

Henri Valkonen

KESKITETYN JA HAJAUTETUN
ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN
VERTAILU

Opinnäytetyö
Talotekniikka

Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 25.4.2016
Tekijä(t) Henri Valkonen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän vertailu	
Tiivistelmä Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena vertailla keskitettyä ja hajautettua ilmanvaihtojärjestelmää keskenään. Näitä kahta järjestelmää verrattiin keskenään ominaisuuksien ja kustannusten kautta. Ominaisuuksissa tutkittiin tekniset ja rakenteelliset puolet, ja kustannuksista laskettiin ja selvitettiin elinkaari, investointi-, huolto- ja käyttökustannukset. Molempien järjestelmien kustannusten laskeminen suoritettiin samasta rakennuskohteesta. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Air Exet Oy suunnittelutoimisto Lahdesta. Menetelminä työssä käytettiin pääsääntöisesti laskennallisia ja kirjallisia menetelmiä. Investointikustannukset selvitettiin ilmanvaihtourakoitsijoiden kautta ja muut kustannukset laskettiin Excel ohjelmalla. Laskennan lähtötietoina käytettiin iv-suunnitelmia, energiatodistuksia sekä valmistajan omaa mitoitusohjelmaa. Ominaisuudet tutkittiin kirjallisuuden kautta. Kustannuslaskelmien tuloksista selvisi, että huoltokustannukset osoittautuivat hajautetussa järjestelmässä kalliimmaksi. Käyttökustannukset olivat vastaavasti kalliimmat keskitetyssä järjestelmässä. 30 vuoden elinkaarikustannuslaskelmissa keskitetty järjestelmä tuli yli 60 000 € kalliimmaksi kuin hajautetussa järjestelmässä. Kustannuksien määrään vaikuttaa suuresti rakennuksen koko ja asuntojen määrä sekä käyttöympäristö. Mitä suurempi talo ja mitä enemmän asuntoja, sen kannattavampaa on kustannusten puolesta käyttää keskitettyä järjestelmää. Huoltokustannusten määrää nostaa hajautetussa järjestelmässä asuntojen suuri määrä. Käyttökustannuksiin pystytään vaikuttamaan laitevalinnoilla, ja käyttämisen aikana. Elinkaarikustannuksilla puolestaan saadaan pitkäaikainen tarkastelu tulevaisuuteen ja pystytään sitä kautta vaikuttamaan järjestelmien ja laitteiden valintaan. Järjestelmien ominaisuudet ovat puolestaan asukkaista ja taloyhtiöstä kiinni, ja niillä pystytään vaikuttamaan kustannuksiin ja viihtyisyyteen.	
Asiasanat (avainsanat) Ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmät, kustannukset, ominaisuudet, elinkaari	
Sivumäärä 47+6	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Mika Ruponen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Air Exet Oy

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 25.4.2016
Author(s) Henri Valkonen	Degree programme and option Building Services Engineering
Name of the bachelor's thesis The comparison of concerted and distributed air conditioning systems	
Abstract The primary aim of this thesis was to compare two different air conditioning systems, which were a concerted system and a distributed system. These systems was compared by their costs and features. In this thesis investment costs, service costs, running costs and life cycle costs were calculated and found out at the same target. It was found out specifications and structural things from features. In general, literary and computational method were used. Investment costs was found through the commissioner and other costs were calculated with Excel program. Features were investigated by way of literary. Basics of calculation was got from ventilation plans, energy certificates and measurement program. It was solved from results that service costs and life cycle costs were more expensive in distributed system than concerted system. On the other hand running cost were more expensive in concerted system than distributed system. There are some reasons for this such as a size of building, quantities of apartment and environment of use. The bigger the house and the more there are apartments and thus it is better to use concerted air conditioning system. Big quantities of apartments increase the service costs for distributed system. The choice of unit and how we use it will affect that how high are running costs. Life cycle costs get a long life checking to the future. They will affect choices of systems and machines. Features of systems will affect the costs and comfort.	
Subject headings, (keywords) ventilation, air conditioning system, costs, features, life cycle	
Pages 47+6	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Mika Ruponen	Bachelor's thesis assigned by Air Exet Oy

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ILMANVAIHTO JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT	2
2.1	Ilmanvaihto ja sisäilma	4
2.2	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	5
2.2.1	Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä	6
2.2.2	Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä	7
3	ILMASTOINTIJÄRJESTELMIEN OMINAISUUDET	8
3.1	Rakenne	9
3.2	Lämmöntalteenotto	13
3.2.1	Pyörivä lämmöntalteenotto	13
3.2.2	Ristivirtalämmönsiirrin	14
3.2.3	Vastavirtalämmönsiirrin	14
3.3	Jälkilämmitys	14
3.4	Jäähdytys	15
3.5	Paloturvallisuus	16
3.6	Automaatio	18
4	RAKENNUKSEN ELINKAARI JA KUSTANNUKSET	20
4.1	Investointikustannukset	22
4.2	Huoltokustannukset	23
4.3	Käyttökustannukset	23
4.4	Investoinnin kannattavuusmenetelmät	24
5	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN MUUNTOJOUSTAVUUS	25
6	MENETELMÄT	25
6.1	Kohteen tiedot	26
6.1.1	Ilmanvaihtosuunnitelmat	27
6.2	Urakkalaskennan tiedot	28
6.3	Tutkimusmenetelmät	30
6.4	Kairin mitoitusohjelma	30
6.5	Laskentamenetelmät	31
7	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	33
7.1	Huoltokustannukset	34

7.2	Käyttökustannukset.....	35
7.3	Elinkaarikustannukset.....	38
8	POHDINTA	42
	LIITE	
	1 Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta	

1 JOHDANTO

Ihmiset viettävät 90 % ajastaan sisätiloissa ja näin on tärkeää, että sisäilma puhdasta ja laadukasta /3/. Ihmisten tottumukset ovat erilaisia, ja siksi sisäilmalle asetetaan kovat kriteerit. Oikeanlaisilla ilmanvaihtolaitteistolla ja onnistuneella mitoituksella saavutetaan terveellinen ja viihtyisä sisäilmasto.

Hiilidioksidipäästöjen määrään pienentämisellä pystytään rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaan parantamaan rakennusten energiatehokkuutta. Suomessa rakennusten energiankulutus kokonaiskulutuksesta lähes 40 %. Merkittävimpinä uudistuksina tulivat energiatodistuksen laatiminen, energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset ja lämmityskattiloiden ja ilmanvaihtolaitteistoiden määräaikaistarkastukset. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmät voivat kuluttaa energiaa jopa 40 % asuinrakennusten kokonaisenergiankulutuksesta. Energiankulutukseen vaikuttaa suuresti rakennuksen tiiveys. Jotta tiiviissä rakennuksessa saadaan hallittua sisäilmasto-olosuhteet halutun oloisina, edellyttää se koneellisen ilmanvaihdon käyttöä. /11; 1./

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on verrata kahta erilaista ilmanvaihtojärjestelmää keskenään asuinkerrostalossa. Vertailtavat järjestelmät ovat keskitetty ja hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä. Kyseisiä järjestelmiä verrataan kahdesta eri pääkohdasta, jotka ovat ominaisuudet ja kustannukset. Kustannuksissa tutkitaan ja lasketaan molempien järjestelmien elinkaari-, investointi-, huolto- ja käyttökustannukset. Investointikustannukset käsittävät tässä työssä ainoastaan ilmanvaihtourakan osuuden. Huoltokustannuksissa tarkastellaan suodattimien vaihdosta ja ilmanvaihtokanavien puhdistuksesta aiheutuvat kustannukset. Käyttökustannukset sisältävät ainoastaan energiakustannusten tarkastelun vuositasolla, kuten sähkön ja kaukolämmön. Käyttökustannukset eivät sisällä muutos ja ajantasaistuskustannuksia. Elinkaarikustannusten laskenta koostuu edellä mainituista investointi-, huolto- ja käyttökustannuksista.

Ominaisuuksien puolesta tutkitaan miten rakenteelliset ja tekniset ominaisuudet eroavat toisistaan. Ominaisuuksien ja kustannusten kautta tutkitaan kummankin järjestelmän etuja ja haittoja. Lisäksi on tarkoituksena selvittää, minkä kokoisissa rakennuksissa kannattaa siirtyä keskitettyyn ilmanvaihtoon. Molempia järjestelmiä verrataan uudisrakennuskohteissa. Tässä työssä ei tutkita ilmanvaihtojärjestelmiä julkisissa kerrostalorakennuksissa eikä saneerauskohteissa.

Opinnäytetyön tilaajana toimii LVI-suunnittelutoimisto Air Exet Oy. Yritys toteuttaa LVI-suunnitelmia ja laatii energiatodistuksia niin uudisrakennus kuin saneerauskohdeksissa. Yrityksessä työskentelee kolme henkilöä, ja se sijaitsee Lahdessa. Opinnäytetyön ohjaajana toimii yrityksen puolelta Antti Nykänen.

Kahden erilaisen järjestelmän kustannusten vertailu tapahtuu samasta kohteesta. Kohde on uudisrakennus, ja se sijaitsee Lahdessa. Kerrostalot ovat kolmen kerroksen kokoisia ja ne kaikki ovat luhtitaloja.

Kyseisen opinnäytetyön tarkoituksena on antaa tietoa molemmista järjestelmistä, niin kustannuksista kuin ominaisuuksistakin, eli mistä ne johtuvat ja miten ne eroavat toisistaan. Valmista työtä on tarkoitus käyttää tieto-oppaana yrityksen omille tilaajille.

2 ILMANVAIHTO JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄT

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan sitä, että tilaan tuodaan puhdasta ilmaa ja samalla poistetaan likaista ilmaa pois. Asuinrakennuksissa on tärkeää pitää koko ajan yllä perusilmanvaihtoa, jotta liialliset epäpuhtauslähteet ja liian suuri kosteuspitoisuus saadaan poistettua. Toimivan ilmanvaihdon edellytyksenä on, että rakennuksen painesuhteet ovat kunnossa. /1./

Rakennuksen tulisi olla aina hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden. Tällöin ilma virtaa ulkoa sisäänpäin. Rakennuksen sopiva alipaineisuus on 2-4 Pascalia. Rakennuksen suurin sallittu alipaineisuus on 30 Pascalia /4/. Liian suuri alipaineisuus lisää vuotoilmavirtojen määrää ja saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa. Rakennus ei kuitenkaan saisi olla ylipaineinen ulkoilmaan nähden, koska kosteus siirtyy tällöin rakenteisiin ja näin kosteusvaurioiden riski kasvaa. /9./

Myös huoneistojen väliset painesuhteet tulee olla suunniteltu oikein. Ilman täytyy virrata oleskelutiloista likaisiin tiloihin. Tämä edellyttää sitä, että poistoilmavirrat tulisi mitoittaa noin 5-10 % tuloilmavirtoja suurimmiksi ja siirtoilmareitit on suunniteltu oikein. Kokonaisilmavirtojen kautta tulee varmistaa, että rakennuksen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 l/h eli puoli vaihtoa tunnissa /4/. ”Ilmanvaihtokertoimella tarkoitetaan

kuinka paljon ilma vaihtuu tunnissa yhtä ilmakeuutiota kohden”/1, s. 320-321./ Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty asuinrakennusten huoneistokohtaiset ilmavirrat Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ja RT-kortisto sisäilmastoluokituksen mukaan.

TAULUKKO 1. D2:n mukaiset mitoitusilmavirrat huoneistoittain /4/

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
– käyttäjän tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
– käyttäjän tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
– käyttäjän tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
– käyttäjän tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho huone		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	
# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm ³ /s. # B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen. # C Kuitenkin vähintään 6 dm ³ /s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta. # D Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta. # E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm ³ /s)/m ² . # S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.						

”Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 sisältää ympäristöministeriön laatimat määräykset ja ohjeet rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Määräykset ovat vähimmäisvaatimuksia, jotka tulee täyttyä” /4./ Taulukon 1 mukaiset ilmavirrat ovat siis minimivaatimukset ilmavirtoja suunniteltaessa.

TAULUKKO 2. Sisäilmastoluokituksen mitoitusilmavirrat oleskelutiloihin /5/

Käyttötilanne	Yksikkö	S1	S2	S3	Huom.
Normaali käyttö	dm ³ /s, hlö	12	8	6	I
Tehostustilanne, asuntokohtainen suurennusmahdollisuus	%	30	30	–	II
Käyttäjän ulkopuolinen perusilmanvaihto	dm ³ /s,m ²	0,2	0,2	0,15	I,III

I Ilmavirrat mitataan esimerkiksi kiinteitä mittauseliimiä, mittausanturia, anemometritorvea tai pussimenetelmää käyttäen standardin SFS 5512 (LVI 014-10187, SFS-käsikirja 103) mukaisesti.

II Ilmavirtoja on voitava suurentaa tilapäisesti syntyvien epäpuhtauksien poistamiseksi. Asunnon ilmanvaihtoa on suositeltavaa tehostaa kokonaisuudessaan, ei pelkästään liesikuvun ilmavirtaa kasvattamalla, vaan on suositeltavaa suunnata tehostus pesuhuoneisiin ja WC-tiloihin.

III Normaalin käyttäjän ulkopuolella on rakennuksessa oltava perusilmanvaihto, jonka avulla poistetaan rakennuksesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Tätä käyttäjän ulkopuolista perusilmanvaihtoa saa asunnoissa käyttää vain pitkäkestoisten (yli 1 vrk) poissaolojen aikana, edellyttäen, että esim. märkätilat eivät jää kosteiksi.

Sisäilmastoluokitus on rakennustiedon luoma ohjekortti. ”Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja talotekniseen suunnittelun ja urakoinnin avuksi, kun tavoitellaan terveellisimpiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakennuksissa ja saneerausrakennuksissa” /5./

Ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa sisäilma pysyy riittävän laadukkaana eli puhtaana. Siihen ei varsinaisesti liity ilman käsittely ollenkaan. Jos ilman käsittelyyn liittyy erilaisia prosesseja, kuten jäähdytystä tai kostutusta, puhutaan ilmastointijärjestelmästä. Ilmanvaihtojärjestelmiä on olemassa kolmenlaisia: painovoimainen-, koneellinen- ja hybridi ilmanvaihtojärjestelmä. Näistä yleisin käytettävä järjestelmä uudisrakennuksissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on ollut käytössä kerrostaloissa 1990-luvulta lähtien. Sitä ennen on ollut käytössä vain koneellinen poistoilmanvaihto tai painovoimainen järjestelmä. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä voi olla joko keskitetty tai hajautettu järjestelmä. Molempia versioita käytetään nykyään kerrostaloissa. /1./

2.1 Ilmanvaihto ja sisäilma

Asuinrakennusten sisäilmalle asetetaan kovat vaatimukset, jotta se miellyttäisi kaikkia ihmisiä mahdollisimman paljon. Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon ilman laatu, lämpöolosuhteet, ääni ja energiatehokkuus.

Ilman laatu koostuu riittävästä ilmanvaihdosta, jossa tiloihin tuodaan puhdasta ilmaa ja samalla poistetaan epäpuhtauksien aiheuttama likainen ilma. Ilmanvaihdon yhteydessä ei saa esiintyä myöskään minkäänlaisia hajuja. /3./

Lämpöolot käsittävät ilman lämpötilan, kosteuden ja ilmavirrat. Lämpötilan saaminen sopivaksi on tärkeää, sillä liian korkea lämpötila lisää ilman tunkkaisuutta ja täten vähentää viihtyisyyttä. Liian matala lämpötila aiheuttaa vectoriskejä ja saattaa aiheuttaa terveydellistä haittaa. Ilman kosteuspitoisuus on tärkeä myöskin tärkeä tekijä viihtyisyyden kannalta. Talviaikana sopiva suhteellinen kosteus sisätiloissa on 30 – 40 %. Liian suuri suhteellinen kosteus aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteeseen ja näin kosteus- ja homevaurioiden riski kasvaa. Jos sisäilma on taas liian kuiva, aiheuttaa se ongelmia terveyden kannalta. Ilmavirrat tulee mitoittaa riittävän suuriksi, jotta asunnossa olisi riittävä ilmanvaihto ja ne täyttäisivät määräysten mukaiset vaatimukset. Liian suuret ilmavirrat taas lisäävät vedon riskiä. /3;7;8./

Ilmanvaihdosta aiheutuu yleensä ääniä, joten ilmanvaihtoa suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota myös äänitekniseen suunnitteluun. Äänitaso tuli pitää mahdollisimman alhaisena, jotta ilmanvaihtolaitteiden komponenteista aiheutuisi melua. Melu luokitellaan yleensä häiritseväksi ääneksi. Ilmanvaihtojärjestelmässä eniten ääntä aiheuttavat puhaltimet ja kompressorit, ja lisäksi ääntä kehittyy kanaviston eri osissa ja päätelaitteissa. Ääni kulkee huoneessa niin sanottuna suorana äänenä ja heijastuksina erilaisten materiaalien pintojen kautta. /2;7./ Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on eritelty huonetiiloittain sallitut äänitasot /4/.

2.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihto tarkoittaa, että tulo ja poistoilma ohjataan puhaltimien vaikutuksella rakennukseen sisään ja sieltä pois. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä yleistyi 1990-luvulla asuinrakennuksissa. Kyseisessä järjestelmässä on siis yksi ilmanvaihtokone eli IV-kone, joka on sijoitettu ullakolle, vesikatolle tai huoneistoon riippuen koneen koosta. Raitisilmakanavaa pitkin tuodaan puhdasta ilmaa iv-koneelle. Suodatettu ja esilämmitetty ilma siirtyy tuloilmakanavaa pitkin oleskelutiloihin. Samalla likaisista tiloista poistetaan kaikki epäpuhtaudet poistoilmaventtiilien kautta. Likaisesta poistoilmasta otetaan lämpö talteen, ennen kuin se puhalletaan

jäteilmakanavaa pitkin ulos katolle. Kerrostalossa tuloilmaventtiilit sijaitsevat olohuoneessa ja makuuhuoneessa. Poistoilmaventtiilit sijaitsevat keittiössä, pesuhuoneessa, WC:ssä ja vaatehuoneessa. /1./

Tässä järjestelmässä on mukana suodatus ja lämmöntalteenotto. Suodattimia on kanavistossa kaksi kappaletta, ja ne sijaitsevat ulkoilmakanavassa ja poistoilmakanavassa. Lämmöntalteenottolaitteena käytetään IV-koneissa lämmönsiirrintä, joka voi olla ristivirta tai vastavirtalämmönsiirrin. /1./

Asuinkerrostalossa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto voidaan toteuttaa keskitetyllä tai asuntokohtaisella järjestelmällä. Ilmanvaihdon periaate on molemmissa järjestelmissä sama, mutta niiden rakenteessa ja ominaisuuksissa on jonkin verran eroja.

2.2.1 Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä

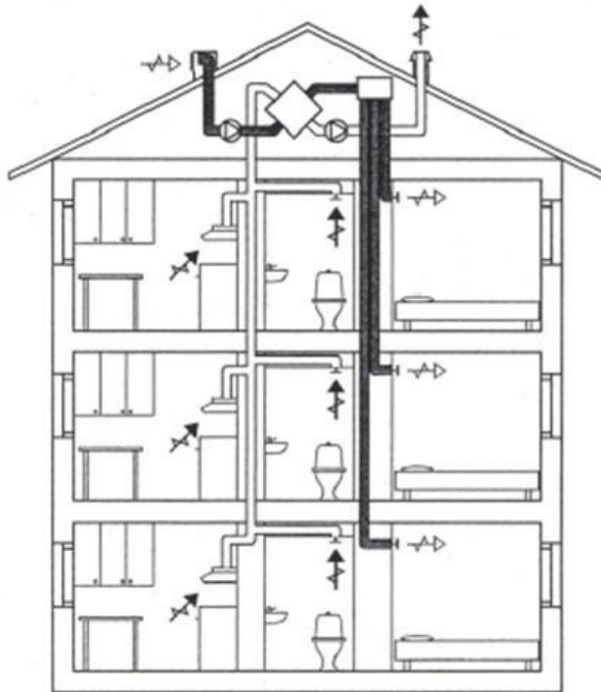
Keskitetty järjestelmä kerrostaloissa tarkoittaa, että talossa on yksi ilmanvaihtokone, josta jaetaan ilmaa tulokanavaa pitkin jokaiseen asuntoon. Tuloilmakanava voidaan toteuttaa yhtenä yhteisenä kanavana tai niin, että jokaiseen huoneistoon viedään oma tuloilmakanava, jossa se jaetaan huoneittain. Poistoilmakanavisto voidaan toteuttaa joko yhteiskanavistolla tai erilliskanavistolla. /1, s. 330; 10./

Keskitetty ilmanvaihto voidaan toteuttaa myös kahdella eri tavalla. Ensimmäinen on keskitetty yhteinen säätö, jolloin jokaiseen huoneeseen tulee samanlaiset ilmavirrat. Tehostusmahdollisuutta ei tällöin ole käytettävissä, jolloin kanaviston rakenne toteutetaan yhteiskanava periaatteella. Toinen tapa on huoneistokohtainen säätö, jossa pystytään ainoastaan liesikuvun kautta tehostamaan ilmavirtaa. Kanavisto voidaan toteuttaa yhteiskanavistolla tai erilliskanavistolla. /1, s. 123./

Keskitetyn järjestelmän IV-kone pitää sisällään lämmöntalteenoton, jälkilämmityksen ja jäähdytyksen. Automatiikka on yleensä valmiina asennettuna koneeseen, jonka valvonta tapahtuu etävalvomom kautta. /1;10./

Kuvassa 1 on esitetty esimerkkitapaus keskitetystä ilmanvaihtojärjestelmästä. Kuvassa kone sijaitsee omassa IV-konehuoneessa. Raitisilman sisäänotto tapahtuu vesikatton

kautta, tuloilmakanavat on toteutettu erilliskanavointina ja poistoilmakanavat on johdettu jokaisesta asunnosta yhteistä kokoojakanavaa pitkin konehuoneeseen.



KUVA 1. Keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä /6/

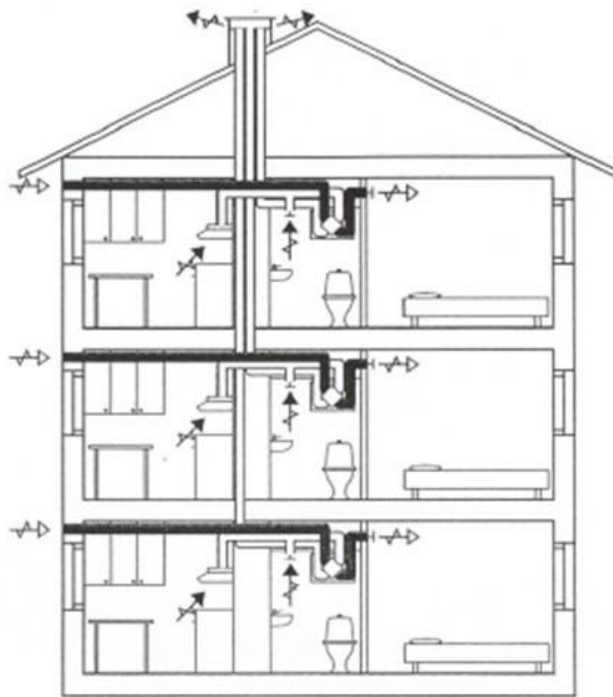
2.2.2 Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä

Kerrostalon hajautetulla ilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan asuntokohtaista ilmanvaihtojärjestelmää niin, että jokainen asunto varustetaan omalla ilmanvaihtokoneella. Kone sijaitsee yleensä pesuhuoneessa tai muussa erillisessä tilassa. Raitisilma otetaan ulkoseinästä suorinta mahdollisinta reittiä pitkin, ei kuitenkaan parvekkeelta. Jäteilmakanavat johdetaan jokaisesta asunnosta yleensä erillisenä kanavana vesikatolle saakka. Jäteilmakanavat voidaan johtaa pois myös yhteisellä kanavalla, mutta tällöin tulee huolehtia siitä, että kanava on riittävän alipaineinen eikä aiheuta ongelmia ilmavirran säädöissä muihin asuntoihin. Joissakin tapauksissa jäteilma voidaan puhaltaa ulos myös ulkoseinän kautta. /1, s. 125; 10./

Hajautetun järjestelmän ilmanvaihtokoneet ovat siis paljon pienemmät kuin keskitetyn järjestelmän kone, joten ne eivät vaadi niin paljon tilaa eikä niille tarvitse rakentaa eril-

listä iv-konehuonetta. Kanavametrieni määrä tulee tässä järjestelmäratkaisussa suuremmaksi. Tässä ilmanvaihtoratkaisussa pystytään ilmanvaihtoa säätämään huoneiston kautta tarpeen mukaan. Koneet pitävät sisällään suodattimet, lämmöntalteenottolaitteen, puhaltimet ja jälkilämmityksen. /1;10./

Kuvassa 2 on vastaavasti esitetty tapaus asuntokohtaisesta ratkaisusta. Kone sijaitsee WC-tilassa, ulkoilmanotto tapahtuu ulkoseinästä ja jäteilmakanavat on johdettu jokaisesta huoneesta erikseen katolle.



KUVA 2. Hajautettu eli asuntokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä /6/

3 ILMASTOINTIJÄRJESTELMIEN OMINAISUUDET

Tässä luvussa käydään läpi molempien järjestelmien tärkeimmät ominaisuudet. Ominaisuuksista kerrotaan aluksi, mitä ne tarkoittavat ja samalla verrataan keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuuksien yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia. Verrattavat ominaisuudet ovat rakenne, jälkilämmitys, jäähdytys, automaatio, paloturvallisuus ja muut ominaisuudet.

3.1 Rakenne

Ilmanvaihtojärjestelmän rakenne käsittää iv-koneen, konehuoneen, kanaviston ja sen osat, ja päätelaitteet. Keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihtokoneita on siis yleensä yksi kappale. Ilmanvaihtokone sijaitsee joko ullakolla tai vesikatolla. Keskitetyssä järjestelmässä koneet voivat olla koteloituja keskusilmanvaihtokoneita tai toimintavalmiita ilmankäsittelykoneita. Näiden kahden konemallin suurin ero on, että toimintavalmiissa ilmankäsittelykoneessa on valmiiksi asennettuna myös sähkö- ja automaatiolaitteet, joten silloin asennusaika lyhenee huomattavan paljon. Lisäksi keskitetyssä järjestelmässä voidaan käyttää huippuimureita. Huippuimurit ovat jäteilmapuhaltimia, joiden kautta johdetaan omalla kanavalla likaisista tiloista pois jäteilma. Erillispoistoilla varustettuja huippuimureita on pakko käyttää silloin, jos ilmanvaihtokoneeseen on valittu lämmöntalteenotoksi pyörivä lämmönsiirrin. /1./

Kuvassa 3 on esimerkkikuva keskitetyssä järjestelmässä käytettävästä toimintavalmiista ilmanvaihtokoneesta. Kuvan kone ei liity esimerkkikohteeseen. Keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihtokone voi pitää sisällään perinteisen lämmöntalteenottolaitteen ja lämmityspatterin lisäksi mahdollisen jäähdytyspatterin.



KUVA 3. Fläkt Woodsin ilmanvaihtokone /18/

Keskitettyssä ilmanvaihtojärjestelmässä tarvitaan oma iv-konehuone, koska järjestelmän kone on niin suuri. Konehuoneen tulee olla riittävän suuri, jotta siellä pystytään tekemään huoltotöitä ja mahdollisesti vaihtamaan komponentteja. Konehuoneita voi olla enemmän kuin yksi riippuen koneiden lukumäärästä. Konehuoneen suunnitteluun vaikuttaa seuraavat asiat: /2./

- Kanaviston sijainti
 - Raitisilman sisäänotto
 - Jäteilman ulospuhallus
 - Tulo- ja poistoilmakanavien siirrot
- Paloturvallisuus
- Muiden laitteiden tarvitsema tila
 - Jäähdytyskoneet
 - Sähkökeskukset
 - Automaatiokeskus
 - Putkitukset

- Rakenteelliset asiat
 - Kantavuus
 - Rakenteet
 - Eristys
- Äänitekniikka
 - Äänentuotto tiloihin ja ympäristöön
 - Äänenvaimennus
- Konehuoneen ilmanvaihto.

Keskitettyssä järjestelmässä täytyy konehuoneen suunnittelussa ottaa monta asiaa huomioon, ja se vie paljon enemmän tilaa kuin huoneistokohtaisessa järjestelmässä. Keskitetyssä järjestelmässä raitisilman sisäänotto tapahtuu yleensä läheltä vesikatolta, välittömästi konehuoneen ulkoseinästä. Jäteilman ulospuhallus tapahtuu vesikatolta, josta se pitää puhaltaa ulos riittävän suurella nopeudella. Jäteilma-aukon tulee olla riittävän ylhäällä vesikatolta, ettei lumi pääse kertymään aukkoon. Raitisilman ja jäteilman aukkojen tulee sijaita riittävän kaukana toisistaan, jotta epäpuhtauksia sisältävä jäteilma ei pääsisi leviämään uudestaan sisätiloihin. Etäisyys riippuu poistoilman luokituksesta, ja sen tulee täyttää määräysten asettamat vaatimukset /4/.

Kanavisto tuodaan kerrostaloissa konehuoneesta asuntoihin hormeja tai roiloja pitkin. Hormin ja roilon ero on se, että roilot ovat paloeristettyjä kuiluja eikä silloin tarvitse ilmanvaihtokanavia erikseen eristää. Hormit puolestaan eivät ole tehty paloa kestävästä materiaalista, joten tällöin ilmanvaihtokanavat tulee eristää palovillalla. /2;16./ Tarkemmin asiasta on kerrottu luvussa 5.6.

Kanavistona käytetään yleensä kierresaumattua peltikanavaa, mutta se voidaan tehdä myös muovikanavana. Kanavisto voidaan toteuttaa tässä järjestelmässä yhteiskanavoinnilla tai erilliskanavoinnilla suunnittelijasta riippuen. Jos järjestelmä toteutetaan yhteiskanavoinnilla, ei tällöin pystytä tekemään ilmavirtojen säätöjä huoneistosta käsin, vaan käytössä on yhteinen säätö. Jos järjestelmä toteutetaan erilliskanavointina, pystytään tällöin huoneistosta käsin ohjaamaan ilmavirtoja tulo- ja poistopuolelta. Erilliskanavointi lisää kustannusten määrää, mutta järjestelmä on toimivampi, viihtyisämpi ja paremmin säädettävissä. Sekä tulo, poisto ja liesikuvulta lähtevä erillinen rasvakanava varustetaan asuntojen puolelta ja konehuoneessa äänenvaimentimilla /1;10./

Hajautetussa järjestelmässä on jokaisessa asunnossa oma ilmanvaihtokone. Koneet sijaitsevat kerrostaloasunnoissa yleensä pesuhuoneessa. Koneiden sähkökytkentä tehdään usein asukkaan verkkoon mahdollisten huoltotöiden helpottamiseksi /23/. Raitisilman otto koneelle tapahtuu välittömästi ulkoseinästä, mieluiten pohjoisseinältä jos mahdollista. Alemmissa kerroksissa ongelmana voi olla liikenteen ja katupölyn kulkeutuminen ulkoilma-aukkoon. Ulkoilma-aukon tulisi olla vähintään 2 metriä maasta lukuun ottamatta katutasolla sijaitsevia huoneistoja /4/. Ulkoilma-aukkoa ei saa sijoittaa parvekkeelle tupakan savun ja muiden epäpuhtauksien kulkeutumisen takia sisätiloihin. /1./

Kuvassa 4 on esitelty asuntokohtaisen järjestelmän ilmanvaihtokone. Hajautetun järjestelmän koneet pitävät sisällään suodattimet, lämmöntalteenottolaitteen ja jälkilämmityspatterin. Tällä koneella ei pystytä jäähdyttämään tuloilmaa. Lämmöntalteenottolaite pystytään tässä mallissa kuitenkin ohittamaan kesällä, jolloin tuloilma tulee viileämpänä huoneeseen. /19./



KUVA 4. Vallox 096 MV ilmanvaihtokone /19/

Hajautetussa järjestelmässä säästetään tuloilmakanavan määrässä, mutta vastaavasti jäteilmakanavien erilliskanavointi jokaisesta asunnosta nostavat kustannusten hintaa verrattuna keskitettyyn järjestelmään. Kanavisto voidaan tässäkin toteuttaa kummalla ta-

hansa kanavointi systeemillä, mutta yleisimmin käytetään erilliskanavointia. Jos pääteään käyttää yhteiskanavajärjestelmää, tulee huolehtia siitä, että nousukanava on alipaineinen eikä vaikuta muiden asuntojen ilmavirtoihin. Keittiön liesituulettimesta tai liesikuvusta lähtevät rasvakanavat voidaan yhdistää poistoilmakanavan kautta ilmanvaihtokoneeseen, jolloin poistoilmasta saadaan enemmän lämpöä talteen. Ne voidaan myös ohittaa kokonaan iv-koneesta, jonka jälkeen ne yhdistetään jäteilmakanavaan ja johdetaan pois asunnosta. /1;2./ Myös tässä järjestelmässä tulee kaikki kanavat asentaa äänenvaimentimilla.

3.2 Lämmöntalteenotto

Tehokkaalla lämmöntalteenottolaitteella voidaan säästää sähkö- ja kaukolämpöenergian kulutuksessa. Lämmöntalteenotolla tarkoitetaan sitä, että poistoilmasta lämpö siirtyy tuloilmaan rekuperatiivisen tai regeneratiivisen laitteen avulla. Regeneratiivisella lämmöntalteenotolla tarkoitetaan pyörivää kiekko. Rekuperatiiviset lämmöntalteenottolaitteet ovat levylämmönsiirtimiä. Levylämmönsiirtimet jaetaan risti- ja vastavirtasiirtimiin. /1./ Nämä lämmöntalteenottolaitteet ovat yleisimmin käytetyt asuinrakennuksissa.

Vuoden 2016 alussa tuli voimaan EU-direktiivin asetus, jonka mukaan muiden kuin nestekiertoisten lämmöntalteenottolaitteiden vuosihyötysuhteiden tulee olla yli 67 %. Vuoden 2018 alkuun mennessä näiden lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde tulee yli 73 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ristivirtalämmönsiirtimet jäävät kokonaan pois markkinoilta, koska niillä ei päästä vaatimuksen mukaiseen hyötysuhteeseen. Asuinkerrostalojen ainoiksi lämmöntalteenottolaitteiksi jäävät tällöin vastavirtalämmönsiirrin ja pyörivä kiekko eli pyörivä lämmöntalteenotto. /32./

3.2.1 Pyörivä lämmöntalteenotto

Pyörivässä lämmöntalteenotossa poistoilma ja tuloilma virtaavat kiekon lävitse ja lämpö siirtyy poistoilmasta tuloilmaan kiekon pyörähtämisen vaikutuksesta. Pyörivällä lämmöntalteenotolla saavutetaan jopa 85 % lämpötilasuhde. Sen heikkouksia ovat epäpuhtauksien ja kosteuden siirtyminen tuloilmaan. Hajautetun järjestelmän iv-koneissa voidaan käyttää pyörivää kiekkoa lämmöntalteenottona, koska se palvelee ainoastaan yhtä tilaa. Tällöin kuitenkin pitää huolehtia siitä, että rasvakanavaa ei viedä koneen

kautta ollenkaan, vaan se johdetaan omana kanavana vesikatolle saakka. Keskitetyssä järjestelmässä se ei ole kannattavaa, koska WC-tiloista on tällöin johdettava erillispoistot vesikatolle, mikä voi tuottaa ongelmia kanavien läpiviennissä. /1, s. 178./

3.2.2 Ristivirtalämmönsiirrin

Ristivirtalämmönsiirtimien periaatteena on, että tulo- ja poistoilma virtaavat toisiinsa nähden ristiin lamellilevyjen välissä. Ristivirtasiirtimien lämpötilasuhte vaihtelee laitevalmistajasta riippuen, normaalina lämpötilasuhteena voidaan pitää noin 60 %. Ristivirtasiirtimen muita hyviä puolia ovat sen toimintavarmuus ja hygieenisuus. Tässä mallissa ei pääse epäpuhtaudet ja kosteudet siirtymään poistoilmasta tuloilmaan. /1./

Lämmönsiirtimissä kehittyä talvella huurretta lämmönsiirtimen pintaan, kun kylmä ulkoilma ja lämmin poistoilma kohtaavat. Siksi kyseinen järjestelmä tulee järjestää huurteenpoistomenetelmällä. Huurre voidaan poistaa ohittamalla ulkoilma lämmöntalteenotosta tai esilämmittää ulkoilma sähköpatterilla. Tätä lämmöntalteenottoa käytetään sekä keskitetyssä että hajautetussa järjestelmässä. /1./

3.2.3 Vastavirtalämmönsiirrin

Toinen levylämmönsiirrin malli on vastavirtalämmönsiirrin. Vastavirtasiirtimessä ilma-
virrat virtaavat toisiaan vasten ja ristiin, minkä takia sillä voidaan saavuttaa parempi lämpötilasuhte kuin ristivirtasiirtimellä. Vastavirtasiirtimet ovat hieman isokokoisempia kuin ristivirtasiirtimet. Tehokkaan lämpötilasuhteen takia vastavirtasiirrin on alttiimpi huurteen syntymiselle. /1./

3.3 Jälkilämmitys

Jos tuloilma on liian viileää lämmöntalteenoton jälkeen, tarvitsee sitä lämmittää jälkilämmityksellä. Jälkilämmitys voidaan toteuttaa joko vesikiertoisella patterilla tai sähköpatterilla. Jälkilämmityspatteri sijaitsee iv-koneessa heti lämmöntalteenottokennon jälkeen. Keskitetyssä järjestelmässä on järkevämpää käyttää vesikiertoista patteria, koska se on helppo yhdistää lämmitysjärjestelmään, kuten kaukolämpöön tai maalämpöön, josta lämmitetty vesi lämmittää tuloilmaa. Vesikiertoinen patteri on investointi-

kustannuksiltaan kalliimpi kuin sähköpatteri. Kustannuksia nostavat putkitukset, pump-puryhmät ja säätöventtiilit. Vesikiertoinen patteri kuitenkin on käyttökustannuksiltaan selvästi halvempi sähköpatteri. /1./

Hajautetussa järjestelmässä käytetään enemmän sähköisiä jälkilämmityspattereita. Vesikiertoisten patterien laittaminen ei ole kannattavaa, sillä se ei maksa itseään järkevässä ajassa takaisin. Sähköisen patterin etuuksiin kuuluvat jäätymättömyys, parempi hyötysuhde, toimintavarmempi eikä tarvita erillisiä lisälaitteita, kuten pumppuja. Sähköpatteri on selvästi kalliimpi käyttökustannuksiltaan johtuen sähköenergian kalliimmasta energiahinnasta verrattuna kaukolämpöenergiaan. /1;20./

3.4 Jäähdytys

Tuloilman jäähdytys voidaan toteuttaa keskitetysti suoralla tai välillisellä jäähdytyksellä. Suoralla jäähdytyksellä tarkoitetaan sitä, että jäähdytys tapahtuu ilman nestettä. Ilmanvaihtokoneessa tai kanavassa sijaitsee suoraohyrytyspatteri, joka on yhdistetty kompressorilauhduttimeen. Kylmäaineputket kiertävät jäähdytyspatterin kautta ja sitovat lämpöä pois tuloilmasta viilentäen sitä samalla /1, s. 243./

Välillinen jäähdytys puolestaan tarkoittaa, että tuloilman jäähdytys tapahtuu nesteen välityksellä, kuten vedellä tai alkoholilla. Jäähdytysneste voidaan tuottaa vedenjäähdytyskoneistolla, maalämpöpumpulla tai kaukokylmällä. Jäähdytyskoneistolta yhdistetään jäähdytysputket tuloilmakoneen jäähdytyspatteriin, jota kautta neste viilentää tuloilmaa. /1, s. 243./

Jäähdytys on helpompi ja kannattavampi toteuttaa keskitetyssä järjestelmässä kuin hajautetussa järjestelmässä. Keskitetyn järjestelmän koneissa on yleensä jäähdytyspatteri mukana tai sille voidaan ainakin varata paikka myöhempää käyttöä varten. Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet eivät pidä sisällään jäähdytystä, joten sen toteuttaminen on hankalampaa kuin keskitetyssä ratkaisussa. Ainoa ratkaisu on, että tuloilmakanavaan jätetään paikka jäähdytyspatterille iv-koneen ja äänenvaimentimen väliin. Pelkkä tuloilman jäähdyttäminen ei ole kannattavaa, sillä se kasvattaa ilmavirtoja huomattavasti ja samalla lisää käyttökustannuksia. Jäähdytyksen kannalta on järkevämpää käyttää jäähdy-

tyslaitteita, tuloilman jäädytyksen lisänä. /1./ Tuloilman jäädytyksessä täytyy huomioida myös, että tuloilmakanava täytyy eristää kondenssiveden välttämiseksi, mikä taas lisää kustannuksia /23/.

3.5 Paloturvallisuus

Asuinkerrostalojen paloturvallisuudelle asetetaan paljon korkeammat vaatimukset kuin omakotitaloille, koska palo-osastoja ja ihmisiä on paljon enemmän. Tärkeintä paloturvallisuuden kannalta on, että rakennus ja sen osat kestävät paloa tietyn vähimmäisajan, ja täyttävät määräysten mukaiset vaatimukset. Lisäksi palon ja savun leviäminen toisiin huoneisiin ja rakennuksiin tulee rajoittaa, ja poistumistiet täytyy olla suunniteltu. Keskityn ja hajautetun järjestelmän suurimmat eroavaisuudet paloturvallisuuden osalta tulevat konehuoneesta ja kanavointitavasta. /14./

Rakennukset jaetaan kolmeen eri paloluokkaan, joista asuinrakennukset luokitellaan P1-paloluokkaan. ”Tämä paloluokka tarkoittaa, että rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän palossa sortumatta” /16/. Rakennusosat puolestaan luokitellaan omiin paloluokkiinsa kantavuuden (R), tiiveyden (E) ja eristävyys (I) mukaan. Asuinkerrostalojen ilmanvaihtosuunnitelmissa esiintyy yleensä melko paljon EI 60- tai EI 30 -merkintöjä, jotka tarkoittavat, että rakennusosan tulee olla tiivis ja eristävä 60 tai 30 minuutin ajan palon sattuessa. Lisäksi ilmakanaavat ja laitteistot luokitellaan omiin savunpoisto- ja palopisarointiluokkiin. /14;15./

Palo-osastolla tarkoitetaan tilaa, josta palon ja savun leviäminen pyritään estämään. Osastot voidaan jakaa kerroksien, pinta-alan ja käyttötarkoituksen mukaan. Palon leviäminen palo-osastosta toiseen pyritään estämään yhdistämisrajoituksilla, palorajoittimilla ja paloeristyksillä. Palo-osaston sisällä rajoitus tapahtuu kanavamateriaalin valinnalla ja paloeristeellä. Palorajoittimet ja eristeet tulevat täyttää niille asetetut palonkestoaika vaatimukset ja ne täytyy olla tyyppihyväksytyjä CE-merkittyjä tuotteita. Ilmanvaihtokanavissa palorajoittimina toimivat yleensä palopellit ja kuristimet. /2./ Kerrostalossa palopeltejä ja kuristimia ei ole välttämätöntä asentaa, mikäli kerroskorkeus on vähintään kolme metriä, poisluettuna ylimmät kerrokset konehuoneen alapuolelta /30/.

Palon syttyessä on tärkeää estää savukaasujen leviäminen muihin tiloihin. Savu on tulipalossa tappava tekijä ihmisille, ja siksi on tärkeää poistaa savu pois rakennuksesta

turvallisesti. Palon syttyessä pienen savumäärän leviäminen voidaan estää erilaisilla laitteilla ja rakennusosilla edellyttäen, että tiloja ei ole yhdistetty yhteiseen ilmanvaihtokoneeseen. Savua voidaan rajoittaa kuristimilla, nousukanavilla ja ohjatuilla palonrajoittimilla. Kuristin on tulo- tai poistoilmaventtiili, joka pienentää ilmavirtaa tulipalon sattuessa. Nousukanavat toimivat savunrajoittimina, mikäli kanavat johdetaan pois rakennuksesta erilliskanavointina. Tämä koskee pääsääntöisesti hajautettuja ilmanvaihtojärjestelmiä. Ohjattu palonrajoitin voi olla palopelti, jonka yhteydessä on savunilmaisin. Kun savunilmaisin haistaa savun kanavassa, sulkeutuu palopellin läppä kiinni. /2./

Mikäli savun leviämistä ei pystytä tarpeeksi estämään, voidaan se poistaa rakennuksesta luonnollisella tai koneellisella savunpoistolla. Luonnollinen eli painovoimainen savunpoisto tarkoittaa savu poistuu rakennuksesta itsestään ikkunoiden ja savunpoistoluukkujen kautta. Kerrostalossa esimerkiksi porraskäytävä toimii tällaisena tilana. Koneellisessa savunpoisto tarkoittaa savunpoisto on toteutettu omalla puhallin- ja kanavajärjestelmällä. Koneellista savunpoisto tulee aina käyttää silloin, kun painovoimainen savunpoisto ei onnistu. Tällaisia ovat esimerkiksi asuinkerrostalojen kellarikerrokset. Koneellinen savunpoistojärjestelmä lisää investointi-, huolto- ja käyttökustannusten määrää, joten se tulee ottaa valinnassa huomioon. /2;16./

Paloturvallisuuden kannalta keskitetyn ja hajautetun järjestelmän suurimmat erot tulevat iv-koneen sijainnista ja kanavointitavasta. Keskitetyssä järjestelmässä IV-kone sijaitsee palvelevien tilojen yläpuolella, joten se toimii roilojen kanssa omana palo-osastonaan ja huoneistot sekä kerrokset omana palo-osastona. Koska huoneistossa sijaitsevat poistoilmakanavat lävistävät toisen osaston, tulee ne varustaa palorajoittimilla ja kuristimilla, ennen kuin ne yhdistetään roilossa oleviin kokoojakanaviin. Roiloissa olevia kanavia eri tarvitse erikseen paloeristää. Jos kanavat viedään hormin sijasta kevytrakenteisessa kotelossa, tulee kotelossa olevat kanavat paloeristää EI 30 -vaatimusten mukaan ja kerroksien väliin tulee lisäksi tehdä palokatkot. Ilmanvaihtokonehuoneessa oleva jäteilmakanava tulee eristää EI 60 -luokan vaatimusten mukaisesti. Kerrostalossa olevat sauna, varasto ja pesutilat toteutetaan yleensä omilla ilmanvaihtokoneilla, koska keskusilmanvaihtokoneeseen ei saisi yhdistää muihin käyttötarkoituksiin olevia tiloja. /16./

Hajautetussa järjestelmässä ilmanvaihtokone sijaitsee siis omana yksikkönä asunnoissa, jonka vuoksi se on turvallinen ratkaisu. Kanavistot johdetaan yleensä erilliskanavina

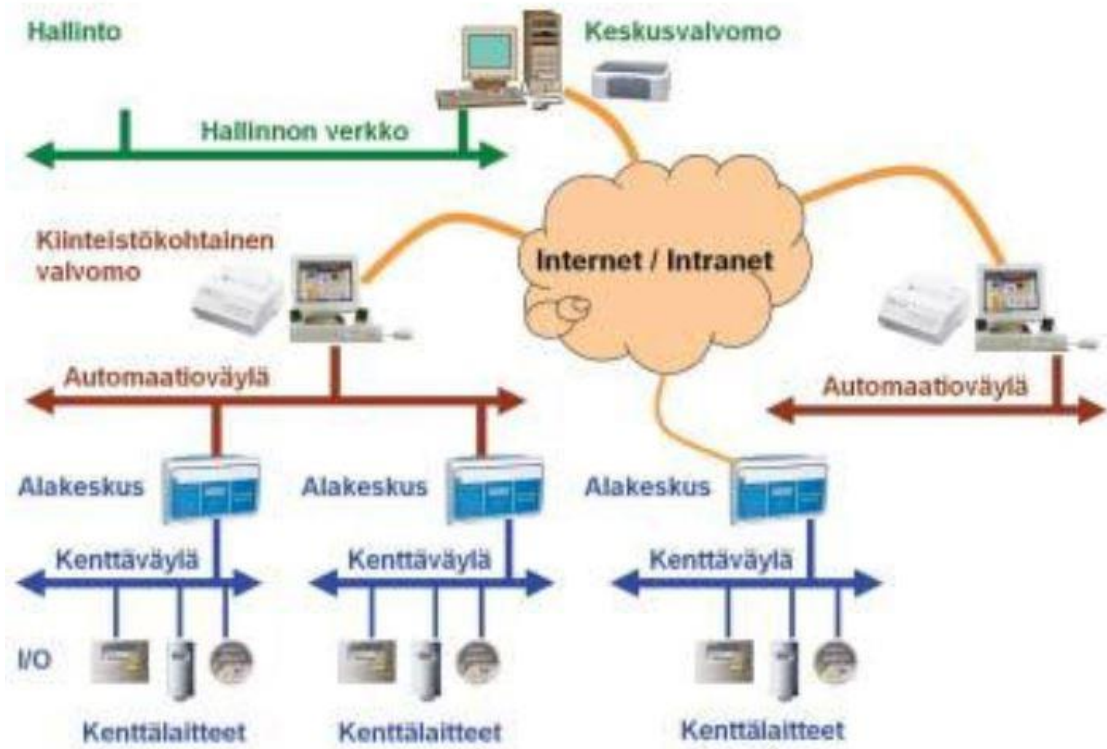
vesikatolle saakka, jolloin nousukanava toimii koko matkalla savunrajoittimena. Jäteilmakanavat täytyy kuitenkin paloeristää roilosssa vähintään 2,5 metriä kanavan osalta EI 30 -luokan mukaisesti, jolloin kanavan alkuosa toimii myös siis palonrajoittimena. Jos kanavat kulkevat kotelossa, täytyy ne silloin eristää koko matkalta. Asunnossa olevia kanavia ei tarvitse paloeristää. /16./

3.6 Automaatio

Automaatio tarkoitetaan ilmastointitekniikassa erilaisten toimilaitteiden mittaamista, säätämistä ja valvomista. Automaatio on tärkeä osa ilmanvaihdon suunnittelussa, koska sen avulla pystytään säästämään energiassa ja sitä kautta käyttökustannuksissa. Automaation avulla pystytään tarkkailemaan sisäilmaston olosuhteita kuten lämpötilaa, kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. Kuvassa 5 on esitetty automaation tiedonsiirron toimintaperiaate keskitetyssä valvonnassa.

Kuvassa 5 olevilla kenttälaitteilla tarkoitetaan antureita, säätimiä ja toimilaitteita. Anturit ovat eräänlaisia mittareita, jotka mittaavat kohteesta tietoa. Anturit voivat olla esimerkiksi lämpötila- tai hiilidioksidiantureita. Antureiden mittaustulos kulkeutuu säätimelle, joka puolestaan ohjaa toimilaitetta mittauksien mukaan. Toimilaitteet voivat olla säätöventtiileitä tai puhaltimia. Esimerkiksi keskitetyssä järjestelmässä lämpötila-anturi mittaa ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin kautta kiertävän veden lämpötilan. Mittaustieto kulkee säätimelle, joka puolestaan ohjaa venttiiliä säätämään oikean lämpöistä vettä lämmityspatterille asetusarvojen mukaisesti.

Kenttälaitteiden tiedot puolestaan kulkevat väyliä pitkin alakeskuksille. Alakeskukset keräävät siis datan kenttälaitteistoilta ja siirtävät tulokset ja hälytykset eteenpäin valvoimille. Alakeskukset ovat itsenäisiä yksiköitä, eivätkä ne tarvitse erillistä valvontaa. Alakeskukset sijaitsevat pääsääntöisesti iv-konehuoneessa tai teknisessä tilassa. Valvoimista käsin puolestaan tarkkaillaan prosessin tilanteita ja hälytyksiä ja tehdään tarvittaessa muutoksia. Keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihtojärjestelmän yksi etuus onkin se, että automaatio pystytään valvomaan paremmin kuin hajautetussa järjestelmässä. /1, s. 294-295./



KUVA 5. Keskitetyn automaatiojärjestelmän toimintaperiaate /31/

Hajautetussa järjestelmässä suurin etuus on tarpeenmukainen ilmanvaihto. Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla säästetään energiaa enemmän kuin vakioilmavirtaisessa järjestelmässä. Kyseinen ilmanvaihto perustuu asunnossa vallitsevien hiilidioksidi- ja kosteuspitoisuuden suuruuteen. Anturit voivat sijaita koneen sisällä, säätöpelleissä tai päätelaitteissa. Kun pitoisuus tilassa kasvaa, tehostuu ilmavirtojen ohjaus automaattisesti. Vastaavasti jos asunnossa ei ole kukaan, pystytään ilmavirtoja vastaavasti pienentämään. Järjestelmän suuri etu on myös, että käyttäjä pystyy itse säätämään asunnossaan ilmavirtoja halutun suuruisiksi. /20./

Jos kerrostaloon suunnitellaan hajautettua järjestelmää, täytyy ottaa huomioon, että ilmanvaihtokoneisiin tehdään niin sanottu pakkokytkentä. Pakkokytkenällä tarkoitetaan sitä, että jos käyttäjä yrittää sammuttaa iv-koneen kokonaan, jää kone silti pyörimään pienellä ilmavirralla. /23./ Koneiden pakkokytkentä on tehtävä, koska asukas ei saa onnistua pilaamaan perusilmanvaihtoa. Asuinrakennuksissa täytyy olla aina päällä jonkinlainen ilmanvaihto ja näin ollen koneita ei saa pystyä pysäyttämään. Hajautetussa järjestelmässä automaation haittapuolena voidaan pitää sen pienempää valvontaa. Koneiden toimintaa ei pystytä seuraamaan etävalvonnalla, ja se jääkin asukkaalle vastuulle.

4 RAKENNUKSEN ELINKAARI JA KUSTANNUKSET

Elinkaarella tarkoitetaan rakennuksen tai jonkun osan vaihetta suunnittelun alusta käytön loppuun. Elinkaari koostuu tietyistä vaatimuksista, kuten käyttö, taloudellisuus, kulttuuri ja ekologisuus, jotka pitää täyttyä järjestelmää valittaessa. Edellä mainitut vaatimukset koostuvat yleensä seuraavista asioista /2, s. 480 - 481/:

- Käyttö
 - Turvallinen
 - Terveellinen
 - Viihtyisä
 - Helppokäyttöinen
- Taloudellisuus
 - Investointikustannukset
 - Huoltokustannukset
 - Käyttökustannukset
- Kulttuuri
 - Rakennusperinne
 - Elämäntavat
 - Esteettisyys
- Ekologisuus
 - Energia
 - Ympäristöhaitat.

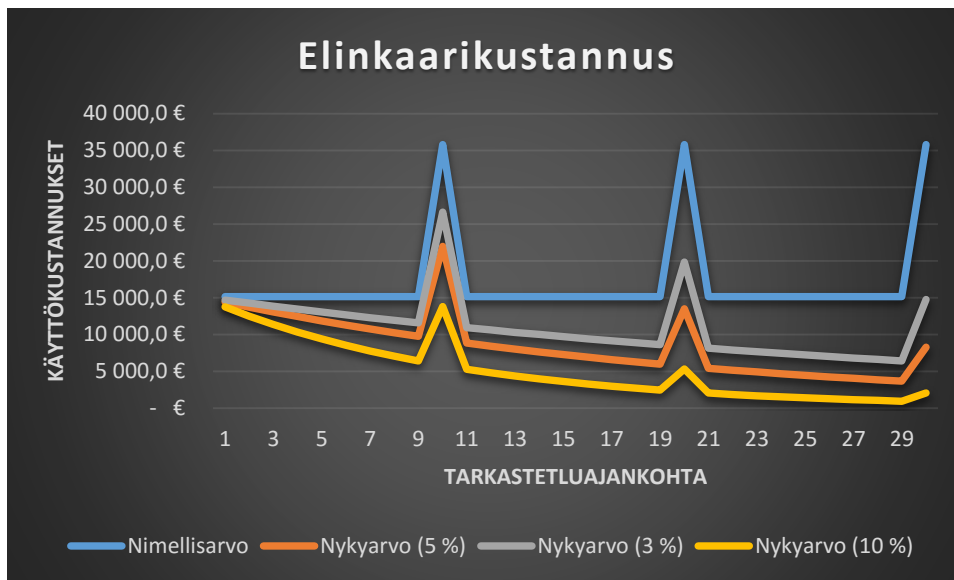
Nämä vaatimukset pätevät myös ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa ja valittaessa. Ilmanvaihtojärjestelmää valittaessa ja elinkaarisuunnittelu tehdessä otetaan huomioon energiataloudellisuus, muuntojoustavuus, käyttö- ja huoltosuunnittelu, mahdolliset ajanmukaistamiset ja muutostyöt sekä terveellinen ja viihtyisä käyttöympäristö. /2, s. 481./

Yksi tärkeimmistä valintakriteereistä ilmanvaihtojärjestelmän kannalta on kustannukset. Kustannukset koostuvat monesta tekijästä, mutta isoimpana mittarina voidaan pitää järjestelmän elinkaarikustannuksia. Elinkaarikustannuksilla tarkoitetaan kaikki niitä

kustannuksia, joita syntyy tai voidaan olettaa syntyvän sen elinkaaren aikana. Elinkaarikustannukset koostuvat hankinta, huolto, käyttö, muutokorjaus ja purkukustannuksista. /2./ Koska tässä työssä tutkittava kohde on uudisrakennus, lasketaan siitä vain investointi-, huolto- ja käyttökustannukset.

Elinkaarikustannukset eivät ota huomioon ollenkaan vuotuisia tuloja, vaan ne koostuvat ainoastaan koko käyttöajan kertyneistä kustannuksista. Jos laskelmiin otetaan mukaan tulot, puhutaan elinkaaren taloudellisesta kannattavuudesta. Kannattavuuslaskelmassa huomioidaan tulojen lisäksi elinkaaren aikana mahdolliset riskit ja rahoitusvaatimukset. Koko elinkaaren aikana kustannukset kertyvät eri aikoihin. Jotta kustannuksia voidaan verrata keskenään, täytyy tulevat kustannukset diskontata nykyarvoon. Diskonttauksen avulla selvitetään, kuinka paljon tulevat kustannukset maksaisivat nykypäivänä. Diskonttaus tekijään vaikuttavat reaalikorko sekä aika. Normaalina diskonttauskorkona käytetään 3 %. Mitä suurempi on käytettävä diskonttauskorko, sen pienempi diskontattu rahan arvo nykyhetkeen. /25;26./ Kuvassa 6 on havainnollistettu, miten diskonttaustekijä vaikuttaa kustannusten arvoon eri vuosina ja eri korkoprosenteilla.

Kuvan nimellisarvolla tarkoitetaan vuosittain toistuvia tulevia kustannuksia. 10 vuoden välein kustannukset ovat korkeammat. Kolme muuta käyrää kertovat eri korkoprosenteilla tulevasta kustannuksesta diskontatun arvon. Mitä kauemmaksi mennään lähtökohdasta, sitä pienemmäksi diskontattu arvo muuttuu ja ero nimellisarvoon kasvaa. Lisäksi suurempi korkoprosentti pienentää diskontatun rahan arvoa. Toisin sanoen kustannus tänä päivänä on kalliimpi kuin mitä se on esimerkiksi 10 vuoden päästä.



KUVA 6. Elinkaarikustannusten diskonttaus nykyhetkeen eri koroilla

Elinkaaren pituuteen ja kustannuksiin voidaan vaikuttaa monella asialla. Ensimmäisenä voidaan vaikuttaa laitevalintaan. Investoinnissa mietitään, onko järkevää ottaa kallis vai halpa investointi. Halpa investointi voi tulla kalliiksi, jos kustannuksia pohditaan koko elinkaaren kannalta. Esimerkiksi halvempi ilmanvaihtokone voi kuluttaa energiaa huomattavasti enemmän kuin kalliimpi kone, ja lisäksi koneet eivät välttämättä ole yhtä toimintavarmoja. Nämä tekijät nostavat käyttökustannuksien osuutta. Käytön aikana puolestaan ennakoiva ja aktiivinen huolto ja korjaus pidentävät järjestelmän käyttöikä. Jos järjestelmälle ei tehdä tarvittavia toimenpiteitä, jää sen elinkaari todennäköisesti odotettua lyhemmäksi.

4.1 Investointikustannukset

Investointi eli hankintakustannukset koostuvat erilaisten laitteiden hankinnoista ja asennuksista. Ilmanvaihtojärjestelmän hankintakustannukset koostuvat iv-koneesta, roiloista, kanavistosta ja päätelaitteista. Lisäksi kustannuksiin kuuluvat erilaiset asennustyöt kuten rakennus, sähkö, automaatio ja putkityöt. Keskitetyssä järjestelmässä hankintakustannuksia kasvattavat kaukolämpötyöt ja ilmanvaihdon lämmönsiirrin, jos jälkilämmitys toteutetaan vesikiertoisella patterilla. Lisäksi investointikustannuksia nostaa keskitetyssä järjestelmässä iv-konehuone, suuremmat roilot ja suurempi kanavamäärä. Investointikustannuksissa ei kannata ruveta säästämään, jos halutaan pienentää koko elinkaarikustannusten määrää.

4.2 Huoltokustannukset

Huoltokustannukset koostuvat järjestelmän koneiden ja kanaviston kunnossapidosta. Vuosittain aiheutuvia huoltokustannuksia aiheuttavat suodattimien vaihdot. Suodattimia on ilmanvaihtokoneessa kaksi kappaletta, ja ne täytyy vaihtaa kaksi kertaa vuodessa. Muita huoltokustannuksia järjestelmissä aiheuttavat kanaviston puhdistus, lämmöntalteenottokennon puhdistus ja liesikuvun rasvansuodattimen puhdistus. Ennakoidulla huollolla, sen säännöllisyydellä ja ammattitaitoisilla työntekijöillä pystytään pidentämään ilmanvaihtokoneen elinkaarta ja samalla vähentämään isompia huoltokustannuksia.

4.3 Käyttökustannukset

Käyttökustannukset koostuvat pääasiassa laitteistoiden sähkö- ja lämpöenergian kulutuksesta. Ilmanvaihtojärjestelmissä energiaa kuluttavat puhaltimet, jälkilämmityspatteri ja muut toimilaitteet. Jos jälkilämmitys toteutetaan vesikiertoisella patterilla, vähentää se kokonaan sähköenergian kulutuksen pois, mutta kustannuksia aiheutuu kaukolämpöenergiasta. Suunnitteluvaiheessa on laitevalinnoilla suuri merkitys ylläpitokustannusten kannalta ja samalla koko elinkaarikustannusten kannalta. Halvin investointi ei ole siis aina paras ratkaisu.

Lämmitysenergian säästöön pystytään vaikuttamaan lämmöntalteenottolaitteella ja erilaisilla säätölaitteilla. Lämmöntalteenotto on yleensä asuinrakennuksissa levylämmönsiirrin. Levylämmönlämmönsiirtimen lämpötilasuhde on valmistajasta riippuvainen, mutta ristivirtasiirtimen lämpötilasuhteena voidaan noin 60 % ja vastavirtasiirtimellä 80 % /1, s. 158/. Puhaltimien sähköenergian kulutukseen vaikuttaa, onko puhallin mitoitettu täysi- vai osateholle, puhaltimen paineenkorotus, puhaltimen hyötysuhde ja käyntiaika. Puhaltimen paineenkorotukseen vaikuttavat koneen ja kanaviston painehäviöt. Käyntiaikaan puolestaan vaikuttaa, onko järjestelmässä päällä koko ajan vakioilmavirta vai ohjataan sitä tarpeen mukaan. Myös energiataloudellisella mitoituksella, joka koostuu oikeista ilmavirroista ja paineista, säästetään käyttökustannuksissa. Puhaltimien sähkötehon tarve esitetään SFP-lukuna. SFP-luku tarkoittaa, kuinka paljon tarvitaan sähkötehoa yhden ilmakeuution kuljettamiseen sekunnissa. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä suurin sallittu SFP luku on $2,0 \text{ kW/m}^3/\text{s}$ /27/. Hyvän

energiatalouden kannalta kannattaa pyrkiä mahdollisimman alhaiseen SFP-lukuun. Näihin kaikkiin asioihin voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa, ja vastuu siitä on LVI-suunnittelijalla.

4.4 Investoinnin kannattavuusmenetelmät

Investointien kannattavuutta mitataan erilaisilla rahan arvomenetelmillä. Investointi on siis hankinta, jonka tarkoituksena tuottaa myöhemmin saaduilla tuotoilla voittoa. Yritykset käyttävät yleisimmin investointien kannattavuuteen takaisinmaksuaikamenetelmää. Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan kuinka monessa vuodessa investointi maksaa itsensä takaisin hankinnasta. Hankintahinta pyritään kuolettamaan vuodessa saatavilla nettotuotoilla. Vuotuiset tuotot asuinrakennuksissa ovat vuokrat, yhtiövastikkeet ja muut käyttökorvaukset. Investointi on siis sitä kannattavampi, mitä pienempi on takaisinmaksuaika. Menetelmässä ei oteta yleensä huomioon korkokantaa. Takaisinmaksuaika lasketaan kaavan 1 avulla /24/.

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Vuotuinen nettotuotto}} \quad (1)$$

Toinen tapa mitata kannattavuutta on annuiteettimenetelmä eli vuosiosuusmenetelmä. Annuiteetti kertoo, paljonko hankinnasta jää käteen rahaa, kun vuosittaisista tuotoista vähennetään pois käyttökustannukset sekä investoinnin vuosiosuus. Tässä menetelmässä valitaan joku tarkastelujakso, jossa otetaan huomioon myös korko. Hankintakustannuksen hinta jaetaan tasan kyseiselle jaksolle. Investointi on sitä kannattavampi, mitä suurempi on vuosituottojen ja vuosimenojen erotus. /24./

Jos halutaan ottaa huomioon rahan arvon muuttuminen investointilaskelmassa, kannattaa laskelmat tehdä nykyarvomenetelmällä tai sisäisen korkokannan menetelmällä. Nykyarvo menetelmässä tulevista vuotuista bruttotuotoista vähennetään pois vuotuiset käyttökustannukset, jonka jälkeen nettotuotot suhteutetaan valitulla korkokannalla nykyhetkeen. Jos tuottojen nykyarvo on suurempi kuin hankintakustannus, investointi on tällöin kannattava. Sisäinen korkokannan ideana on puolestaan selvittää, millä korolla menot ja tulot ovat yhtä suuret. Jos vertailussa on useampi investointi, paras investointi on silloin, millä saavutetaan korkein korkoprosentti. /24./

5 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN MUUNTOJOUSTAVUUS

Muuntojoustavuus on yksi keskeisimmistä asioista suunniteltaessa ilmanvaihtojärjestelmän elinkaarta. Muuntojoustavuudella tarkoitetaan sitä, että myöhemmin pystytään tekemään järjestelmään mahdollisia muutoksia niin, että siitä aiheutuisi mahdollisimman vähän kustannuksia. Muuntojoustavuus voidaan luokitella kolmeen eri ryhmään: muunneltavuuteen, joustavuuteen ja täydennettävyyteen. /12./

Ilmanvaihtosuunnitelman kannalta tämä voi tarkoittaa esimerkiksi ilmavirtojen kasvattamista tai jäähtytyksen lisäämistä järjestelmään. Ilmavirtojen joustavuus edellyttää sitä, että kanavisto on mitoitettu riittävän väljäksi. Jäähtytyspatterin lisääminen puolestaan vaatii, että koneeseen on jätetty sille oma paikkansa ja riittävästi huoltotilaa. Lisäksi ilman sisäänpuhalluslämpötila täytyy olla tällöin suunniteltu oikein ja tuloilmakanavat eristetty solukumilla kondenssivesien välttämiseksi. /33./ Jos taas halutaan kanaviston reittiä muuttaa myöhemmin tai vaihtaa järjestelmää, täytyy niille olla varattuna omat tilansa ja horminsa. Täydellinen muunneltavuus ei kuitenkaan ole kannattava sillä se kasvattaa huomattavasti investointikustannuksia.

Muuntojoustavuus on kuitenkin tärkeä osa alue ilmanvaihtosuunnittelussa. Se pienentää elinkaarikustannuksia ja samalla vähentää kasvihuonepäästöjen määrää. Jos ilmanvaihtojärjestelmä halutaan vaihtaa kokonaan toiseen järjestelmään, on muuntojoustavuuden kannalta helpompi vaihtaa keskitetty järjestelmä asuntokohtaiseen järjestelmään kuin päinvastoin. Esimerkiksi keskitetty järjestelmä vaatii oman konehuoneen, mikä taas nostaa investointikustannusten määrää todella paljon eikä siksi ole kannattavaa.

6 MENETELMÄT

Ongelmia lähdettiin tutkimaan ja selvittämään erilaisten menetelmien avulla. Menetelminä käytettiin erityyppisiä tutkimus- ja laskentamenetelmiä. Kustannukset selvitettiin niin, että investointikustannukset tiedusteltiin tilaajan kautta molemmista vaihtoehdoista. Kohteen kaikista taloista oli laadittu iv-suunnitelmat keskitetystä ja hajautetusta järjestelmästä. Suunnitelmat oli laadittu CADS-suunnitteluohjelmalla, jonka jälkeen ne lähetettiin urakoitsijalle laskettavaksi. Huolto-, käyttö- ja elinkaarikustannukset laskettiin Excel-ohjelmalla. Hajautetun järjestämän sähköenergian kulutuksen määrät saatiin

selville energiatodistuksista. Keskitetyn järjestelmän alkutiedot saatiin laskentaohjelmasta, josta sähkö ja kaukolämpöenergian määrät. Laskelmissa käytettiin myös määräysten mukaisia kaavoja. Sähkö- ja kaukolämpöenergian hintoja verrattiin eri yhtiöiden välillä keskenään, ja lopulta käyttökustannuksien laskennassa käytettiin omavalintaisia hintoja.

Kustannuslaskelmat päätettiin tehdä samasta kohteesta, koska haluttiin saada lähtökohdaltaan mahdollisimman samankaltainen tilanne. Investointikustannukset oli jo valmiiksi laskettu, ja siksi niitä ei ruvettu uudestaan laskemaan, vaan ne selvitettiin urakointiyhtiön kautta. Käyttö- ja huoltokustannuksissa haluttiin selvittää, kuinka paljon kustannukset eroavat toisistaan kummassakin järjestelmässä vuodessa. Näiden kustannusten kautta pyrittiin selvittämään elinkaarikustannukset. Elinkaarikustannukset haluttiin laskettua, koska se antaa paljon suuremman ja kokonaisvaltaisemman kuvan järjestelmistä aiheutuvista kustannuksista.

6.1 Kohteen tiedot

Keskitetyn ja hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän kustannuslaskelmat suoritettiin samasta kohteesta. Kohteet ovat kaikki uudisrakennuksia, ja ne sijaitsevat Lahdessa. Rakennukset ovat kolmen kerroksen kokoisia luhtitaloja, ja niitä on yhteensä viisi kappaletta. Kerrostalot ovat nuorisosäätiön rakennuttamia taloja, jotka omistavat kiinteistöosakeyhtiöt Vanamo ja Kaunokki. Vanamo pitää sisällään kaksi taloa ja Kaunokki kolme taloa. Kaikki talot lämpenevät kaukolämmityksellä, ja kaukolämpökeskus sijaitsee sekä Vanamon B-talossa ja Kaunokin C-taloissa. Asuntoja taloissa on kaiken kaikkiaan 90 kappaletta. Asunnot ovat 33 m² kokoisia yksiöitä, 47 m² kaksioita tai 62 m² kolmioita. Rakennuksien perustiedot näkyvät taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Kaunokin ja Vanamon perustiedot

	Kaunokki A	Kaunokki B	Kaunokki C	Vanamo A	Vanamo B
Asunnot (kpl)	16	16	16	16	26
Yksiöt (kpl)	16	8	8	10	18
Kaksiot (kpl)	0	6	6	6	6
Kolmiot (kpl)	0	2	2	0	2
Kerrosta- soalat (m ²)	714	872	1254	809	1613
Läm. Netto- ala (m ²)	564	706	973	648	1263

Vanamon B-talossa sekä Kaunokin C-talossa on lisäksi kellarikerros, jossa sijaitsee lämmönjakokeskus, saunatilat, pesutilat ja varastot. Rakennuksissa on tuulettuva alapohja.

6.1.1 Ilmanvaihtosuunnitelmat

Keskitetty ilmanvaihtosuunnitelma toteutettiin asuntojen osalta yhdellä ilmanvaihtokoneella. Koneet sijaitsevat jokaisessa talossa kolmannessa kerroksessa omassa konehuoneessa. Vanamon B-talo on rakenteellisten ratkaisuiden takia varustettu kahdella ilmanvaihtokoneella. Kellarikerroksessa sijaitsevat tilat on toteutettu kahdella eri koneella paloturvallisuuden vuoksi niin, että teknistä tilaa, saunatilaa ja pesutilaa palvelee yksi kone ja varastoja yksi kone. Lisäksi kellarikerros on varustettu omalla savupuhallinpoistojärjestelmällä. Kanavisto on toteutettu niin, että kerroksittain päällekkäin sijaitsevat huoneistot on toteutettu yhteiskanavoinnilla. Hormeista tulevat kanavistot on liitetty yhteen kokoojakanavaan vesikaton rajassa, josta ne on johdettu takaisin iv-koneelle. Jokaisessa asunnossa on liesikupu, josta on johdettu rasvakanavat pois erikseen jäteilmakanavasta. Rasvakanavat yhdistyvät jäteilmakanavaan vasta konehuoneessa.

Keskitetyn järjestelmän koneet ovat Kairin EcoCounter 2185- ja 1085 -mallisia toimintavalmiita iv-koneita ja kellarikerrosten yhteisissä tiloissa on käytetty Valloxin 110

MV-mallisia koneita. Koneita on kokonaisuudessaan 10 kappaletta. Keskitetyt koneet ovat varustettu vastavirtalämmönsiirtimillä ja vesikiertoisella jälkilämmityspatterilla, jotka on yhdistetty kaukolämmitykseen. Kellarikerrosten koneet ovat puolestaan varustettu sähköisellä jälkilämmityksellä. Lämmöntalteenotto on varustettu ohitusmahdollisuudella. Tuloilman jäähdytystä ei ole käytössä, mutta jäähdytyspatteri on mahdollista liittää koneeseen mukaan. Huoneistosta käsin ilmavirtoja ei pystytä ohjaamaan, ainoastaan liesikuvun tehostusmahdollisuus on käytössä. Talojen porraskäytävien ja hissien korvausilma on molemmat toteutettu omilla huippuimureilla. Asunnossa kaikki kanavat on varustettu äänenvaimentimilla.

Hajautetussa ilmanvaihtosuunnitelmassa jokainen asunto on varustettu omalla koneella, ja ne sijaitsevat asuntojen WC-tiloissa. Raitisilma on otettu ulkoseinästä, lasitetun parvekkeen vierestä. Jäteilmakanavat on toteutettu jokaisesta asunnosta erilliskanavointina vesikatolle saakka. Rasvakanavat yhdistyvät asunnossa poistoilmakanaviin ennen iv-konetta. Asuinnoissa sijaitsevat iv-koneet ovat Valloxin 096 MV -mallisia koneita ja keittiöt on varustettu liesikuvuilla. Koneissa on vastavirtalämmönsiirrin ja sähköinen jälkilämmityspatteri. Ilmavirtoja pystytään säätämään huoneistokohtaisesti sekä tulo että poistoilmavirtaa. Tuloilman jäähdytystä ei ole käytössä. Tulo- ja poistoilmakanavat ovat varustettu joka huoneistossa äänenvaimentimilla. Hajautetussa suunnitelmassa kahden talon yleiset tilat kellarikerroksessa on suunniteltu samalla tavalla kuin keskiteytissä suunnitelmassa, joten koneiden kokonaismääräksi tulee 94 kappaletta.

6.2 Urakkalaskennan tiedot

Urakkalaskenta suoritettiin molemmista ilmanvaihtojärjestelmistä laadittujen suunnitelmien mukaisesti. Urakkalaskennan suoritti LVI-urakointiyhtiö Epex Oy. Urakkalaskentaan kuului ilmanvaihdon osuus, mikä koostui koneista, kanavamäärästä, osista ja asennuksista. Laskennassa ei huomioitu ollenkaan rakennuskustannuksia, kuten keskitetyn järjestelmän konehuonetta tai hormoneja. LVI-puolelta ei huomioitu kaukolämpöpakettiin kuuluvan ilmanvaihtosiirtimen kustannuksia. Laskennassa saatiin taulukon 4 ja 5 mukaisia tuloksia:

TAULUKKO 4. Keskitetyn järjestelmän investointikustannukset

	Kaunokki	Vanamo	Yhteensä
Urakkasumma	133 090 €	113 690 €	246 780 €
Tarvikkeet	101 010 €	85 890 €	186 900 €
Työt	32 080 €	27 800 €	59 880 €

Huoneistokohtainen eli hajautettu järjestelmä tuli 16 780 € halvemmaksi kuin keskitetty järjestelmä. Jos järjestelmiä verrataan kiinteistöosakeyhtiöiden välillä, tulee Vanamossa eroa järjestelmissä noin 14 000 €, mutta Kaunokissa ainoastaan vajaa 3000 €. Kaunokin taloissa lasketuista urakkaosuuksista tarvikkeiden osuus tuli 2690 € kalliimmaksi huoneistokohtaisessa ratkaisussa. Syynä tähän oli asuntojen suurempi määrä. Kokonaisuutena tarvikkeet maksoivat lähes saman verran molemmissa järjestelmissä. Jos taloja tai asuntoja olisi ollut vielä enemmän, niin tarvikkeet olisivat tällöin olleet kalliimmat hajautetussa järjestelmässä ilmanvaihtourakan osalta. Työn osuus oli puolestaan kalliimpi keskitetyssä järjestelmässä sekä Kaunokissa että Vanamossa.

TAULUKKO 5. Hajautetun järjestelmän investointikustannukset

	Kaunokki	Vanamo	Yhteensä
Urakkasumma	130 200 €	99 800 €	230 000 €
Tarvikkeet	103 700 €	83 134 €	186 834 €
Työt	26 500 €	16 666 €	43 166 €

Tarvikkeiden kustannuksia asuntokohtaisissa ilmanvaihtosuunnitelmissä nostavat ilmanvaihtokoneiden ja kanavien suuri määrä. Keskitetyssä järjestelmässä tarvikkeiden hintaa nostavat kanavaosien, palopeltien, eristyksen ja äänenvaimentimien määrä. Vastaavasti työn määrä tuli keskitetyssä järjestelmässä suuremmaksi. Työn kustannuksiin on huomioitu asunnoissa, kellarissa, vesikatolla ja konehuoneissa tehtävät asennus- ja eristystyöt. Lisäksi työkustannuksissa on otettu huomioon ilmanvaihtojärjestelmien mittausta ja säätötyöt. Erityisesti konehuoneen ja vesikaton asennustyöt nostavat työosuuden kustannuksia keskitetyssä järjestelmässä.

Keskitetyn järjestelmän hintaa nostavat ilmanvaihtourakan lisäksi edellä mainitut rakennuskustannukset, kaukolämmönsiirrin, putkitukset, pumput ja säätölaitteet sekä sähkö ja automaatiotyöt. Nämä asiat on hyvä huomioida järjestelmään valitessa.

6.3 Tutkimusmenetelmät

Järjestelmien ominaisuuksia ja ongelmia lähdettiin selvittämään kirjallisuuden, kyselyiden ja haastatteluiden kautta. Kirjallisuutena pyrittiin käyttämään luotettavia lähteitä kuten oppikirjoja, eri valmistajien nettisivuja ja ympäristöministeriön sekä VTT:n tekemiä tutkimuksia. Kyselyt tehtiin avoimina kysymyksinä LVI-alan työntekijöille, kuten asiantuntijoille, valvojen ja laitevalmistajille, ja ne toimitettiin sähköpostilla perille. Haastattelut suoritettiin pääsääntöisesti putkiasentajien kanssa paikan päällä keskustellen. Kyselyiden haastatteluiden kautta pyrittiin selvittämään esimerkiksi järjestelmien muuntojoustavuutta, minkälaisia asioita tulisi ottaa huomioon järjestelmää valitessa, molempien järjestelmien etuja ja haittoja ja minkälaisiin ongelmiin he ovat törmänneet järjestelmissä ajan saatossa. Lisäksi käytiin monia puhelinkeskusteluja huoltokustannuksen lähtötietoihin tarvittavista selvityksissä, kuten esimerkiksi suodattimien hinnoista.

6.4 Kairin mitoitusohjelma

Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän energiakulutustietoja ei ollut saatavissa, joten ne lähdettiin selvittämään mitoitusohjelman kautta. Mitoitusohjelmanä käytettiin ilmanvaihtokonevalmistajan Kairin omaa konekohtaista mitoitusohjelmaa. Konemalliksi valittiin Kairin ECoCounter 2185 eli sama konemalli, joka oli laadittu suunnitelmiinkin /17/. Keskitetyistä ilmanvaihtosuunnitelmista laskettiin jokaisesta talosta erikseen tulo- ja poistoilmavirrat yhteen, ja arvot syötettiin laskentakenttään. Suunnitelmista laskettiin sekä normaalit että tehostetut ilmavirrat erikseen. Kanavapainehäviönä käytettiin 200 pascalia ja jälkilämmityksenä toimi vesikiertoinen lämmityspatteri. Alkutietojen jälkeen ajettiin koneajo, josta saatiin tarkemmat tekniset tiedot. Laskentaohjelmasta luettiin SFP-luku, jota käytettiin ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutuslaskennassa, ja jälkilämmityksen energian tarve. Liitteessä 1 on esitetty Kaunokki A-talon mitoituksen tulokset ja laskennan lähtötiedot.

6.5 Laskentamenetelmät

Huoltokustannukset määriteltiin vuodessa tapahtuvilla kustannuksilla, joten ne pitivät sisällään ainoastaan suodattimien vaihdot. Laskennassa otettiin huomioon suodattimien vaihdot kaksi kertaa vuodessa. Suodattimina käytettiin alkuperäisiä konekohtaisia suodattimia. Asuntokohtaisten ilmanvaihtokoneiden sekä yhteisten tilojen koneiden suodattimien hintoina käytettiin Suodatinpisteen mukaisia hintoja /21/. Keskitetyn koneen suodattimien hinnat on tiedusteltu Suodatinmestareiden kautta /22/. Työn hintana kustannuslaskelmassa käytettiin 60 euron verollista tuntiveloitusta. Asuntokohtaisissa suodatinvaihdossa oletettiin, että huoltotöihin menee aikaa 30 minuuttia konetta kohden ja työntekijöitä on ollut kaksi vaihtamassa suodattimia. Keskitetyn koneiden suodatinvaihtoihin laskettiin sama aika konetta kuin asuntokohtaisessa järjestelmässä ja suodattimia on ollut vaihtamassa kaksi henkilöä.

Käyttökustannuksissa laskettiin molempien järjestelmien energiankustannukset. Energiakustannukset käsittivät sähkö- ja kaukolämpöenergian kulutukset. Asuntokohtaisissa ratkaisussa oli laadittu energiatodistukset CADS-ohjelmalla, josta luettiin ilmanvaihtojärjestelmän sekä jälkilämmityksen sähköenergian kulutukset neliötä kohden vuodessa. Nämä lukemat kerrottiin lämmitetyllä nettoalalla, josta saatiin selville ostoenergian määräksi 32,3 MWh. Sähkön hintana käytettiin 12 snt/kWh, koska tässä otettiin huomioon sähkön hinnan nousu tulevaisuudessa.

Keskitetyn järjestelmän sähköenergian laskentaan tarvittavat alkutiedot saatiin Kairin mitoitusohjelmasta. Sähköenergian kulutus laskettiin kaavan 2 avulla /13/.

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \text{SFP} * qv * \Delta t + W_{\text{iv, muu}} \quad (2)$$

jossa

$W_{\text{ilmanvaihto}}$	on ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
SFP	on ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m ³ /s)
qv	on ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m ³ /s
Δt	on ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h
$W_{\text{iv, muu}}$	on muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutus, kWh

Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksella tarkoitetaan muiden laitteiden kuin puhaltimien sähkötehoa, kuten esimerkiksi pumput ja säätöpellit. Tässä laskennassa niiden sähkönkulutus jätettiin huomioimatta, koska sähkönkulutus on niin pieni, ettei sillä ole kokonaistuloksen kannalta isoa merkitystä. Ilmavirtana laskennassa käytettiin järjestelmän kokonaispoistoilmavirtaa. Käyttöaika laskettiin normaalilla ilmavirralla ja tehostetulla ilmavirralla. Tehostusilmavirtaa oletettiin käytettävän yhteensä 6 tuntia päivässä eli 2190 tuntia vuodessa, ja loput vuoden tunneista laskettiin normaalilla ilmavirralla. Näiden ilmavirtojen avulla saadut sähköenergiankulutukset laskettiin yhteen ja kerrottiin samalla sähkön hinnalla kuin asuntokohtaisessa ratkaisumallissakin eli 12 snt/kWh. Kyseiseen laskentatapaan päädyttiin, koska haluttiin saada aikaan sellainen tulos, joka vastaisi mahdollisimman hyvin todellisuutta. Vertailun vuoksi laskettiin lisäksi sähköenergian kulutus niin, että järjestelmä pyörisi samalla ilmavirralla koko vuoden ajan.

Keskitetyn järjestelmän jälkilämmityspatterin energiantarpeen alkutiedot saatiin Kairin mitoitusohjelmasta. Koneajon laskennasta saatiin selville ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergian nettotarve ja LTO:lla talteen otettu lämmitysenergia. Ohjelma on huomioinut laskennassa koneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarpeesta vähennettiin pois lämmöntalteenotolla otettu lämmitysenergia, jolloin saatiin selville jälkilämmityspatterin energian tarve. Tämä energian määrä kerrottiin kaukolämmön hinnalla, josta saatiin selville jälkilämmityksen vuosittainen käyttökustannushinta. Kaukolämmön hintana laskennassa käytettiin 60 €/MWh.

Elinkaarikustannukset selvitettiin diskonttaamalla tulevat kustannukset nykyhetkeen. Kustannuksissa tarkasteltiin kaikkien talojen kokonaissumma sekä erikseen kiinteistöosakeyhtiö Vanamon ja Kaunokin kustannukset. Lisäksi elinkaarikustannuksissa tarkasteltiin, paljonko hintaa tulee neliötä kohden sekä henkilöä kohden. Rakennusten neliömäärät saatiin energiatodistuksista. Henkilömäärät laskettiin puolestaan asuntojen koon mukaan. Elinkaarikustannuksien laskenta koostui investointikustannuksista ja vuosittain toistuvista huolto- ja käyttökustannuksista.

Joka kymmenes vuosi otettiin lisäksi huomioon jokaisessa talossa ilmanvaihtokanavien puhdistus, ja niiden aiheuttama kustannus lisättiin mukaan. Molempien järjestelmien

puhdistuksien hinnat selvitettiin Suomen Ilmanvaihdonhuollolta. Puhdistuksen hinta sisälsi kanavien puhdistuksen lisäksi liesikuvun puhdistuksen sekä ilmamäärien säädön ja tasapainotuksen. Keskitetyn järjestelmän puhdistuksen hinnaksi tulisi noin 200 euroa taloa kohden ja hajautetun järjestelmän hinnaksi puolestaan 220 euroa asuntoa kohden. /28./ On otettava huomioon, että kyseiset hinnat ovat maksimihintoja. Hintaan vaikuttaa pitkälti talon koko sekä laaditut ilmanvaihtosuunnitelmat.

Korkoprosenttina käytettiin 5 %, ja elinkaaren tarkastelu ulottui 30 vuoteen. Molempien järjestelmien laskuissa käytettiin samaa korkoprosenttia ja tarkasteluaikaa. Korkoprosentin ja ajan avulla saatiin selvitettyä diskonttauskerroin, joka laskettiin kaavan 3 avulla /12/.

$$\text{Diskonttauskerroin} = 1 / (1 + r / 100)^i \quad (3)$$

jossa

r = korkoprosentti, %

i = aika, (vuosi)

Diskonttauskerroin kerrottiin tulevan kustannuksen nimellisarvolla, josta saatiin tietoon tarkasteltavan vuoden nettonykyarvo. Kustannuksissa huomioitiin arvolisävero, mutta ei sen mahdollista muutosta. Kustannuksien tarkastelussa ei huomioitu mahdollisia muutoksia eikä purkukustannuksia eikä mahdollista inflaation vaikutusta. Jäännösarvo oletettiin nolllaksi. Kyseistä menetelmätapaa päätettiin käyttää, koska tulevat kustannukset eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään.

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuloksissa on eritelty Kiinteistö osakeyhtiön Vanamon ja Kaunokin huolto-, käyttö- ja elinkaarikustannukset. Huolto- ja käyttökustannusten tarkastelu tehtiin vuositasolla ja elinkaarikustannukset tutkittiin 30 vuoden ajalta. Vanamon talon laskennassa on ollut käytössä kaksi taloa ja Kaunokin laskennassa kolme taloa. Lisäksi taulukoissa on esitelty kaikkien talojen yhteissumma keskitetystä ja hajautetusta järjestelmästä. Keskitetyn järjestelmän investointi- sekä ensimmäisen vuoden huolto- ja käyttökustannusten yhteissummaksi tuli 257 702 € ja hajautetun järjestelmän summaksi puolestaan 244 411

€. Huolto- ja käyttökustannuksissa ei huomioitu savupuhallin järjestelmää ollenkaan. Ennen kuvia ja taulukoita on esitetty jokaisesta kustannuksesta johtopäätökset ja analyysit.

7.1 Huoltokustannukset

Taulukossa 6 on esitetty kaikki talojen huoltokustannusten kokonaishinta molemmista järjestelmistä. Huoltokustannukset tulevat keskitetyssä järjestelmässä todella selvästi halvemmaksi kuin hajautetussa järjestelmässä. Eroa näiden kahden järjestelmän kustannuksiin tulee vuodessa 9006 €. Hajautetussa ratkaisussa Vanamon talojen huoltokustannukset ovat 5210 € vuodessa ja Kaunokin talojen kustannukset 5802 €. Hinnassa on otettu huomioon, että suodattimen vaihdot tehdään kaksi kertaa vuodessa. Kaunokin talojen kustannukset ovat 1123 € ja Vanamon osuus 1086 € vuodessa keskitetyssä järjestelmässä. Tässäkin tapauksessa on huomioita suodattimien vaihto kaksi kertaa vuodessa. Työn hinnoittelu on tehty tuntiveloituksen mukaan. Laskelmat ovat verollisia hintoja.

TAULUKKO 6. Hajautetun ja keskitetyn järjestelmän huoltokustannukset vuodessa

	Hajautettu	Keskitetty
Suodattimien kustannukset (€)	5492	1646
Työn osuus (€)	5760	600
Huoltokustannukset Yhteensä (€)	11252	2246

Suurin syy näin suureen hintaeroon johtuu hajautetun järjestelmän suurista asuntomääristä. Tämä vaikuttaa sekä suodattimien kokonaishintaan että työn hintaan. Asuntokoh- taisten koneiden suodattimet ovat kuitenkin kappalehinnaltaan selvästi halvempia kuin keskitetyn koneiden. Asunnon ilmanvaihtokoneiden suodattimien hinnat olivat noin 30 € kappaleelta käsittäen kolme suodatinta, kun taas keskitetyn järjestelmän yhden koneen suodattimen hinnaksi tuli noin 120 €, joka piti sisällään kaksi suodatinta /21;22/.

Suodattimien hintaeroon vaikuttaa esimerkiksi se, että keskitetyissä koneissa käytetään pussisuodattimia, jotka ovat kooltaan selvästi isompia kuin pienten ilmanvaihtokonei- den kasettisuodattimet. Suodattimien hintaa vaikuttaa myös, minkälainen kone koh- teessa sattuu olemaan, kuinka paljon kyseisen koneen suodatinta valmistetaan ja mikä

yritys suodatinvaihtourakan hoitaa. Työn määrän on oletettu olevan samanlainen yhtä konetta kohti eli 30 minuuttia. Ajassa on otettu huomioon, että suodatinvaihdon yhteydessä katsotaan lämmöntalteenottokennon kunto ja puhdistetaan tarvittaessa konetta. Lisäksi ajassa on otettu huomioon siirtymiset kerroksista ja asunnoista toiseen. Työn hintaan vaikuttaa olennaisesti, mikä yritys suorittaa kyseisen homman ja mikä on heidän käyttämä tunti- tai urakkahinta.

7.2 Käyttökustannukset

Käyttökustannuksissa on esitetty taulukossa 7 molempien järjestelmien käyttökustannukset, jotka aiheutuvat energiankulutuksesta. Taulukossa on esitelty kaikki talojen käyttökustannukset kokonaisuudessaan.

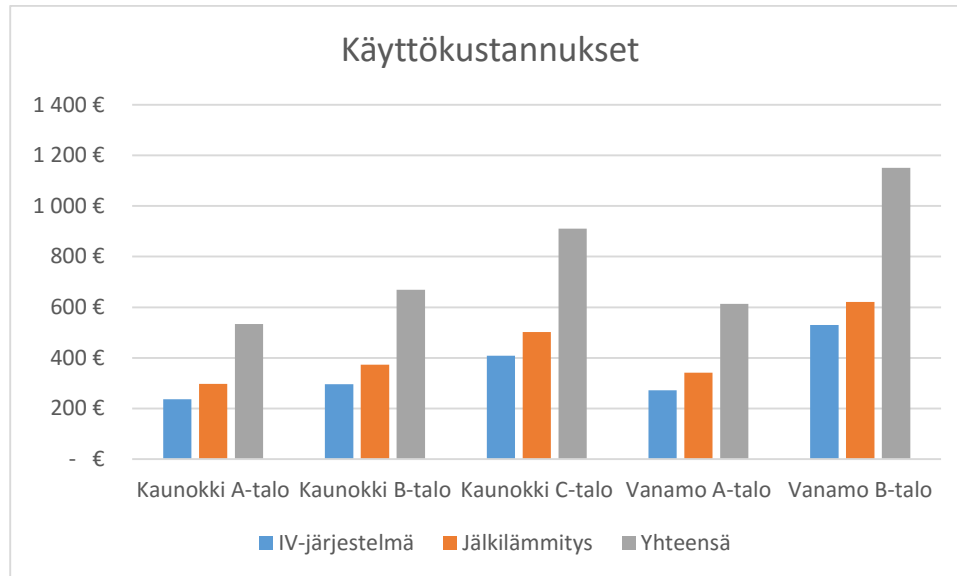
Keskitetyn järjestelmän käyttökustannukset tulevat yli 5300 € kalliimmaksi vuodessa kuin hajautetun järjestelmän. Sekä ilmanvaihtojärjestelmän sähkön kustannukset että jälkilämmityksen kaukolämmön kustannukset tulevat yli kaksi kertaa kalliimmaksi kuin hajautetun järjestelmän käyttökustannukset. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian hinnasta normaalin ilmanvaihdon osuus on 2937 € ja tehostetun ilmanvaihdon osuus on puolestaan 1541 €. Jos sähkön kustannukset lasketaan samalla ilmavirralla läpi vuoden, tulee hinnaksi silloin 3912 € eli vain 33 € vähemmän kuin hajautetussa järjestelmässä. Kaukolämmön kustannuksissa ei ole huomioitu perusmaksua. Jälkilämmityksen sähkön hinta tulee vuodessa noin 400 € suuremmaksi kuin muun iv järjestelmän käyttämä sähkönkulutus hajautetussa järjestelmässä.

TAULUKKO 7. Hajautetun ja keskitetyn järjestelmän käyttökustannukset vuodessa

	Hajautettu	Keskitetty
IV-järjestelmän sähkön kustannukset (€)	1744	4478
Jälkilämmityksen kustannukset (€)	2135	4744
Käyttökustannukset yhteensä (€)	3879	9222

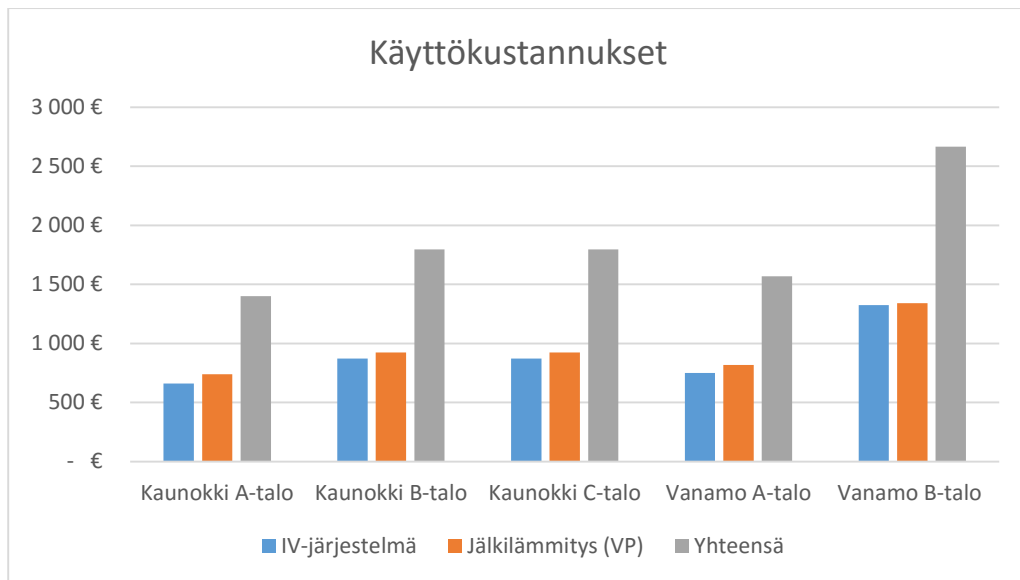
Kuvan 7 mukaan suurimmat käyttökustannukset vuodessa aiheuttaa Vanamon B-talo. A-taloon verrattuna ilmanvaihdon aiheuttamat käyttökustannuksien määrä on lähes kaksinkertainen. Eron selittää lähinnä, että B-talossa on enemmän asuntoja kuin A-talossa, joista osa on myös pinta-alaltaan suurempia. Kustannuksia nostavat myös talon

kellarikerroksen ilmanvaihtokoneet. Kaunokin taloista suurimmat kustannukset osuvat C-talolle. Erot muihin taloihin johtuvat lähes samoista syistä kuin Vanamon taloissa.



KUVA 7. Hajautetun järjestelmän käyttökustannukset vuodessa taloittain

Kuvassa 8 on esitetty keskitetyn järjestelmän sähkö- ja kaukolämpökustannukset vuodessa jokaiselle talolle. Suurimmat kustannukset osuvat selvästi Vanamon B-talolle, jossa vuodessa maksettavaa tulee yli 2500 €, jotka ovat yli 1000 € kalliimmat kuin Kaunokin A-talolla. Vanamon B-talon asunnot on toteutettu kahdella ilmanvaihtokoneella johtuen talon suurista asuntomääristä. Muiden talojen välillä pienet erot johtuvat lähinnä ilmavirtojen vaihteluista. Näissä käyttökustannuksissa ei ole huomioitu yleisten tilojen ilmanvaihtokoneiden energiakustannuksia, joten Kaunokin C ja Vanamon B-talo tulevat noin 80 € kalliimmiksi vuodessa. Jälkilämmityksen ja IV-järjestelmän käyttökustannusten ero on pienempi kuin hajautetussa järjestelmässä. Tasaisemmat kustannukset selittyvät jälkilämmityksen toteuttamisella vesikiertoisella patterilla. Jos keskitetty järjestelmä olisi toteutettu sähköpatterilla, olisi se nostanut käyttökustannusten määrää merkittävästi.



KUVA 8. Keskitetyn järjestelmän käyttökustannukset vuodessa taloittain

Tarkasteltaessa kahden järjestelmän näkökulmasta käyttökustannuksia tuli keskitetty järjestelmä selvästi kalliimmaksi vuodessa kuin hajautettu järjestelmä. Käyttökustannuksiin vaikuttavat laitevalinnat, suunnittelu ja käyttötavat. Laitevalinnoissa kustannuksiin vaikuttavat tekniset yksityiskohdat, kuten SFP-luku ja poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Kairin jokaisessa koneessa SFP-luku on korkeampi kuin Valloxin koneissa, eli toisin sanoen koneen puhaltimet käyttävät enemmän sähköenergiaa. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on Kairin koneissa 5 - 10 prosenttiyksikköä huonompi kuin Valloxin koneissa. Tämä nostaa puolestaan jälkilämmityksen tarvetta. Jälkilämmityksen tarvetta kasvattaa molemmissa järjestelmissä lämmöntalteenottolaitteen ohitus talvitilanteessa. Tällöin poistoilmasta ei saada lämpöä talteen ollenkaan, joten tuloilman lämmitys jää täysin jälkilämmityspatterin varaan. Keskitetyssä järjestelmässä jälkilämmityksen tarve on myös syksyllä suurempi, koska jäteilman lämpötila on suurempi kuin Valloxin koneissa. Toisin sanoen ohituspelti avautuu suuremmassa lämpötilassa estääkseen lämmöntalteenoton huurtumisen ja näin ollen lämmitys jää täysin jälkilämmityspatterin varaan.

Suunnitteluun vaikuttavat ilmavirrat ja painehäviöt. Mitä suuremmat ovat ilmavirrat ja painehäviöt, sitä suuremmat ovat myös energiakustannukset. Ilmavirrat vaikuttavat sekä jälkilämmityksen että koneen sähkön kulutuksen suuruuteen. Painehäviöt vaikuttavat ainoastaan koneen sähkön kulutukseen.

Käyttötavalla voidaan puolestaan vaikuttaa todella paljon kustannuksiin hajautetussa järjestelmässä. Koska koneissa on tarpeenmukainen ilmanvaihto, pystytään sillä jo säästämään energiaa selvästi vakioilmavirtaiseen järjestelmään verrattuna. Tuloksissa hajautetun järjestelmän käyttökustannukset on laskettu normaalilla ilmanvaihdolla läpi vuoden, joten ne eivät anna tarkkaa kuvaa todellisista kustannuksista. Ihmiset ovat hyvin erilaisia ilmanvaihdon tottumusten suhteen. Jotkut pitävät runsaasta ilmanvaihtoa ja täten käyttävät konetta suuremmalla teholla. Toiset taas pitävät konetta mahdollisimman pienellä vedon tunteen vähentämiseksi. Näin ollen tarpeenmukaista ilmanvaihtoa on hankala laskea. Suurimmat säästöt tapahtuvat kuitenkin silloin, kun asunnossa ei ole kukaan, jolloin kone käy pienimmällä ilmavirralla.

Huoltojen säännöllinen tekeminen vaikuttaa myös käyttökustannusten suuruuteen ja toimintavarmuuteen. Keskitetyissä järjestelmissä huollon ja käytön vastuu on aina taloyhtiöllä, ja silloin kaikki tarvittavat toimenpiteet tulee suoritettua ajallaan ja koneen automatiikkaa pystytään paremmin valvomaan. Asuntokohtaisissa ratkaisussa vastuu voi olla asunnon omistajalla tai taloyhtiöllä riippuen siitä, miten asiasta on sovittu. Jos vastuu jää asunnon käyttäjällä, voi mahdolliset huollot viivästyä todella pitkällekin. Osa käyttäjistä voivat olla melko vastuuttomia, jolloin esimerkiksi suodattimien vaihdot voivat viivästyä pitkäänkin. Mitä likaisemmat suodattimet ovat, sitä suuremmaksi kasvaa järjestelmässä painehäviö, joka puolestaan lisää ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutusta merkittävästi.

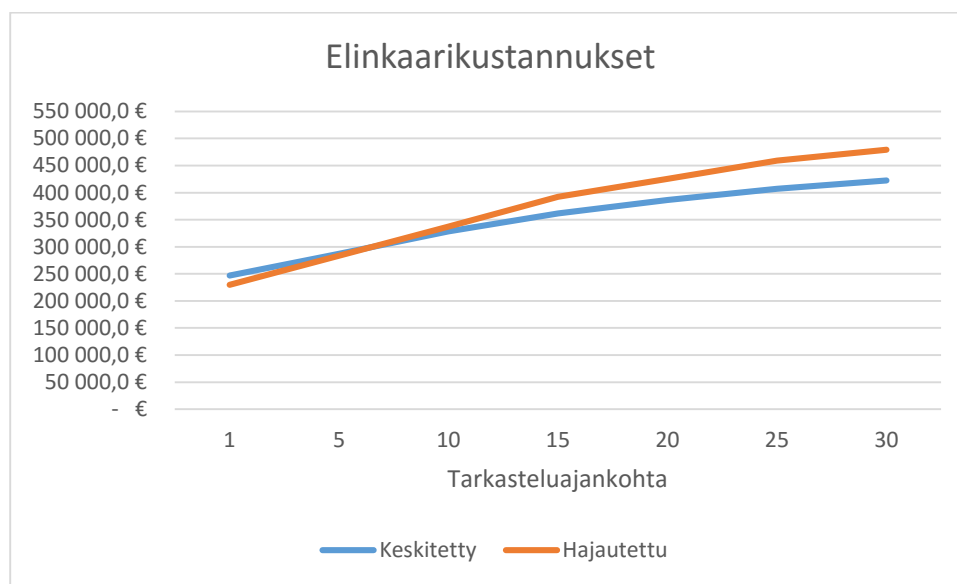
7.3 Elinkaarikustannukset

Taulukon 8 mukaan elinkaarikustannukset tulevat kalliimmaksi hajautetussa järjestelmässä. 30 vuoden elinkaaren aikana hajautetun järjestelmän kustannukset hipovat lähes puolta miljoonaa euroa. Keskitetyn järjestelmän elinkaarikustannukset tulevat kokonaisuudessaan yli 60 000 euroa kalliimmaksi. Neliötä kohden vertailussa eroa ei tule kuin 15 euroa, mutta jos verrataan henkilöä kohden, eroa on jo 500 euroa.

TAULUKKO 8. Kaikkien kiinteistöiden elinkaarikustannukset

	Keskitetty	Hajautettu
Kokonaiselinkaari (€)	425 614 €	487 878 €
Elinkaari €/m ²	102 €	117 €
Elinkaari €/hlö	3 432 €	3 935 €

Kuvassa 9 on esitetty, kuinka kustannukset jakautuvat molemmissa järjestelmissä eri vuosina. Elinkaaren alkupuolella keskitetty järjestelmä on noin 20 000 euroa kalliimpi kuin hajautettu järjestelmä. Noin 7 vuoden jälkeen hajautettu järjestelmä alkaa olemaan kalliimpi kuin keskitetty järjestelmä. Elinkaaren loppua kohden hajautetun järjestelmän kustannusten ero keskitettyyn järjestelmään kasvaa tasaisesti suuremmaksi. Kasvavaa eroa selvittää hajautetun järjestelmän kalliimmat huoltokustannukset vuosittain. 10 vuoden välein otettiin molemmissa järjestelmissä tarkasteluun mukaan ilmanvaihtokanavien puhdistus. Hajautetussa järjestelmässä kaikkien koneiden puhdistus maksaa yli 20 000 euroa, kun taas keskitetyssä järjestelmässä hinta on vain vähän yli 2000 euroa.



KUVA 9. Keskitetyn ja hajautetun järjestelmän elinkaarikustannukset

Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty Kaunokin ja Vanamon elinkaarikustannukset. Taulukossa 9 esitettyjen tuloksien mukaan Kaunokin taloissa eroa kahden järjestelmän välille tulee lähes 37 000 euroa 30 vuoden aikana. Neliötä kohden ero pysyy lähes samana verrattaessa kaikkien talojen kustannuksiin. Henkilöä kohden eroa on yli 500 euroa.

TAULUKKO 9. Kaunokin elinkaarikustannukset

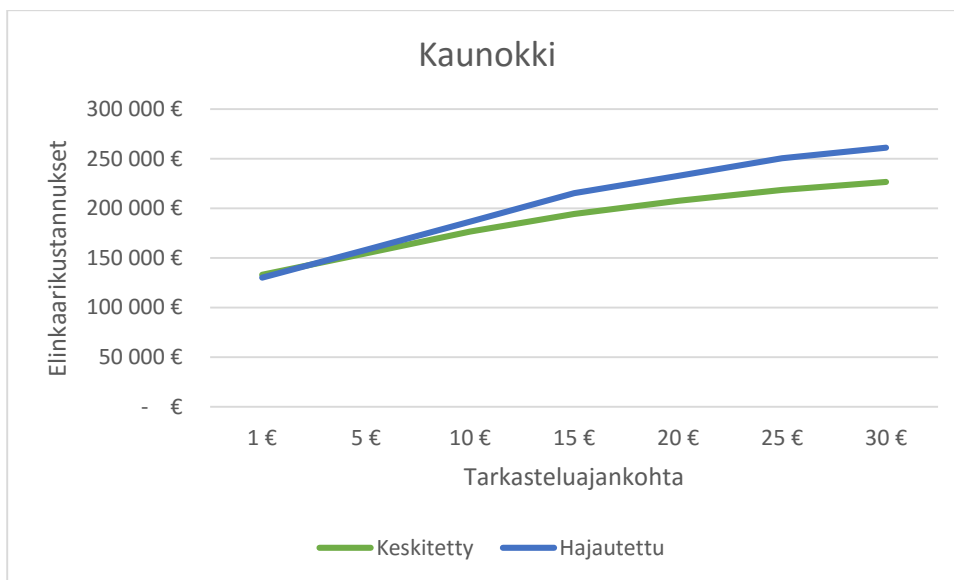
	Keskitetty	Hajautettu
Kokonaiselinkaari (€)	228 346 €	265 320 €
Elinkaari €/m ²	102 €	118 €
Elinkaari €/hlö	3 358 €	3 902 €

Taulukosta 10 Vanamon kustannuksissa puolestaan eroa koko elinkaarimittarin aikana tulee yli 22 000 euroa. Kustannukset tulevat Vanamossa halvemmaksi kuin Kaunokissa, koska siinä on yksi talo vähemmän ja täten asuntojakin on vähemmän. Tästä johtuen myös elinkaarihinnat neliötä ja henkilöä kohden tulevat myös halvemmaksi.

TAULUKKO 10. Vanamon elinkaarikustannukset

	Keskitetty	Hajautettu
Kokonaiselinkaari (€)	196 684 €	218 865 €
Elinkaari €/m ²	103 €	114 €
Elinkaari €/hlö	3 512 €	3 908 €

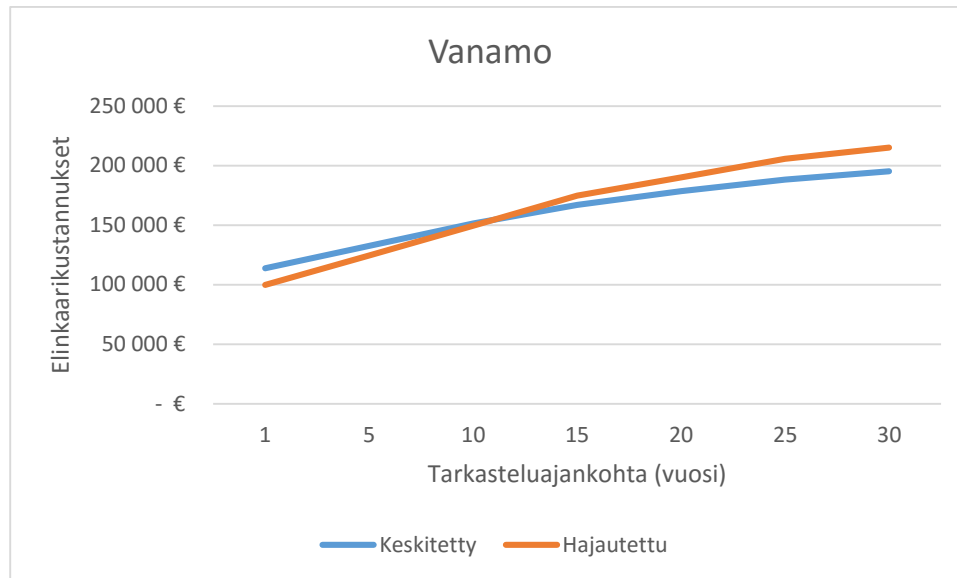
Tarkastellaan seuraavaksi kuvissa 10 ja 11 kuinka kustannukset jakautuvat eri vuosille molemmissa kiinteistöosakeyhtiöissä. Kuvassa 10 näkyy, että lähes koko elinkaarensa aikana hajautettu järjestelmä on kalliimpi ratkaisu kuin keskitetty järjestelmä. Noin kymmeneen vuoteen ei ole suurta eroa kustannuksissa, mutta sen jälkeen alkaa ero kasvamaan.



KUVA 10. Kaunokin elinkaarikustannukset

Koska Vanamon asuntojen määrät ovat pienemmät kuin Kaunokissa, näkyy se myös elinkaarikustannuksissa. Kuvasta 11 voidaan huomata, että keskitetyn järjestelmän hinta on elinkaaren alussa jopa 20 000 euroa suurempi hajautetun järjestelmän. Sen jälkeen

menee yli 10 vuotta, ennen kuin hajautetun järjestelmän kokonaiskustannukset tulevat kalliimmaksi. Jakson lopussa hajautettu järjestelmä on puolestaan 20 000 euroa kalliimpi.



KUVA 11. Vanamon elinkaarikustannukset

Kuten edellisistä kuvasta voidaan huomata, kalliimmalla investoinnilla voidaan saavuttaa kokonaisuudessaan halvemmat kustannukset. Elinkaarikustannusten suuruuteen vaikuttaa merkittävästi huolto- ja käyttökustannusten suuruudet. Tosin jos keskitetyn järjestelmän investointikustannustarkasteluun otetaan mukaan putki-, sähkö- ja automaatiokustannukset, nousee investointikustannus selvästi suuremmaksi kuin hajautetussa järjestelmässä. On myös otettava huomioon, että näissä tuloksissa ei tarkasteltu ajantasaistus-, muutos- eikä purkukustannuksia, jotka vaikuttavat molempien järjestelmien suuruuteen. Esimerkiksi keskitettyyn järjestelmään valittiin ilmanvaihtokone, johon on mahdollisuus myöhemmin lisätä jäähdytyspatteri mukaan. Ajantasaistus- ja muutokustannusten suuruuteen vaikuttaa paljon myös, kuinka hyvin muuntojoustavuus on otettu huomioon.

Huoltokustannusten tarkasteluun otettiin huomioon ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus. Suosituksen mukaan puhdistus tulisi tehdä viiden vuoden välein, mutta kuitenkin viimeistään 10 vuoden välein /29/. Viiden välein tehtävä huolto nostaa kustannusten määrää varsinkin hajautetussa järjestelmässä, mutta parantaa sisäilman laatua ja viihtyisyyttä. Jos vaikutuksia miettii taloudelliselta näkökannalta, elinkaarikustannusten

määrä vaikuttaa vuotuisten tuottojen ohella mahdollisen jäännösarvon suuruuteen. Jos asiaa pohditaan ekologiselta kannalta, pienemmät kustannukset aiheuttavat myös vähemmän hiilidioksidipäästöjä ja sitä kautta vähennetään kasvihuoneilmiötä.

8 POHDINTA

Pohdinnassa on esitetty kootusti molempien järjestelmien edut ja haitat. Edut ja haitat koostuvat lähinnä tarkasteltavista kustannuksista ja ominaisuuksista. Keskitetyssä järjestelmästä löytyy seuraavia etuja ja haittoja.

- Edut
 - Halvemmat elinkaarikustannukset
 - Halvemmat huoltokustannukset
 - Vesikiertoisella patterilla halvemmat energiakustannukset
 - Automaatio paremmin valvottavissa
 - Huoltotoimenpiteet suoritetaan konehuoneessa
 - Jäähdytys pystytään paremmin toteuttamaan

- Haitat
 - Kalliimmat investointikustannukset
 - Ilmavirtoja ei pysty itse säätämään
 - Automaatio on monimutkaisempi
 - Jälkilämmityspatterin putkistossa jäätymis- ja vuotoriski
 - Ilmanvaihtokoneen mahdolliset viat ja siitä aiheutuvat huoltoimenpiteet vaikuttavat kaikkiin asukkaisiin

Hajautetusta järjestelmästä löytyy puolestaan seuraavanlaisia puolia.

- Edut
 - Ilmavirtoja pystytään tarpeenmukaisesti säätämään
 - Tarpeenmukainen ilmanvaihto säästää selvästi energiaa
 - Halvemmat investointikustannukset
 - Allergiaystävällisempi ilmanvaihtoratkaisu
 - Jälkilämmityksen sähköpatteri toimintavarmempi. Ei vuotoriskiä

- Ilmanvaihto pystytään ohjaamaan hiilidioksidipitoisuuden ja läsnäolon mukaan
- Haitat
 - Kalliimmat elinkaarikustannukset
 - Kalliimmat huoltokustannukset
 - Jälkilämmityksen sähköpatterin kalliimpi energiakustannus
 - Automaatiota ei pystytä niin hyvin valvomaan
 - Tupakansavu ja katupöly voivat kulkeutua helpommin ilmanvaihtoon
 - Huoltotoimenpiteet pitää suorittaa asunnossa mikä vaikuttaa asukkaisiin
 - Huollot saattavat viivästyä, jos ne jäävät asukkaan vastuulle

Tupakansavun kulkeutuminen sisätiloihin riippuu pitkälti siitä, mihin raitisilmanaukko on suunniteltu. Katupölyn leviäminen on puolestaan ongelmallisempaa alemmissa kerroksissa. Jos huollon vastuu jää hajautetussa järjestelmässä taloyhtiölle, silloin ne todennäköisemmin hoidetaan ajallaan, ja on silloin yhtä suuri etu kuin keskitetyssä järjestelmässä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli siis vertailla ominaisuuksia ja kustannuksia. Tavoitteessa onnistuttiin melko hyvin, vaikka joitakin rajoituksia jouduttiin ajan mittaan tekemään. Vertailussa käytettyjä menetelmiä onnistuttiin hyödyntämään ja käyttämään pääpiirteittäin. Ainoastaan sähköpostien kautta lähettämiin kyselyihin ei saatu yhtäkään vastausta. Uutena menetelmänä alkuperäisestä suunnitelmasta tuli Kairin mitoitusohjelman käyttäminen, josta saatiin käyttökustannukset selvitettyä keskitetyssä järjestelmästä.

Työn alkuperäisiin tavoitteisiin kuului selvittää, kuinka kustannustehokkuus eroaa vuokra ja myyntikohteesta. Näkökanta päätettiin kuitenkin rajata pois työstä, koska se koettiin liian laajaksi aihealueeksi tähän työhön. Tuloksissa oli puolestaan tarkoituksena esittää investointikustannusten ohessa rakennus- ja putkipuolen kustannuksia, mutta niitä ei loppupeleissä saatu tietoon, joten esittelyyn tuli mukaan ainoastaan ilmanvaihtourakan kustannukset. Kustannuksien kautta oli tarkoituksena myös tutkia minkä kokoisissa taloissa kannattaisi siirtyä keskitettyyn järjestelmään. Koska keskitetystä järjestelmästä ei ollut tiedossa kaikki investointikustannuksia, eikä hajautetun järjestelmän käyttökustannuksia laskettu tarpeenmukaisen ilmanvaihdon mukaan, päätettiin se jättää kokonaan pois tästä työstä. Tämän työn tiedoilla ei olisi saatu tarkkaa ja todenmukaista

kuvaa siitä, montako kerrosta ja asuntoa talossa saisi olla, että saataisiin mahdollisimman optimaalinen ratkaisu molempien järjestelmien kannalta.

Tässä opinnäytetyössä opittiin tutkimaan, minkälaisia kustannuksia eri ilmanvaihtojärjestelmät aiheuttavat, mistä ne johtuvat ja miten ne eroavat toisistaan. Ominaisuuksien puolesta lähinnä tarkasteltiin, kuinka rakenteelliset ja tekniset asiat eroavat näissä kahdessa ilmanvaihtojärjestelmässä. Näiden kahden ilmanvaihtojärjestelmän valintaan vaikuttaa pitkälti rakennuksen koko ja käyttöympäristö. Mitä suurempi rakennus, sen kannattavampaa on käyttää keskitettyä järjestelmää kustannusten kannalta. Käyttökustannusten suuruuteen pystytään vaikuttamaan merkittävästi tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla ja laitevalinnoilla. Elinkaarikustannukset puolestaan antavat kokonaisvaltaisemman käsityksen tulevista kustannuksista. Niiden avulla pystytään vähentämään kasvihuonekaasuja ilmastossa ja luomaan paremmat edellytykset kestäväälle kehitykselle.

Jatkokehityksenä tästä työstä voisi lähteä tutkimaan, kumpaa ilmanvaihtotapaa ihmiset suosisivat enemmän asuinkerrostaloissa. Lisäksi voitaisiin tutkia, kuinka paljon tarpeenmukainen ilmanvaihto säästää energiaa verrattuna vakioilmavirran ilmanvaihtoon. Toisena työnä voitaisiin tutkia, kuinka kustannustehokkuus muuttuu näiden kahden ilmanvaihtojärjestelmän osalta vuokrakohteessa verrattuna myyntikohteeseen. Kustannuksien kautta voitaisiin myös tutkia, minkä kokoisissa taloissa kannattaa käyttää keskitettyä ja hajautettua järjestelmää.

LÄHTEET

1. Sandberg, Esa. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2015
2. Sandberg, Esa. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2015
3. Fläkt Woods Oy. WWW-dokumentti. <http://www.flaktwoods.fi/sisailma/>. Päivitetty 4.2.2016. Luettu 31.1.2016
4. Ympäristöministeriö 2011. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf. Luettu 3.2.2016
5. Rakennustieto Oy. LVI-ohjekortti LVI 05-10440 Sisäilmastoluokitus 2008. PDF-dokumentti. Luettu 3.2.2016
6. Lamminaho, Heikki 2012. Talotekniikan instituutti, Seminaari luento 2012. <http://slideplayer.biz/slide/1933869/>. Luettu 27.1.2016
7. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2003. Asumisterveysopas, Asumisterveysohje. Helsinki. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveys-ohje_pdf.pdf. Luettu 4.2.2016
8. Allergialiitto 2004. WWW-dokumentti. <http://www.taloyhtio.net/hoku/hokutiedotteet/5402.aspx>. Päivitetty 4.2.2016. Luettu 2.2.2016
9. Seppänen, Kim 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. Itä-Suomen yliopisto Kuopio. Koulutusohjelma ei tiedossa
10. Matilainen, Veijo. Asuinrakennusten ilmanvaihto. Rakennustieto Oy. PDF-dokumentti. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050306.pdf>. Päivitetty 8.12.2015. Luettu 13.1.2016
11. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2010/31/EU). Motiva. WWW-dokumentti. http://www.motiva.fi/taustatieto/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi. Päivitetty 16.7.2015. Luettu 4.2.2015
12. Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Forssa. 2015
13. Ympäristöministeriö 2013. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeenlaskenta, ohjeet 2012. PDF-dokumentti. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5_2012.pdf. Luettu 3.3.2016
14. Ympäristöministeriö 2011. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2011. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf. Luettu 3.3.2016
15. Ympäristöministeriö 2003. E7 Suomen rakentamismääräyskokoelma, ilmanvaihtolaitteistoiden paloturvallisuus, ohjeet 2004. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/17076-E7s.pdf>. Luettu 3.3.2016

16. Suomen LVI-Liitto 2012. Ilmanvaihtolaitteistoiden paloturvallisuusopas 2012. PDF-dokumentti. Luettu 3.3.2016
17. Oy Pamon ab. WWW-dokumentti. <http://www.kair.fi/fi/tuotteet/2185>. Päivitetty 3.3.2016. Luettu 3.3.2016
18. Fläkt Woods Oy. WWW-dokumentti. <http://www.flaktwoods.fi/products/air-treatment/air-handling-unit-compact/eq-top/>. Päivitetty 3.3.2016. Luettu 3.3.2016
19. Vallox Oy. WWW-dokumentti. http://www.vallox.com/tuotteet/vallox_ilmanvaihtokoneet/vallox_096_mv.html. Päivitetty 3.3.2016. Luettu 3.3.2016
20. Vallox Oy. WWW-dokumentti. http://www.vallox.com/tietoa_ilmanvaihdosta. Päivitetty 3.3.2016. Luettu 3.3.2016
21. Suodatinpiste. WWW-dokumentti, tuoteluettelo. <http://www.suodatinpiste.fi/product/911/vallox-096-se--mc--suodattimet>. Päivitetty 3.3.2016. Luettu 3.3.2016
22. Leisio, Petri 2016. Puhalinkeskustelu. 2.3.2016. Myyjä. Suodatinmestarit Oy
23. Reinikainen, Jukka 2016. Henkilökohtainen tiedonanto. 8.2.2016. LVI-asentaja. Vesijohtoliike Reinikainen Ky
24. Karjalainen, Leija. Optimi, Matematiikkaa talouselämän ammattilaisille. Otava. Keuruu. 2005
25. Green Building Council Finland. WWW-dokumentti. <http://figbc.fi/elinkaarimittarit/laskentaohjeet/elinkaarikustannusten-laskenta/>. Päivitetty 10.3.2016. Luettu 10.3.2016
26. VTT 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. PDF-dokumentti. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>. Luettu 10.3.2016
27. Ympäristöministeriö 2011. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma, määräykset ja ohjeet 2012. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Luettu 15.3.2016
28. Kosunen, Lauri 2016. Puhelinsoitto. 16.3.2016. Toimitusjohtaja. Suomen Ilmanvaihdonhuolto
29. Suomen Ilmanvaihdonhuolto. WWW-dokumentti. <http://www.ilmanvaihdonhuolto.fi/ilmanvaihtokanavien-puhdistus>. Päivitetty 22.3.2016. Luettu 22.3.2016
30. Nykänen, Antti 2016. Henkilökohtainen tiedonanto. 10.3.2016. LVI-Insinööri. Air Exet Oy
31. Piikkilä, Veijo ja Sahlsten Toivo 2012. Kiinteistöiden tiedonsiirtoväylät. ST-käsikirja 21. Espoo. Sähköinfo Oy
32. Rtek by energement 2015. Ekosuunnitteludirektiivi 2016. WWW-dokumentti. http://www.energent.fi/ajankohtaista_30.html. Päivitetty 6.4.2016. Luettu 6.4.2016

33. Laakoli, Juhani 2016. Puhelinsoitto 11.4.2016. LVI-Valvoja. LVI-insinööritoimisto Altecon Oy

Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta



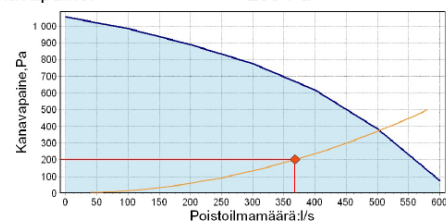
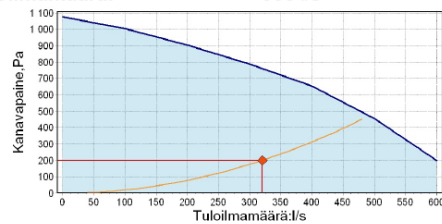
Koneajo
KAIR ECoCounter 2185-EC-VP
Tasavirtakammio puhaltimet-EC
vastavirtalämmönvaihdin

Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

Tuloilmamäärä: 320 l/s **Kanavapaine:** 200 Pa
Poistoilmamäärä: 368 l/s **Kanavapaine:** 200 Pa



Ominais sähköteho SFP

1,50 kW / (m³/s)

LTO:n lämpötilahyötysuhde:

94,0% Alue 2

Äänitiedot

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz	Lw	LwA
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)
Tuloilma	69	61	61	68	68	66	61	58	75	72
Poistoilma	53	49	54	59	51	41	28	25	62	58
Ulkoilma	58	55	58	60	56	50	42	37	65	61
Jäteilma	68	59	53	54	56	55	53	57	69	62
Vaipan läpi	60	46	37	44	43	36	31	30	61	46

Tuloilmasuodatin

Malli: Pussisuodatin
Koko: 490x673-450/6
Suodatusluokka: EU7
Alkupainehäviö (puhdas): 25 Pa
Painehäviömitoitus(0% likaantunut): 25 Pa
Loppupainehäviö (likainen): 50 Pa

Poistoilmasuodatin

Malli: Pussisuodatin
Koko: 490x673-450/4
Suodatusluokka: EU5
Alkupainehäviö (puhdas): 9 Pa
Painehäviömitoitus(0% likaantunut): 9 Pa
Loppupainehäviö (likainen): 23 Pa

Jälkilämmityspatteri

Haluttava teho: 11,96 kW
Patterin teho: 11,96 kW
Putkiliitäntä: 2xØ22 mm Cu
Ilma:
Otsapintanopeus: 1,5 m/s
Painehäviö: 15 Pa
Tuloilma LTO:n jälkeen: -7 °C
Laskenta (sis. turvarajan 4 °C): -11 °C
Lämpötila patterin jälkeen: 20 °C
Neste:
Menovesi: 60 °C
Paluuvesi: 30 °C
Nestevirta: 0,10 l/s
Nesteen painehäviö: 1,9 kPa
Virtausnopeus: 0,34 m/s

Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta



Koneajo

KAIR ECoCounter 2185-EC-VP
Tasavirtakammiopuhaltimet-EC
vastavirtalämmönvaihdin

Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

Tuloilmamäärä:	320 l/s	Kanavapaine:	200 Pa
Poistoilmamäärä:	368 l/s	Kanavapaine:	200 Pa

Vastavirtakenno

Lämpötilahyötysuhde:	94,0 %
LTO:n laskennallinen poistoilmavuosihyötysuhde	68,1 % Alue 2
Kenon teho mitoitusasteessa:	16,71 kW
Tuloilma	
Painehäviö:	94,0 Pa
Ulkoilmanlämpötila:	-29 °C
Tuloilma LTO:n jälkeen:	-7 °C
LTO:n huurteenesto:	2 °C
Poistoilma	
Painehäviö:	160,4 Pa
Poistoilman lämpötila:	21 °C
Jäteilmanlämpötila:	2 °C
Poistoilman suhteellinen kosteus:	40,0 %

Tuloilmapuhallin

Tasavirtakammiopuhallin -EC, portaattomalla säädöllä	
Ottoteho:	255 W
Kokonaispaineenkorotus:	416 Pa
Pyörimisnopeus:	2 367 rpm
Tyyppi:	K3G250AV29B2
K-arvo:	70 m³/h

Poistoilmapuhallin

Tasavirtakammiopuhallin -EC, portaattomalla säädöllä	
Ottoteho:	296 W
Kokonaispaineenkorotus:	435 Pa
Pyörimisnopeus:	2 504 rpm
Tyyppi:	K3G250AV29B2
K-arvo:	70 m³/h

Sähkötiedot

Ottoteho:	1,5 kW
Syöttösulake:	3x16 A

Paino 380 kg

Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta

**Ominais sähköteho SFP**

KAIR ECoCounter 2185-EC-VP

Tasavirtakammio puhaltimet-EC

vastavirtalämmönvaihdin

Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

Tuloilmamäärä:	320 l/s	Kanavapaine:	200 Pa
Poistoilmamäärä:	368 l/s	Kanavapaine:	200 Pa

Tuloilmasuodatin

Suodatusluokka:	EU7
Painehäviömitoitus(0% likaantunut):	25 Pa

Poistoilmasuodatin

Suodatusluokka:	EU5
Painehäviömitoitus(0% likaantunut):	9 Pa

Tuloilmapuhallin

Tasavirtakammio puhallin -EC, portaattomalla säädöllä	
Ottoteho:	255 W
Kokonaispaineenkorotus:	416 Pa
Pyörimisnopeus:	2 367 rpm
Ohjausjännite:	6,800 V

Poistoilmapuhallin

Tasavirtakammio puhallin -EC, portaattomalla säädöllä	
Ottoteho:	296 W
Kokonaispaineenkorotus:	435 Pa
Pyörimisnopeus:	2 504 rpm
Ohjausjännite:	7,200 V

Ominais sähköteho SFP1,5 kW / (m³/s)

Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta



Lämmöntalteenoton laskennallinen poistoilmavuosihiötysuhde

KAIR ECoCounter 2185-EC-VP

Tasavirtakammiopuhaltimet-EC

vastavirtalämmönvaihdin

Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

Tuloilmamäärä:	320 l/s	Kanavapaine:	200 Pa
Poistoilmamäärä:	368 l/s	Kanavapaine:	200 Pa

LTO:n tuloilmahiötysuhde	94 %
Poistoilman suhteellinen kosteus:	40 %
Poistoilman lämpötila:	21 °C
Tuloilman lämpötila:	20 °C
Ulkoilmanlämpötila:	-29 °C
Käyttöaika:	24 h/vrk
ilman ominaispaino	roo 1,2 kg/m ³
astepäiväluku	6 154 Vyöhyke Alue 2
LTO:n huurteeneston jäteilman lämpötila	2 °C

ilman lämmitysenergian tarve ilman LTO:ta (A)	56 714 kWh/a
LTO:lla talteenotettu lämmitysenergia (A-B)	44 383 kWh/a

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 68,1 %

$$\eta_a = \frac{R_T S_T}{S_S} = \frac{0,87 * 4 816}{6 154} = 68,1$$

Liite 1

ST ja SS:n arvot on kuvattu liitteessä 1.

Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta



Mittatiedot

KAIR ECoCounter 2185-EC-VP

Tasavirtakammiopuhaltimet-EC

vastavirtalämmönvaihdin

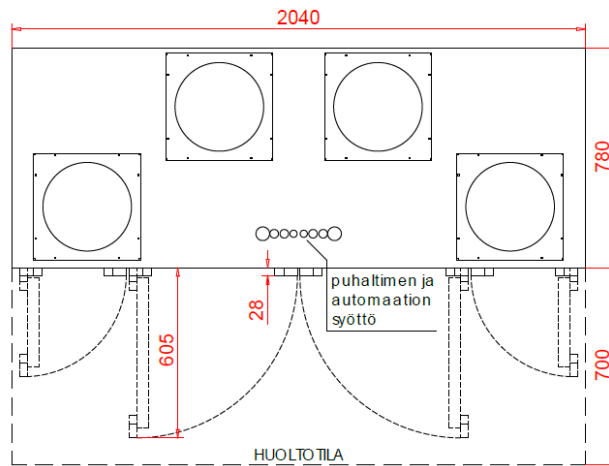
Kohde:

Lisätiedot:

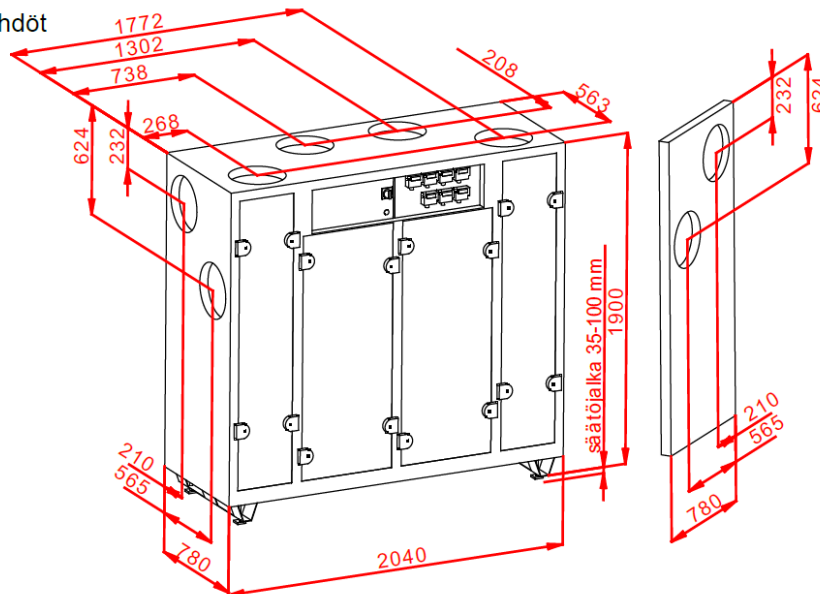
Konetunnus:

Tuloilmamäärä:	320 l/s	Kanavapaine:	200 Pa
Poistoilmamäärä:	368 l/s	Kanavapaine:	200 Pa

Mittakuva 2185-EC



Kanavalähdöt



Kair koneen mitoitusohjelman tiedot Kaunokki A-talosta



Liite 1

KAIR ECoCounter 2185-EC-VP

Tasavirtakammiopuhaltimet-EC

vastavirtalämmönvaihdin

Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

Tuloilmamäärä:	320 l/s	Kanavapaine:	200 Pa
Poistoilmamäärä:	368 l/s	Kanavapaine:	200 Pa

tu	Aika	ttLto, C	tj, C	ts	tj	ttLTO	RLTO	?t	?p	SS, Kd	ST, Kd
°C	vuodesta,%	maks.	min	°C	°C	°C					
-37	0,023	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,38	0,33	5	2
-36	0,046	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,38	0,33	5	2
-35	0,080	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,39	0,34	7	3
-34	0,091	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,40	0,35	2	1
-33	0,114	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,40	0,35	5	2
-32	0,148	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,41	0,36	7	3
-31	0,183	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,42	0,37	7	3
-30	0,217	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,43	0,37	6	3
-29	0,251	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,44	0,38	6	3
-28	0,274	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,45	0,39	4	2
-27	0,479	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,46	0,40	36	16
-26	0,708	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,46	0,40	39	18
-25	0,868	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,48	0,41	27	13
-24	1,130	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,49	0,42	43	21
-23	1,484	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,50	0,43	57	28
-22	1,849	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,51	0,44	57	29
-21	2,192	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,52	0,45	53	27
-20	2,603	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,53	0,46	62	33
-19	3,082	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,55	0,48	70	38
-18	3,642	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,56	0,49	80	45
-17	4,486	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,58	0,50	117	67
-16	5,183	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,59	0,51	94	56
-15	6,290	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,61	0,53	145	88
-14	7,192	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,62	0,54	115	72
-13	7,842	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,64	0,56	81	52
-12	8,550	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,66	0,58	85	56
-11	9,600	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,68	0,59	123	84
-10	10,559	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,70	0,61	109	76
-9	11,906	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,73	0,63	147	107
-8	13,459	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,75	0,66	164	124
-7	15,491	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,78	0,68	208	162
-6	17,340	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,81	0,70	182	147
-5	19,372	17	0	21	2,0	20,0	0,9	0,84	0,73	193	162
-4	21,826	17	0	21	2,2	20,0	0,9	0,86	0,75	224	193
-3	24,726	17	0	21	3,1	20,0	0,9	0,86	0,75	254	218
-2	28,607	17	0	21	3,8	20,0	0,9	0,86	0,75	326	280
-1	34,110	17	0	21	4,6	20,0	0,9	0,86	0,75	442	379
0	40,548	17	0	21	5,3	20,0	0,9	0,86	0,75	493	423
1	45,674	17	0	21	6,1	20,0	0,9	0,86	0,75	374	321
2	49,326	17	0	21	6,8	20,0	0,9	0,86	0,75	253	217
3	52,957	17	0	21	7,6	20,0	0,9	0,86	0,75	239	204
4	56,199	17	0	21	8,3	20,0	0,9	0,86	0,75	201	172
5	58,562	17	0	21	9,1	20,0	0,9	0,86	0,74	138	118
6	60,925	17	0	21	9,8	20,0	0,9	0,86	0,74	129	111
7	63,253	17	0	21	10,6	20,0	0,9	0,86	0,74	119	102
8	65,947	17	0	21	11,3	20,0	0,9	0,86	0,74	128	109
9	68,858	17	0	21	12,1	20,0	0,9	0,86	0,74	128	109
10	71,872	17	0	21	12,8	20,0	0,9	0,86	0,74	121	104
11	75,537	17	0	21	13,6	20,0	0,9	0,86	0,74	134	114
12	78,927	17	0	21	14,3	20,0	0,9	0,86	0,74	111	95
Yhteensä:										6 154	4 816