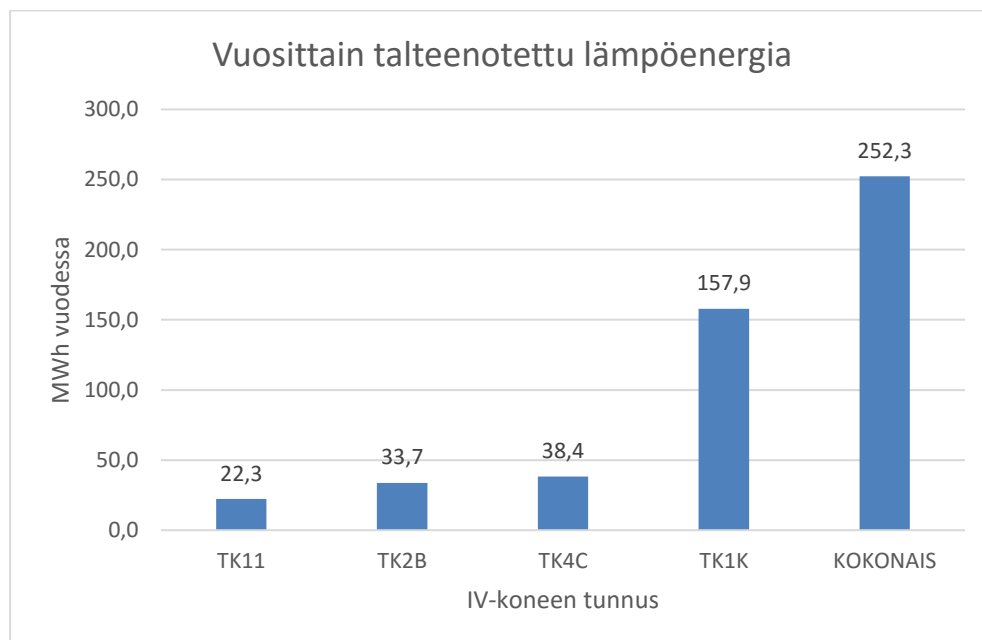
KAAVA 6.

$$Q_{talt} = Q * \eta_k$$

Nykyiset laitteet talteenottavat vuosittain energiaa kuvion 14 mukaisesti. Kuukausittain talteenotetut lämpöenergiamäärät ovat liitteessä 7. Alemmassa yhtälössä (KAAVA 6.1) on käytetty IV-koneen TK11 arvoja.

KAAVA 6.1.

$$Q_{talt} = 61,9MWh * 0,36 = 22,3MWh$$

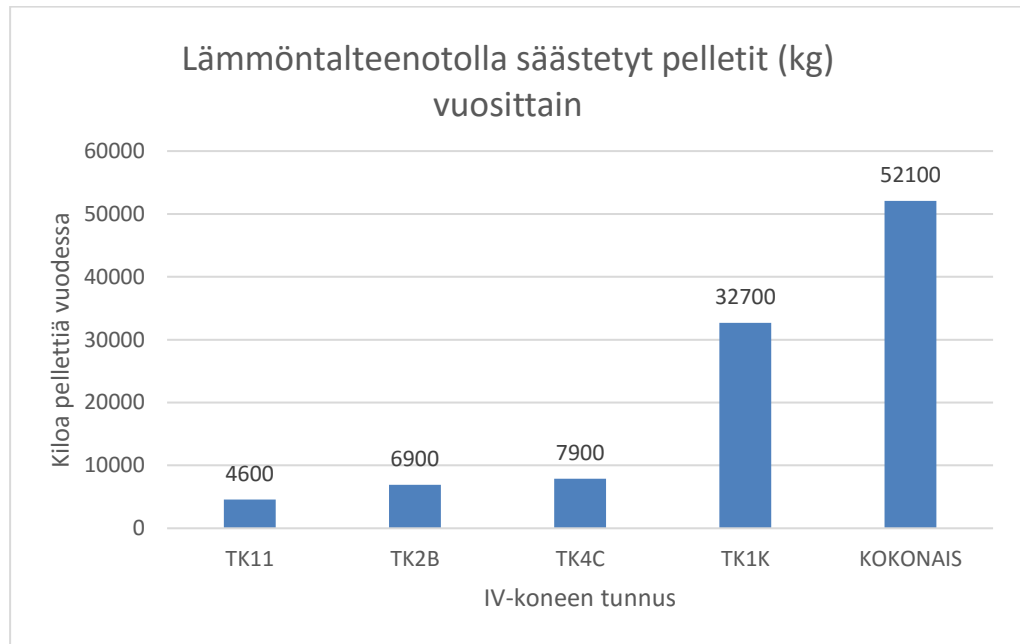


KUVIO 14. Vuosittain talteenotettu lämpöenergia.

5.2 Rahansäästö

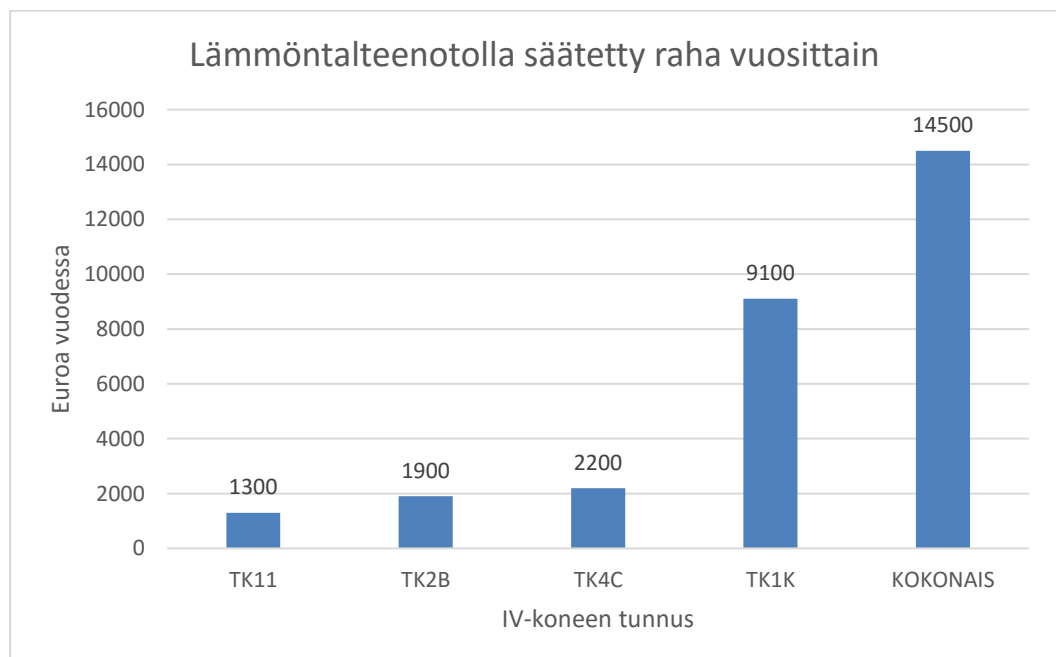
Kohteessa olevassa lämpövoimalassa käytetään polttoaineena puupellettiä. Tässä kappaleessa on laskettu, kuinka paljon rahaa säästetään kuukausittain ja vuosittain lämmöntalteenottimilla, sekä kuinka monta kiloa pellettejä kuukausittain ja vuosittain säästyy. Oletetaan, että kaikki lämmöntalteenottimien keräämä lämpöenergia on suhteessa lämpövoimalan pellettien kuukausittaiseen ja vuosittaiseen käyttöön.

Puupelletin lämpöarvo on noin 4,7 - 5,0kWh/kg. Vapo Oy:n myymän puupelletin hinta Heinolan alueella on noin 138,8€/500kg. Pellettiä myydään suursäkeissä, yksi suursäkki sisältää 500kg pellettejä. Yksi kilo pellettejä maksaa siis 0,2776€ (Vapo Oy. 2017). Pellettejä kiloina vuosittain säästyy kuvion 15 mukaisesti, kuukausittainen säästö kiloina on liitteessä 8.



KUVIO 15. Lämmöntalteenotolla säästetyt pellettikilot vuosittain.

Rahansäästö saadaan selville kertomalla kuvion 15 pellettien vuosittain säästetyt kilot pelletin kilohinnalla. Kilohinta on jonkin verran pienempi, jos pellettejä ostetaan suurempi erä kerralla, mutta se vaatisi huomattavasti enemmän varastointitilaa. Rahansäästö vuosittain on kuviossa 16, kuukausittainen säästö on liitteessä 9.



KUVIO 16. Lämmöntalteenotolla säästetty raha vuosittain.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aikana kohteessa vierailtiin kaksi kertaa. Ensimmäisellä kerralla tutkittiin kaikkien IV-koneiden lämmöntalteenoton hyötysuhteita lämpötilojen kautta. Lämpötilat mitattiin kiinteistöautomaatiojärjestelmän avulla kaikista IV-koneista, paitsi kahdesta jotka eivät olleet kytkettyinä järjestelmään. Näistä kahdesta lämpötilat mitattiin Swema -mittarilla, sekä itse koneessa olevista lämpömittareista.

Toisen vierailukäynnin alussa sovittiin, mitkä IV-koneista otetaan mukaan lähempään tarkasteluun. Tarkasteluun valituista koneista mitattiin Swema-mittarilla lämpötila, virtausnopeus ja tilavuusvirta. Kyseisten arvojen avulla laskettiin kuinka paljon LTO näissä IV-koneissa todellisuudessa säästää.

Laskelmien perusteella lämmöntalteenottimien hyötysuhteet vaihtelivat välillä 35 – 75 %. Tästä voidaan päätellä valmistajien erityyppisille laitteille ilmoittamia arvoja tarkastelemalla, että kohderakennusten LTO-laitteet toimivat oikeilla hyötysuhteilla. Yhdestä LTO-laitteesta ei mitausta saatu tehtyä, sillä sen lämpötila-anturit olivat vioittuneet, eikä se täten antanut dataa kiinteistöautomaatiojärjestelmälle.

Suuressa rakennuksessa on monia IV-koneita. Kyseisten laitteiden yhteislämmöntalteenotto olisi hyvä olla ympäristöministeriön ilmoittama 45 %. Tämä arvo toteutuu kohderakennuksissa. Kyseinen luku ei siis tarkoita, että jokaisen lämmöntalteenottimella varustetun IV-koneen hyötysuhde tulisi olla 45 %.

Neljä tarkastelussa ollutta lämmöntalteenotinta säästävät noin 56 % vuosittain lämmityskustannuksia. Rahana säästö on vuosittain noin 14470€.

6.1 Ehdotukset

Käyttäessäni kiinteistöautomaatiojärjestelmää, huomasin, että monessa laitteessa oli kuitaamattomia hälytyksiä tai huomioita. Nämä hälytykset kannattaa ehdottomasti kuitata, jotta järjestelmän luottavuus sekä luotettavuus säilyvät.

Toimeksiantajalta saamani taulukko IV-koneiden käyntiajoista oli vanha. Käyntiaikatiedot kannattaa päivittää jo valmiina olevaan excel-pohjaan, tällöin voidaan seurata helposti IV-koneiden kulutuksia ja LTO-laitteistolla saatavia säästöjä.

Kaksi IV-konetta eivät olleet kiinteistöautomaatiojärjestelmään liitettyinä. Nämä voitaisiin myös liittää järjestelmään, tällöin saataisiin koko kompleksin ilmanvaihtokoneita tarkasteltua ja ohjattua tietokoneen avulla.

Lähtökohtana saneerauksen kannattavuutta miettiessä käytetään laskuja, sekä arvoita saneerauksen aiheuttamista kustannuksista ja uuden tai uusien järjestelmien takaisinmaksuajoista. Nykyisiä lämmöntalteenottimia ei ole kannattavaa vaihtaa. Nykyiset lämmöntalteenottimet toimivat kaikki normaaleilla hyötysuhteilla. Mikä oli mielestäni yllättävää, sillä osa IV-koneista oli vanhoja, sekä rakennusten omistajuus on vaihtunut laitteiden asennuksen jälkeen.

Mikäli ilmanvaihdon energiatehokkuutta halutaan parantaa, saattaa olla kannattavampaa investoida esimerkiksi taajuusmuuttajiin joilla ohjataan IV-koneiden käyntiaikoja sekä nopeuksia. Osa kiinteistöjen IV-koneista oli jo taajuusmuuttajilla ohjattuja. Esimerkiksi Vacon Oy ilmoittaa taajuusmuuttajiensa säästävän IV-koneen sähkönkulutuksesta 20 – 50 %. Takaisinmaksuaika on Vaconin mukaan pieni, se voi olla jopa alle 12 kuukautta. Taajuusmuuttajien käyttöikä on noin 10 vuotta, se siis maksaisi itsensä takaisin moneenkertaan (Vacon Oy. 2017). Ilman tarkempia mittauksia ja suunnitelmia on hankala sanoa, kuinka paljon IV-koneiden ohjauksen vaihtaminen taajuusmuuttajaohjaukseen todella säästäisi, ja

olisiko se edes kannattavaa. Taajuusmuuttajilla saatava portaaton käynnistys ja pysäytys myös lisäävät IV-koneiden käyttöikää.

Energiatehokkuutta voidaan paranta myös esimerkiksi erilaisilla korroosionsuojalaitteilla. Korroosionsuojalaitteita voidaan asentaa jälkeinpäin rakennusten lämmitysjärjestelmiin, mikäli käytössä on vesikiertoinen lämmitys. Lämmitysjärjestelmissä kiertävä vesi on ilman korroosionsuojausta tai puhdistamista ongelmallista suljetulle verkolle (Kevox Ky. 2017).

Esimerkiksi Electorin valmistama sähköinen korroosionsuojalaite poistaa suljetusta vesikiertoisesta järjestelmästä veteen liuennutta happea ja ilmaa, tasoittaa veden pH-arvoa, poistaa vedestä sakkaa sekä parantaa järjestelmän lämmönsiirto-ominaisuuksia. (Kevox Ky. 2017).

Takaisinmaksua aikaa on kyseisille laitteille hankala laskea, sillä korroosionestojärjestelmien päätarkoitus on kuitenkin vähentää huollon tarvetta ja pidentää lämmitysverkoston käyttöikää, eikä niinkään suoranaisesti parantaa energiatehokkuutta. Alemmassa taulukossa (Taulukko 2) on kuitenkin muutamia hintoja erityyppisille Electorin valmistamille korroosionsuojajärjestelmille.

TAULUKKO 2. Elector-korroosionestojärjestelmän ominaisuuksia.

Malli	Järjestelmän tilavuus	Läpivirtaus (l/min)	Huoneistoja	Hinta € alv 0%
S10	1,5 m ³	2	n.30 kpl	1,990.00
M25	5,0 m ³	5	n.70 kpl	3,950.00
L60	10,0 m ³	10	n.150 kpl	5,490.00

IV-koneiden huolto on myös tärkeää energiatehokkuuden säilyttämiseksi. Kohteen IV-koneissa roikkui kirjaset, joihin oli merkitty, milloin ja mitä huoltoja kyseiselle IV-koneelle on tehty. Neljän tarkastelussa olleen IV-koneen kirjaset eivät olleet kaikki ajan tasalla. Ehdotan, että huollot kirjataan ylös joko sähköisesti tai koneen kirjaseen. LTO-laitteiden suodattimet tulee puhdistaa tai tarpeen mukaan vaihtaa pari kertaa

vuodessa. Likaiset ja tukkeutuneet suodattimet heikentävät lämmöntalteenoton tehokkuutta. Myös itse lämmönsiirtimet, mikäli kyseessä on levylämmönsiirrin tai pyörivä lämmönsiirrin, ne on syytä puhdistaa parin vuoden välein.

LÄHTEET

Aalto Yliopisto 2016. Virtaukset ja reaktorit – Lämmönsiirron perusteet. Helsinki. [viitattu 25.1.2017] Saatavissa:

<https://mycourses.aalto.fi/mod/folder/view.php?id=100837>

Harju, P. 2009. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.

Harsia, P. 2005. Virtuaali ammattikorkeakoulu. Sähkölämmityksen peruskurssi. Lämmön siirtyminen. [viitattu 23.2.2017] Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0505015/1119948180490.html>

Holmijoki, O. 2013. Työterveyslaitos. Korjausrakentaminen Suomessa.

Rakennustekniset kustannukset. Helsinki. [viitattu 19.1.2017] Saatavissa:

https://julkari.fi/bitstream/handle/10024/114847/Korjausrakentaminen_Suomessa.pdf?sequence=1

Hydrocell.fi. 2017. Lämmönsiirtimet. [viitattu 21.2.2017] Saatavissa:

<http://www.hydrocell.fi/lammonsiirtimet/lammontalteenotto/>

Isosaari, K. 2012. Mistä energiaa taloon? Omakotiasujan energia- ja ympäristöopas. Helsinki: Otavamedia.

Kevox Ky. Elector-esite. Tehoa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin

[viitattu 11.4.2017] Saatavissa: <http://www.kevox.fi/tuotteet/elector/>

Kuivalainen, H. 2017. Heinolan kaupungin kaavoituspäällikkö.

Puhelinhaastattelu 2017.

Lamminaho, H. 2012. Rakenne ja rakennustuotantotekniikan perusteet.

LVI-talotekniikan järjestelmät, järjestelmien yleiskuvaus. [viitattu 5.5.2017]

Saatavissa: <http://slideplayer.fi/slide/1933869/>

Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja. Suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Motiva Oy. 2008. Lämpöä ilmassa. Lämmitysjärjestelmät ilmalämpöpumput. [viitattu: 23.2.2017] Saatavissa:

<http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>

Oulun rakennusvalvonta. 2013. Ilmanvaihdon Energiakorjaus. [viitattu 4.4.2017] Saatavissa:

http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_10_Ilmanvaihto_2013_02_01.pdf

Seppänen, O. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Talotekniikka-julkaisut Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014. RIL 265-2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksessa. Tammerprint Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015. RIL 249-2015. Energiatehokas asuinrakennus. Kohti lähes nollaenergiarakentamista. Helsinki.

Sähkölämmitysfoorumi Ry. 2017. Lämmin koti. Lämmön talteenotto. [viitattu 24.1.2017] Saatavissa:

<http://www.lamminkoti.fi/index.php?k=17619>

Teeparannus.fi. 2017. Rakennusken lämpöenergiatase. [viitattu 5.5.2017] Saatavissa:

<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/ratkaisuja/kerrostalonenergiatase/>

Vapo Oy. Pellettiä suursäkeissä, Verkkokauppa. [viitattu 31.3.2017] Saatavissa: <https://kauppa.vapo.fi/tuote/500-kg-pellettisakki/tilaus>

Vacon Oy. Vacon HVAC- taajuusmuuttajat. Viihtyvyyttä ihmisille ja hallittavuutta LVI-sovelluksiin. [viitattu 6.4.2017] Saatavissa:

http://www.vacon.com/imagevaultfiles/id_3116/cf_2/vacon-building-automation-brochure-bc00145c-fi.pdf

Ympäristöministeriön moniste 122, 2003. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Helsinki.

Ympäristöministeriö 2012a. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. [viitattu: 23.1.2017] Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf

Ympäristöministeriö 2012b. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. [viitattu: 23.1.2017] Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf

LIITTEET

Liite 1. Lämmöntalteenottimien lämpötilat, hyötysuhteet, konenumerot ja sijainnit.

Kone nro.	Ulkolämpötila°C	Tulolämpötila°C	Poistolämpötila°C	Sijainti	Hyötysuhde
TK11	3,2	10	20,8	Röntgen+laboratorio	36
TK1A	3,1	20,5	16,9	Kahvila+kanttiini	81
TK2B	3	20,2	18	Poli+5.krs.tstot	87
TK3B	3,5	19,1	14,6	Auditorio	80
TK4C	3,6	23,5	21	Poliklinikka	87
TK1F.	3,8	21,2	17,5	Fys.os.hoitotila	78,7
TK2F.	4	23,9	17,9	Fys.os.toimisto	69
TK3F.	4	17,9	17	Fys.os.allastilat	79
TK12	3,9	20,7	11,9	9.krs. Vuodeosasto	48
TK1K	3,7	15,1	21,1	Keittiötilat, 4.krs.	65
5TKB	4	9,9	20,4	B-siipi, 6.krs.ruokailutilat	37,4
BCTK1	4,3	13,3	22,3	lastenosasto	50
TKO1E	4,1	14,5	20	E-talo,yhteistilat	65,4
TKO2E	4,2	12,8	21,3	E-talo,majoitustilat	50
TKO3E	4,2	13,4	20,6	E-talo,pohjoissiipi	56
TKO4E	3,9	11,7	18,6	E-talo	53
TK1.Hallinto	2,9	16	23	hallinto	64,8
TK2.Ter.os.	2,9	18	21	terveys.os	61,5

Liite 2. Lämmitystarveluvut ja kuukauden keskilämpötilat.

(Ilmatieteenlaitos)

Lämmitystarveluvut 2016 (°Cvrk)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	663	486	481	382	132	30	0	10	57	326	459	469	3495
Vantaa	847	510	526	365	7	16	0	0	65	384	541	556	3817
Helsinki	800	483	501	365	0	0	0	0	59	350	510	521	3589
Pori	807	516	510	381	48	15	0	5	70	391	524	540	3807
Turku	808	510	512	372	32	14	0	0	76	383	524	541	3772
Tampere	884	539	542	393	38	42	0	16	137	418	558	588	4155
Lahti	923	537	546	377	47	34	5	12	143	412	553	586	4175
Lappeenranta	969	553	561	376	23	37	6	12	125	415	582	609	4268
Jyväskylä	981	570	574	405	63	62	17	31	181	447	594	615	4540
Vaasa	842	564	527	408	114	27	0	28	104	409	548	553	4124
Kuopio	987	577	579	399	41	53	0	14	138	415	597	636	4436
Joensuu	1030	584	587	362	44	71	0	34	173	433	617	653	4588
Kajaani	999	608	593	409	80	67	0	50	201	445	639	693	4784
Oulu	943	605	583	416	145	61	0	58	185	426	603	657	4682
Sodankylä	1087	676	651	478	216	90	0	113	252	475	694	810	5542
Ivalo	1054	696	644	483	224	139	11	142	254	468	667	755	5537

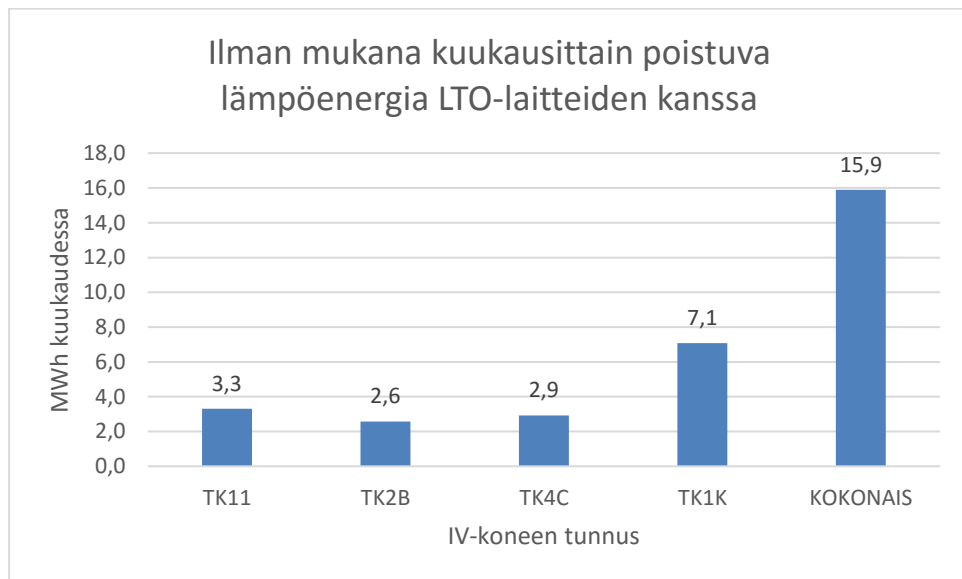
Kuukauden keskilämpötila 2016 (°C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Maarianhamina	-4,4	0,2	1,5	4,3	10,7	14,3	17,4	15,7	13,0	6,5	1,7	1,9
Vantaa	-10,3	-0,6	0,0	4,9	14,3	15,7	17,7	16,0	12,7	4,6	-1,0	-0,9
Helsinki	-8,8	0,3	0,9	4,8	13,8	15,3	17,8	16,4	13,3	5,6	0,0	0,2
Pori	-9,0	-0,8	0,5	4,3	12,5	14,8	17,3	15,2	12,3	4,4	-0,5	-0,4
Turku	-9,1	-0,6	0,5	4,6	12,9	15,4	17,7	15,8	12,4	4,6	-0,5	-0,4
Tampere	-11,5	-1,6	-0,5	3,9	12,7	14,6	16,7	14,7	11,3	3,5	-1,6	-2,0
Lahti	-12,8	-1,5	-0,6	4,4	12,9	15,1	16,8	14,8	11,1	3,7	-1,4	-1,9
Lappeenranta	-14,2	-2,1	-1,1	4,5	13,8	15,1	17,1	15,4	11,5	3,6	-2,4	-2,6
Jyväskylä	-14,7	-2,6	-1,5	3,5	12,4	14,3	16,5	14,1	10,2	2,6	-2,8	-2,8
Vaasa	-10,2	-2,5	0,0	3,4	11,1	14,1	17,1	14,5	11,7	3,8	-1,3	-0,8
Kuopio	-14,8	-2,9	-1,7	3,7	13,0	14,7	17,9	15,3	11,0	3,6	-2,9	-3,5
Joensuu	-16,2	-3,1	-1,9	3,9	12,7	14,2	17,9	14,8	10,5	3,0	-3,6	-4,1
Kajaani	-15,2	-3,9	-2,1	3,2	11,6	13,3	17,5	13,8	9,6	2,6	-4,3	-5,3
Oulu	-13,4	-3,9	-1,8	3,0	10,5	13,4	17,4	13,7	10,1	3,3	-3,1	-4,2
Sodankylä	-18,1	-6,3	-4,0	1,1	9,0	12,0	16,8	12,2	8,5	1,7	-6,1	-9,1
Ivalo	-17,0	-7,0	-3,8	0,9	8,8	11,0	15,8	11,3	8,4	1,9	-5,2	-7,3

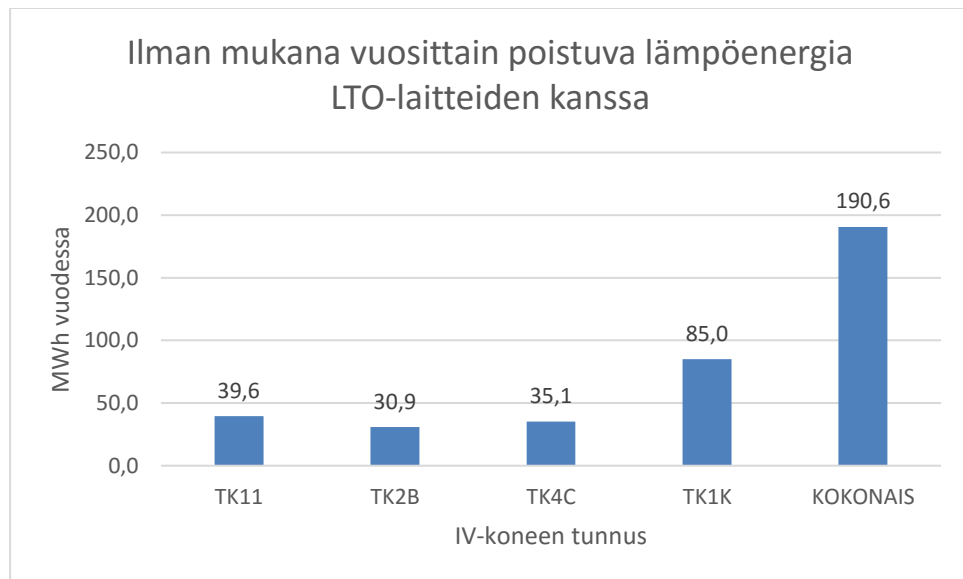
Liite 3. Neljän lähemmässä tarkestelussa olleiden IV-koneiden ilman mukana poistuva lämpöenergia ilman lämmöntalteenottoa sekä sen laskemiseen tarvittavia arvoja.

IV-koneen tunnus	Käyntiaika h/d	Tavoite lämpötila °C	Lämpöteho kW	Poistoilman lämpöenergia MWh/a
TK11	12	20	23,5	61,9
TK2B	12	20	24,5	64,6
TK4C	12	18,5	25,7	73,5
TK1K	9	18	109,9	242,9

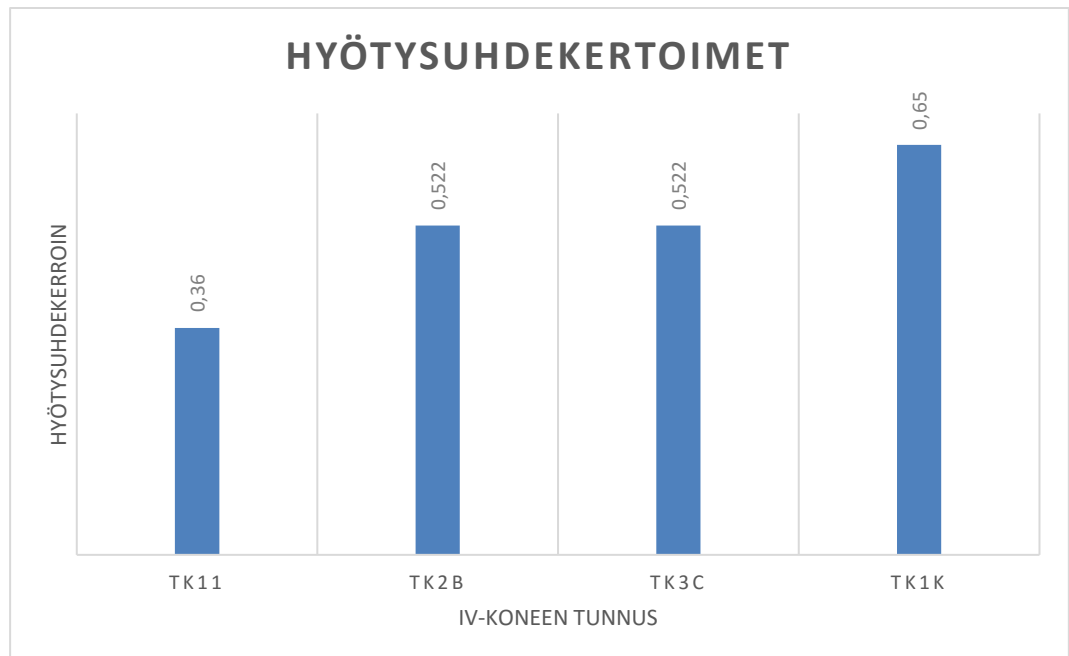
Liite 4. Poistoilman mukana kuukausittain poistuva lämpöenergia LTO-laitteet mukaan huomioituna



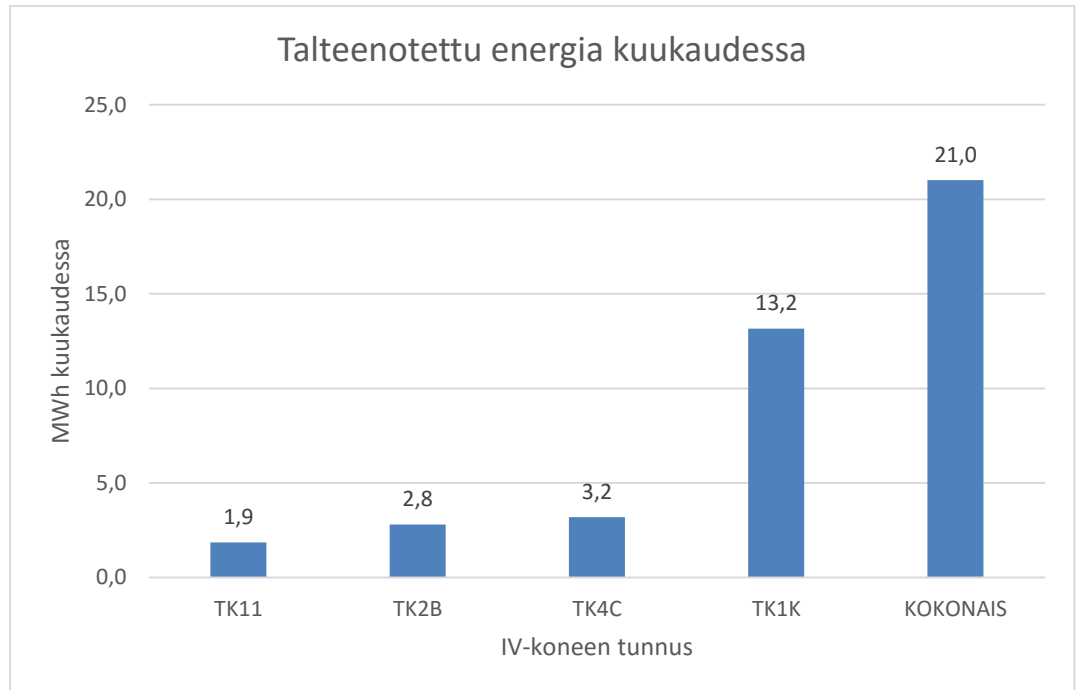
Liite 5. Poistoilman mukana vuosittain poistuva lämpöenergia LTO-laitteet mukaan huomioituna



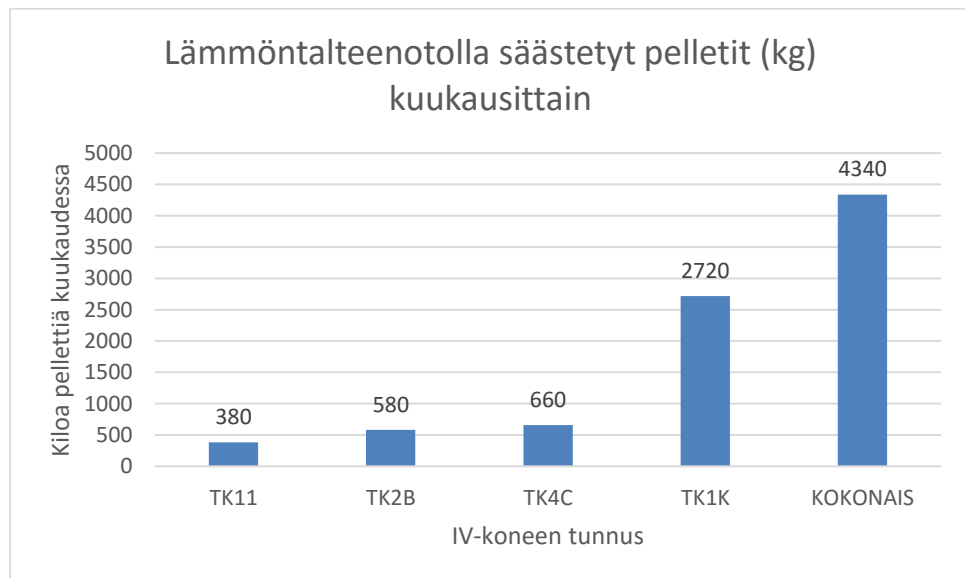
Liite 6. Tarkastelussa olleiden IV-koneiden hyötysuhde kertoimet



Liite 7. Talteenotettu lämpöenergia kuukaudessa



Liite 8. Lämmöntalteenotolla säästetyt pelletit kuukausittain



Liite 9. Lämmöntalteenotolla säästetty raha kuukausittain

