

Joono Laurikainen

Matalaenergiaohjeen vaikutus kiinteistön energiakulutukseen

Itä-Pakilan ala-aste ja lasten päiväkoti Tammi

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joona Laurikainen Matalaenergiaohjeen vaikutus kiinteistön energiankulutukseen. Itä-Pakilan ala-aste ja lasten päiväkoti Tammi. 36 sivua + 1 liite 2.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	tuotantopainotteinen LVI-tekniikka
Ohjaaja Ohjaava opettava	LVI-insinööri Tapani Linnanmäki lehtori Seppo Innanen
<p>Insinöörityössä selvitettiin Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaan toteutetun hankkeen energiankulutusta verrattuna siihen, että hanke olisi toteutettu Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimustason mukaan. Ratkaisuja etsittiin vertaamalla kyseisiä ohjeita keskenään ja tarkistamalla, mitä energiasäästöjä niistä voidaan hyödyntää kyseisessä kohteessa. Säästöihin päästiin arvioimalla ja laskemalla energiankulutusta erilaisissa tilanteissa.</p> <p>Suurimmat energiasäästöt syntyivät käyttämällä likaisissa poistoissa huippuimurien sijasta koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää lämmöntalteenotolla. Lisääntyneestä sähkönkulutuksesta huolimatta, energiasäästöjä saavutettiin.</p> <p>Päiväkodin ryhmä- ja lepohuoneiden välille asennettavista PI-moottoritoimisilla sulkupelleillä saatiin kaukolämmön sopimusvesivirtaa pienemmäksi, sillä tuloilmakone voidaan mitoittaa 70 % pienemmäksi maksimi-ilmamäärästä. Sulkupeltien avulla saadaan huoneisiin tarpeenmukainen ilmanvaihto, josta syntyi energiasäästöä.</p>	
Avainsanat	energiasäästö, matalaenergiaohje, koulu, päiväkoti

Author(s) Title Number of Pages Date	Joona Laurikainen The impact of the low-energy directive on the energy consumption of a primary school and nursery school property 36 pages + 1 appendix 2 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Oriented
Instructors	Tapani Linnanmäki, BEng Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to compare the energy consumption of the sample property if built according to the low-energy directive of the city of Helsinki or according to the National Building Code directives. The results were reached by calculating the energy savings and estimating the energy consumption in various situations.</p> <p>The results showed that the biggest energy savings were reached by using a mechanical supply and exhaust ventilation system with heat recovery instead of using roof fans. Despite the higher electricity consumption with the mechanical ventilation system, energy savings were achieved.</p> <p>The contracted water flow from the district heating supplier was decreased by installing dumpers with proportional integral control between the rest rooms. With the dumpers the supply air machine could be up to 70% smaller than the maximum air flow. The necessary ventilation was created by dumpers which yielded energy savings.</p>	
Keywords	energy saving, low-energy directive, school, nursery school

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoite	1
2	Hankkeen kulku	2
2.1	Tarveselvitys	2
2.1.1	Tilat nykyisin	2
2.1.2	Tilat toteuttamisen jälkeen	3
2.2	Hankesuunnitteluvaihe	4
3	Lvi-järjestelmien yleiset laatuvaatimukset	4
4	Lämmitys- ja LTO-järjestelmät	5
4.1	Suunnitteluohjeet	5
4.2	Laatutaso	5
4.3	Lämmön tuotanto	5
4.4	Lämmön ja LTO:n jakelu	6
4.5	Lämmönluovutus	6
5	Vesi- ja viemärijärjestelmät	7
5.1	Suunnitteluohjeet	7
5.2	Laatutaso	7
5.3	Peruskorjauksen laajuus	7
5.4	Vesijohdot	8
5.5	Kalusteet	8
6	Ilmastointijärjestelmät	9
6.1	Suunnitteluohjeet	9
6.1.1	Sisäilman laatu	9
6.1.2	Ilmavirrat	9
6.2	Ilmastointikoneet	11
6.2.1	Keittiön ilmanvaihtokone 201TK	12

6.2.2	Ruokalan ilmanvaihtokone 202TK	12
6.2.3	Koulun ilmanvaihtokone 203TK	13
6.2.4	Päiväkodin ilmanvaihtokone 204TK	13
6.2.5	Voimistelu-/juhlasalin ilmanvaihtokone 205TK	14
6.2.6	Sosiaalitulojen ilmanvaihtokoneet 206–209TK	14
6.3	Ilmanvaihtokanavat varusteineen	14
6.4	Päätelaitteet	15
7	Rakennusautomaatiojärjestelmät	15
8	Rakennuksen vaippa	16
8.1	Ulkoseinät	16
8.2	Yläpohja ja katto	17
8.3	Ikkunat	17
8.4	Laajennusosa	17
9	Energian säästölaskelmat	17
9.1	Ilmanvaihdon energian säästölaskelmat	18
9.1.1	Ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus	18
9.1.2	Ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergian kulutus	23
9.1.3	Likaisen poiston säästöt	27
9.2	Vesikalusteiden tuoma säästölaskenta	29
9.2.1	Veden lämmittämiseen säästyvä energia	30
9.2.2	Veden kulutuksen säästöt	31
9.3	Kuivauskaapit	31
9.3.1	Kuivauskerrat	31
9.3.2	Kuivauskaappien energiankulutus	32
9.3.3	Yhteenveto	32
9.4	Yhteenveto energiankulutussäästöistä	33
9.4.1	Vuosittainen energiansäästö yhteensä	33
9.5	Vuosittainen säästö	33
9.5.1	Sähköenergia	33
9.5.2	Lämmitysenergia	34
9.5.3	Veden kulutuksesta saatava säästö	34
9.5.4	Vuosittainen säästö	34
10	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1. Ilmanvaihdon periaatekaavio

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Työ tehdään Insinööritoimisto Linera Oy:lle. Itä-Pakilan ala-asteen ja lasten päiväkoti Tammen hankesuunnitelmien tilaajana toimii Helsingin kaupungin rakennusvirasto, HKR-Rakennuttaja. Helsingin kaupunki on mukana energiatehokkuussopimuksessa, joka on laadittu työ- ja elinkeinoministeriön ja Helsingin kaupungin välillä. Tämä sopimus on nimeltään KETS, joka käsittää kaiken Helsingin kaupunkikonsernin käyttämän energian sekä palvelu- että asuinrakennusten, katu- ja muun ulkovalaistuksen, vesihuollon sekä omien työkoneiden ja ajoneuvojen energiankäytön osalta. Energiasäästöneuvottelukunta valvoo ja ohjaa energiansäästön täytäntöönpanoa. (1.)

Itä-Pakilan ala-asteen ja lasten päiväkoti Tammen LVI-järjestelmät ovat erittäin huonossa kunnossa, ja ne on tarkoitus uusida kokonaan. Molemmat toimipisteet toimivat samassa rakennuksessa, joka suunnitellaan matalaenergiahankkeena, koska Helsingin kaupungin tavoite on säästää energiakustannuksissa 9 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2016 mennessä. Lisäksi peruskorjauksen syynä on väestön kasvu. Lähialueille on suunnitteilla täydennysrakentamista, joihin tulee aikanaan muuttamaan lisää lapsiperheitä. Väestöennusteen mukaan 0–6-vuotiaiden määrä kasvaa 125 lapsella. Tälläkin hetkellä päiväkodissa on ahtautta, eikä siellä ole tarpeenmukaisia tiloja, kuten märkäeteisiä. (2.)

Työ sisältää kohteen energiasäästölaskelmat. Laskennan tarkoituksena on arvioida Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaan toteutetun hankkeen energiankulutusta verrattuna siihen, että hanke olisi toteutettu Suomen rakentamismääräyskoelman vaatimusten mukaan.

1.2 Työn tavoite

Insinööritoimisto Linera Oy on saanut tilauksen koskien Itä-Pakilan ala-asteen ja lpk Tammen hankesuunnitelmista L2-piirustuksin. Tilaajana toimii Helsingin kaupungin rakennusvirasto, HKR-Rakennuttaja. Tilaajalle tulee esittää järjestelmäratkaisut sekä

tarkasti toteutustapa, jotta hankkeelle pystytään tekemään mahdollisimman tarkka kustannusarvio investoinnin suuruudesta.

Insinööriyön lähtökohtana on käyttää tekemiäni hankesuunnitelmia ja arvioida laskennallisesti Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaisesti toteutettuna energiasäästö kyseiselle kiinteistölle. Tämän tarkoituksena on kertoa tilaajalle ja matalaenergiaohjeiden laatijoille ohjeiden vaikutus energiasäästön kannalta. Työssä ei tulla käsittelemään investointikustannuksia, sillä ne on rajattu pois.

2 Hankkeen kulku

2.1 Tarveselvitys

2.1.1 Tilat nykyisin

Koulussa on viisi luokkahuonetta, kaksi pienempää opetustilaa, voimistelusalin pukuhuoneitiloineen, ruokasali ja keittiö sekä henkilökunnan tilat. Yksi opetustiloista on rakennettu vanhaan talonmiehen asuntoon 2. kerrokseen, ja käynti sinne tapahtuu jyrkän asuntoportaan kautta. Pihalla on kaksi viipalekoulurakennusta vuosilta 1981 ja 1997. Kummassakin on kaksi luokkahuonetta ja pienet ryhmätyötilat. Lisäksi toisessa tilapäisrakennuksessa on pieni tekstiili-käsityötila ja oppilashuollon tilat.

Päiväkoti on rakennuksen toisessa kerroksessa, joka rinnetontista johtuen on osin myös maan tasossa. Päiväkodissa on tilat neljälle lapsiryhmälle. Kahden ryhmän tilat vastaavat nykyisiä 21 lapsen ryhmän tilasuosituksia, mutta kahden ryhmän tilat ovat ahtaat. Tilapaikkoja on 79, ja pienryhmätiloja on vain yksi, eikä märkäeteistiloja ole. Pesutilat on kunnostettu vuonna 2009, ja ne ovat pinta-alaltaan riittävät mutta sijaitsevat hankalasti erillään lasten ryhmätiloista.

Liikuntaesteisten WC-tilat ja hissi puuttuvat. Päiväkodin ruokavaunuja joudutaan säilyttämään päiväkodin käytävällä koska keittiöön kulkee vain ruokahissi. Kuumennuskeittiö on uusittu vuonna 2006, mutta se on tiloiltaan ahdas ja mm. pakastinkaappi on sijoitettu koulun käytävälle. Sali ja keittiö ovat päiväkodin ja koulun yhteiskäytössä.

Nykyinen hyötyala on 1 378 hym², huoneistoala on 1 882 hum² ja kokonaislaajuus bruttoalana 2 273 brm². (3, s. 9.)

2.1.2 Tilat toteuttamisen jälkeen

Koulun huonetilaohjelma on laadittu 90 oppilaalle. Ohjelma on laadittu opetushallituksen tilantarpeen tunnuslukujen pohjalta. Koulun hyötyala on 727 hym² ja huoneistoala 1 081 hum². Hyötyalaan sisältyy 50 % yhteiskäyttöisistä tiloista.

Päiväkodin tilamitoitusperusteena 5 päiväkotiryhmää eli 105 päivähoidon tila-paikkaa sosiaaliviraston lasten päiväkotien mitoitusohjeen mukaisesti. Päiväkodin hyötyala on 819 hym² ja huoneistoala 971 hum². Hyötyalaan sisältyy 50 % yhteiskäyttöisistä tiloista.

Sosiaalityilat, keittiötilat, siivouskeskus sekä sali ovat molempien yhteiskäytössä. Yhteiskäyttöisiä tiloja on 246 hym². Päiväkodin lapset ruokailevat päiväkodin ryhmätiloissa.

Esteettömyyttä parannetaan rakentamalla liikuntaesteisille soveltuvat WC-tilat molempiin kerroksiin sekä hissi. Koulun pääsisäänkäynti ja päiväkodin sisäänkäynnit rakennetaan esteettömiksi. Kuvassa 1 on esitetty vihreällä värillä rakennuksen uudet osat. (3, s. 9.)



Kuva 1. Suunnitelman havainnekuva muutosalueesta.

2.2 Hankesuunnitteluvaihe

Ensimmäistä suunnitteluvaihetta kutsutaan hankesuunnitteluksi, jossa on tarkoitus määrittää korjaustöiden sisältö ja laajuus sekä toteutustapa. Näiden perusteella pystytään tarkastelemaan investointikustannuksia ja tehdä päätös toteutuksesta. Siinä asetetaan täsmälliset tavoitteet laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskien. Siinä määritellään myös hankkeen toteutustapa. On tärkeää suunnitella tässä vaiheessa mahdollisimman tarkasti, jotta osataan arvioida tarkasti kustannusarvio.

3 Lvi-järjestelmien yleiset laatuvaatimukset

Kohteen vaativuusluokka rakentamismääräys A2:n mukaan on AA. Sisäilmastoluokituksen mukainen sisäilmastoluokka on toimistotilojen ja opetus-/päiväkotitilojen osalta S2/S3, ja ne toteutetaan rakennustöiden puhtausluokkaa P1 ja P2 noudattaen. Hanke suunnitellaan ja toteutetaan niin sanottuna matalaenergiarakennushankkeena.

4 Lämmitys- ja LTO-järjestelmät

4.1 Suunnitteluohjeet

Lämmitysjärjestelmä tulee suunnitella energiatehokkaaksi ja sen on toiminnaltaan oltava luotettava. Suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota huollettavuuteen, joten järjestelmiä ei saa tehdä liian monimutkaiseksi, ettei niitä normaalilla huoltotoiminnalla pystytä korjaamaan tai huoltamaan. (4, s. 5.)

Hanke tulee suunnitella siten, että rakennuksen kaikissa tiloissa ja olosuhteissa saavutetaan hyvälaatuinen sisäilmasto. Säätojärjestelmien pitää olla kykenevä sopeutumaan niin, että auringon säteilystä, ihmisistä ja valaistuksesta syntyvät lämpökuormat tulevat hyödynnetyksi rakennuksen lämmityksessä. Virtauspiirien lämpötilojen tulee olla säädettäviä, ja ne pidetään lämmityskaudella mahdollisimman alhaisena. (5, s. 6.)

Lämmitystehon tarve lasketaan käytettävissä olevien kulutustietojen mukaan. Laajenuksen osalta lämmitystarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Mitoituslämpötiloina käytetään ensiöpuolella tulolämpötilaa 115 °C ja paluulämpötilaa enintään 45 °C. Toisiopuolella käytetään menolämpötilaa 70 °C ja paluulämpötilaa enintään 40 °C. Lämmönjakohuoneeseen tulee varata laitteille riittävästi tilaa siten, että niiden tarkoituksenmukainen sijoittelu on mahdollista ottaen huomioon käytön ja huollon vaatima tila. (5, s. 7, 4.)

4.2 Laatutaso

Lämmitys jaetaan vesikiertoisesti ja lämmönluovutuksessa käytetään teräslevypattereita. Patterit tulee varustaa esisäädettävillä termostaattiventtiileillä. Lattialämmitys suunnitellaan päiväkodin kuraeteisiin ja WC- sekä pesutiloihin. Kiertoilmalämmittimiä käytetään tuulikaapeissa, jotta kylmä ilma ei pääse pidemmälle.

4.3 Lämmön tuotanto

Rakennus on liitetty Helsingin Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon. Lämmönsiirtimet uusitaan. Tonttijohdot säilytetään ennallaan. Lämpöenergia mitataan rakennuksen lämmönjakokeskuksessa. Lämpö siirretään lämmönsiirtimien välityksellä lämmitysver-

kostoihin. Uusittavia verkostoja ovat lämmitysverkosto, johon kuuluu patteri- ja iv- verkosto.

Siirtimet on jaettu kahteen osaan (käyttöveden lämmitykseen ja lämmityspiiriin). Lämpimän käyttöveden siirtimen teho on noin 190 kW. Lämmityksen siirtimen teho 315 kW (patteriverkosto noin 105 kW ja ilmanvaihtoverkoston 210 kW). Lämmitysjärjestelmän paisuntalaitteet varolaitteineen uusitaan, paisunta-astian koko on 250 dm³.

4.4 Lämmön ja LTO:n jakelu

Rakennukseen asennetaan vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät. Lämmitysverkostot muodostuvat seuraavista säätöpiireistä:

- lämmitysverkosto
- ilmanvaihtoverkosto.

Nestekiertoinen LTO-verkosto asennetaan keittiön ilmanvaihtokojeelle, jossa kiertävä neste on 30 % etyleeniglykoliliuos. Lämmitysverkostojen putkina käytetään teräsputkea kierre- tai laippaliitoksin.

Pumput ovat keskipakoispumppuja. Lämmitys- ja lämminkäyttövesiverkostojen pumput varustetaan taajuusmuuttajalla. Pumppujen energiatehokkuusluokka (EEI) on A tai moottoreiden hyötysuhdeluokka vähintään IE2 tai EFF1-luokkaa. Hyötysuhdeluokkia on kaikkiaan neljä. Niistä alin on IE1 Standard, seuraava korkeampi on IE2 High ja korkein luokka on IE3 Premium. IEC60034-30 määrittelee vielä IE3-luokkaakin korkeamman luokan eli IE4 Super Premium. Nämä luokitukset kattavat 2-, 4- ja 6-napaiset moottorit tehoalueella 0,75–375 kW. Luokitus on kansainvälinen, joten ostajan on helppo verrata eri pumppujen hyötysuhteita keskenään. EFF1-luokka on eurooppalainen luokitusmalli, joka vastaa IE2-luokkaa. (6.)

4.5 Lämmönluovutus

Uudet radiaattorit ja konvektorit ovat teräslevypattereita. Kuraeteisiin ja päiväkodin lasten WC- ja pesutiloihin tulee lattialämmitys. Sekoitusryhmiä tulee 6 kpl, ja lattia- lämmityksellisiä huonetiloja on 8 kpl. Patterit varustetaan esisäädettävillä termostaatti-

silla patteriventtiileillä. Tuulikaapit varustetaan kiertoilmalämmittimin. Lämmitysteholtaan 10 kW:n lämmittimiä on yhteensä 7 kpl.

5 Vesi- ja viemärijärjestelmät

5.1 Suunnitteluohjeet

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrää asetuksia, joita tulee noudattaa vesi- ja viemärijärjestelmää suunniteltaessa. Myös Helsingin kaupungin matalaenergiaohje antaa omia määräyksiä, mutta ne ovat tavallaan laatuvaatimuksia, joita tilaaja vaatii. Tärkeimmät vaatimukset löytyvät luvusta 5.2 Laatu- taso.

Lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että veden lämpötila on vähintään 55 °C. Lämminvesiverkoston kiertojohtoon liitettäviä lämmönluovuttimia ei saa suunnitella käytettäväksi rakennuksen lämpöhäviöiden kattamiseen eikä lattialämmitykseen.

5.2 Laatu- taso

Helsingin kaupungin matalaenergiaohje antaa suunnittelun laatuun vaikuttavia määräyksiä. Vesi- ja viemärijärjestelmä tulee suunnitella energiatehokkaasti, jonka takia kiinteistössä tulee käyttää vettä säästäviä hanoja. Ohje määrittelee myös erikseen, että oppilaitoksissa ja päiväkodeissa tulee käyttää sosiaaliloissa elektronisia hanoja. Ohjeen mukaan elektronisten hanojen tulisi olla patteritoiminolla, mutta Helsingin kaupungin rakennusviraston kanssa käydyn sähköpostikeskustelun jälkeen kaikki hanat tulee olla sähköverkkoon kytkettävää mallia. Myös pisuaareissa tulee käyttää elektronisia huuhteluventtiilejä. Näillä pyritään säästämään käyttövettä ja kuuman veden lämmitysenergiaa. (4, s. 8.)

5.3 Peruskorjauksen laajuus

Koulu-/päiväkotirakennuksessa olevat vesi- ja viemärijärjestelmät uusitaan kokonaisuudessaan lukuun ottamatta keittiön jätevesiviemäreitä. Keittiön rasvanerotuskaivo

kuuluu uusittaviin kohteisiin. Vanhaan parakkiin johdetaan vesijohto uuden parakin vesimittarilta ja vanhaan parakkiin asennetaan lämminvesivaraaja 160 dm³.

5.4 Vesijohdot

Vesijohdot on liitetty HSY:n vesijohtoverkoston. Tonttivesijohto uusitaan, urakoitsija asentaa tonttijohdon ja HSY:n toimittaman vesimittarin. Lämmin käyttövesi valmistetaan kaukolämpöverkoston liitetyllä lämmönsiirtimellä.

5.5 Kalusteet

Vesi- ja viemärikalusteet ovat yleisesti käytössä olevaa vakiolaatua. Sosiaalitilojen vesikalusteet ovat elektronisia sekoittimia, jotka ovat sähköverkkoon kytkettävää mallia. Taulukossa 1 on esitetty kohteen vesikalustemäärät.

Taulukko 1. Kalustemäärät.

WC-istuimia	21	kpl
Posliinisia pesualtaita	40	kpl
Pesuallashanoja	11	kpl
Elektronisia hanoja	30	kpl
RST-pesualtaita	16	kpl
Suihkuja	1	kpl
Matalia RST-suihkualtaita	5	kpl
Seinäsekoittajia	21	kpl
Keittiöhanoja	4	kpl
Pikapaloposteja jauhesammuttimilla	4	kpl
DN 70 -lattiakaivoja	20	kpl
Vesiposteja	4	kpl
Kynnyskaivot	1	kpl
Kuumennuskeittiön hanat	1	kpl
Franken Kalla-allas + sekoittaja (keittiö)	1	kpl
Kuivaustelineitä	4	kpl
Pesukoneventtiilit	2	kpl
Inva-WC	2	kpl
Invapesuallas elektronisella sekoittajalla	2	kpl

6 Ilmastointijärjestelmät

6.1 Suunnitteluohjeet

Ympäristöministeriö on laatinut tiettyjä määräyksiä ja ohjeita rakennuksille, jotka ohjaavat rakentamista energiatehokkuuteen ja laatuun. Tammikuussa 2010 astuivat voimaan uudet määräykset koskien rakennuksen ilmanvaihtoa. Tätä rakentamismääräyskokoelman osaa tulee noudattaa kohteen hankesuunnittelussa. Tosin nämäkin määräykset ja ohjeet vaihtuvat uusiin heinäkuussa 2012.

6.1.1 Sisäilman laatu

Rakennuksen ilmanvaihto on suunniteltava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä hajuja. Tyypillisessä sääolosuhteessa sen tulee antaa viihtyisä sisäilmasto suunniteltua käyttötarkoitusta ajatellen. (8, s. 5–7.)

Ilmanvaihtojärjestelmää joudutaan huoltamaan ja kunnostamaan, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Huoltamisen tulee sujua turvallisesti, jonka takia ilmanvaihtojärjestelmässä tulee olla asiaankuuluvat suoja- ja varolaitteet. (8, s. 10.)

6.1.2 Ilmavirrat

Rakennuksen huoneissa tulee olla riittävä ilmanvaihto, jotta voidaan taata turvallinen, terveellinen ja viihtyisä sisäilma. Tämä taataan johtamalla riittävästi ulkoilmavirtaa, joka määräytyy suunnitteluvaiheessa huoneen käyttötarkoituksen perusteella. Joissain tapauksissa voidaan käyttää henkilöiden lukumäärään perustuvaa mitoitustapaa. Päiväkodin ryhmä- ja lepohuoneissa on käytetty tätä tapaa. Muiden tilojen ilmavirran mitoitukseen on käytetty pinta-alaa perustuvaa mitoitusta. (8, s. 10.) Taulukossa 2 on koottu minimi-ilmavirrat huoneille, joita kohteessa on.

Taulukko 2. Tilakohtaiset ilmamäärät (8, s. 29–34).

Tila/käyttötarkoitus	ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ²	äänitaso dB
Toimistohuone	1,5	33/38
Neuvotteluhuone	4	33/38
Kahvio/taukotila	5	38/43
Opetustilat	3	33/38
Käytävät/aulat (koulu)	4	38/43
Juhlasali	6	33/38
Liikuntasali	2	38/43
Kirjasto	2	33/38
Ryhmätyötila	4	33/38
Ruokala	5	33/38
Kuumennuskeittiö	10	38/43
Pukuhuone	5	38/43
Eteinen (päiväkoti)	2	33/38
Märkäeteinen	5	33/38

Tila/käyttötarkoitus	ulkoilmavirta (dm ³ /s)/hlö	äänitaso dB
Lepuhuoneet	6	28/33
Leikki- ja ryhmähuoneet	6	33/38

Tila/käyttötarkoitus	poistoilmavirta dm ³ /s	ääntaso dB
WC:t		
työpaikkatiloihin tai vastaaviin liittyvät	20/paikka	38/43
yleisön käyttämiin tiloihin liittyvät	30/paikka	38/43

Kun kohteena on päiväkoti ja koulu, on erittäin tärkeää jaksottaa ilmanvaihto järkevästi, sillä suurin tarve on koulupäivän aikana. On turha kuluttaa kallista energiaa, jos luokissa ei ole ketään, jota ulkoilmavirta palvelisi. Tästä syystä ilmavirtoja tulisi ohjata tarpeen mukaan tai jakaa ilmanjako useammalle koneelle. Useamman koneen käyttö antaa mahdollisuuksia sammuttaa osan koneista, kun oppilaat tai päivähoidossa olleet

lapset ovat kotimatalla, mutta koulun tai päiväkodin henkilökunta jää tekemään seuraavan päivän valmisteluita toimistoihinsa. Tästä syystä tulee jo suunnitteluvaiheessa selvittää ja miettiä käyttöaikoja sekä tilojen käyttötarkoituksia.

6.2 Ilmastointikoneet

Tehdasvalmisteiset koteloidut koneet lämpöeristetään ja varustetaan lämmön talteenottolaittein. Ilmanvaihtokoneiden moottorit ovat ensisijaisesti EC-moottoreita, isoimpien moottoreiden hyötysuhdeluokka vähintään IE2 tai IFF1. Huippuimureissa tulee olla EC-moottori. Kojien puhaltimien tulee olla suorakäyttöisiä. Koteloitujen kojien otsapintanopeus on enintään 1,6 m/s ja SFP-luku enintään 1,8. Ilmanvaihdon periaatekaavio on esitetty liitteessä 1 ja taulukossa 3 on esitetty ilmanvaihtokoneet.

Taulukko 3. Ilmanvaihtokoneet.

Ilmanvaihtokoneen palvelualue	Ilmamäärä m ³ /s	Sulku-pellit	Lämmitys-patteri	Taajuus-muuttaja 1)	Suodatin tulo	Suodatin poisto	Lämmöntalteenotto roottori levy	patteri	Äänen-vaimennin
Uudet ilmanvaihtokoneet:									
Keittiö, 201TK									
-1. kerros	+0,5/-0,5	X	X		F7	F5		X	2
Ruokala, kirjasto, opettajien huoneet, 202TK									
-1. kerros	+1,5/1,5	X	X		F7	F5	X		2
Luokkatilat, 203TK									
-1. kerros	+1,5/1,5	X	X		F7	F5	X		2
Päiväkoti, 204TK 2)									
-2. kerros	+1,6/-1,6	X	X	X	F7	F5	X		2
Voimistelu-/juhlasali, 205TK									
-2. kerros	+0,7/-0,7	X	X	X	F7	F5	X		2
Sos.tilat, koulu ja päiväkot, 206TK									
-2. kerros	+0,4/-0,4	X	X		F7	F5	X		2
Sos.tilat, koulu, 207TK									
-1. kerros	+0,2/-0,2	X	X		F7	F5	X		2
Sos.tilat, päiväkot, 208TK									
-1. kerros	+0,4/-0,4	X	X		F7	F5	X		2
Sos.tilat, koulu, 209TK									
-1. kerros	+0,1/-0,1	X	X		F7	F5	X		2

1) EC-moottoreita ohjataan moottorin yhteydessä olevalla omalla säätöyksiköllä

2) Ilmamäärä 70 % laskennallisesta maksimi-ilmamäärästä

Huippuimurit ja erillispuhaltimet:

- lämmönjakohuoneen poistopuhallin	0,050 m ³ /s
- hissikonehuone, huippuimuri	0,1 m ³ /s
- ryömintätila, poistopuhallin, pohjoinen	0,20 m ³ /s
- ryömintätila, poistopuhallin, etelä	0,20 m ³ /s
- jätehuone	0,20 m ³ /s.

Lämmönjakohuoneessa ja hissikonehuoneissa on lämpötilaohjatut tulo- ja poistoilmapuhaltimet. Ryömintätilat ja putkitunnelit tuuletetaan koneellisesti.

6.2.1 Keittiön ilmanvaihtokone 201TK

201TK palvelee ainoastaan kuumennuskeittiötä, sillä keittiön käyttötarkoitus ja ajat poikkeavat selvästi muista tiloista. Oma ilmanvaihtokone mahdollistaa tarpeellisen ilmanvaihdon, jota keittiöhenkilökunta pystyy tarpeen mukaan ohjaamaan tehostuspainikkeella. Paloluokituksen takia kone on jaettu kahteen eri huoneeseen ja lämmöntalteenotto tehdään glykolipatterilla. Putkissa kulkee 30 %:n etyleeniglykoliliuos, joka kiertää oman pumpun avulla. Koneen mitoitusilmamäärä on 0,5 m³/s, joka on saatu neliöpohjaisella mitoituksella. Keittiöön tulee UV-huuvat, jotka hajottavat ilmassa olevaa rasvaa. Tällä pyritään pitämään poistoilmakanavisto ja LTO-patteri puhtaampana.

6.2.2 Ruokalan ilmanvaihtokone 202TK

Ilmanvaihtokoneessa on pyörivä lämmöntalteenotto, jolla päästään hyvään hyötysuhteeseen. 202TK palvelee avonaista ruokalaa, kirjastoa ja opettajien huoneita. Lisäksi osa käytävän ilmanvaihdosta tulee kyseiseltä koneelta. Koneessa ei ole ilmamääräsäätöä, vaan se käy täydellä ilmamäärällä koulupäivän ajan.

6.2.3 Koulun ilmanvaihtokone 203TK

203TK käy täydellä teholla arkipäivisin kello 8–16. Koneita joudutaan käyttämään täydellä teholla koko sen ajan, sillä kanavistoon ei asenneta ilmamääräsäätimiä. Mikäli koneita käytettäisiin osateholla, niin ilmamäärät eivät riittäisi kuormitettuihin luokkatiloihin. Käyntiaikojen aikana luokat ovat pääsääntöisesti kaikki käytössä, sillä ylimääräisiä luokkatiloja ei ole.

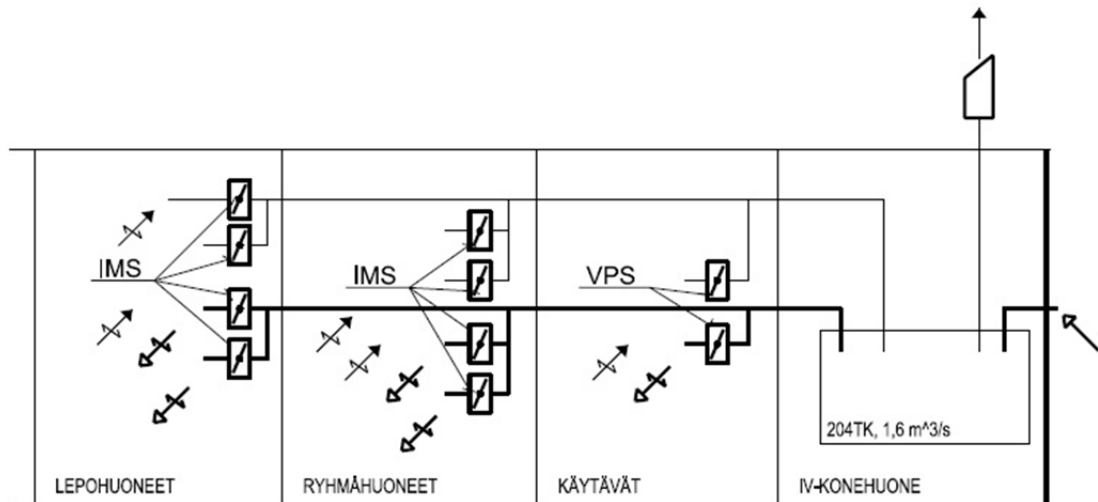
Matalaenergiaohjeen mukaan konetta tulisi käyttää osateholla käyntiaikojen aikana seuraavasti (4, s. 9):

- 1/1-teho 20 % käyntiajasta
- 2/3-teho 60 % käyntiajasta
- 1/3-teho 20 % käyntiajasta.

Kyseisessä kohteessa joudutaan poikkeamaan matalaenergiaohjeesta 203TK:n osalta, sillä kanavistoon ei asenneta ilmamääräsäätimiä johtuen käyttötarkoituksesta ja ilman- jaosta. Minunkin mielestä ilmamääräsäätimiä on turha asentaa, kun luokat ovat yhtäaikaissä käytössä. Kone kävisi täydellä teho riippumatta ilmamääräsäätimisistä, koska luokat ovat kuormitettuna.

6.2.4 Päiväkodin ilmanvaihtokone 204TK

Päiväkodin ryhmä- ja lepohuoneet varustetaan PI-moottoritoimisilla sulkupelleillä, joita ohjataan CO₂-pitoisuuden ja läsnäolon mukaan. Päiväkodeissa kyseisiä huoneita ei käytetä samanaikaisesti, joten tässä on erittäin hyvä ohjata ilmaa tarpeenmukaisesti. Ilmanvaihdon periaate on esitetty kuvassa 2. Näillä toimenpiteillä voidaan tiputtaa matalaenergiaohjeen mukaan ilmamäärä 70 %:iin laskennallisesta 2 260 dm³/s maksimiilmamäärästä.



VPS = VAKIOPAINESÄÄDIN

IMS = ILMAMÄÄRÄSÄÄDIN

Kuva 2. Ryhmä- ja lepo huoneiden ilmanvaihdon periaatekaavio.

6.2.5 Voimistelu-/juhlasalin ilmanvaihtokone 205TK

205TK palvelee ainoastaan voimistelusalua, joka toimii tarvittaessa juhlasalina. Molemmille on omat ilmamäärät, jonka takia koneeseen kytketään tehostuskytkin. Se toimii juhlasalikäytön painikkeena, jolla saadaan juhlasalille vaadittu ilmamäärä. Muussa tapauksessa konetta ohjataan normaalisti aikaohjelman mukaan.

6.2.6 Sosiaalitilojen ilmanvaihtokoneet 206–209TK

WC- ja sosiaalitilojen ilmanvaihto toteutetaan omalla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. 208TK:n palvelualueeseen kuuluu päiväkodin vessojen lisäksi märkäeteiset. Matalaenergiaohjeen mukaan koneissa tulee olla lämmöntalteenotto, joka toteutetaan levylämmönsiirtimellä. (4, s. 9.)

6.3 Ilmanvaihtokanavat varusteineen

Ilmanvaihtokanavat ovat pääosin pyöreitä kuumasinkittyjä kierresaumakanavia. Tilan ahtauden takia voidaan käyttää myös kuumasinkittyjä suorakaidekanavia. Niiden osuus

rakennuksen kanavista on alle 30 %. Kanavat varustetaan tarpeellisin äänenvaimentimin, palo-, sulk- ja säätöpellein. Tiloissa, joissa ilmamäärät muuttuvat, ilmanvaihtokanavat varustetaan moottoroiduin sulkupellein, sulkupeltejä DN200 20 kpl ja DN160 40 kpl.

Laitoskeittiön poistokanavat tehdään 1,2 mm paksusta kuumasinkitystä pellistä, rasvakanavat keittiöalueella EI60, muualla EI120. Raitisilmakanavat ja lämmittämättömissä tiloissa kulkevat kanavat lämpöeristetään. Lämpö-/paloeristettyjen kanavien osuus uusittavista ilmanvaihtokanavista on 25 %.

6.4 Päätelaitteet

Raitisilma- ja jäteilmasäleikköjä on yhteensä 3 kpl, joiden pinta-ala on 6 m². Ulospuhallushajottajia asennetaan yhteensä 10 kpl, ja ne ovat tyyppiä EYMA (FläktWoods). Päätelaitteet ovat vakiovärisävyyn polttomaalattuja tuotteita. Laitoskeittiön poistoilmanvaihdossa käytetään valaisimilla, ultraviolettisäteilijällä ja rasvasuodattimilla varustettuja huuvia.

7 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennuskohteeseen tulee rakennusautomaatiojärjestelmä. Järjestelmään liitetään seuraavat laitteistot ja toiminnot:

- lämpö-, vesi- ja ilmastointilaitteet
- jäähdytys- ja kylmälaitteet
- paloilmoituslaitteet, moottoritoimiset palopellit ja savunpoistopuhaltimet
- valaistusohjaukset
- muut sähkötekniset laitteet
- LVI-säädöt
- ovet
- hissit
- energian- ja vedenkulutusmittaukset.

Järjestelmään voidaan tapauskohtaisesti liittää myös muita toimintoja, kuten kulunvalvonta- tai rikosilmoituslaitteet. Yllä oleva luettelo tarkistetaan ja päivitetään järjestelmään liitettävien toimintojen osalta. Arvio liitäntäpisteiden määrästä on n. 725 kpl.

Kiinteistöön ei tule valvomoa, vaan alakeskuksissa on vähintään 10″:n kosketusnäyttö. Valvonta-alakeskuksia sijoitetaan kiinteistön lämmönjako- ja ilmanvaihtokonehuoneisiin (yhteensä 3 kpl). Järjestelmä liitetään verkkokortin kautta Helsingin kaupungin sisäiseen RAUNET-verkkoon (ethernet-verkko), jonka kautta rakennuttajalla, omistajalle ja kiinteistön huollolla on mahdollisuus tarkkailla ja kaukokäyttää rakennusautomaatiojärjestelmää kaikilta osin. Urakkaan kuuluu etäkäytön valmiiksi ohjelmointi tilaajan esittämiin toimipisteisiin.

8 Rakennuksen vaippa

Kaupunkisuunnitteluvirasto on arvioinut Itä-Pakilan koulun Opintielle-julkaisussa luokkaan 2. Tämä tarkoittaa, että rakennuksella on ajalleen tyypillisiä historiallisia arvoja. Arkkitehtuurissa on laadukkaita elementtejä, ja rakennus on säilynyt alkuperäisessä asussaan. Peruskorjauksen yhteydessä näitä arvoja on pyrittävä vaalimaan. Suunnittelussa on otettava huomioon toteutustapa, jotta saadaan säilytettyä historialliset arvot. Rakennuksen vaippa ei tuo energiasäästöjä, sillä rakenteiden lämpöeristävyys on sama tai huonompi kuin rakentamismääräyskokoelman mukaiset arvot. Mikäli lämmön eristävyys olisi ollut parempi kuin rakentamismääräyskokoelman arvot, säästöä olisi kertynyt. (3, s. 9.)

8.1 Ulkoseinät

Julkisivut ovat pääosin puhtaaksi muurattua poltettua tiiltä, eikä ulkoseinässä ole tuuletusrakoa. Peruskorjauksen yhteydessä on tarkoitus uusida julkisivujen verhous. Samalla tehdään pieni lisäeristys ja lisätään puuttuva tuuletusrako lämpöeristuksen ja tiilimuurauksen väliin. Uusi julkisivu tehdään vastaavasta tiilestä, jotta julkisivun ulkonäkö säilyisi mahdollisimman samanlaisena. Osa julkisivusta on betonipintaa, jotka säilytetään ja kunnostetaan normaalin betonikunnostusohjelman mukaisesti. Lähinnä vaurioituneet pinnat paikataan ja maalataan vanhan lautamuottikuvion mukaisesti. (3, s. 26–27.)

8.2 Yläpohja ja katto

Vanhat yläpohjarakenteet puretaan kantavasta teräsbetonilaatasta ylöspäin. Uusi katto on sisäänpäin kallistettu kumibitumikatto. Uusi katto on suunniteltu vanhan katon mukaisesti, mutta se täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 mukaiset lämpöeristysarvot. Eristeiksi on suunniteltu mineraalivilla tai polyuretaani. (3, s. 30.)

8.3 Ikkunat

Vanhat puuikkunat sekä tuuletusluukut ja ikkunoiden väliset umpiosat puretaan. Uudet ikkunat tehdään pääosin vanhoja vastaamina puu-alumiini-ikkunoina. Sälekaihtimet tulevat olemaan entistenkaltaisia. Ikkunoiden U-arvo on $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, joka on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 mukainen arvo. (3, s. 27.)

8.4 Laajennusosa

Noin 100 m^2 :n laajennusosa tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C3 mukaisilla arvoilla. Laajennusosa luokitellaan uudisrakennukseksi, joten sitä koskee voimassaolevat määräykset.

9 Energian säästölaskelmat

Vanhoja kulutustietoja ei voida hyödyntää, sillä rakennus kokee niin suuren uudistuksen, että luvut eivät ole verrattavissa. Rakennuksen käyttö muuttuu koulun ja päiväkodin osalta huomattavasti, joka vaikuttaa energiankulutukseen ja jakaumaan. Päiväkoti laajenee, ja koulussa toimivat vain 1–4-luokkalaiset, kun aikaisemmin siellä oli 1–6-luokkalaiset. Päiväkodin lisälaajennus myös nostaa energiankulutusta.

Laskennan tarkoituksena on selvittää Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaan toteutetun hankkeen energiankulutus verrattuna siihen, että hanke olisi toteutettu Suomen rakentamismääräyskokoelman määrittämien asetusten mukaan.

9.1 Ilmanvaihdon energian säästölaskelmat

Päiväkodin ryhmä- ja lepo huoneiden käyttöasteena on käytetty teoksessa Sisäilmasto- luokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset esi- tettyjä arvoja. Taulukosta 4 on nähtävillä päiväkodin käyttöaste. Käyttöaika kello 7.00– 17.00 perustuu Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeeseen. Laskuissa käytetyt ilma- määrät on saatu luvun 6 mukaisesti, ilmanvaihdon periaatekaavio on liitteenä 1. Niistä nähdään ilmanvaihdon pääpiirteinen ilmanjako.

Päiväkodin ilmanvaihtokoneen kokonaisilmamäärä on 2 260 dm³/s. Ryhmä- ja lepo- huoneiden ilmamäärä on 1 440 dm³/s. Ainoastaan ryhmä- ja lepo huoneissa on ilma- määräsäätimet, eli ne vaikuttavat vain niiden ilmamäärän, johon käyttöaste on ilmoitet- tu. Taulukkoon 6 on huomioitu muiden tilojen ilmamäärät, jotka ovat vakiot. Tämä nostaa käyttöastetta, sillä niiden ilmamääriä ei säädetä ilmamääräsäätimillä.

Helsingin kaupungin matalaenergiaohje antaa peruskorjauskohteen ilmanvaihtokoneen SFP-luvuksi 1,8 kW/(m³/s), kun rakentamismääräyskokoelman vaatimus on 2,5 kW/(m³/s). Tästä seuraa sähkön säästöä, kun käytettyä ilmamäärää kohti kuluu vähemmän sähköä. Puhaltimien ei tarvitse tehdä niin paljoa työtä, sillä koneet ja kana- visto suunnitellaan tarpeeksi väljiksi. Päiväkodin ilmanvaihtokoneiden käyntiaika on matalaenergiaohjeen mukaan kello 7–17, jolloin käyntiajaksi tulee 10 tuntia. Tästä saadaan ilmanvaihtokoneen käyttötunneksi 2 600 h vuodessa. (4, s. 3, 9.)

Taulukko 4. Tilojen käyttöprofiilit ja sisäiset lämpökuormat (5, s. 12).

Rakennus/tila	Kellonaika	Käyttöaika		Henkilötiheys m ² /hlö	Käyttöaste	Valaistus W/m ²	Laitteet W/m ²	Ihmiset ^{1),4)} W/m ²
		h/vrk	vrk/vko					
Päiväkotitilat	07:00–18:00	12	5	2	0,4	18	12	35

9.1.1 Ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus

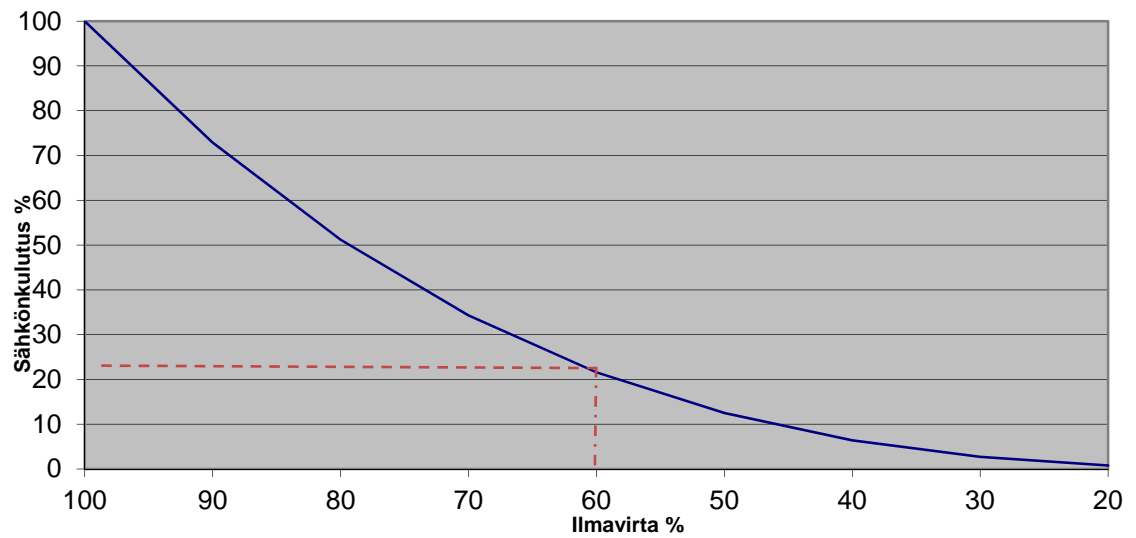
Ilmanvaihtokoneiden sähkötehon tarve on suoraan verrannollinen ilmavirran kuution:

$$(p_2 / p_1) = (q_{v2}^3 / q_{v1}^3)$$

q_v on ilmavirta, m^3/s

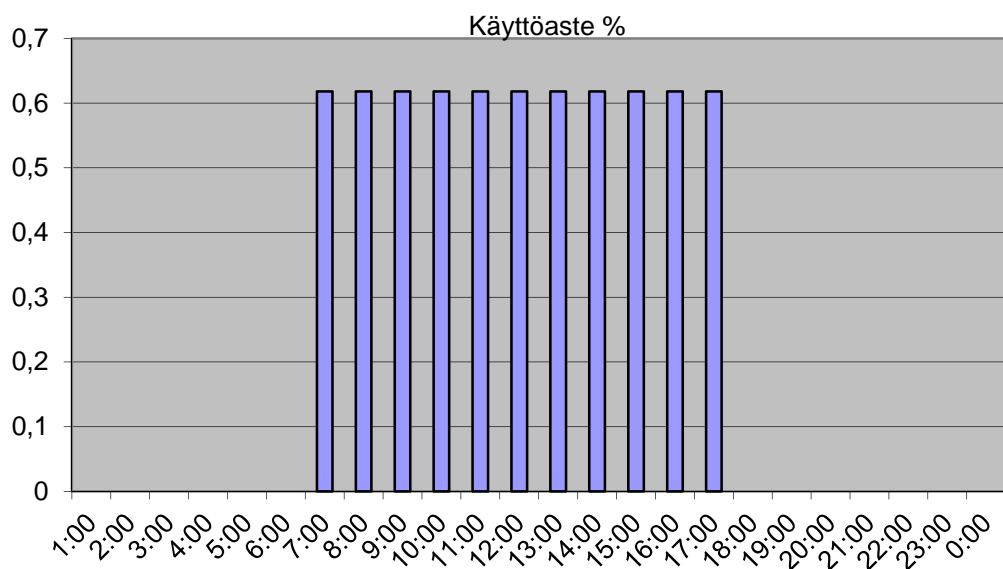
p on sähköteho, kW

Ilmavirran pienentyessä sähköteho pienenee kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Ilmavirran vaikutus sähkönkulutukseen.

Kuvassa 4 on esitetty todellinen käyttöaste, sillä päiväkodin ilmanvaihtokone palvelee myös tiloja, joissa on vakio ilmamäärä.

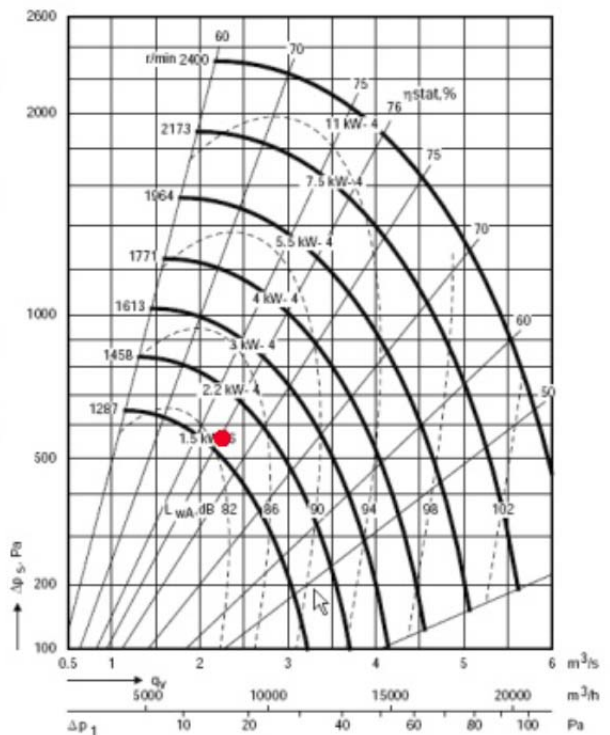


Kuva 4. Sähköenergian laskennassa käytetty huoneen käyttöaste.

Kuvan 4 mukaisesti käyttöasteella 0,61 sähköenergian tarpeeksi tulee 22 % maksimitehontarpeesta. Käyttämättömien huonetilojen ilmamääränä on käytetty 10 %:a maksimiilmamäärästä, ja niiden sähkön kulutus on 3 % maksimitehontarpeesta eli yhteensä 25 %. Laskennassa on oletettu, että ilmanvaihtokoneen hyötysuhde ei laske osatehoilla. Kuvassa 5 ja 6 on päiväkodin tuloilmapuhaltimen toimintapisteet täydellä ja 80 %:n ilmamäärällä. Apuna on käytetty Fläkt Woodsin Acon-nimistä mitoitusohjelmaa. Ohjelma laskee ilmanvaihtokoneen painehäviön ja lisää sen kanaviston painehäviöön, joka on todellinen puhaltimen paineenkorotus.

Kammiopuhallin	
Mitoitustiedot	
Pyörimisnopeus	1363 rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75.9 %
Kokonaishyötysuhde	60.8 %
Paineenkorotus	569 Pa
Puhaltimen akseliteho	1.74 kW
Sähkön ottoteho	2.17 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0.8 °C
SFP-laskenta	
Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	1.89 kW
Paineenkorotus	513 Pa
Pyörimisnopeus	1297 rpm

Moottori	
Hyötysuhde	84.3 %
Pyörimisnopeus	1450 rpm
Moottorin nimellisteho	2.2 kW
Nimellisvirta	4.7 A
Napaluku	4
Tehoreservi vähintään	10 %
Taajuusmuuttaja	
Hyötysuhde	95.0 %
Toimintapisteen taajuus	47.0 Hz
Maksimi taajuus	50.8 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1459 rpm



Kuva 5. Päiväkodin ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhaltimen mitoituspiste ilmavirralla 2,26 m^3 .

Kuvan 6 mitoituspiste on saatu laskemalla uusi kanaviston painehäviö. Alkuperäinen kanaviston painehäviö on 300 Pa ja uusi painehäviö lasketaan kaavalla 1:

$$P = P_0 + k \times q^2 \quad (1)$$

P on paine

P_0 on paine, kun virtaus on nolla, vakiopaine, Pa

k on laitosvakio

q on ilmavirta m^3/s

Vakiopaine P_0 on tässä tapauksessa 0, joten uudeksi painehäviöksi saadaan:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P_0 + k \times q_1^2 \\ P_2 &= P_0 + k \times q_2^2 \end{aligned} \right\}$$

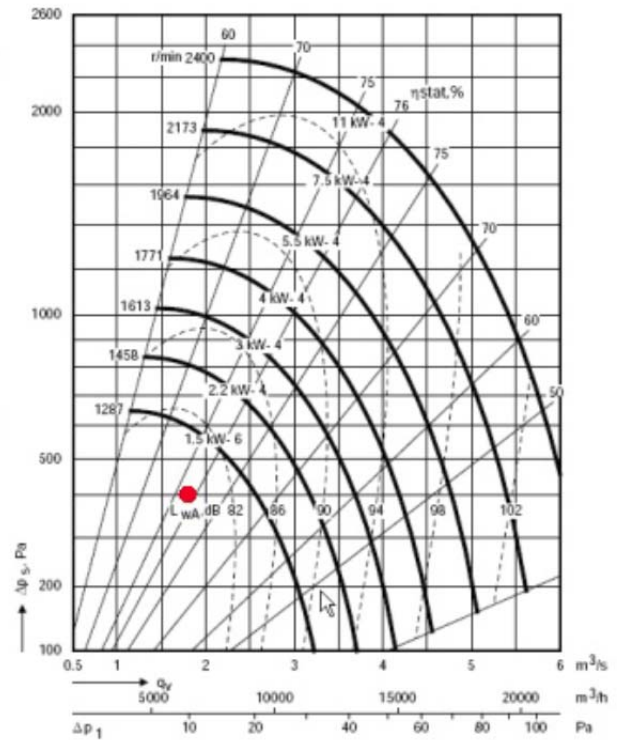
$$P_2 = P_1 / q_1^2 \times q_2^2 = 300 \text{ Pa} / 2,26^2 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,8^2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_2 = 190 \text{ Pa}$$

Tämän jälkeen muutin Acon-ohjelmaan kanaviston painehäviöksi 190 Pa sekä ilmavirräksi $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Ohjelma laski uuden toimintapisteen, joka on esitetty kuvassa 6. Ilmanvaihtokoneen käydessä täydellä teholla saadaan kokonaishyötysuhteeksi 60,8 % ja osateholla vastaava luku on 57,5 %. Ero on niin pieni, että se ei vaikuta lopputulokseen, joten laskuissa voidaan olettaa hyötysuhde vakioksi.

Kammiopuhallin	
Mitoitustiedot	
Pyörimisnopeus	1135 rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75.8 %
Kokonaishyötysuhde	57.5 %
Paineenkorotus	407 Pa
Puhaltimen akseliteho	0.99 kW
Sähkön ottoteho	1.31 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0.6 °C
SFP-laskenta	
Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	1.10 kW
Paineenkorotus	352 Pa
Pyörimisnopeus	1064 rpm

Moottori	
Hyötysuhde	79.8 %
Pyörimisnopeus	945 rpm
Moottorin nimellisteho	1.5 kW
Nimellisvirta	3.7 A
Napaluku	6
Tehoreservi vähintään	10 %
Taajuusmuuttaja	
Hyötysuhde	95.0 %
Toimintapisteen taajuus	60.0 Hz
Maksimi taajuus	69.1 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1288 rpm



Kuva 6. Päiväkodin ilmanvaihtokoneen tuloilmapuhaltimen mitoituspiste ilmavirralla 1,8 m^3 .

Sähkönkulutus lasketaan kaavalla 2.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{es} q_v dt \quad (2)$$

$W_{\text{ilmanvaihto}}$ on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutus, kWh

P_{es} on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m^3/s)

q_v on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m^3/s

dt on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{es} q_v dt = 1,8 \text{ kW}/(m^3/s) \times 2,26 \text{ m}^3/s \times 2\,600 \text{ h} = 10\,577 \text{ kWh}$$

Sähköenergian säästö on $(1-0,25) \times 10\,577 \text{ kWh} = 7\,933 \text{ kWh}$.

Päiväkodin ilmanvaihtokoneen SFP-luvun alentamisesta saatava sähköenergiansäästö lasketaan kaavan 2 avulla:

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{\text{es}} q_v dt = (2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \times 2,26 \text{ m}^3/\text{s} \times 2\,600 \text{ h}) - (1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \times 2,26 \text{ m}^3/\text{s} \times 2\,600 \text{ h}) = 4\,113 \text{ kWh}$$

Muiden ilmanvaihtokoneiden SFP-luvun alentamisesta saatava sähköenergiansäästö:

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{\text{es}} q_v dt = (2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \times 3,4 \text{ m}^3/\text{s} \times 2\,600 \text{ h}) - (1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \times 3,4 \text{ m}^3/\text{s} \times 2\,600 \text{ h}) = 6\,188 \text{ kWh}$$

Sähköenergian kokonaissäästö on:

(Tarpeenmukaisesta ilmanvaihdosta aiheutuva säästö) + (SFP-luvun alentamisesta aiheutuva säästö)

$$7\,933 \text{ kWh} + 4\,113 \text{ kWh} + 6\,188 \text{ kWh} = 18\,234 \text{ kWh.}$$

9.1.2 Ilmanvaihtokoneiden lämmitysenergian kulutus

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia Q_{iv} lasketaan kaavalla 3:

$$Q_{\text{iv}} = \sum (H_{\text{iv}} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 \quad (3)$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöahiö H_{iv} lasketaan tarvittaessa erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla 4:

$$H_{\text{iv}} = \zeta_i c_{\text{pi}} q_{\text{v, poisto}} t_d r t_v (1 - \eta_a) \quad (4)$$

Q_{iv} on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

H_{iv} on ilmanvaihdon ominaislämpöahiö, W/K

ζ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{\text{v, poisto}}$ on poistoilmavirta, m³/s

t_d on ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, 12 h / 24 h

t_v on ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, 5 vrk / 7 vrk

r on muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan. (Kerroin r on 1,00 ympärivuorokautisessa käytössä, 0,93 päiväaikaisessa käytössä ja 1,07 yöaikaisessa käytössä.)

T_s on sisäilman lämpötila, °C

T_u on ulkoilman lämpötila, °C. Vuoden keskilämpötila Helsingissä on 4,29 °C

Δt on ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

η_a on ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde tai keskimääräinen hyötysuhde

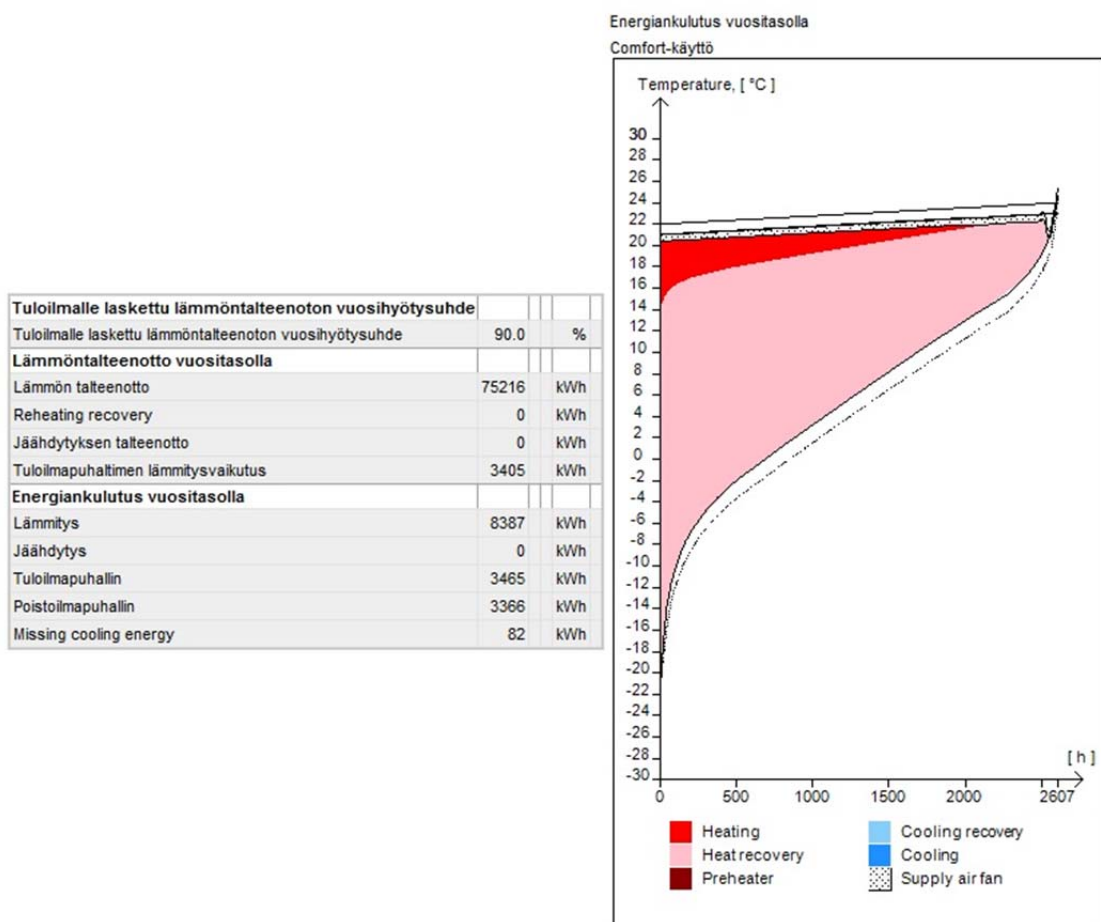
Ilmanvaihtokoneiden valmistajat ilmoittavat yleensä teoreettisen hyötysuhteen prosentteina, jossa tuloilma saavuttaisi saman lämpötilan ja kosteussisällön kuin poistoilma. Mikäli tuloilma saavuttaisi saman lämpötilan ja kosteussisällön kuin poistoilma, hyötysuhde olisi 100 %. Tämä teoreettinen hyötysuhde on mitattu tietyssä mittaus tilanteessa, joten sitä ei voi käyttää energialaskelmissa. Energialaskennassa käytetään käsitettä vuosihyötysuhteesta, jota ei saa sekoittaa valmistajan ilmoittamaan hyötysuhteeseen. Vuosihyötysuhteella tarkoitetaan lämmöntalteenotolla lämmitetyn energiamäärän suhdetta energiamäärään, joka tarvittaisiin ilman lämmöntalteenottoa. (10, s. 43.)

Laskin päiväkodin ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhteen Acon-mitointiohjelmaa käyttämällä. Päiväkodin ilmanvaihtokoneen ilmavirta on 1,7 m³/s. Kuvasta 7 nähdään, että lämmöntalteenotto pystyy hyödyntämään poistoilmapuolen lämmöstä noin 75 MWh lämpöenergiaa vuodessa. Lämmityspatterille jää lämmitettäväksi sen jälkeen noin 8,4 MWh vuodessa. Näistä saadaan vuosihyötysuhteeksi 90,0 %, eli 10 % jää lämmitettäväksi toisella energialla, kuten kaukolämmöllä.

Laskennassa käytän vuosihyötysuhteena 45 %:a, sillä Acon-mitointiohjelmalla saatu vuosihyötysuhde ei vastaa todellisuutta. Laskennan tulos saadaan lähinnä laboratorioolosuhteissa. Todellisuudessa hyötysuhdetta laskee muun muassa likaantuminen ja ilmamäärien muutokset. Myös säätö- ja lämpöhäviöt lämmitysputkistossa ja kanavissa lisäävät energian kulutusta. Kannattaa siis panostaa huoltoon ja puhtaanapitoon, sillä niillä saadaan säästöä lämmitysenergiassa. Rakentamismääräyskokoelma antaa ohjeeksi vuosihyötysuhteen laskemiselle 0,6 kertaa huonomman arvon kun valmistajan

ilmoittama lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde. Päiväkodin koneen hyötysuhde on valmistajan mukaan 76 %, joten siitä saadaan hyötysuhteeksi ohjeiden mukaan noin 45 %. (11, s. 22.)

Hyvällä lämmöntalteenotolla voidaan yksinkertaistaa ilmanvaihtojärjestelmää ja huollon tarvetta, sillä lisälämmitykseen kuluu vähemmän lämpöenergiaa. Mikäli lisälämpöä ei tarvita, ei ole syytä asentaa esimerkiksi ilmamääräsäätimiä, kun ei ole lämpöenergiaa, jota voisi säästää. Toisin sanoen mitä parempi vuosihyötysuhde koneella on, sitä vähemmän on tarvetta teknisille lisäjärjestelmille, joilla pyritään säästämään energiaa.



Kuva 7. Päiväkodin ilmanvaihtokoneen energiankulutus vuositasolla.

Päiväkodin ilmanvaihtokone 204TK

Ilman tarpeenmukaista ilmanvaihtoa ilmanvaihtokoneet käyvät 1/1-teholla 10 h/vrk ja 5 vrk/viikko.

Ominaislämpöhäviö, 1/1-teho 10 h / 24 h $H_{iv} =$

$$H_{iv} = c_i c_{pi} q_{v, poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) =$$

$$1,2 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \text{ Ws/(kgK)} \times 2,26 \text{ m}^3/\text{s} \times 10\text{h}/24\text{h} \times 0,93 \times 5\text{vrk}/7\text{vrk} \times (1 - 0,45) = 413 \text{ W/K}$$

Energiankulutus vuodessa, 1/1-teho 10 h / 24 h:

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 =$$

$$413 \text{ W/K} \times (17 \text{ }^\circ\text{C} - 4,29 \text{ }^\circ\text{C}) \times 8\,760 \text{ h} = 46 \text{ MWh}$$

Lämmitysenergiankulutus on suoraan verrannollinen huoneen käyttöasteeseen. Lämmitysenergian säästö vuodessa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla on:

$$(1 - \text{käyttöaika kerroin}) \times (\text{energiankulutus ilman tarpeenmukaista ilmanvaihtoa}) =$$

$$(1 - 0,61) \times 46 \text{ MWh} = 18 \text{ MWh}$$

Käyttämättömien huoneiden lämmitysenergian kulutus on 10 %:

$$(46 \text{ MWh} - 18 \text{ MWh}) \times 0,10 = 2,8 \text{ MWh}$$

Todellinen säästö on

$$18 \text{ MWh} - 2,8 \text{ MWh} = 15,2 \text{ MWh.}$$

Liikuntasalin ilmanvaihtokone 205TK

205TK mitoitetaan juhlasali käyttöä varten, sillä ilmamäärä on huomattavasti suurempi kuin liikuntasali käytössä. Koneita käytetään normaalisti osateholla, jolla saavutetaan liikuntasalille vaadittu ilmanvaihto. Taajuusmuuntajalla tai EC-moottorilla on minimitaajuus, joka määrittää puhaltimen ilmavirran. Tämän takia konetta ei voida käyttää alhaisemmilla osatehoilla. Juhlasalikäytön ilmamäärä saadaan erillisellä tehostuspainikkeella, jolloin kone käy täydellä teholla määrätyn ajan.

Matalaenergiaohjeen mukaan konetta tulisi käyttää osateholla käyntiaikojen aikana seuraavasti (4, s. 9):

- 1/1-teho 10 % käyntiajasta

- 2/3-teho 20 % käyntiajasta
- 1/3-teho 70 % käyntiajasta.

Matalaenergiaohjeen tuomia säästöjä ei tässä tapauksessa ole, vaikka ohjeessa on käyntiaikaprofiili, kuten päiväkodin koneelle. Mikäli haluttaisiin saada säästöjä, niin kone pitäisi saada kokonaan sammutettua, kun tilassa ei ole ketään. Koneen sammuttaminen onnistuu, sillä kone palvelee vain yhtä tilaa. Tämä onnistuisi läsnäoloantureilla. Esimerkiksi, jos läsnäoloanturi ei havaitse 15 minuuttiin liikettä, kone sammutetaan. Liikuntasali on koulupäivistä monesti tyhjillään, kun oppilailla on ulkoliikuntaa. Silloin ei ole tarpeen käyttää konetta tyhjää liikuntasalia varten.

Käyntiaikaprofiilia olisi hyvä tutkia, jotta saadaan selvitettyä prosenttiluku, jolloin kone ei käy ollenkaan käyntiajasta. Tällä saataisiin ilmanvaihtokoneen käyttöastetta pienennettyä ja voitaisiin saada energiasäästöjä. Tämä vaatisi lisäselvitystä liikuntasalin käytön suhteen.

9.1.3 Likaisen poiston säästöt

Likaisella poistolla tarkoitetaan sellaisia tiloja, joissa syntyy huoneilmaan hajuja, kosteutta tai kemikaaleja, jotka oleellisesti huonontavat poistoilmanlaatua. Tällaisia huoneita ovat tyypillisesti keittiöt, keittokomerot, kylpyhuoneet, WC:t, siivouskomerot, kodinhoito- ja vaatehuoneet. Rakentamismääräyksen osan D2 mukaan näistä tiloista poistetaan ilmaa erillisellä poistoilmapuhaltimella, joka ei kerää poistoilmasta lämpöä talteen. Tavallisesti korvausilma johdetaan muista tiloista ovirakojen ja siirtoilmasäleiköiden kautta huoneeseen. Huoneet tehdään tarkoituksella alipaineisiksi, jotta hajut eivät pääse leviämään muihin tiloihin. (8, s. 12, 15.)

Matalaenergiaohjeen mukaan likaisista poistoista tulee ottaa lämpö talteen. Tämä tehdään ilmanvaihtokoneilla, joissa on levylämmönsiirrin. Poistoilmasta siirretään lämpöä levylamellien avulla kylmään tuloilmaan. Tällä menetelmällä huoneista poistettava ilma ei voi sekoittua tuloilmaan, koska ilmat eivät ole suorassa kosketuksissa toisiinsa. (4, s. 9.)

Energian säästö syntyy lämmöntalteenotossa, mutta vain silloin kun muut tuloilmakoneet ovat pois päältä. Mikäli käytettäisiin vain huippuimureita, niille tuleva korvausilma tulisi muilta ilmanvaihtokoneilta. Ainoastaan käyntiaikojen ulkopuolella talo tulee alipaineiseksi, ja korvausilma tulee suoraan talon ulkopuolelta. Silloin se joudutaan lämmittämään suoraan ulkoilmanlämpötilasta huoneen lämpötilaan. Likaisen poiston koneet käyvät läpi vuoden, seitsemän päivää viikossa.

Koko rakennuksen likaisten poistojen kokonaisilmamäärä on $1\,033\text{ dm}^3/\text{s}$. Päiväkodin ilmanvaihtokoneen käyntiajat ovat pidemmät kuin koulun, joten se määrää energiasäästöajan. Ilmanvaihtokone käy matalaenergiaohjeen mukaan kello 7–17 eli käyntiaikojen ulkopuolelle jää 14 tuntia sekä viikonloput, jona aikana energiasäästö syntyy. Energiankulutus lasketaan kaavoilla 4 ja 3.

Ominaislämpöhäviö ilman lämmöntalteenottoa 14 h / 24 h, sekä viikonloput

$$H_{iv} = \zeta_i c_{pi} q_{v, poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) = \quad (4)$$

$$1,2\text{ kg/m}^3 \times 1000\text{ Ws/(kgK)} \times 1,03\text{ m}^3/\text{s} \times (14\text{h}/24\text{h} \times 1,07 \times 7\text{vrk}/7\text{vrk} + 24\text{h}/24\text{h} \times 1,07 \times 2\text{vrk}/7\text{vrk}) \times (1-0) = 1\,149\text{ W/K}$$

Energiankulutus vuodessa:

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t) / 1000 = \quad (3)$$

$$1\,149\text{ W/K} \times (17\text{ °C} - 4,29\text{ °C}) \times 8\,760\text{ h} = 128\text{ MWh}$$

Recairin ilmoittama LTO:n hyötysuhde on 68 %, josta saadaan vuosihyötysuhteeksi

$$\eta_a = 0,6 \quad \eta_t = 0,6 \times 0,68 = 0,41$$

Ominaislämpöhäviö lämmöntalteenoton kanssa 14 h / 24 h sekä viikonloput.

$$H_{iv} = \zeta_i c_{pi} q_{v, poisto} t_d r t_v (1 - \eta_a) = \quad (1)$$

$$1,2\text{ kg/m}^3 \times 1000\text{ Ws/(kgK)} \times 1,03\text{ m}^3/\text{s} \times (14\text{h}/24\text{h} \times 1,07 \times 7\text{vrk}/7\text{vrk} + 24\text{h}/24\text{h} \times 1,07 \times 2\text{vrk}/7\text{vrk}) \times (1-0,41) = 678\text{ W/K}$$

Energiankulutus vuodessa:

$$Q_{iv} = \sum(H_{iv}(T_s - T_u) \Delta t) / 1000 = \quad (2)$$

$$678 \text{ W/K} \times (17 \text{ }^\circ\text{C} - 4,29 \text{ }^\circ\text{C}) \times 8\,760 \text{ h} = 75,5 \text{ MWh}$$

Lämmitysenergian säästöä syntyy vuodessa

$$128 \text{ MWh} - 75,5 \text{ MWh} = 52,5 \text{ MWh}$$

Ilmanvaihtokoneissa on tuloilmapuhaltimet, joita ei olisi huippuimurijärjestelmässä, joten tästä aiheutuu ylimääräistä sähkönkulutusta. Todellisuudessa lisäkulua aiheutuu vain muiden ilmanvaihtokoneiden ollessa pois päältä, sillä muuten korvausilma tulisi muilta puhaltimilta. Silloin puhaltimet olisivat isompia ja kuluttaisivat enemmän sähköenergiaa. Puhaltimien ottama yhteisteho on 1,5 kW, minkä perusteella saadaan vuodessa sähkönkulutukseksi:

$$W_{\text{sähkö, osto}} = 1,5 \text{ kW} \times (8\,760 \text{ h} - 2600 \text{ h}) = 9,2 \text{ MWh}$$

Todellinen säästö on

$$52,5 \text{ MWh} - 9,2 \text{ MWh} = 41,3 \text{ MWh}$$

9.2 Vesikalusteiden tuoma säästölaskenta

Taulukosta 5 saadaan päiväkodille lämpimän veden kulutukseksi 460 dm³/brm² vuodessa ja päiväkodin bruttoneliöitä on 982 brm². Tästä tulee lämpimän veden kulutukseksi 451,7 m³/vuosi. Vastaavasti koululle on annettu 180 dm³/brm² ja koulun bruttoneliöitä on 1 332 brm². Tästä saadaan koululle vedenkulutukseksi 239,8 m³/vuosi. (11, s. 27.)

Taulukko 5. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille (11, s. 27).

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, Vlkv, omin, dm ³ /brm ² vuodessa
Asuinrakennus	600
Toimistorakennus	100
Terveystenhoito	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetus	180

Lämpimän käyttöveden kulutus on 40 % koko vedenkulutuksesta. Näin ollen päiväkoululle saadaan kokonaisvedenkulutukseksi noin 1 174 m³/vuosi ja koululle noin 623 m³/vuosi eli yhteensä 1797 m³/vuosi. (11, s. 27.)

Kohteessa tulee käyttää vettä säästäviä hanoja. Oras tarjoaa LEED-hanoja, jotka vähentävät vedenkulutusta 40 % lähtötilanteesta. Tulen käyttämään kyseisiä hanoja ja Oraksen ilmoittamaa vedensäästöä. LEED tulee englanninkielisistä sanoista Leadership in Energy and Environmental Design, ja se on maailman tunnetuin rakennuksille suunnattu ympäristösertifikaatti. (12; 13.)

9.2.1 Veden lämmittämiseen säästyvä energia

Rakennuksen vedenkulutus on 1 797 m³/vuosi, josta lämmintä vettä kuluu 692 m³. Ilman vettä säästäviä hanoja veden lämmitykseen kuluu energiaa seuraavasti:

$$Q_{l_{kv},netto} = \zeta_v \times C_{pv} \times V_{l_{kv}} \times (T_{l_{kv}} - T_{k_v}) / 3600 =$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 \times 4,2 \text{ kJ/kgK} \times 692 \text{ m}^3 \times (55 \text{ }^\circ\text{C} - 5 \text{ }^\circ\text{C}) / 3600 = 40,4 \text{ MWh}$$

$Q_{l_{kv},netto}$ on käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiatarve, kWh

ζ_v on veden tiheys, 1000 kg/m³

C_{pv} on veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK

$V_{l_{kv}}$ on lämpimän käyttöveden kulutus, m³

$T_{l_{kv}}$ on lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

T_{k_v} on kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Mikäli käytetään vettä säästäviä hanoja, veden lämmitykseen käytettävä energia pienenee 40 %. Tämä säästää lämmitysenergiaa seuraavasti:

$$40,4 \text{ MWh} - 40,4 \text{ MWh} \times (1-0,4) = 16,2 \text{ MWh}$$

9.2.2 Veden kulutuksen säästöt

Veden kokonaiskulutus kiinteistössä on 1 797 m³/vuosi, ja vettä säästävät hanat vähentävät veden kulutusta 40 %. Veden kulutus vähenee näin kiinteistössä seuraavasti:

$$1\,797\text{ m}^3/\text{vuosi} - 1\,797\text{ m}^3/\text{vuosi} \times (1-0,4) = 718,8\text{ m}^3/\text{vuosi}$$

9.3 Kuivauskaapit

Päiväkodeissa on kuivauskaappeja, joita käytetään ahkerasti. Kuivauskaapit jaetaan kahteen ryhmään, kondensoivat ja kondensoimattomat. Kondensoivan kuivauskaapin erona kondensoimattomaan on lämpöpumppu, jonka avulla säästetään sähköenergiaa. Energiansäästö perustuu matalammalla lämpötilalla kuivaamiseen, jonka mahdollistaa lämpöpumppu. Tämä tapa sopii herkille vaatteille, sillä lämpötila pysyy alhaisena. Kondensoimattoman kaapin kuivausperiaate perustuu lämpöön. Korkealla lämpötilalla haihdutetaan vaatteista kosteutta ilmaan ja kostea ilma johdetaan ilmanvaihdon poistokanavistoon.

Tarkoituksena on arvioida energiankulutusta näiden kahden kuivauskaapin välillä. Otin tarkasteluun Electroluxin kondensoimattoman kuivauskaapin mallia EDD2400RH ja kondensoivan malliksi valitsin Esteri Föhn 61. Molemmat kaapit ovat samankokoisia ja teknisestä esitteestä löytyi energiankulutus kuivauskertaa kohti. Electrolux tarvitsee energiaa 4,1 kWh ja Esteri käyttää 2,0 kWh kuivauskertaa kohti. Energiakulutus on saatu 4,0 kg puuvillapyykkiä, jotka on korkeateholingottu.

Kuivauskaappien lukumääräksi tulee päiväkotien tilasuunnittelun ohjeen mukaan kaksi kappaletta kutakin päiväkotiryhmää kohti. Lähtötiedoissa on kerrottu, että ryhmiä tulee yhteensä viisi kappaletta, joten kuivauskaappeja tulee märkätiloihin 10 kappaletta. (14, s. 10.)

9.3.1 Kuivauskerrat

Päiväkodissa on 10 kuivauskaappia. Päiväkodeissa ollaan kaksi kertaa päivässä ulkona, mutta viimeisellä kerralla ei mennä enää sisälle. Silloin vanhemmat tulevat hakemaan lapsensa ulkoa, joten kuivauskertoja tulee maksimissaan yksi kuivauskerta jokaista

kaappia kohti eli 10 kuivauskertaa vuorokaudessa. Päiväkoti on auki jokaisena arkipäivän 11 kuukautta vuodessa. Tästä saadaan aukiolopäiviksi

$$48 \text{ vk} \times 5 \text{ d} = 240 \text{ päivää}$$

Sään vaihtelun takia aina ei ole tarpeenmukaista kuivata vaatteita, koska ulkona on kuivaa. Arviointini mukaan kolmasosa päiväkodin aukiolopäivistä on sellaisia, jolloin kuivausta tarvitaan. Tästä saadaan kuivauskertoja vuotta kohti seuraavasti:

$$(240 \text{ päivää} / 3) \times 10 \text{ kuivauskaappia} = 800 \text{ kuivauskertaa vuodessa}$$

9.3.2 Kuivauskaappien energiankulutus

Meillä on selvillä kuivauskerrat sekä yhtä kuivauskertaa tarvittava energiankulutus molemmille malleille. Seuraavaksi lasketaan energiankulutus vuodessa.

Electroluxin energiankulutus vuodessa:

$$800 \times 4,1 \text{ kWh} = 3\,280 \text{ kWh}$$

Esterin energiankulutus vuodessa:

$$800 \times 2,0 \text{ kWh} = 1\,600 \text{ kWh}$$

Sähköenergian säästöä syntyy vuodessa:

$$3\,280 \text{ kWh} - 1\,600 \text{ kWh} = 1\,680 \text{ kWh}$$

Kuivauskaapit säteilevät lämpöenergiaa huoneeseen, joka voidaan käyttää lämmityskaudella hyväksi. Valitettavasti tätä ei pystytty arvioimaan, sillä minkäänlaista tutkimustietoa ei aiheesta löytynyt.

9.3.3 Yhteenveto

Käyttämällä kondensoivaa kuivauskaappia sähköenergiaa säästyy vuodessa arviolta 1 680 kWh. Esterin esitteessä on kerrottu, että se säästää 50 % energiaa tavalliseen kuivauskaappiin verrattuna. Minun saamani tulos tukee tätä asiaa, sillä omista laskuistani tulee noin 51 % energiasäästöä kondensoivalle kuivauskaapille. Ne kuitenkin tar-

vitsevat viemäriiitännän, joka voi olla joissain tapauksissa erittäin hankala asentaa. Kuitenkin kondensoiva malli on vaatteille turvallisempi, sillä ne kuivattavat alemmalla lämpötilalla. Herkät kankaat eivät välttämättä kestä kovin kuumaa ilmaa, vaan voivat vaurioitua. On siis kaappia valittaessa muistettava, mitä on kuivaamassa.

9.4 Yhteenveto energiankulutussäästöistä

Sähköenergian kulutus pienenee noin 18,2 MWh vuodessa, mutta likaisen poiston tuuloilmapuhallin lisää sähkön kulutusta noin 9,2 MWh vuodessa. Lisäksi kondensoivien kuivauskaappien käyttö toisi lisää säästöä noin 1,7 MWh vuodessa.

Lämmitysenergian kulutus pienenee noin 83,9 MWh/vuosi, josta lämpimän veden tuoma energiasäästö on 16,2 MWh.

Veden kulutus pienenee noin 720 m³/vuosi.

9.4.1 Vuosittainen energiansäästö yhteensä

Vuosittainen energiansäästö on $18,2 \text{ MWh} - 9,2 \text{ MWh} + 1,7 \text{ MWh} + 83,9 \text{ MWh} = 94,6 \text{ MWh}$. Säästöjä kertyy sähkön osalta noin $4,6 \text{ kWh/m}^2$ vuodessa ja lämmitysenergielle $36,3 \text{ kWh/m}^2$ vuodessa.

9.5 Vuosittainen säästö

Sähköenergian hinta laskennassa on 100 €/MWh, kaukolämmön 42 €/MWh, vesimaksu 0,94 €/m³, jätevesimaksu 1,21 €/m³. Hinnat ovat arvonlisäverottomia.

9.5.1 Sähköenergia

Sähköenergiamaksu pienenee noin 1 070 € vuodessa.

9.5.2 Lämmitysenergia

Kaukolämmön energiamaksu pienenee noin 3 500 € vuodessa. Lisäksi vesivirtamaksu pienenee noin 300 € vuodessa, sillä sopimusvesivirta määräytyy tehon mukaan. Kohteen toimenpiteillä saadaan vain 204TK:n huipputehoa 14 kW pienemmäksi. Kohteen vesivirta on 3,86 m³/h, ja tehoa pienentämällä saadaan uudeksi vesivirraksi 3,64. Kuvasta 8 nähdään, että vesivirtamaksu pienenee 4,00 m³/h yhden pykälän alemmalle tasolle.

Vesivirtamaksut, 1.1.2012 alkaen

T49 2003 = 1701 (Keskiarvo tammi-kesäkuu)

T49 2011 = 2160 (Keskiarvo tammi-kesäkuu)

Sopimusvesivirta m ³ /h	Ilman arvonlisäveroa		Sisältää arvonlisäveron 23 %	
	€/v	€/kk	€/v	€/kk
3,40	6 337,52	528,13	7 795,15	649,60
3,60	6 640,03	553,34	8 167,24	680,60
3,80	6 942,54	578,55	8 539,33	711,61
4,00	7 245,05	603,75	8 911,41	742,62
4,40	7 850,07	654,17	9 655,59	804,63

Kuva 8. Helsingin energian kaukolämpömuksuhinnasto (15).

9.5.3 Veden kulutuksesta saatava säästö

Veden kulutuksesta saatava säästö on noin 1 550 € vuodessa.

9.5.4 Vuosittainen säästö

Energiamaksujen ja veden tuoma säästö yhteensä on 6 420 € vuodessa.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli arvioida Helsingin kaupungin matalaenergiaohjeen mukaan toteutetun hankkeen energiankulutusta verrattuna siihen, että hanke olisi toteutettu Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimustason mukaan. Ratkaisuja etsittiin vertaamalla kyseisiä ohjeita keskenään ja tarkistamalla, mitä energiasäästöjä niistä

voidaan hyödyntää kyseisessä kohteessa. Säästöihin päästiin arvioimalla ja laskemalla energiankulutuksia erilaisissa tilanteissa.

Suurimmat säästöt saatiin käyttämällä koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmää likaisissa poistoissa, joissa on lämmöntalteenotto. Työssä esitettiin, miten lämmitysenergiensäästöt syntyvät ja mitä muita energiakustannuksia syntyy kyseisen järjestelmän käytöstä.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto on helppo järjestää liikuntasalin ilmanvaihtokoneelle, kun yksi kone palvelee ainoastaan yhtä tilaa. Mikäli liikuntasalia käytetään juhlatilaisuuksissa, tulisi ilmanvaihtokoneessa olla energiensäästön takia erillinen ohjaus eri ilmamäärille. Matalaenergiaohjeen käyttöaikaprofilia olisi hyvä analysoida tarkemmin, jotta voidaan mahdollisesti ohjata konetta läsnäoloanturien avulla, jolloin se voitaisiin sammuttaa kokonaan.

Päiväkodin ryhmä- ja lepo huoneiden välille asennettavista PI-moottoritoimisilla sulkupelleillä saatiin kaukolämmön sopimusvesivirtaa pienemmäksi, sillä tuloilmakone voidaan mitoittaa 70 % pienemmäksi maksimi-ilmamäärästä. Sulkupeltien avulla saadaan huoneisiin tarpeenmukainen ilmanvaihto, josta syntyi energiasäästöä.

Tutkimuksessa ei otettu investointikustannuksia käsittelyyn, joka voisi myös olla selvityksen aihe. Lisäksi niistä voitaisiin laskea takaisinmaksuajat ja elinkaarikustannukset eri järjestelmille, jolloin kannattavuus voidaan arvioida rahana. Toisen lisäselvityksen voisi myös tehdä kuivauskaappien hyödynnettävästä energiamäärästä kiinteistön hyväksi.

Lähteet

- 1 Energiatehokkuussopimus (KETS). 2012. Verkkodokumentti. Energiansäästöneuvottelukunta. <<http://www.hel2.fi/esnk/Sopimukset/KETS.pdf>>. Luettu 4.4.2012.
- 2 Ilmastonmuutos ja tulevaisuus. 2012. Verkkodokumentti. HKR-Rakennuttaja. <<http://www.hel.fi/hki/hkr/fi/HKR-Rakennuttaja/HKR-Rakennuttaja>>. Päivitetty 24.1.2012. Luettu 9.2.2012.
- 3 Metsolan ala-aste Itä-Pakilan toimipiste ja lasten päiväkoti Tammi, Perusparannuksen ja laajennuksen hankesuunnitelma, Rakennustapaselostus. Alustava 5.1.2012. Arkkitehdit Frondelius+ Keppo+ Salmenperä Oy.
- 4 Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiaohje, versio 1.4. Annettu 15.4.2011.
- 5 Rakennusten kaukolämmitys. 2003. Määräykset ja ohjeet. K1/2003. Suomen kaukolämpö ry.
- 6 IE-hyötysuhdeluokat. 2011. Verkkodokumentti. ABB Oy. <<http://www.abb.fi/product/ap/seitp322/b20de3a5fe001fbb83257930003b424d.aspx>>. Päivitetty 8.6.2011. Luettu 7.3.2012.
- 7 Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteet. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 LVI 05-10440. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Joulukuu 2008.
- 10 Tekninen käsikirja -ilmankäsittelykoneet. 2010. Fläkt Woods.
- 11 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 12 Oras asiakastiedote 4/2012. Oras Oy.
- 13 Ympäristösertifikaatit. 2012. Verkkodokumentti. Peab Oy. <<http://www.peab.fi/Tuotteet-ja-palvelut/Kiinteistoliiketoiminta/ymparistosertifikaatit/>>. Luettu 8.3.2012.
- 14 RT 96-11003. Päiväkotien suunnittelu. Elokuu 2010.
- 15 Helsingin Energia. 1.3.2012. Kaukolämpöhinnasto.