

Joonas Heinonen

Kerrostaloasunnon lämmönsäätö

Huoneistokohtaisen lämmönmittauksen hyödyntäminen ja sääpalveluiden käyttö ennakoivassa lattialämmityksessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

26.3.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joonas Heinonen Kerrostaloasunnon lämmönsäätö Huoneistokohtaisen lämmönmittauksen hyödyntäminen ja sääpalveluiden käyttö ennakoivassa lattialämmityksessä 43 sivua + 0 liitettä 09.04.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kappaletavara-automaatio
Ohjaaja(t)	lehtori Antti Liljaniemi projektipäällikkö Mikko Tuomi
<p>Tässä insinööriyössä on tarkoitus tutkia nykyisen kerrostaloasunnon lämmönsäädön soveltuvuutta kolmella eri mittarilla: energiansäätöllä, ympäristön kuormituksella ja asumisolosuhteiden mukavuudella. Tutkittava data on saatu huoneistokohtaisilla lämpötila-antureilla.</p> <p>Myös Internetin yleistymisen johdosta on syytä pohtia sen käyttömahdollisuuksia ennalta säätävässä lämmityksessä. Tämä työ tehtiin YIT Kiinteistötekniikka Oy, Automaatioratkaisuille.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kolme kehitysehdotusta lämmönsäätökäyrälle, Internetin sääpalveluista säätietoja kyselevä varaava lattialämmitysjärjestelmä, joka toimisi ennakoivasti, sekä kysely- ja suositusehdotus asukkaita varten. Saatuja tuloksia voi hyödyntää lämmönsäädössä sekä lämmitysjärjestelmien kehittämisessä.</p>	
Avainsanat	Kerrostalo, lämmitys, lämpötila-anturi, Internet, lattialämmitys

Author(s) Title Number of Pages Date	Joonas Heinonen Heat adjustment in a block of flats Using of heat measurement in each apartment and using of weather services in proactive underfloor heating 43 pages + 0 appendices 09 april 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Manufacturing Automation
Instructor(s)	Antti Liljaniemi, Senior Lecturer Mikko Tuomi, Project Manager
<p>The goal of this thesis is to study nowadays heat adjustment in a block of flats by three different meters: energy consumption, environmental effects and quality of residential comfort. Data which this thesis is based on was received from temperature sensors in each apartment.</p> <p>Also, as Internet is becoming more and more a part of our daily lives, exploring the possibilities of Internet used in pre-adjusting heating should be done. This thesis was made for YIT Kiinteistötekniikka Oy, Automaatioratkaisut.</p> <p>Results of this thesis was three different suggestions of heat curves, an underfloor heating system that storages heat proactively into structure by querying weather services found in Internet and an inquiry and draft recommendation for residents. Obtained results can be used in adjustment of heating and in developing of heating systems.</p>	
Keywords	Block of flats, heating, heat sensor, Internet, underfloor heating

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	3
2	Kerrostaloasunnon lämmitystavat	5
2.1	Lämmöntuotantotavat	5
2.1.1	Kaukolämpö	6
2.1.2	Lämmityskattila	9
2.1.3	Sähkölämmitys	9
2.1.4	Lämpöpumput	11
2.2	Lämmönluovuttimet	13
2.2.1	Radiaattorit	13
2.2.2	Lattia- ja kattolämmitys	14
2.2.3	Ilmanvaihtolämmitys	15
2.3	Lämmitykseen vaikuttavia tekijöitä	16
3	Lämmityshäviö matemaattisesti	18
3.1	Lämpöhäviö ulkopintojen kautta	18
3.2	Lämpöhäviö ilmanvaihdon kautta	20
3.3	Lämpöhäviö vuotoilmana	22
3.4	Kokonaishävikki	23
4	Tutkimusmateriaali	24
4.1	Materiaalin työstäminen	25
4.2	Kerrosten välisiä eroja	26
4.3	Kerrostasolla löytyviä havaintoja	27
5	Kehitysehdotuksia	30

5.1	Keskiarvomalli	30
5.2	Painotettu keskiarvomalli	31
5.3	Suppeamman otannan keskiarvomalli	33
5.4	Säännustepalveluiden käyttö ennalta säätävässä lattialämmityksessä	34
5.5	Kehitysehdotuksia asukkaalle	36
6	Yhteenveto	38
	Lähteet	39

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tarkoitus tutkia nykyisen kerrostaloasunnon lämmönsäädön soveltuvuutta kolmella eri mittarilla: energiansäästöllä, ympäristön kuormituksella ja asumisolosuhteiden mukavuudella. Tutkittava data on saatu huoneistokohtaisilla lämpötila-antureilla.

Insinööriyön tilaajana toimii YIT Kiinteistötekniikka Oy, Automaattoratkaisut. YIT:llä on tarve saada lämmönsäätötapa vastaamaan paremmin lämmöntarvetta. Tämän lämmöntarvetta lähentelevän säädön toivotaan laskevan asuttavan kiinteistön käyttökuluja ja vähentävän ympäristön kuormitusta. YIT luovutti dataa rakentamastaan kerrostalosta, josta löytyi vuodelta 2011 joka tunnilta ulkolämpötila, huoneistokohtainen sisälämpötila, sisääntulo- ja poistoilman lämpötila sekä talosta poistuvan kaukolämpöveden lämpötila.

Huoneiston lämmityksen säätö ei kuitenkaan ole yksistään kiinni huoneiston lämmityksestä, vaan tutkimuksessa tulee huomioida monia erilaisia muuttujia. Esimerkiksi huoneistoa lämmittäviä tekijöitä ovat (asunnon ilmansuunnasta riippuen) aurinko, huoneiston kalustus (tietokoneet, televisiot jne.), asukkaat, valaistus ja huoneiston sijainti kerrostalossa.

Toisaalta huoneistossa tapahtuu myös ei-toivottua jäähtymistä. Jäähtyminen riippuu lämpimän ilman poistumisesta poistoilman myötä sekä lämmön haihtumisesta seinien läpi.

Jotta ymmärrettäisiin konkreettisesti, mitä kaikkea asunnon lämmitykseen sisältyy, on minun perehdyttävä asuntojen lämmitykseen lämpöenergian tuotosta asti. Toivottavaa on, että tutkittua ”lämmityksen teoriaa” voidaan käyttää työn myöhemmissä vaiheissa, kun pyritään keksimään uusia lämmönsäätötapoja, tai ainakin keksimään parannusehdotuksia vanhoihin säätötapoihin. Jotta pystyttäisiin luomaan jotain uutta, on nähtävä millä tolalla lämmitys on tällä hetkellä asunnoissa. Tätä varten saatiin YIT:ltä valtavan määrän lämpötiladataa Excel-työkirjojen muodossa.

Tarkoituksena on luoda jokaisen asunnon lämpötiladatasta työkirjat, joiden avulla pystytään arvioimaan tarkemmin asuntokohtaisia lämpötiloja vuoden ajanjaksolta.

Näistä muodostuvista keskiarvoatyökirjoista sitten yhdistettäisiin asuntoja eri kriteereillä samaan taulukkoon: saman kerroksen asunnot, fyysisesti samalla paikalla sijaitsevat asunnot ja esimerkiksi samassa päässä rakennusta sijaitsevat asunnot.

Valtavat numerosarjat eivät ole optimaalinen tapa tutkia suurta tiedon määrää. Siksi pyritään saamaan aikaan luettavissa olevia kuvaajia, ja verrata kuvaajia niin keskenään kuin myös ulkoilmaan lämpötilan kuvaajaan.

2 Kerrostaloasunnon lämmitystavat

Kerrostalon yhteinen keskuslämmitys on vaikea säädettävä monestakin syystä. Kerrostalot ovat ensinnäkin monikerroksisia nimensä mukaisesti, toiseksi lämpö haihtuu eri huoneistoista eri vauhdilla johtuen huoneistojen ulkopinnasta, esimerkiksi sitä, onko ulkopinta-ala kauttaaltaan lasista ikkunaa vai eristettyä betonielementtiä. (Suomen rakennusmääräyskokoelma D5 2007) Myös lämpimän ilman nousu ylöspäin sekä ihmisten eriävät halut lämmön suhteen vaikeuttavat säätöä optimaaliseen lämpötilaan.

Nykyisin asia ratkaistaan sijoittamalla termostaatit radiaattoreiden yhteyteen. Näitä säätämällä asukkaat pystyvät laskemaan lämpötilaa alemmas kuin lämmitysverkostossa oleva tavoitelämpötila on. (Seppänen 1995, 194) Termostaatti ja lämpöpatteri ovat kuitenkin vain hyvin pieni osa kokonaista lämmitysjärjestelmää (Seppänen 1995, 3-4).

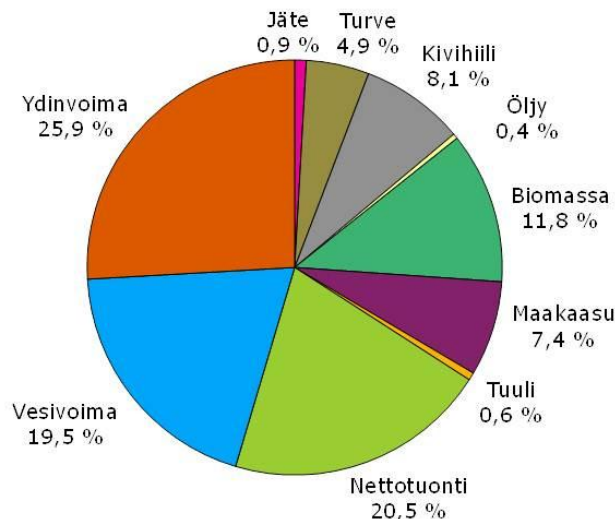
Jotta ylipäätään olisi olemassa lämmitystä talouksiin, tarvitaan lämmöntuottaja ja –siirtäjä sekä lämmönluovuttimia asuntoihin. Kun näistä varsinkin kahteen viimeiseen osaan kiinnitetään automaatiojärjestelmä ja antureita, niin voidaan alkaa säätää lämpötilaa tahdotulle tasolle. (Seppänen 1995, 3-4)

2.1 Lämmöntuotantotavat

Suomi on lämmityksen osalta energiatehokkuudessa maailman mittapuulla huippuluokkaa. Liki puolet lämpöenergiasta, jota Suomessa käytetään, tuotetaan kaukolämmöllä, ja kerrostalojen lämmityksessä kaukolämpöä käytetään noin 95 % taloyhtiöistä. (Energiateollisuus Ry 2011a)

Kaukolämpö ei ole kuitenkaan ainoa tapa tuottaa lämpöenergiaa, ja varsinkin pientalouksissa käytetään muitakin energianlähteitä (Energiateollisuus Ry 2011a).

Sähkön hankinta energialähteittäin 2012 (85,2 TWh)



23.1.2013

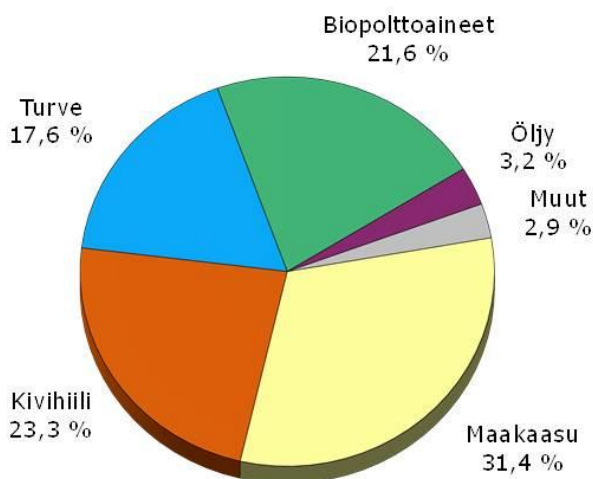
Kuva 1. Lämmitysenergian tuotantolähteet vuodelta 2012. Kuvaaja tilastokeskuksen tietojen perusteella. (Energiategollisuus, 2011c)

2.1.1 Kaukolämpö

Kaukolämmityksellä on verrattain pitkät perinteet Suomessa. Se aloitettiin täällä jo 1950-luvulla, mutta laajaan käyttöön kaukolämpö siirtyi vasta 1970-luvun energiakriisin myötä. Kaukolämpö tarkoittaa keskitettyä lämmitystapaa, jolla lämmitetään useita rakennuksia, ellei jopa kokonaisia kaupunkeja, yhdestä ja samasta lämmityskeskuksesta. (Seppänen 1995, 263)

Kaukolämpöä voidaan tuottaa kahdella tavalla: erillistuotannolla tai yhteistuotannolla. Erillistuotannolla tarkoitetaan kaukolämpöä, joka tuotetaan pelkästään lämpönsä takia. Yhteistuotanto taas tarkoittaa kaukolämmön tuottoa, joka saadaan sivutuotteena sähkölaitoksen sähköntuotannosta. (Seppänen 1995, 263-266) Varsinkin yhteistuotannolla tuotettu kaukolämpö on erittäin ympäristöystävällistä. Tämä johtuu siitä, että polttoainetta tarvitaan huomattavasti vähemmän, kun tuotetaan samassa prosessissa sekä sähköä että lämpöä. Kaukolämmön yhteistuotannon tärkeimmät polttoaineet ovat maakaasu, kivihiili, turve, puu ja erilaiset biotuotteet, öljy.

(Energiateollisuus, 2011a) Kuvasta 2 näkee polttoaineiden käyttösuhteet vuodelta 2011.



Kuva 2. Kaukolämmön tuotantoon käytetyt polttoaineet prosentteina vuodelta 2011. Kaukolämmön tuotanto samana vuonna oli 34,0 TWh. (Energiateollisuus, 2011a)

Kaukolämmön yleisin yhteistuotantolaitos on vastapainelaitos. Muita tuotantolaitoksia ovat väliottolauhdutuslaitos, kombilaitokset sekä dieselvoimalaitokset. Vastapainelaitos toimii kiinteän polttoaineen kattilalla, johon on liitetty vastapaineturbiini. Vastapainelaitoksessa voidaan polttaa mitä tahansa yllä olevista polttoaineista, ja mikäli lämpö käytetään teollisuudessa, voidaan polttoaineena käyttää jäteliemiä. Tuotannon varmuuden lisäämiseksi osassa laitoksista on mahdollista polttaa useita erilaisia polttoaineita. (Seppänen 1995, 266-268)

Nimitys vastapainelaitos tulee siitä, että höyry, joka tuotetaan kattilassa, ei paisu turbiinissa tyhjiöön, vaan paisunta päätetään itseään korkeammassa paineessa. Kaukolämpöverkossa oleva lämpötila määrää tämän niin kutsutun vastapaineen suuruuden. Tästä johtuen mitä korkeampi lämpötila on, sen lyhyempi on paisunta-aika.

Paisunta-ajan lyhentyminen johtaa sähköntuotannon vähenemiseen, mutta toisaalta se nostaa kaukolämmön tuotantoa. (Seppänen 1995, 266-268)

Väliottolauhdutuslaitos on toinen höyryllä toimiva yhteistuotantolaitos. Väliottolauhdutuslaitoksessa otetaan nimensä mukaisesti kaukolämmön tuottamiseen tarvittava höyry turbiinin väliotoista. Tämä mahdollistaa sähkön tuoton kaukolämmön tuottamisesta riippumatta, mutta se heikentää kokonaishyötysuhdetta. (Seppänen 1995, 268)

Varsinkin Suomen eteläisessä päässä sijaitsevalla ”maakaasualueella” käytetään yhdistettyjä kaasu- ja höyryturbiinilaitoksia eli kombilaitoksia. Kombilaitoksissa kaasuturbiinissa olevan savukaasujen sisältämä lämpö ajetaan jätelämpökattilaan, jossa sillä tuotetaan tulistettua höyryä. Tällä tulistetulla höyryllä pyöritetään erillistä höyryturbiinia. Tämän prosessin etuna ovat korkeat hyötysuhteet sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä yleisesti korkea kokonaishyötysuhde. Jos kombilaitoksessa poltetaan maakaasua, säästää se myös ympäristöä. (Seppänen 1995, 268)

Tämänlaisessa prosessissa kaukolämpöveden lämpötila ei juurikaan vaikuta sähköntuotantoon. Vaikuttamattomuus johtuu höyryturbiinin vähäisestä osuudesta sekä mahdollisuudesta kaukolämpöveden lämpötilan lopulliseen nostoon jätelämpökattiloiden tuottamalla lämmöllä. (Seppänen 1995, 268)

Kombilaitoksissa on vielä monipuolisuuden tuottama etu, sillä niissä voidaan tuottaa kaasuturbiinille polttokaasua myös kiinteistä polttoaineista kaasuttamalla. Koska tarvittavan polttokaasun on oltava 20-25 baarin paineista, tarvitaan kaasuttamiseen paineistettuja leijukerroskattiloita. (Seppänen 1995, 269)

Dieselvoimalaitokset perustuvat generaattoriin, jota pyöritetään vakionopeudella polttomoottorilla. Dieselvoimalaitokset ovat joko öljy- tai maakaasukäyttöisiä. Maakaasua käytettäessä ympäristön kuormitus on vähäisempää. Voimalaitoksen syntyvä hukkalämpö johdetaan ahtoilman, vaippaveden ja öljyn jäähdyttimiin sekä pakokaasukattilaan. Niiden kautta se ajetaan edelleen kaukolämpöverkkoon. (Seppänen 1995, 269)

2.1.2 Lämmityskattila

Öljylämmityksestä puhuttaessa tarkoitetaan lämmitysjärjestelmää, joka rakentuu öljykattilasta, öljysäiliöstä, öljypolttimesta ja järjestelmään liittyvistä säätimistä. Tällainen öljylämmitysjärjestelmä tuottaa tarvittavan energian sekä lämmitykseen että lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Öljylämmityksessä päästään jopa 90-95 % hyötysuhteeseen, ja nykyaikaisilla polttimilla öljy palaa erittäin puhtaasti. Öljylämmityksen pieni osuus (näkyvä kuvassa 1) kokonaislämmityksestä Suomessa johtuu öljyn hinnan noususta. Korkean öljyn hinnasta johtuen on alettu valmistaa öljylämmitysjärjestelmiä, joissa voi polttaa puolta öljyn rinnalla. (Motiva, 2011a)

Öljykattiloita on kolmea tyyppiä: laatikko-, tulitorvi- tai vesiputkirakenteella olevia. Laatikkorakenteiset lämmityskattilat ovat yleisesti ottaen pienimpiä. Esimerkiksi asuntoja lämmitetään juuri tällaisilla lämpökattiloilla. Laatikkorakenteisten öljykattiloiden kehitys on kevyempien rakenteiden suuntainen, kuten esimerkiksi tulitorvirakenteiset kattilat. Tulitorvikattilat ovat muodoltaan pyöreitä, joten ne kestävät laatikkorakenteisia öljykattiloita enemmän painetta. Ne ovat myös laatikkorakenteisia kattiloita edullisempia. Kun tarvitaan vieläkin enemmän painetta kestävä eli tehokkaampi öljykattila, joudutaan hankkimaan vesiputkikattila. (Seppänen 1995, 303)

Öljykattilan ohella öljypoltin on erittäin tärkeä osa öljylämmitysjärjestelmää (Motiva, 2011a). Polttimen tarkoitus on tuottaa tasaisesti palava, kattilaan sopiva liekki (Seppänen 1995, 305). Polttimet voidaan jakaa kevytöljypolttimiin ja raskasöljypolttimiin polttoaineensa mukaisesti. Kevyiden polttoöljyjen etuna on kevyempi ja helpompi rakenne, sillä kevyt polttoöljy koostuu miltei kokonaan liekissä palavista osista. Kaiken lisäksi nämä osat palavat nopeasti. Raskas polttoöljy ja sen polttimet taas joutuvat polttamaan myös runsaita määriä koksia ja muita vaikeasti haihtuvia aineita. (Harju & Matilainen 2001)

2.1.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on alkuinvestoinniltaan suhteellisen edullinen, ja sähkölämmitysjärjestelmä on helpokäyttöinen. Sähkölämmityksen haittana on

kuitenkin sähkön hinta, joka on kallistunut kovasti. Sähkön käyttö lämmitykseen on myös kerrostaloasunnoissa kalliimpaa kuin kaukolämmön, ja tästä syystä sähkölämmitys on melko harvinainen lämmitysmuoto kerrostaloissa. (Energiateollisuus 2011b)

Nykyaikainen sähkölämmitys on joko suora- tai varaava sähkölämmitys. Suorassa sähkölämmityksessä käytössä ovat sähköpatterit, lämmityskelmut ja säteilylämmitys. Näistä yleisin käytössä oleva lämmitys on huoneistokohtain sähköpatterilämmitys. Sähköpatterilämmityksen yleisyys perustuu verrattain alhaisiin hankintakustannuksiin, mahdollisuuteen soveltaa sitä sekä uusissa että peruskorjattavissa rakennuksissa. Sähköpatterit voidaan jakaa erityyppisiin pattereihin: suljettuun sähkölämmittimeen, virtauslämmittimiin, yhdistelmälämmittimiin ja listalämmittimiin. Suljetun sähkölämmittimen idea on pyörittää patterin sisällä kuumaa ilmaa ja luovuttaa lämpöä vain laitteen ulkopinnoilta huoneilmaan. (Seppänen 1995, 356)

Virtauslämmittimen toiminta perustuu siihen, että huoneilma käy virtauslämmittimen sisäpuolella ja tulee huomattavasti kuumempuna ulos. Haittana tässä on pöly, joka pääsee patterin sisälle ja hajooa sinne, saattaen aiheuttaa hengitystie- ja limakalvo-oireita. (Seppänen 1995, 356)

Yhdistelmälämmitin on patteri, joka yhdistää ominaisuuksia virtauslämmittimestä ja suljetusta lämmityksestä. Tekniseltä rakenteeltaan se on kuitenkin lähempänä virtauslämmittintä, kuten myös listalämmittimet. Nimensä mukaisesti listalämmittimet sijoitetaan yleensä huoneen seinien mukaisesti jalkalistojen paikalle. (Seppänen 1995, 356)

Lämmityskelmut ovat nimensä mukaisesti muovikalvoon peitetty joustava, käyttöeristetty vastus, joka rakennetaan lämmitettävän pinnan alapuolelle. Näitä kelmuja voidaan sijoittaa sekä kattoon että lattiaan. Katossa sijaitseva kattolämmitys luovuttaa lämpöä säteilynä. Tämä säteily lämmittää samalla lattiaa. Korkeasta sijainnistaan johtuen se ei ole vaaraksi lapsille, ja sen lämmittämä lattia on lämpimämpi kuin pattereilla, joten se on erityisen hyvä lastentarhoihin ja kouluihin. (Seppänen 1995, 358-359)

Kolmas suorälämmitteinen sähkölämmitys on säteilylämmitys. Lämmittimet sijoitetaan kattoon, mutta säteilylämmittimistä puhuttaessa ei käytetä koko katon päällä menevää muovitettua joustavaa vastusta, vaan kirjaimellisesti säteilylämmittimiä. Säteilylämmittimien ideana on kohdistaa lämpösäteily haluttuun paikkaan lämmittimien ja heijastimien avulla. Näin säästetään energiaa, kun ei tarvitse lämmittää koko tilaa. Tällaiset säteilylämmittimet ovat erinomaisia isoissa teollisuushalleissa ja eläinten lämmittiminä. (Seppänen 1995, 360)

Varaavasta sähkölämmityksestä puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti ottaen lämmityskaapeleita tai varaavaa vesikiertoista sähkölämmitystä. Lämpökaapelia käytettäessä noin 10 cm:n paksuisen betonilaatan puoleenväliin asennetaan lämmityskaapeli. Lämmityskaapeli on, että eristeisen kuoren sisällä on vastusjohdin, johon ajetaan sähköä. Näin vastus kuumenee ja lämmittää samalla ympärillään olevaa betonilaattaa. Varaavan sähkölämmityksen käyttö kannattaa nimenomaa tiloissa, jossa päivä- ja yö- sähköllä on eri hinnoitus. Tarkoitus on varata yön aikana halvemmalla hinnalla lämpöä tilojen rakenteisiin. Tämä lämmitystapa on myös miellyttävä johtuen lämmönsiirtolaitteiston piiloutumisesta rakenteisiin, ja lämmin lattia tuntuu miellyttävälle jaloissa. (Energiateollisuus, 2011b)

Varaavassa vesikiertoisessa sähkölämmityksessä lämpö varataan nimensä mukaisesti veteen. Vesi on myrkytön ja sillä on hyvä lämpökapasiteetti. Siksi sitä voidaan käyttää lämmönjakelussa. Hyvänä puolena varaavassa vesikiertoisessa lämmityksessä on mahdollisuus lämmittää käyttövesi samalla, ja lämmönvaraus veteen voidaan suorittaa halvemmalla yö- sähköllä. Lämmitetty vesi ajetaan sitten lattiaanvaluun upotettuun putkistoon, jolloin lämpö siirtyy putkistossa virtaavasta vedestä lattiavaluun, ja näin ollen lattia nimensä mukaisesti varaa lämpöä. (Seppänen 1995, 366-368)

2.1.4 Lämpöpumput

Lämpöpumpusta puhuttaessa tarkoitetaan laitetta, jolla liikutetaan lämpöenergiaa paikasta toiseen. Yleisesti ottaen sanalla lämpöpumppu tarkoitetaan laitetta, joka lämmittää sisätiloja, vaikka myös ilmastointilaitteet sekä jääkaapit ja pakastimet käyttävät lämpöpumppua toimiakseen. (Lämpöpumppu.org, 2013)

Kaikki laitteet, jotka käyttävät välittäjäainetta putkistossa lämmön siirtoon, ovat lämpöpumppuja. lämpöpumppuja on neljää eri tyyppiä: ilmalämpöpumppu, maalämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu. (Lämpöpumppu.org, 2013)

Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate on yksinkertainen: Lämmitäessään asuntoa ilmalämpöpumppu siirtää ulkoilmasta saamaansa lämmintä ilmaa sisälle, ja jäähdyttäessään ilmalämpöpumppu siirtää viileätä ulkoilmaa sisälle. Ilmalämpöpumpulla ilman lämmittäminen on huomattavasti halvempaa, kuin saman ilman lämmittäminen esimerkiksi sähkölämmityksellä maksaisi. (Lämpöpumppu.org, 2013)

Maalämpöpumppu toimii siten, että se noutaa lämpöä, joka kesäisin sitoutuu maahan tai peruskallioon auringosta. Lämpöä maalämpöpumppu saa joko vaaka- tai pystyputkistosta, joka on muovia. Vaakaputkisto asennetaan 0,7 – 1,2 metrin syvyyteen, ja sen pituus voi olla satoja metrejä. Pystyputkisto taas nimensä mukaisesti sijoitetaan 60 – 150 metriä syvään noin 10 – 15 senttimetrin levyiseen aukkoon. Erona vaaka- ja pystyputkistolla on pystyputkiston suurempi energiamäärä putkimetriä kohden ja pystyputkiston kalliimmat asennuskustannukset. (Motiva, 2011b)

Poistoilmalämpöpumppu toimii siten, että se ottaa lämmitysenergiansa rakennuksen poistoilmasta. Kyseistä poistoilman lämpöenergiaa sitten käytetään tuloilman, vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän kiertoveden tai käyttöveden lämmitykseen. Verrattuna sähkölämmitykseen poistoilmalämpöpumpulla saadaan noin 40 %:n säästö kustannuksissa. Poistoilmalämpöpumppu toimii vakioteholla vuoden ympäri, koska se ottaa energiansa rakennuksen sisäilmasta. (Lämpöpumppu.org, 2013)

Ilma-vesilämpöpumput toimivat nimensä mukaisesti siirtämällä lämpöenergian ulkoilman lämmöstä veteen. Tämä lämmitetty vesi voidaan käyttää käyttövetenä, tai lämmitetty vesi voidaan ajaa vesikiertoisen keskuslämmityksen putkistoon. (Lämpöpumppu.org, 2013)

2.2 Lämmönluovuttimet

Kun lämpöenergia tuodaan taloon, pitää lämpöenergia saada jäämään huoneistoon. Tätä vaihetta varten tarvitaan lämmönluovuttimia. Lämmönluovuttimia on kolmea perustyyppiä: radiaattorit eli lämpöpatterit, lattialämmitysjärjestelmät ja ilmanvaihtolämmitys. Osa näistä luovuttaa lämpöenergiaa säteilynä ja osa konvektiolämpönä. Lämmönluovuttimissa pitää myös ajatella niiden sijoitusta, sillä esimerkiksi ikkunat ovat talvisin huomattavasti ulkoseiniä kylmempinä. (Seppänen 1995, 158-163)

2.2.1 Radiaattorit

Radiaattori eli perinteinen lämpöpatteri on hyvin yleinen ja joustava ratkaisu huoneiston lämmittämiseen. Radiaattorien yleisyys perustuu niiden edullisuuteen ja lämmönsäädön nopeuteen. Radiaattorit luovuttavat lämpöään säteilynä ja konvektiona. Osa lämmöstä luopuu säteilynä, joten pattereita ei kannata sijoittaa esteiden taakse, koska se vähentää lämmitystehoa. Toisaalta patterien lämmitysenergian luovutustavoista johtuen patterit ovat erinomaisia lämmittimiä ikkunoiden alle: talvella jäähtyvä ikkuna aiheuttaa konvektiona kylmän ilmavirran alaspäin. Ihminen tuntee tämän vetona. Ikkunan alle sijoitettu patteri aiheuttaa lämpimän ilmavirran, joka kumoaa kylmän ilmavirran synnyn. (Seppänen 1995, 158-160)

Patteria sijoitettaessa kannattaa kuitenkin pitää ainakin nämä asiat mielessä:

- patteri asuinrakennuksen jokaiseen huoneeseen
- jos kyseessä ei ole peseytymistila, huone, jossa ei ole ulkoseiniä, ei tarvitse patteria
- patteri, joka sijoitetaan eteiseen, kannattaa laittaa niin, ettei se ole vaatenaulan alla, koska osa vaatteista kärsii korkeista lämpötiloista
- peseytymistilat tarvitsevat lämmitystä myös kesäisin
- eritoten sauna tarvitsee patterin, kuivumisen nopeuttamiseksi

- porrashuoneiden patterit on syytä sijoittaa sisääntulotasoon
- tuulikaappeihin ei välttämättä tarvitse sijoittaa patteria. (Seppänen 1995, 160)

Pattereita on useita erilaisia. Ne kaikki luovuttavat energiansa sekä säteilyllä että konvektiolla. Yleisin patterimalli on levypatteri, joka valmistetaan poimutetusta teräslevystä. Mikäli tällaista patteria tahdotaan tehostaa, levyjen määrää voidaan kasvattaa jopa kolmielevyiseksi. Lämpö ei kuitenkaan kasva levyjen määrän kertaiseksi, koska vierekkäin olevat levyt säteilevät lämpöenergiaa kaikkialle ympärilleen. Tästä johtuen osa lämpösäteilystä jää levyjen väliin. (Seppänen 1995, 160-161)

Konvektorit ovat lämmönluovuttimia, jotka luovuttavat lämpöenergiansa konvektiolla. Konvektorit valmistetaan yleensä joko teräslevystä tai kupariputkesta. Varsinkin jos kupariputkesta valmistettu konvektori jätetään sileäputkiseksi, se on erinomainen lämmönluovutin märkätiloihin. (Seppänen 1995, 161-162)



Kuva 3. Teräslevyradiaattori. Radiaattoritehdas Salomaa Oy. (Salomaa, 2013)

2.2.2 Lattia- ja kattolämmitys

Tässä työssä aiemmin mainitut katto- ja lattialämmitys ovat sähkölämmityksen osana. Koska osassa sähkölämmitysmuodoissa lattia- ja kattolämmitys ovat niin yhteen nivoutuneet sähkölämmitysjärjestelmän kanssa, käsiteltiin niitä jo edellisessä luvussa.

Lattia- ja kattolämmitystä kutsutaan myös säteilylämmitykseksi. Nimi tulee suurelta osin säteilemällä tapahtuvasta lämpöenergian luovutuksesta. Erityisenä etuna lattia- tai kattolämmityksessä on lämmönluovuttimien sijoitus lattian tai katon sisään. Tällöin ei tule patterien kanssa vastaan tulevaa sijoituspaikkaongelmaa. Myös lämmönluovutuspinna-ala on huomattavasti suurempi kuin radiaattorilämmityksessä, mikä mahdollistaa viileämmän pintalämpötilan luovuttimessa. (Seppänen 1995, 18-183)

Lattialämmityksessä idea on, että lattian sisään sijoitetaan mutkitteleva putkisto, johon ajetaan lämmintä vettä, tai että lattia lämmitetään vastusjohdolla. Putkisto sitten lämmittelee lattiaa ympärillään (esimerkiksi betonilaattaa), joka säteilee lämpöä ympärilleen. Kun koko huoneen lattia on tällä tavoin lämmitetty, on lämpötilan jakauma hyvin tasainen huoneessa. Lattialämmitys myös poistaa kylmät lattiat. Kattolämmitys perustuu vähän samaan ideaan kuin lattialämmitys: lämmin katto lämmittelee myös lattiaa säteilemällä. (Seppänen 1995, 182-183)

2.2.3 Ilmanvaihtolämmitys

Kun asuintalojen eristeet ovat kehittyneet vuosien vieressä, yhä suurempi osa lämpöhäviöstä muodostuu ilmanvaihdon kautta poistuvasta ilmasta. Nykyisin häviävän lämpimän ilman osuus kokonaislämpökadosta on jo kolmanneksen luokkaa ilmanvaihdon kautta. Tästä syystä onkin järkevää pyrkiä minimoimaan lämmön tahatonta poistumista. (Kymenlaakson sähkö,b)

Lämmöntalteenotto on erinomainen energiansäästökeino useissa rakennuksissa. Suomessa yleisesti ottaen sisälämpötila on ulkolämpötilaa korkeampi, lukuunottamatta kesän hellehuippuja. Yksinkertaisin, ja edeltävän takia edullisin, tapa vähentää lämpöhäviötä on käyttää tuotavan kylmän ulkoilman lämmitykseen poistettavaa sisäilmaa. (Suomen Talotekniikkaportaali Oy)

Lämmöntalteenoton hyötysuhde kuvaa sitä lämpöä, joka saadaan talteen poistoilmasta. Otetaanpa esimerkki: ulkolämpötilan ollessa -15 °C ja poistoilman ollessa 21 °C lämmittelee poistoilma tuloilman noin 6 °C pintaan. Hyötysuhde tästä saadaan jakamalla lämmitetyn ilman määrä (21 °C) kokonaislämpötilaerolla (36 °C). Joten: $21\text{ °C} / 36\text{ °C} = 0,6111$. Tämä esimerkki on kuitenkin täysin matemaattinen ja

teoreettinen. Yleensä lämmöntalteenottimien valmistajat ilmoittavat lämpötilahyötysuhteen testausoloissa. (Suomen Talotekniikkaportaalit Oy)

Lämmöntalteenottomien yleisimmät mallit ovat levylämmönsiirrin ja pyörivä lämmöntalteenotin. Levylämmönsiirrin toimii siten, että sen sisällä on levypakka. Joka toiseen levyväliin virtaa tuloilmaa ja joka toiseen levyväliin virtaa poistoilmaa. Lämpö tasaantuu levyjen läpi ilmapirrasta toiseen. (Suomen Talotekniikkaportaalit Oy)

Pyörivän lämmöntalteenottimen toiminta perustuu kennostoon, joka nimensä mukaisesti pyörii jatkuvasti. Lämmin poistoilmakanava on päällä ja tuloilmakanava on alla. Lämpimän poistoilmavirran puolelta kennostoihin jää lämpöä. Pyörivä kennosto jatkaa loputonta pyörimistään, ja näin poistoilmakanavan puolella kennostoon jäävä lämpöenergia siirtyy pyörimisen myötä poistoilmakanavan alla olevaan tuloilmakanavaan, jossa se luopuu kylmempään tuloilmaan. Lämmön talteenotto ei kuitenkaan yksinään riitä lämmittämään asuntoja Suomessa, joten sen lisäksi tarvitaan lämmönlähde. (Suomen Talotekniikkaportaalit Oy)

2.3 Lämmitykseen vaikuttavia tekijöitä

Asunnossa kuin asunnossa pyritään säilyttämään lämpötila ihmiselle mukavana. Tätä varten on kehitetty aikaisemmin mainittuja lämmitysmuotoja ja lämmönluovuttimia. Osaltaan asuntoa lämmittäviä tekijöitä löytyy kuitenkin useita myös lämmitysjärjestelmien ulkopuolelta. Joka kodista varmasti löytyvä esimerkki on ihminen itse.

Ihmisen kehonlämmön ollessa hieman alle 37 °C astetta lämmittää ihminen osaltaan asunnossa olevaa ilmaa. Ihmisen lämmöntuotto vain jää kovin pieneksi, ja ihmisten useasti vaihdellessa paikkaa asunnossa kokonaislämpöteho jää ihmiseltä mitättömäksi.

Nykyisin suomalaisesta kodista löytyy paljon viihde-elektroniikkaa. Televisiot, kotitietokoneet ja musiikkilaitteistot (erityisesti vahvistimet) lämmittävät ympärillään olevaa ilmaa. Pöytätietokone, jota käytetään tämän lopputyön tekemiseen, toimii 650 wattisella virtalähteellä. Tämän virtalähteen ottoteho muuttuu lähes kokonaan

lämpöenergiaksi lämmittäen ympäristöä. Usein tietokoneet ja televisiot löytyvät joko makuuhuoneesta tai olohuoneesta.

Keittiön ylimääräinen lämmitys johtuu pitkälti uunista ja hellasta. Uunin ja hellan käyttö sinänsä kyllä syö sähköä ja näin ollen käyttö näkyy sähkölaskussa, mutta mikäli lämmityksestä maksaa itse, säästää uunin tai hellan tuottamalla ylimääräisellä lämmöllä hieman lämpölaskussa. Kyseessä ovat kuitenkin miltei jokapäiväisessä käytössä olevat laitteet.

Elektroniikka ei kuitenkaan ole ainoa lämmitykseen vaikuttava tekijä. Pelkkä rakennuksen sijainti ja ikkunoiden suunta vaikuttavat osaltaan lämmitykseen. Asunnot, jotka osoittavat etelään päin, lämpiävät luonnollisesti (ja ilmaiseksi!) auringon takia. Myös huoneiston sijainti kerrostalossa korkeuden suhteen vaikuttaa sisälämpötilaan, koska lämmin ilma nousee alempien kerrosten katonrajaan lämmittäen kattoa eli ylemmän kerroksen lattiaa. Vastaavasti ylimmässä kerroksessa lämpö johtuu osittain kattoon ja sieltä taas ulkoilmaan tai ullakolle.

3 Lämmityshäviö matemaattisesti

Huoneistokohtaisen lämmitysenergian tarpeen laskeminen osoittanee taloudellisen säästön tarpeen huoneiston lämmittämisessä. Vaaditun lämpötehon suuruuden esittämiseksi otetaan hyvin pieni huone. Huoneessa on yksi 1,5 m² ikkuna ja yksi ovi, pinta-ala 2 m². Esimerkkihuoneen tilavuus 12 kuutiometriä (korkeus (2 m) * leveys (2 m) * pituus (3 m)) sisälämpötila 21 °C, ulkolämpötila -15 °C ajanjaksolla 24 tuntia ja loput tarvittavat arvot esimerkkiarvoina rakennusmääräyskokoelmasta D5 2007:

3.1 Lämpöhäviö ulkopintojen kautta

Johtumishäviöt tarkoittavat suoraan rakenteiden lävitse häviävää lämpöenergiaa. Esimerkkihuoneen seinät, katto ja lattia ovat kipsilevyä laskutoimitusten yksinkertaistamisen takia. Lasi olkoon kaksoisikkuna 9 millimetrin paksuisilla lasilla, ja ovi olkoon puukipsilevyä. Edelleen laskutoimitusten yksinkertaistamiseksi jätetään karmit ja ilmaraot huomiotta tässä huoneessa, ja oletetaan kaikkien seinien olevan ulkoseiniä. Huone on rakennettu kalliopohjalle. Täten lasku aloitetaan laskemalla johtumisteho rakenteiden läpi, ja jotta johtuminen maahan voidaan laskea, tarvitsee ensin laskea alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila celsiusasteina:

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi}$$

jossa

$T_{maa,vuosi}$ alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C

$T_{u,vuosi}$ ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C

$\Delta T_{maa,vuosi}$ alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuinen keskilämpötilan ero, °C

Sijoitetaan:

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} = 4,29 \text{ °C} + 3 \text{ °C}$$

Tulokseksi maan vuotuiselle keskilämpötilalle saadaan siis 7,29 °C. Yllä olevat arvot löytyvät rakennusmääräyskokoelmasta D5.

$$\Sigma H_{joht} = \Sigma_{seinät}(U_{kipsilevy} A_{seinät}) + \Sigma_{katto}(U_{kipsilevy} A_{katto}) + \Sigma_{lattia}(U_{kipsilevy} A_{lattia}) \\ + \Sigma_{ovi}(U_{puukipsilevy} A_{ovi}) + \Sigma_{ikkuna}(U_{lasi} A_{lasi})$$

jossa

U lämmönläpäisykerroin, kipsilevyllä 0,20 W/(m*K), puukipsilevy 0,24 W/(m*K) ja 9mm kaksoisikkunalle 1,9 W/(m*K).

A ilmoitetun pinnan pinta-ala, m², ikkunan $A = 1,5$ m², oven $A = 2$ m², katon $A = 4$ m² (leveys* pituus), lattian $A = 4$ m² (leveys* pituus), seinien $A = 20,5$ m² ($4 A_{seinä} - A_{ovi} - A_{ikkuna}$)

Σ ominaislämpöhäviö W/K

ΣH_{joht} yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö.

Sijoitetaan:

$$\Sigma H_{joht} = \Sigma_{seinät} \left(\frac{0,20 \text{ W}}{\text{m K}} \times 20,5 \text{ m}^2 \right) + \Sigma_{katto} \left(\frac{0,20 \text{ W}}{\text{m K}} \times 4 \text{ m}^2 \right) + \Sigma_{ovi} \left(\frac{0,24 \text{ W}}{\text{m K}} \times 2 \text{ m}^2 \right) \\ + \Sigma_{ikkuna} \left(\frac{1,9 \text{ W}}{\text{m K}} \times 1,5 \text{ m}^2 \right)$$

Tästä saadaan tulokseksi $\Sigma H_{joht} = 8,23$ W/K. Tästä saadaan ulosjohtuva lämpöenergia rakenteiden lävitse:

$$Q_{joht} = (\Sigma H_{joht} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 = (21 \text{ °C} - (-15 \text{ °C})) (24 \text{ h}) / 1000$$

jossa

T_s sisäilmälämpötila, °C

T_u ulkolämpötila, °C

Q_{joht} rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

Δt ajanjakson pituus, h

Yllä olevalla kaavalla käy ilmi, että eristämättömästä kipsilevyhuoneesta ikkunalla ja ovella johtuu lämpöenergiaa 7,110kWh verran vuorokaudessa. Maahan energiaa johtuu:

$$Q_{maa} = (\Sigma H_{maa}(T_s - T_u)\Delta t)/1000 = (21\text{ °C} - 7,29\text{ °C})(24\text{ h})/1000$$

$$\text{jossa } \Sigma H_{maa} = \left(\frac{0,20\text{W}}{\text{m K}} 4\text{ m}^2\right) = 0,80\text{ W/K}$$

Näin ollen Q_{maa} on 0,263 kWh vuorokauden aikana. Yhteensä energiaa siis kuluisi:

$$Q_{rakennus} = 7,110\text{ kWh} + 0,263\text{ kWh} = 7,37\text{ kWh}$$

3.2 Lämpöhäviö ilmanvaihdon kautta

Ilmanvaihdon lämmityksen tehon tarve tarvitsee myös laskea että saadaan tiedettyä lämmityksen mitoitus. Lasketaan siis H_{iv} :

$$\eta_{p,mit} = \frac{T_s - T_{jäte,mit}}{T_s - T_{u,mit}} = \frac{21\text{ °C} - 5\text{ °C}}{21\text{ °C} - (-15\text{ °C})} \approx 0.4444$$

jossa:

T_s sisäilman lämpötila, °C

$T_{jäte,mit}$ jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa, °C

$T_{u,mit}$ mitoitava ulkolämpötila, °C

$\eta_{p,mit}$	lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhte
V	tilan ilmatilavuus, m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 Ws/(kgK)
ρ_i	ilman tiheys 1,2kg/m ³
H_{iva}	ominaislämpöhäviö W/K.

Näin löytyvällä kaavalla ja rakennusmääräyskokoelmasta löytyvillä malliarvoilla saadaan lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhteeksi 0,44444. Tätä kerrointa tarvitaan seuraavassa kaavassa, jolla saadaan selville ominaislämpöhäviö. Ominaislämpöhäviön laskemiseen tarvitaan kuitenkin ilmavirta $q_{v,poisto}$. Rakennusmääräyskokoelman D5 2007 mukaan se menee näin:

$$q_{v,poisto} = 0.5 \times 12 \text{m}^3 \frac{1}{\text{h}}$$

eli puolet tilavuudesta tunnissa. Tuolla kaavalla saadaan ilmavirraksi 6 m³ tunnissa. Saaduilla arvoilla voidaan siis laskea ominaislämpöhäviö:

$$\begin{aligned} H_{iva} &= \rho_i C_{pi} q_{v,poisto} (1 - \eta_{p,mit}) = \left(\frac{1,2 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) \left(\frac{1000 \text{ J}}{\text{kg K}} \right) \left(\frac{6 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}} \right) (1 - 0,44444) \\ &= 1,11 \text{ W/K} \end{aligned}$$

Kaavalla ominaislämpöhäviöksi saadaan 1,11 W/K. Saadulla ominaislämpöhäviöllä voidaan sitten laskea koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho:

$$\phi_{iv} = H_{iva} (T_s - T_{u,mit}) = \left(\frac{1,11 \text{ W}}{\text{K}} \right) (21^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C}))$$

Vastaukseksi tulee eli noin 39,96 W. Tästä eteenpäin laskemalla saadaan selville, että vuorokauden aikana ilmanvaihdossa häviää 0,95904 kWh sähkötehoa.

3.3 Lämpöhäviö vuotoilmana

$$q_{v,vuotoilma} = \eta_{vuotoilma} V = 0,16 \times \frac{12 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$ vuotoilmavirta, m^3/s

$\eta_{vuotoilma}$ rakennuksen vuotoilmakerroin 0,16/h (esimerkkiarvo, Rakennusmääräyskokoelma D5 2007)

V rakennuksen ilmatilavuus, m^3

Saatu vuotoilmavirta $5,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ sijoitetaan vuotoilman ominaislämpöhäviön $H_{vuotoilma}$ kaavaan:

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} = \frac{1,2 \text{ kg}}{\text{m}^3} (1000 \text{ J}(\text{kg K})) (5,33 \times \frac{10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}})$$

jossa

$H_{vuotoilma}$ vuotoilman ominaislämpöhäviä, W/K

ρ_i ilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

c_{pi} ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ Ws}(\text{kgK})$

$q_{v,vuotoilma}$ vuotoilmavirta, m^3/s .

Kaavasta saatu arvo $0,6396 \text{ W/K}$ taas tarvitaan, jotta voidaan laskea lämmityksen tarvitsema energia $Q_{vuotoilma}$:

$$Q_{vuotoilma} = \frac{H_{vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t}{1000} = \left(\frac{0,6396 \text{ W}}{\text{K}} \right) (21^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C})) (24 \text{ h}) / 1000$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$ vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

T_s sisäilman lämpötila, °C

T_u ulkoilman lämpötila, °C

Δt ajanjakson pituus, h

Yllä olevilla kaavoilla saatiin siis rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia on 0,2436 kWh, ja tuo kulunut teho on siis vuorokauden ajalta (24h). Tämä tietysti olettamuksella, etteivät lämpötilat muutu mihinkään vuorokauden aikana.

3.4 Kokonaishävikki

$$\begin{aligned} \text{Kokonaishäviö} &= Q_{vuotoilma} + Q_{rakennus} + \phi_{iv} \\ &= 0,2436 \text{ kWh} + 7,37 \text{ kWh} + 0,95904 \text{ kWh} = 8,57 \text{ kWh} \end{aligned}$$

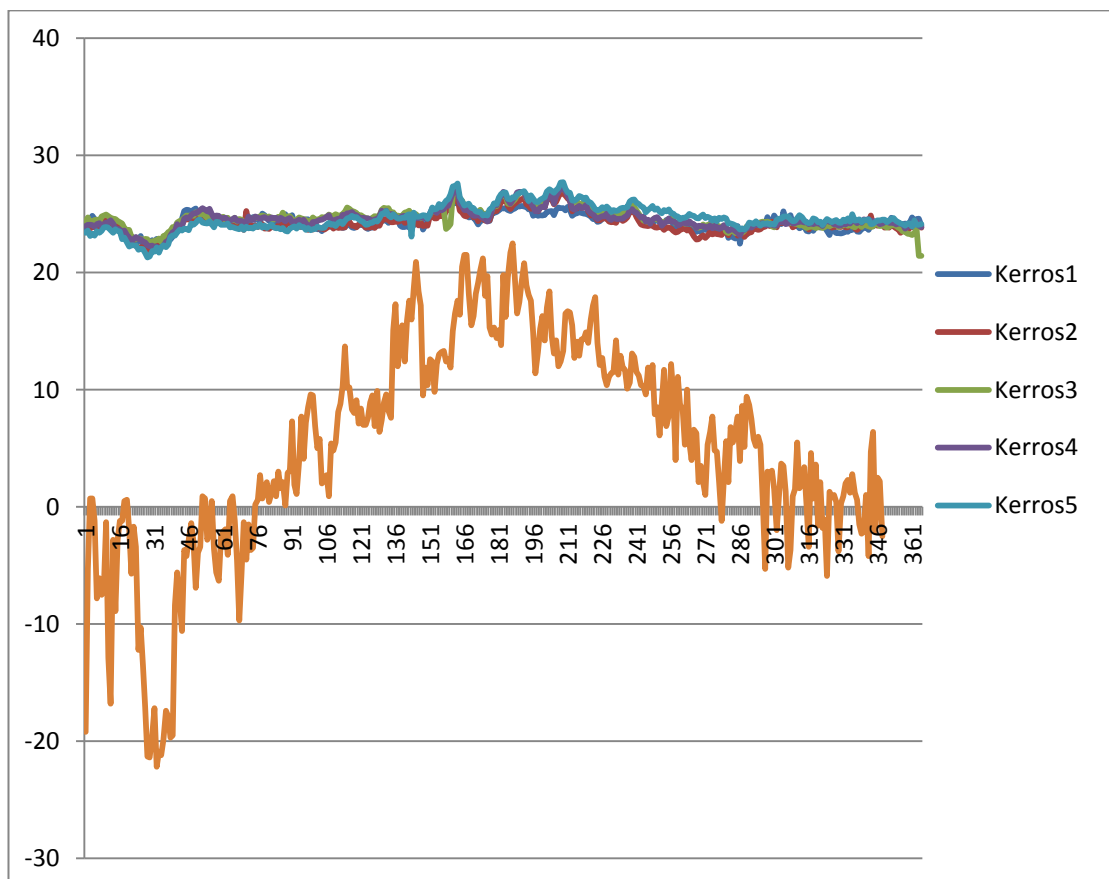
Kokonaiskulutus sitten kerrotaan sähkön hinnalla 15,35 snt /kWh (Energiateollisuus Ry, 2011d).

$$8,57 \text{ kWh} \times 15,35 \frac{\text{snt}}{\text{kWh}} = 131,55 \text{ snt}$$

Vuorokaudessa lämpöenergiaa siis karkaisi 1,315 euron verran. Summa voi tuntua vähäpätöiseltä, mutta pitää muistaa, että kyseessä on 12-kuutioinen huone, joka on hyvin pieni tila. Silti tuon tilan, joskin eristämättömän, vuoden mittainen lämmitys pakkasessa olisi vähän alle 480 euroa. Eristeet, oikein toteutettu ilmanvaihto ja lämmitys ovat siis hyvin tärkeitä asioita nykyaikaisessa asunnossa.

4 Tutkimusmateriaali

YIT tilasi tämän tutkimuksen saadakseen selville mahdollisia parannusehdotuksia kerrostalohuoneistojen lämmönsäätöön. Tutkittava lämpötiladata koostuu kerrostalon jokaisen asunnon lämpötilamittauksista, mittaustiheytenä yksi mittaus tunnissa. Mittauksen ajanjakso käsittää vuoden 2011 tammikuun ensimmäisestä päivästä joulukuun viimeiseen päivään 2011. Asuntoja kerrostalosta löytyi 52 kappaletta, mutta lämpötiladataa saatiin vain 50:stä asunnosta. Osan asuntojen lämpötilamittausten datasta on myös vaillinaista, varsinkin kesän osalta. Dataa saatiin ulos myös tulo- ja poistoilman lämpötilojen, ulkolämpötilan ja patteriverkoston lämmitysveden lämpötilojen muodossa. Myös kerrostalon pohjakuvat olivat käytettävissä huoneistojen sijaintivertailua ajatellen. Saadulla lämpötiladatalla oli tarkoitus yrittää löytää lämpötilaeroja huoneistojen välillä. Mikäli eroja löytyisi, oli tarkoituksena pohtia syitä erojen takana.



Kuva 4. Yllä huomattavan paljon kutistettu (ja tästä syystä kovin epätarkka) kuva kaikkien kerrosten keskiarvoista (ylemmät viivat) ja ulkolämpötilasta. Lämpöasteissa asunnot pyörivät 25 asteen molemmin puolin, vuodenajasta ja kerroksesta riippuen.

4.1 Materiaalin työstäminen

Saatu työstömateriaali eli lämpötiladata on kerrostaloasunto pääkaupunkiseudulta. Kuten mainittu, kerrostalossa on 52 asuntoa, ja näistä 50 asunnosta on saatu lämpötilatiedot kerättyä.

Kerrostalo on viisikerroksinen, siten että alimmassa eli ensimmäisessä kerroksessa on neljä asuntoa ja erilaisia varastotiloja. Muissa neljässä kerroksessa on identtisesti sijoitettu 12 asuntoa kerrosta kohden (kuva 5). Talo on jaettu A- ja B-rappuun, ja asuntojen numerointi jatkuu juoksevasti siten, että A-rapun pääty on ensin alkaen ensimmäisestä kerroksesta päättyen viidenteen (asunnot 1-28). Asuntojen numerointi jatketaan B-päädyn alimmasta eli toisesta kerroksesta (asunto numero 29).

Kerrostalon lämpötiladata on saatu huoneistokohtaisilla lämpötila-antureilla. Nämä lämpötila-anturit on liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään, joka on kytketty Internetiin. Lämpötila-anturit on sijoitettu joka huoneistoon asunnon eteiseen, 150 senttimetrin korkeudelle. Anturit on myös sijoitettu siten, että aurinko ei pääse suoraan paistamaan niihin.

Anturit ovat ottaneet lämpötila-arvoja vuoden 2011 aikana tammikuun ensimmäisestä päivästä joulukuun viimeiseen päivään 2011. Lämpötila on mitattu kerran tunnissa.

Näitä kuvaajia sitten piirrettiinkin useampia. Jokaisesta kerroksesta tehtiin kerrostenvälistä sijaintia vertailevat kuvaajat, samalla paikalla sijaitsevia päällekkäisiä asuntoja vertaavat kuvaajat, kerroksien keskiarvoa vertaava kuvaaja sekä laskettiin keskihajonta kerrosten keskiarvoihin.

Hienovaraisestikin tulkittuna lämpötiladataa on valtavasti. Lämpötiladatan määrää karsittiin erinäköisillä keinoilla ja jaoteltiin eri välilehdille ryhmittäin (esimerkiksi yhden kerroksen asunnot jne.). Kuvaajat käsittävät muutaman asteen muutoksia niinkin pitkällä ajanjaksolla kuin vuosi. Tästä syystä kuvaajat ovat hyviä suuntaa-antavissa päätelmissä lämpötilojen käyttäytymisessä. Hyvä esimerkki löytyy kaikkien kerrosten

keskilämpötilojen ja ulkolämpötilaa vertaavasta graafista. Alkuvuodesta 2011 pakkasen on tippunut alle -20 celsiusasteen. Tämä ajanjakso sijoittuu noin tammikuun lopusta helmikuun loppupuoliskolle. Samalla ajanjaksolla näkyy selvä, noin asteen tai puolentoista notkahdus jokaisen kerroksen keskilämpötilassa. Vastaavasti kesä- ja heinäkuussa ulkolämpötilan noustessa sisälämpötiloissa tapahtuu noin asteen kohouma.

4.2 Kerrosten välisiä eroja

Samasta kuvaajasta on huomattavissa, että kerroskeskiarvoista alin ja ylin kerros ovat hieman viileämpiä talviaikaan, kuin toinen, kolmas ja neljäs kerros. Ensimmäisen kerroksen osalta tämä selittyy sillä, että kerroksen pohja on suoraan maata vasten, mikä viilentää hieman asuntoa. Myös lämpimän ilman nousu ylöspäin jättää ensimmäisen kerroksen hieman seuraavien alle.

Toisen, kolmannen ja neljännen kerroksen keskilämpötiloissa vaikuttaa hieman lämpimän ilman ylösnousu. Nouseva lämmin ilma lämmittää ylempien asuntojen lattiaa eli alemman kerroksen kattoa. Näin lämpö siirtyy johtumalla lattian/katon läpi ylöspäin. Eroja tulee tietenkin asuntojen välille sijainnin suhteen (paistaako aurinko esimerkiksi suurimman osan päivästä asuntoon), mutta suurimman eron todennäköisesti luovat asukkaat itse säätämällä omia termostaattejaan. Myös elektroniikan ja lisälämmittimien tai lisävalaistuksen, uunin ja saunan käyttö voivat vaikuttaa lämpötilamittaukseen asunnossa.

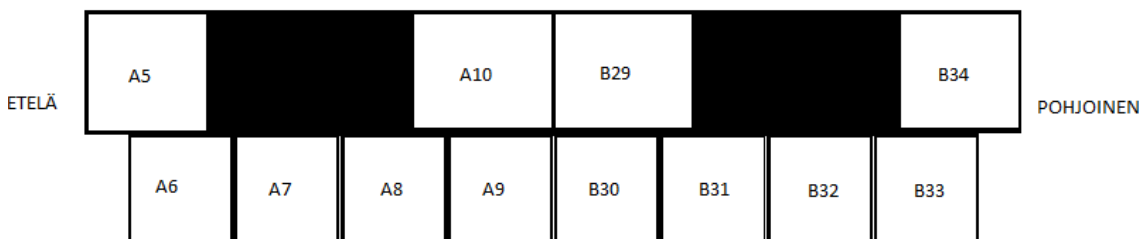
Vaikka lämmin ilma nousee koko talon läpi rappukäytäviä pitkin viidenteen kerrokseen, lämmittäen kerrosta, jäädyttää viidettä kerrosta lämmönluovutus-pinta-alan suuruus. Kun alemmissa kerroksissa lämpöä saattaa luopua vain kahden seinän kautta ulos, viidennessä kerroksessa kahden seinän lisäksi lämpöä luopuu koko asunnon kokoisen katon kautta.

Kun siirrytään kesään ja lämpimämpiin keleihin, viileimpänä ollut viides kerros muuttuu kaikkein lämpimimmäksi. Edelleen samat peruseriaatteet pitävät paikkansa, lämmin ilma nousee, ja viidennessä kerroksessa on eniten ulkoseinäpinta-alaa. Erona on kuitenkin se, että lämpimillä keleillä ulkopinta lämpiää auringon vaikutuksesta. Tämä

seinien ja katon lämpiäminen taas lämmittää lisää sisätiloja, ja näin ollen viides kerros lämpiää hieman enemmän kuin alempana sijaitsevat kerrokset. Kesäajan jälkeen ensimmäisestä kerroksesta tuleekin viilein kerros.

4.3 Kerrostasolla löytyviä havaintoja

Verrattaessa yksittäisen kerroksen asuntoja keskenään pätevät samat asiat sisälämpötilaan kuin kerrostenvälisessäkin vertailussa. Lämpimän ilman nousua on vain hieman hankalampi hahmottaa, koska sitä ei suoraan näe käyristä kuvaajassa. Toisaalta, selkeästi korostuva ero verrattuna kerrostenvälisiin eroihin on ilmansuunnan vaikutus. Talon eteläisellä sivulla sijaitsevan seinän varrella olevat asunnot ovat hieman lämpimämpiä myös talvisin, kun auringonvalo lämmittää seiniä ja etenkin ikkunoita. Auringon säteilyn intensiteetti on pahimmillaan yli 700 W/m^2 , joten esimerkiksi kahden neliön kokoisesta ikkunasta sisääntuleva säteilyenergia on noin $1,4 \text{ kW}$. Tämä lämpöteho jää huoneiston pintarakenteisiin. Huoneiston ilma lämpenee sitten pintarakenteiden luovuttaman lämmön takia.



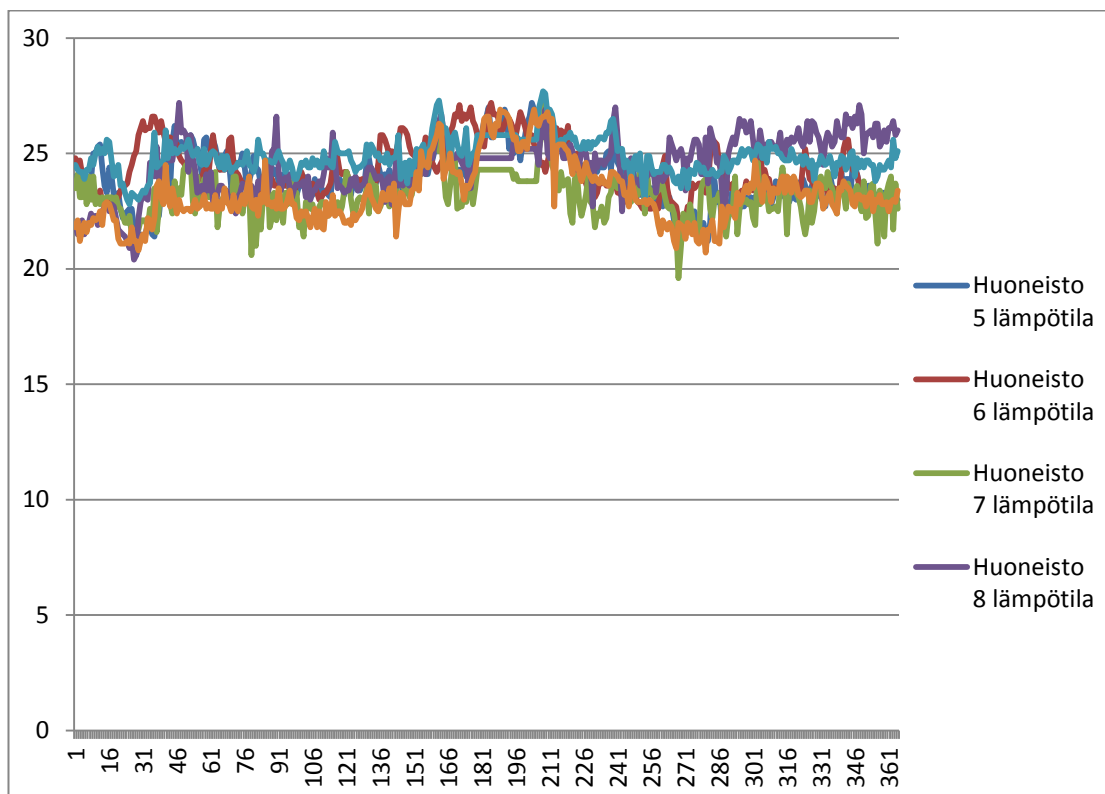
Kuva 5. Havainnointitarkoituksessa piirretty kuva asuntojen sijoittelusta

On kuitenkin muistettava, että koska kyseessä ei ole enää keskiarvo koko kerroksen lämpötilasta, hajontaa ja poikkeamia löytyy huomattavasti enemmän. Nämä johtuvat todennäköisesti asukkaan säätämästä lämpötilasta ja laitteista ja laitteistoista, jotka saattavat vaikuttaa lämmitykseen. Tästä johtuen tutkiessa lämpötiloja jouduttiin tutkimaan jokaista kerrosta omana kokonaisuutenaan ja tekemään päätöksiä tietyllä tapaa päätelmien keskiarvona.

Keskiarvoltaan rakennuksen A- ja B-päätyjen välillä ei ole suurtakaan eroa. Suurempana löytyy ero, miten lämpötila tuntuu eroavan yllä olevien kuuden huoneiston välillä. Havainnointikuvasta löytyvät päätyasunnot eroavat vastaavissa asuntoryhmissään selkeällä tavalla. Kun A-päädyssä havainnointikuvan asunnot viisi ja kuusi ovat lämpimämpiin kuuluvia asuntoja, B-päädyssä asunnot 33 ja 34 ovat kahden tai kolmen viileimmän asunnon joukossa. Koska tämä ilmiö toistuu käytännössä poikkeuksetta jokaisessa kerroksessa, voidaan päätellä auringon paistavan enemmän A-puolen päätyasuntoihin.

Myös se tieto, että A-puolelta asunto 10 sekä vastaavalla paikalla sijaitsevat asunnot muissa kerroksissa ja B-puolen asunto 29 ovat selkeästi viileimpien joukossa, kertoo auringon suunnasta. Talo on siis suunniteltu siten, että aurinko paistaa valtaosaan rakennuksen asunnoista suurimman osan päivästä, luovuttaen lämpöenergiaansa talon seinille sekä lämpösäteilynä ikkunoitten läpi.

Muuten asuntojen välisiä eroja syntyy todennäköisesti vain itse asukkaan aiheuttamista eroista. Edellä mainitut lämmönsäätö, elektroniikka, sauna, uuni ja jopa väärään paikkaan sijoitettu lattiavalaisin voivat vaikuttaa lämpömittaukseen, jos se valaisin on esimerkiksi sijoitettu suoraan lämpötila-anturin alapuolelle paahtamaan kohti anturia. Anturi on kuitenkin pyritty sijoittamaan siten, etteivät paikalliset lämmönlähteet vaikuttaisi kovinkaan paljoa antureihin.



Kuva 6. Kerroksen 2 A-päädyn lämpötiladata vuoden ajalta. Kuva valitettavan epätarkka kutistuksesta johtuen. Päätyasunnot ovat varsinkin keväällä ja kesästä muuta kerrostaloa lämpimämpiä ja varjopuolella sijaitseva asunto 10 jatkuvasti kylmimpien joukossa.

5 Kehitysehdotuksia

Asuntojen lämpötilaeroista selkeästi esiinikäyvä ongelma on ihmisten eriävät halut kotinsa lämpötilan suhteen. Muutamassa kerrostalon, jossa lämpötilan pitäisi olla hieman muita asuntoja viileämpää, on lämpötilaa säädetty todennäköisesti mahdollisimman ylös. Toisaalta löytyi myös pari asuntoa, jossa pitäisi olla lämpimämpää ja onkin hieman viileämpää. Tämä selittyy lämmön säädöllä alaspäin. Tätä teoriaa tukevat myös ne 8800-soluiset lämpötilakirjat, joita työstettiin aikaisemmin.

Seuraavaksi esitetään kolme erilaista mallia, miten kerrostalon lämmitystä voitaisiin säätää koko talon tasolla. Mallit perustuvat keskiarvoon, painotettuun keskiarvoon (painotus tapahtuu keskihajonnan perusteella) ja suppeamman otannan keskiarvolla (huippuarvot jätetään huomioimatta).

5.1 Keskiarvomalli

Ensimmäisenä kehitysehdotuksena on kaikkien huoneistojen lämpötilojen keskiarvoista lasketun keskiarvon malli. Keskiarvomallissa on se ehdottoman hyvä puoli, että jokainen asunto, joka tuottaa lämpötiladataa, otetaan huomioon rakennuksen lämmityksessä. Näin ollen rakennuksen lämmityksestä vastaava yritys pystyy ottamaan huomioon rakennuksen jokaisen huoneiston asukkaan/asukkaat.

Huonoina puolina tämäntyyppisellä lämmityksensäädöllä on juuri jokaisen asunnon huomioiminen. Lämpötila-anturitkaan eivät kestä ikuisesti, ja osa asukkaista tahtoo lämmittää tai jäähdyttää asuntonsa huomattavasti keskilämpötilasta poikkeavaksi. Varsinkin koko talon keskilämpötilasta yli keskihajonnan päässä olevat lämpötilat muuttavat heti koko talon keskiarvoa huomattavan paljon, vaikka alle keskihajonnan päähän jääkin suurin osa lämpötiloista.

Rahallisesti ajateltuna keskiarvomallilla ohjailtu kerrostalolämmitys ei tuo käyttökustannuksiin suuriakaan helpotuksia: lämpötilojen keskiarvo pitää tuotavan lämmitysverkoston menoveden lämpötilan oikeastaan ennallaan. Toisaalta, keskiarvolla kustannukset eivät nousekaan.

Asuinmukavuuteen keskiarvo vaikuttanee, yllättävää kyllä, todennäköisesti hieman negatiivisesti. Ihmiset ovat kovin erilaisia, ja 52:n asunnon eri lämpötiloista laskettu keskiarvo on monille juuri puoli astetta liian kuuma tai liian kylmä. Suurin osa asukkaista ei varmasti huomaisi mitään muutosta (elleivät sattuisi katsomaan omia lämpömittareitaan, esimerkiksi), mutta pienempää vähemmistöä tämäntapainen lämmityksensäätö voisi harmittaa.

Ympäristön kannalta keskiarvoon perustuva lämmönsäätö lienee hieman positiivinen. Johtuen asuntojen määrästä lämpötilojen keskiarvo ei todennäköisesti tekisi äkkinäisiä liikkeitä kumpaankaan suuntaan kovin helpolla, joten kaukolämpövävettä voitaisiin ajaa rakennukseen hitailla muutoksilla (lämpöä luopuu vähemmän, kun lämmönvaihdin ei hohkaa niin kuumana).

Jatkokehittelyä lämpötilojen keskiarvolla ohjattuun lämmitykseen voisi toteuttaa käytännössä jo valmiina olemassaolevilla kerrostalokohteilla. Ennen ohjauksen toteutusta on kuitenkin syytä tarkastaa, että lämpötila-anturit toimivat. Myös rakennuksen asukkaille on syytä ilmoittaa tehtävästä kokeesta ihmisten asuinmukavuuden parantamiseksi. Jälkeenpäin on kannattavaa myös kysyä asukkaiden mielipidettä käytössä olleesta lämmitysmallista.

5.2 Painotettu keskiarvomalli

Painotetulla keskiarvomallilla toimiva lämmitys perustuu yhtä lailla lämpötilojen keskiarvoon, mutta tarkoituksena on vähentää ääripäiden aiheuttamaa hajontaa painottamalla arvoja, joista keskiarvo lasketaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikille lämpötila-arvoille annettavat painokertoimet tulee laskea esimerkiksi keskihajonnan perusteella. Esimerkkinä voidaan sanoa, että lämpötiloille, jotka osuvat suoraan keskiarvoon, annetaan painokerroin 1. Toisaalta lämpötilat, jotka eroavat keskiarvosta, saavat pienemmän painotuksen. Tähän voidaan kehittää vaihtoehtoisiakin painotusmenetelmiä, mutta yksi helpoimmista painotuksista on, että lämpötilat, jotka ovat keskihajonnan arvon sisällä keskiarvosta, saavat painoarvokseen jotain väliltä 0,99 – 0,5. Yli keskihajonnan päässä olevat arvot taas saisivat painoarvon väliltä 0,49 – 0,01.

Painotetulla keskiarvolla ohjattava lämmitys pohjautuu siis siihen, että ääriarvot vaikuttavat huomattavasti vähemmän keskiarvoon ja näin ollen lämmitykseen. Etuna painotetun keskiarvon lämmityksellä on keskilämpötila, joka osuu rakennuksen asukasemmistön mieleiselle alueelle, sekä kaikkien asuntojen (eli asukkaiden) huomioonottaminen kerrostalon lämmityksessä. Vastoin kuin edellisessä mallissa painotetulla keskiarvolla ohjattavassa lämmityksessä suuret poikkeamat, joko asukkaan lämmityksen aiheuttavat tai särkynyt lämpötila-anturi, eivät heijastu suoraan lämmitykseen niin vahvasti. Tästä syystä painotetulla keskiarvolla säädettävästä lämmityksestä voidaan sanoa, että lämmityksen säätö tällä mallilla on hieman stabiilimpi, mikäli osa lämpötila-antureista lakkaa toimimasta.

Painotetulla keskiarvolla säädettävästä lämmityksestä huonoimpana puolena löytyy monimutkainen ohjelma, joka säätöä ohjailee. Mikäli painotus tehtäisiin yllä olevan esimerkin mukaisesti, ohjelman pitäisi ensin laskea kaikkien asuntojen keskiarvo sekä keskihajoama. Tämän jälkeen ohjelman tulisi painottaa jokaisen sisääntulevan lämpötilamittauksen arvo ja saada painotukset linearisoitua. Vasta sitten ohjelma pystyisi laskemaan uuden keskiarvon, jonka mukaan lämmönvaihtimen säätöventtiilin virtaama eli asuntojen lämmitystä päästäisiin muuttamaan. Koska ohjaava ohjelma on näin monimutkainen, on suurehko alkuinvestointi mallin jatkotutkimiseen ja kehittämiseen huono puoli. Tässä on kuitenkin muistettava, että investointi todennäköisesti maksaa itsensä valmistuttuaan nopeasti takaisin.

Käytössä ollessa painotetun keskiarvon malli ei todennäköisesti aiheuta lisäkustannuksia lämmityskuluihin. Säästöjä lämmityskuluihin saattaa muodostua, joskin vain hyvin nimellisesti. Tämä mahdollinen säästö johtuisi lämpötilojen rauhallisesta muuttumisesta, joten lämmönvaihdin ei joutuisi tekemään nopeita muutoksia lämmitysveteen. Säästöt olisivat kuitenkin käytännössä huomaamattoman pieniä.

Ehdottomasti paras puoli painotetulla keskiarvolla säädettävässä lämmityksessä on sen kyky säätää lämpötilaa rakennuksessa niin, että suurin osa asukkaista on tyytyväisiä (aina löytyy muutama ihminen, joilla on täysin poikkeava halu esimerkiksi asuinlämpötilan suhteen). Koska nyt lämpötiloille, joilla keskiarvo lasketaan, annetaan painoarvo, suuremmatkin poikkeamat keskiarvosta vaikuttavat huomattavasti

vähemmän näin ollen muuttaen lämpötilaa vähemmän, jolloin asumismukavuus lämpötilan saralla pysyy valtaosalle parempana.

Ympäristöä tämä painotettu säätö ei kuormittaisi lisää käytännössä ollenkaan. Kaukolämpö on kuitenkin jo itsessään tuotettu todennäköisesti sähkön ohella, joten kuormitusta ei tapahtuisi.

Jatkokehitystä tälle säätömallille on syytä jatkaa. Johtuen koodin monimutkaisuudesta testaamista olisi syytä tehdä ennen varsinaista kerrostalokohdetta esimerkiksi pelkillä lämpötila-antureilla, joita olisi useampi. Näin pystyttäisiin todentamaan, onko koodiin kirjoitettu painotuksen haku toimiva vai pitääkö sitä hienosäätää vielä lisää. Kun saadaan koeolosuhteissa toimiva ohjelma, jonka tekemät painotukset osuvat, voisi ohjelman laittaa ohjaamaan jonkin jo olemassa olevan rakennuksen lämmönohjaukseen. Asukkaille olisi luonnollisesti syytä ilmoittaa käynnissä olevasta kokeilusta parantaa asuinolosuhteita lämmityksen suhteen. Testiajan jälkeen kannattaisi kysyä rakennuksen asukkailta mielipidettä lämmönsäädön toimivuudesta.

5.3 Suppeamman otannan keskiarvomalli

Kolmas ja viimeinen ehdotus lämmityksen säätöön on suppeamman otannan keskiarvomalli. Suppeamman otannan mallissa on tarkoitus, että otetaan vaikka vain keskihajonnan sisällä olevat lämpötilat huomioon keskiarvoa laskettaessa lämmityksen säädölle. Niinpä ohjelma, joka ohjaa lämmönsäätöä, kevenee ja yksinkertaistuu hieman. Etuna tässä säätömenetelmässä on sen tasainen lämpötila, joka osuu suurimmalle osalle asukkaista mieleiseksi.

Huonoja puolia tässä säätömallissa on esimerkiksi se, että kaikkia asukkaita ei mitenkään voida ottaa huomioon, jos lämpötilaotanta keskiarvon laskuun on suppeampi. Tämä saattaa aiheuttaa mielipahaa asukkaille.

Rahallisesti arvioituna suppeamman otannan säätömalli on yhtä halpa toteuttaa kuin keskiarvomalli. Alkuinvestointia ei tässäkään mallissa ole. Vaikka kyseessä onkin suppeamman otannan keskiarvo, on silti mitattavia arvoja niin paljon, ettei lämpötila muuttuisi kovinkaan äkillisesti, vaatiessa lämmönvaihdinta pahimmassa tapauksessa

reagoimaan yksittäisen lämpötila-anturin tietoihin. Asuinmukavuus pysyisi todennäköisesti hyvin samanlaisena kuin ennenkin, joskin rakennuksen ilmansuunta vaikuttaisi enemmän säätöön (onko pohjois- vai eteläpuoliskolla enemmän asuntoja). Tyytymättömien asukkaiden määrä saattaisi siis kasvaa hieman, joten asuinmukavuuden voidaan sanoa hieman kärsivän.

Ympäristön kuormitus tällä säätötavalla ei muuttuisi mihinkään. Kuten edellisissäkin malleissa, kaukolämmön käyttö itsessään on jo todella vihreätä lämmitysenergiaa, ja koska tämäntyyppinen säätömalli ei vaadi lisää kuumuutta tai nopeita muutoksia lämpötilaan, ei se kuormita ympäristöä nykyistä lämmitystapaa enempää.

Jatkokehittäminen kannattaa tälläkin säätötavalla, sillä vaikka tässä työssä arvioitiin, että yleinen asumismukavuus tippuu hieman, voi olla toisinkin. Tätä tapaa kannattaisit tutkia jo valmiissa, tosin pienemmässä kerrostalossa, josta löytyisi valmiiksi lämpötila-anturit lämpötiladatan talteenottoa varten. On taas kuitenkin muistettava, että asukkaille tulisi korostaa, että kyseisessä kokeessa on kyseessä asuinmukavuuden lisääminen lämmityksen säätöä parantamalla. Koeajan jälkeen kannattaa myös kysyä asukkailta havaintoja käytössä olevasta lämmitysmallista.

5.4 Sääennustepalveluiden käyttö ennalta säätävässä lattialämmityksessä

Toinen mahdollinen lämmityksensäätökeino on hieman rajatumpi. Kyseessä on lattialämmityksen ennakoiva säätäminen Internetin sääpalveluiden avulla. Talo olisi suotavaa lämmittää kaukolämmöllä, jotta tarvittava lämmitysteho saataisiin aikaiseksi säätämällä venttiilillä virtaamaa lämmönvaihtimessa.

Kaikessa yksinkertaisuudessaan idea on tämä: Talossa sijaitseva logiikka kommunikoi jonkin Internetistä löytyvän sääpalvelun kanssa, kysyen vaikka kerran tunnissa sääennustetta lähimmälle mittauspaikalle talosta. Logiikka olisi liitetty automaattisiin säätöventtiileihin sekä lämmönvaihtimeen. Myös ulkoilmasta konkreettisesti lämpötilaa mittaava lämpömittari olisi yhdistetty logiikkaan.

Sääpalvelu ilmoittaisi esimerkiksi logiikalle sään rajusti kylmenevän kahden päivän aikana. Logiikka käskisi välittömästi lämmönvaihtimen alkaa lämmittää kiertovettä.

Näinollen menovesi pystyisi luovuttamaan lämpöään varaavalle materiaalille putkiston ympärillä pitkällä aikavälillä, joten kylmän saapuessa talolle, olisi lattialämmitys jo tahdotulla tasolla. Myös pieni energiansäästö tapahtuisi lämmönvaihtimella, jonka ei tarvitsisi toimia niin korkealla lämpötilalla johtuen pidemmästä lämmitysajasta, koska mitä kuumempänä lämmönvaihdin käy, sitä enemmän vaihtimesta luopuu hukkalämpöä ympärille.

Ehdottomasti suurin hyöty tästä käytännöstä olisi asukkaalle, joka ei huomaisi mitään muuta kuin lattian automaattisen lämpenemisen ilman kylmetessä. Näin ollen asumismukavuuden lisääntyminen on tämän idean ensisijainen kohde. Varaavan lattialämmityksen tapauksessa Internetistä ennakoiva lämmitys olisi erinomainen, koska lattian massan lämmittämiseen kuluva aika on huomattavan pitkä verrattuna esimerkiksi radiaattoriin. Alkuinvestointia lukuunottamatta käyttökustannukset saattaisivat hieman pudota, sillä kylmienkin pakkasten aikana massaa voitaisiin lämmittää eniten yöllä, jolloin mahdollisesti käytössä oleva yösähkö olisi halvempaa.

Haittapuolina tämänlaisessa ratkaisussa on alkuinvestointi, ja mikäli saneerauksen yhteydessä haluttaisiin tämä malli käyttöön, saattaisi se vaatia jopa ylimääräisen kellarihuoneen rakentamista vesisäiliölle ja logiikalle.

Jatkoehdotuksena tälle toteutusmallille on konkreettinen testaus. Koska tämän tyyppistä lämmitysmetodia tuskin on käytössä missään, olisi ensimmäisenä syytä rakentaa testihuoneisto. Testihuoneisto lämmitettäisiin vain aiemmin mainitulla sääpalveluista ennustavalla lattialämmityksellä. Mikäli testiasunnon lämpötila pysyisi haluttuna, voitaisiin etsiä vapaaehtoisia ihmisiä, joiden kodeissa olisi jo lattialämmitys, ja liittää sääpalveluista ennustava järjestelmä heidän koteihinsa. Otettaisiin taas lämmitysarvoja talteen, vaikka vuoden ajalta, ja tämän ajan jälkeen kysyttäisiin myös asukkaiden mielipiteitä ja muutosehdotuksia.

Kuten aiemmin mainittu, tämän järjestelmän heikkoutena on taloudellinen investointi alussa. Myös tutkimustyö lämmityksen säädön toimivuudesta tuottaisi alustavasti taloudellista rasiusta YIT:lle. Toisaalta, mikäli tämän tyyppinen lämmityksensäätöjärjestelmä toimisi, olisi se asukkaan asumismukavuuden suhteen lähellä mukavinta mahdollista. Toisena isona etuna olisivat vihreät arvot. Tällä tavoin

lämmitettyinä lattialämmitysjärjestelmä kuluttaisi mahdollisimman vähän energiaa veden lämmitykseen.

Tämäntyyppisellä ekologisella lämmityksellä voitaisiin kuitenkin saada tulevaisuudessa taloudellistakin hyötyä. Tämäntyyppisesti, ”vihreästi” lämpenevä asunto voisi vedota uuden asunnon ostajaan, vaikka järjestelmä toisikin lisää hintaa uudelle asunnolle. Etenkin luksusasunnot ja ihmiset, jotka luksusasuntoja ostavat, voisivat kiinnostua itsestään ennakoituvasta lattialämmityksestä asumismukavuuden ja helppokäyttöisyyden takia.

5.5 Kehitysehdotuksia asukkaalle

Vaikka pääasiassa asunnon lämmityksen tulisi olla asukkaalle itsestäänselvyys, on yleisen asuinmukavuuden ja tietynlaisen hukkaenergian säästön kannalta järkevää asukkaan itsensä miettiä lämmitystä. Koska kyseessä on ehdotus kaukolämpölämmitteiseen kerrostaloon, korostuu asuinmukavuuden lisääntyminen kuitenkin enemmän.

Asukkaan tulisi myös ottaa huomioon huonekohtaisesti lämmöntarve. Esimerkiksi makuuhuoneen lämpötila voi olla hieman alempi kuin olohuoneessa. Ihmiselle otollisin lämpötila nukkua on noin 18 – 20 celsiusastetta. Erityisesti talvisin noinkin matala lämpötila kuitenkin tuntuu jopa kylmältä päivittäisten toimien aikana, joten muu huoneisto olisi syytä olla hieman lämpimämpi.

Edellä mainituista asukkaan omista vaikutuksista asunnon lämmitykseen juontuu kehitysehdotus: YIT voisi valmistella jokaista valmistuvaa kerrostaloon varten lapun tai vihkosen, jossa annettaisiin tulevalle asukkaalle ehdotuksia mahdollisista elämäntavoilla muutettavista lämmitys- tai jäähdytystavoista. Pelkkä tällainen vihkonen saattaisi riittää lämpötilamuutoksiltaan niille pieniä muutoksia kaipaaville asukkaille parantaen asumismukavuutta. Taloudellisena investointina kyseinen vihko/lappunen ei ole suuri, ja vinkkien antaminen voisi parhaassa mahdollisessa tapauksessa vähentää soittoja huoltomiehelle, että taloon pitäisi saada lisää lämpöä. Mikäli vihkonen olisi onnistunut, se alkaisi tuottaa taloudellisia säästöjä sekä kuormittaisi taloyhtiöiden huoltomiehiä osaltaan hieman vähemmän.

Tätä asiaa voisi tutkia helposti tekemällä esimerkkivihon ja jakamalla sen valmistuviin asuntoihin. Asuntojen luovutusten jälkeen vaikka vuoden jälkeen tehtäisiin kyseisiin asuntoihin kysely, pitivätkö asukkaat lehtistä hyödyllisenä. Jotta asiasta saataisiin hieman tarkempi kuva, olisi lehtistä syytä jakaa useampaankin paikkaan. Myös ”poistaisitko/lisäisitkö ehdotuksia” -osio kyselyyn olisi syytä toteuttaa, sillä asukkaat itsekin voivat keksiä erinomaisia lämmitystekijöitä asuntoihinsa.

6 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli tutustua nykyaikaiseen kerrostalon lämmönsäätöön ja pyrkiä löytämään uusia vaihtoehtoja, joilla parantaa lämmönsäätöä. Lämmönsäätökysymys on noussut viime aikoina etenkin pientalojen osalta esiin, mutta myös kerrostalojen lämmönsäätöä voi parantaa. Vihreät arvot ja energian kallistuminen ajavat lämmönsäädön tutkimusta eteenpäin.

Tässä työssä esiteltiin kolme eri vaihtoehtoa lämmönsäädön uudistamiselle. Sen lisäksi tulee muistaa Internetin olemassaolo ja sen tuomat mahdollisuudet energiaa ja ympäristöä säättävänä apuna esimerkiksi ennaltsäätävässä lattialämmityksessä. Myös asukkaille on annettu pieni kehitysosio, sillä vaikka lämmönsäätö ja lämmitys ylipäättään ovat Suomessa huipputasolla, voi jokainen yksilötasolla miettiä omaa lämmönkulutustaan ja sen tarpeellisuutta.

Kolmesta aiemmin mainitusta lämmönsäätömenetelmästä (keskiarvomalli, painotetun keskiarvon malli ja suppeamman otannan keskiarvomalli) kaikki ovat omalla tavallaan hyviä ja jatkokehityskelpoisia ideoita. Kuitenkin painotetun keskiarvon malli on todennäköisesti se, jota kannattaisi aktiivisesti lähteä kehittämään eteenpäin. Painotettu keskiarvomalli ottaa jokaisen asunnon huomioon keskiarvolämpöä laskiessa, mutta kaikkein räikeimmät ääriarvot, jotka voivat johtua niin rikkinäisestä lämpötila-anturista kuin asukkaan väärinsijoitetuista esineistä tai erilaisista toiveista lämmön suhteen, eivät muuta tulosta niin paljon kuin kahdessa muussa mallissa. Näin ollen todennäköisesti valtaosa rakennuksen asukkaista on huomattavasti tyytyväisempiä.

Myös ennalta säättävää varaavaa lattialämmitystä tulisi kehittää. Alkuinvestointina kehityksen suhteen hieman kalliimpi ratkaisu todennäköisesti maksaa itsensä takaisin suhteessa nopeasti. Ihmiset pitävät lattialämmityksestä, ja mikäli lattialämmitys pystyisi toimimaan hieman nopeammin ja reagoimaan muuttuvaan ulkolämpötilaan ennakoivasti, lattialämmitys lämmityskeinona saisi varmasti lisää suosiota.

Kaiken kaikkiaan lämmönsäätö ja rakennusten lämmityskeinot ovat asioita, joiden tulee pysyä ajan tasalla. Jos ei pelkkien kustannusten takia, niin asukkaiden ja asuinmukavuuden vuoksi.

Lähteet

Energiateollisuus 2011a. Kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet. Energiateollisuus [verkkodokumentti] <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>> (19.3.2013)

Energiateollisuus 2011b. Sähkölämmitys [verkkodokumentti] <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/sahkolammitys> (19.3.2013)

Energiateollisuus 2011c. Sähköntuotanto [verkkodokumentti] <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>> (19.3.2013)

Harju, Pentti & Matilainen, Veijo 2001. Tervetuloa opiskelemaan LVI-alaa! Opetushallitus [verkkodokumentti] <http://www2.edu.fi/lvi/LVI_osio_01_screen_03.htm> (19.3.2013)

Lämpöpumppu.org 2013. Kaikki lämpöpumpuista. [verkkodokumentti] <http://www.lampopumppu.org/> (26.3.2013)

Motiva 2011a. Öljylämmitys. Motiva [verkkodokumentti] <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/oljylammitys> (19.3.2013)

Motiva 2011b. Maalämpö. [verkkodokumentti] (26.3.2013)

Salomaa 2013. Radiaattori [verkkodokumentti] http://www.radiaattoritehdas.fi/rs_konvektorit.html , Tuote-esittely Radiaattoritehdas Salomaa Oy:n kotisivuilta.

Seppänen, Olli 1995. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.

Suomen rakennusmääräyskokoelma D5 2007 ,[verkkodokumentti], <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf> (19.3.2013)

Kymenlaakson sähkö 2013a, "Ilmanvaihto ajan tasalle?", [verkkodokumentti] <http://energianeuvonta.ksoy.fi/kaytaoikein/ilmanvaihto-ajan-tasalle>

Kymenlaakson sähkö 2013b, "Tarua-vai-totta-ilmastoinnista?", [verkkodokumentti],
<http://energianeuvonta.ksoy.fi/kaytaoikein/tarua-vai-totta-ilmastoinnista>

Suomen Talotekniikka-portaalit 2013, , "Lämmön talteenotto", [verkkodokumentti],
http://www.talotekniikka.eu/tate-lehti/fi_FI/lammontalteenotto/