



NIILO HAMMAR

IV-konehuoneiden kokojen kartoitus hankesuunnitteluvaiheessa

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka
2020

Tekijä(t) Hammar, Niilo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Kuukausi Vuosi 5/2020
	Sivumäärä 44	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi IV-konehuoneiden kokojen kartoitus hankesuunnitteluvaiheessa		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Tiivistelmä <p>Työssä tutkittiin, miten ilmanvaihtokoneiden SFP-luvun, lämmöntalteenoton hyötysuhteen ja kanavistolle varattava painehäviön vaihtoehdot vaikuttavat ilmanvaihtokonehuoneiden tilantarpeeseen. Työssä selvitettiin myös, miten kanavakokojen muutos vaikuttaa painehäviöihin kanavistossa sekä tilantarpeeseen hormoneissa.</p> <p>Tapaustutkimuksena vertailtiin SFP-luvun muutos $1,8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \rightarrow 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$, LTO hyötysuhteen muutos $75 \% \rightarrow 80 \%$ sekä kanavapaineen muuttaminen $300\text{Pa} \rightarrow 200\text{Pa}$.</p> <p>SPF-luvulla tarkoitetaan ilmanvaihtokoneiden ominaissähkötehoa ja se kuvaa paljonko sähkötehoa (kW) ilmanvaihtokone tarvitsee siirtääkseen 1m^3 ilmaa sekunnissa.</p> <p>Työssä käytettiin IV-produktin ilmanvaihtokoneita, joiden tekniset ajot saatiin IV-produktin mitoitusohjelman kautta. Kaikissa ilmanvaihtokoneissa on samat perusominaisuudet. Kaikissa koneissa ilmavirta on $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja lämmöntalteenoton tyyppinä käytettiin pyörivää lämmönsiirrintä.</p> <p>Työssä havaittiin, että suurin vaikutus ilmanvaihtokoneiden tilantarpeeseen oli SFP-luvulla ja kanavapaineella. Lämmöntalteenoton hyötysuhteella ei ollut vaikutusta koneiden mittoihin. Kanavien koon kasvattaminen vaikutti positiivisesti kanavien painehäviöön. Tässä tapauksessa kanavapaine laski keskimäärin noin 65 % alkuperäisestä kun kanavakoko kasvatettiin. Paremman hyötysuhteen omaavan koneen tilavuus oli 58% suurempi kuin huonoimman hyötysuhteen omaavan koneen.</p>		
Asiasanat Ilmanvaihtokone, SFP-luku, kanavapaine, lämmöntalteenotto		

Author(s) Hammar, Niilo	Type of Publication Bachelor's thesis /	Date Month Year 5/2020
	Number of pages 44	Language of publication: Finnish
Title of publication Examination of air handling unit room size at the project planning stage		
Degree program Construction and civil engineering		
Abstract <p>Aim of this thesis was to exam the effect of air handling unit parameters on the space requirement of the air handling unit room. Examined parameters were SFP-numbers 1,8 kW/(m³/s) and 1,5 kW/(m³/s), heat recovery efficiency (75 % and 80 %) and external pressure left for the ducting (200 Pa and 300 Pa). Comparison was made between six different air handling units.</p> <p>IV-products air handling units were used in the comparison. All compared units had the same basic elements and properties such as air flow of 5m³/s, and rotating heat exchanger.</p> <p>As part of the thesis, it was also examined, how the changes in duct sizes affect the pressure loss in ducting as well as space requirement in ventilation shaft.</p> <p>As a result, it was observed that changes in SFP-number and external pressure left for the duction had the greatest effect on the size of air handling unit room. Heat recovery efficiency had no effect on the size of air handling unit. As can be expected, increase in the size of ducting decreased the ducting pressure loss. In the studied case, the decrease in pressure loss was on average about 65 %. When comparing the volume of examined air handling units with the best and the worst efficiency, it was observed that the air handling unit with the best efficiency had 58 % greater volume.</p> <p>Finally, energy calculations were made to estimate the annual operation cost of the air handling units.</p>		
<u>Key words</u> air handling unit, SFP-number, external pressure, heat recovery		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 YLEINEN OSA.....	7
2.1 Ilmanvaihtokonehuone.....	7
2.1.1 Ilmanvaihtokone.....	8
2.2 Ilmanvaihto.....	10
2.3 SFP-luku.....	13
3 LTO.....	14
3.1 Vuosihyötysuhteeseen vaikuttavat tekijät.....	15
3.1.1 Jäätymisenesto.....	15
3.1.2 Paikkakunta.....	15
3.1.3 Ilmavirtojen suhde.....	15
3.2 Pyörivä lämmönsiirrin.....	16
3.3 Levylämmönsiirrin, ristivirta.....	17
3.4 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto.....	17
4 ILMANVAIHTOVERKOSTON MUUT KOMPONENTIT.....	18
4.1 Patterit.....	18
4.1.1 Sähköpatteri.....	19
4.1.2 Jäähdytyspatteri.....	19
4.2 Kanavisto.....	19
4.2.1 Pyöreä kanavat.....	19
4.2.2 Suorakaidekanavat.....	20
4.3 Peltiosat.....	20
4.3.1 Palopelti.....	20
4.4 Äänenvaimennin.....	21
4.5 Suodattimet.....	22
5 KONEAJOJEN VERTAILU.....	23
5.1 Koneen koon vaikutus.....	24
5.2 Kanavapaineen vaikutus.....	26
5.3 LTO:n hyötysuhteen vaikutus.....	28
5.4 SFP-luvun vaikutus.....	30
5.5 Parhaimman ja huonoimman koneen vertailu.....	32
5.6 Koneajojen tulokset.....	33
6 KANAVAKOKOJEN VAIKUTUS.....	34
6.1 Kanavakokojen valinta.....	34

6.2 Kanavakoon vaikutus kanaviston painehäviöön.....	35
6.3 Yhteenveto.....	37
7 ELINKAAREN KUSTANNUS LASKENTA.....	38
7.1 Energian talteenotto.....	38
7.2 Käyttöenergiantarve.....	39
7.3 Käyttökustannukset.....	40
7.4 20 vuoden kustannuslaskelmat.....	40
8 YHTEENVETO.....	42

1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimi Granlund Oy. Toimin työn kirjoitusajankohtana nuorempana LVI-suunnittelijana Granlund Oy sivutoimipisteellä, Granlund Turun palveluksessa. Granlund Oy on suomalainen insinööritoimisto, jonka pääpaino on taloteknisessä suunnittelussa. Toimipisteitä on Suomessa 23 eri kaupungissa ja työntekijöitä on reilu 1000.

Työn tavoitteena on tehdä tutkimusta IV-konehuoneiden kokojen kartoituksesta hankesuunnitteluvaiheessa. Työssä tutkin toimistorakennuksen ilmanvaihtokonehuoneen tilantarvetta ja sitä, millä tavalla ilmanvaihtokoneiden SFP-luvun, lämmöntalteenoton hyötysuhteen ja kanavapaineen muuttaminen vaikuttavat IV-koneiden kokoihin ja tämän myötä myös ilmanvaihdon konehuoneen kokoon. SFP-lukuna käytetään 1.8 kW/(m³/s) ja 1.5 kW/(m³/s). Lämmöntalteenoton hyötysuhteina käytetään 80 % ja 75 %. Vertailu suoritetaan pyörivällä lämmöntalteenotolla. Kanavapaineina käytetään 200 Pa ja 300 Pa.

Työssä vertaillaan kuutta eri ilmanvaihtokonetta keskenään. Vertailussa käytettiin IV-produktin ilmanvaihtokoneita, vertailu tehtiin ilmanvaihtokonetoimittajan mitoitusohjelman avulla.

Työn alkuosiossa käydään läpi ilmanvaihtokoneen ja -verkoston komponentteja. Koneiden ja kanavapaineen vertailu suoritetaan työn loppuosiossa. Työn loppuosassa tutkitaan, kuinka kanaviston kokojen valinta vaikuttaa ilmanvaihtoverkoston painehäviöihin. Työn lopussa tehdään myös elinkaarilaskelmia, joista selviää koneiden käyttöaikaisia kustannuksia.

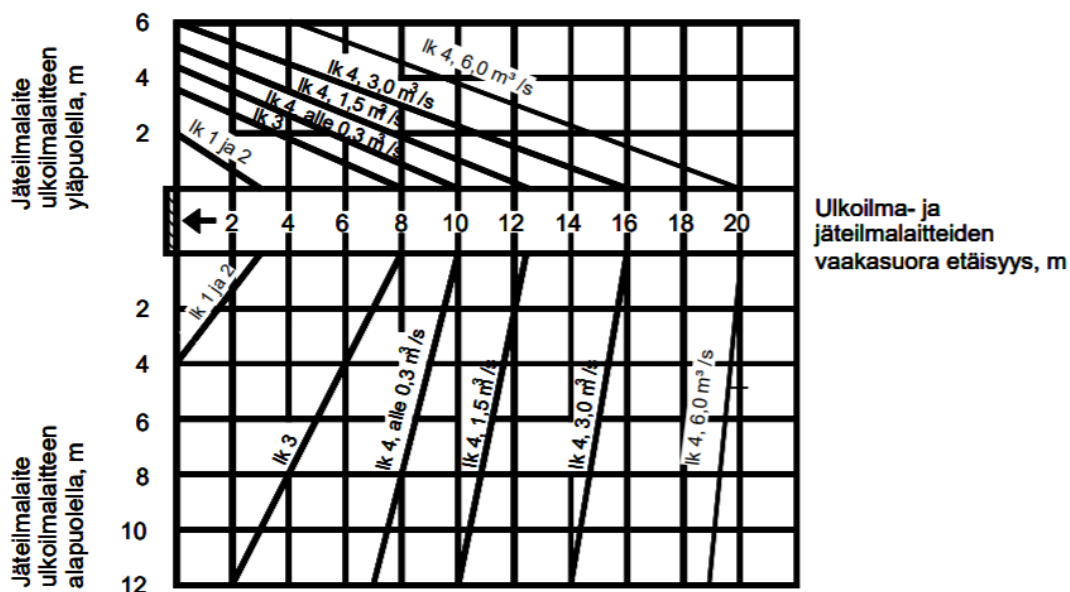
2 YLEINEN OSA

2.1 Ilmanvaihtokonehuone

Rakennuksen ilmanvaihtokonehuoneiden sijaintiin, lukumäärään ja tilan tarpeeseen vaikuttaa monta eri seikkaa. Suunnittelun alussa on tärkeää varata riittävän monta tilaa ja riittävän isot tilat ilmanvaihtokoneille, koska tilan ahtaudesta voi seurata heikompi energiatehokkuus, toiminta ja huollettavuus, sekä lisäksi järjestelmän tekninen joustavuus heikkenee. Koneet voivat sijaita keskitetysti samassa tilassa, kuten esimerkiksi rakennuksen katolla konehuoneessa tai vaihtoehtoisesti ilmanvaihtokoneet voivat olla hajallaan rakennuksessa. Tämä edellyttää ilmastointisuunnittelijalta tarvittavien ilmastointijärjestelmien ratkaisemista riittävän aikaisessa vaiheessa. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 205.)

Ilmanvaihtojärjestelmän raittiin ulkoilman sisäänotossa tulee ottaa huomioon, että ulkoa otettavan ilman laatu on mahdollisimman hyvää ja että kesäisin ilma on mahdollisimman viileä. Ilman lämpötilaan pystytään vaikuttamaan siten, että raitisilman sisäänotto sijaitsee rakennuksen pohjois- tai itäpuolella. Liikenteestä tulevien päästöjen pääsy rakennukseen ilmanvaihdon mukana tulee estää. Yleensä ulkoilma-aukot sijoitetaan rakennuksen pihanpuolelle mahdollisimman kauas liikennöidystä väylistä. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -oppaassa on annettu määräyksiä liittyen ulkoilman- ja jäteilman sijainnista toisiinsa nähden (kuva 1). (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 205-206.)

Ilmanvaihtokoneet sijaitsevat toimistorakennuksissa yleensä rakennuksen katolla omassa tilassaan. Ilmanvaihtokoneita voi olla yksi tai useampia kone riippuen kohteen koosta. Jos rakennus on iso, koneita tarvitaan useampi ja ne jaetaan palvelemaan eri osastoja rakennuksesta. Ilmanvaihtokonehuone sijoitetaan yleensä ylimpään kerrokseen sen takia, että näin on helpompi täyttää ympäristöministeriön vaatimukset jäteilman ulospuhalluksen ja raittiin ilman sisäänoton etäisyyksistä toisiinsa nähden. (Kuva 1).



Kuva 1. Ulkoilman ja jäteilma-aukkojen minimi etäisyys toisistaan. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, päivitetty 11.6.2019, 32)

Ulospuhallettava ilma tulee johtaa ulos siten, ettei se aiheuta terveyshaittoja rakennuksen käyttäjille, muille lähellä sijaitseville rakennuksille tai ympäristölle. Likainen ulospuhallusilma tulee puhaltaa ulos rakennuksen vesikatolta, mikäli ilmastointijärjestelmä ei edellytä toisin. Asuinhuoneistojen ja poistoilmaluokan 1 ilmanvaihdon poistoilma voidaan myös puhaltaa ulos rakennuksesta seinämästä ulospuhalluslaitteen avulla, niin kauan kunhan muut tässä kappaleessa esitetyt vaatimukset täyttyvät. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, päivitetty 11.6.2019, 30)

2.1.1 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneen ensisijainen tehtävä on vaihtaa rakennuksen sisällä olevaa ilmaa. Ilmanvaihtokone imee ulkoa raitisilmaa, joka menee koneen läpi ja samalla lämpöä siirtyy poistoilmasta tuloilmaan. Lämmönsiirron jälkeen tuloilma ohjataan kanavia pitkin huoneisiin. Keskusilmanvaihtokoneina käytetään eniten koteloituja ilmankäsittelykoneita. Keskusilmanvaihtokoneita on kaikissa rakennuksissa lukuun ottamatta pientaloja. Koneet sijaitsevat yleensä ilmastointikonehuoneissa tai joissain tapauksissa ne sijoitetaan palveltavaan tilaan kuten teollisuushalleihin, myymälöihin ja

varastoihin. Näin toimitaan silloin kun ei haluta rakentaa konehuonetta ja se on ääniteknisesti mahdollista toteuttaa. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 163)

Rakennusten ilmanvaihdossa käytetään melkein aina tehdasvalmisteisia ns. koteloituja koneita. Koteloidulla koneella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että ilmapuhaltimissa tarvittavat laitteet ja komponentit on sijoitettu vakioittaisen lämpöeristetyin kotelon sisään. Koteloituja komponentteja liitetään moduuleina yhteen haluttujen ilmapuhaltimien toimintojen mukaan. Haluttu ilmavirta määrää kotelon poikkipinnan koon, koska ilman nopeuden tulee pysyä noin 2 m/s:n alueella. Ilmanvaihtokoneen ulkovaipan mitat muodostuvat yleensä suoraan standardimittaisten suodatinkasettien monikerroista. Tehdasvalmisteisten koteloitujen ilmapuhaltimien ilmavirta-alue kattaa ilmavirran 0,5-25 m³/s. Sisäinen poikkipinta-ala on vastaavasti 0,6 m x 0,3 m ... 3,6 m x 2,4 m. Ulkovaipan materiaalina käytetään yleensä sinkittyä teräslevyä. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 164)

Tärkein ominaisuus ilmanvaihtokoneiden ulkovaipan osalta, on niiden tiiviys. Vaipan sallitut ilmavuodot määritellään standardissa SFS-EN 1886. Mittaus suoritetaan 400 Pa alipaineella. Taulukossa 2 on esitetty tiiviysluokkia vastaavat maksimi ilmavuoto arvot. Vähimmäistiiviysluokkana koteloidulle koneille, voidaan pitää luokkaa L2. (Taulukko 1)

(Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 165)

Vaipan tiiviysluokka	Maksimi- vuoto litraa/s, m²	Vastaava tiiviysluokka RakMK D2
L1	0,15	A
L2	0,44	B
L3	1,32	C

Taulukko 1. Ilmanvaihtokoneen tiiviysluokat (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 165)

Kun ilmanvaihtokoneita sijoitetaan konehuoneeseen, on tärkeä ottaa huomioon myös, että kaikille koneille jää riittävästi huoltotilaa. Koneen etupuolelle tulee jättää vähintään koneen leveyden verran huoltotilaa ja koneen taakse tulee jättää myös tilaa $0,4 \cdot$ koneen leveys. Koneet varustetaan myös huoltoluukuilla, joiden tulee olla avattavissa ilman työkaluja. Alakattoihin tulee asentaa vähintään 500 mm x 500 mm huoltoluukku, huollettavien ilmanvaihdonlatteiden kohdalle. (Sisäilmasto ja ilmanvaihto - opas, päivitetty 11.6.2019, 50)

2.2 Ilmanvaihto

”Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokassa S1 päästään todennäköisimmin käyttäjätyytyväisyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä heikentävien ongelmien syntymisen riskiä.” (RT 07-11299 2018, 5)

S1: Yksilöllinen sisäilmasto. Huoneen sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä huoneessa ole havaittavissa hajuja. Tiloissa tai rakenteissa, jotka ovat yhteydessä sisäilmaan ei ole ilman laatua heikentäviä tekijöitä kuten epäpuhtauslähteitä. Huoneen lämpötila on viihtyisät eikä tilassa esiinny vetoa tai ylilämpenemistä. Tilan käyttäjä pystyy hallitsemaan ja muokkaamaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus. (RT 07-11299 2018, 5)

S2: Hyvä sisäilmasto. Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä ja lämpöolosuhteet ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylilämpeneminen on mahdollista kuumina kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet. (RT 07-11299 2018, 5)

S3: Tyydyttävä sisäilmasto. Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveysuojelulain perusteella asetetut. (RT 07-11299 2018, 5)

Asetusten vaatimusten täytyminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi. Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. Tarvittaessa jonkin suureen arvo voidaan määritellä tapauskohtaisesti. (RT 07-11299 2018, 5)

Toimistorakennuksessa sijaitsevien tilojen henkilötiheydet vaihtelevat aina rakennuskohtaisesti. Henkilökohtaisten työhuoneiden rinnalle on tullut yhä enemmän uudenlaisia avotoimistoja, joissa ei enää ole samanlaisia henkilökohtaisia työhuoneita, käytäviä tai taukotiloja kuin ennen. Lähtökohtaisena tavoitteena suunnitteluun lähtiessä pidetään sitä että, työskentely- ja oleskelutiloissa päästään S2 luokan ilmanlaatuun. Tällöin ilmanvaihto on syytä mitoittaa tilassa työskentelevien ihmisten kokonaismäärän mukaan (Taulukko 2). Yleensä toimistorakennuksissa ulko- ja tuloilmavirrat määräytyvät vähimmäisarvoja suuremmiksi. Vähimmäisarvoja suurempi ilmanvaihtuvuus voi parantaa työn tehokkuutta ja lisää viihtyvyyttä tilassa, koska ilmanlaatu on parempaa. Rakennuksen lämpötilojen hallitseminen voi vaatia vähimmäisilmavirtoja korkeampia ilmavirtoja ja vielä mahdollisesti koneellista jäähdytystä. Ilmanvaihtokanavien mitoituksessa ja suunnittelussa on syytä ottaa huomioon myös mahdolliset tilojen muutokset, joka saattaa vaatia ilmavirtojen suurentamista tietyissä tiloissa. Ilmanvaihdon tulee olla tarpeenmukaisesti ohjattua yhteisissä tiloissa, joissa ilmanvaihdon ilmavirta on suuri (yli 100 dm³/s) ja kuormitus vaihtelee runsaasti eri aikoina (kuormitusaste alle 50 %, esim. yli 15 hengen palaverihuoneet, opetus-/koulutustilat ja auditoriot). (Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019, 8), (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 341)

Poistoilma jaetaan neljään eri luokkaan, riippuen mistä ilma on poistettu.

Luokka 1: poistoilma sisältää vain vähän epäpuhtauksia ja ne ovat peräisin pääasiassa rakenteista ja ihmisistä.

Luokka 2: poistoilmassa on jonkun verran epäpuhtauksia

Luokka 3: poistoilma sisältää hajuja, kosteutta tai epäpuhtauksia, jotka heikentävät merkittävästi ilmanlaatua.

Luokka 4: poistoilmassa on merkittävästi kemikaaleja tai epäterveellisiä epäpuhtauksia. (LVI RakMK-00623, 3)

Taulukko 3.2.1 Toimistorakennukset

Huonetila	Ulko-ilmavirta dm ³ /s,hlö	Ulkoilmavirta dm ³ /s,m ²	Poisto-ilmavirta dm ³ /s,m ²	Muita ohjeita
Toimistohuone	6	1		Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan
Avotoimisto tai kokonaan avoin työskentelyalue	6	1,5		Suunnittelu suurempaan ilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan, mitoitus tilan kokonaispinta-alaa kohden
Neuvotteluhuone, kokoontumistila tai vastaava	6	3		Mitoitus suurempaan kokonaisilmavirtaan johtavan kriteerin mukaan. Tarpeen mukainen ohjaus, jos huone yli 10 hengelle
Käytävä, joka on tarkoitettu vain läpikulkuun		0,5		Ilmavaihtoon tarkoitettu ilma voi olla siirtoilmaa toimistohuoneista
Kahvio, taukotila		2		
Varasto			0,35	
Tulostus-, kopiointi- yms. tilat			2	Mitoitus laitteiden mukaan, tuloilma voi olla siirtoilmaa esim. käytävistä

Taulukko 2. Toimisto rakennuksen ilmavirta taulukko (Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019, 8)

Hiilidioksidien hetkellisen pitoisuuden suunnitteluarvo voi olla käyttöaikana 1450mg/m³ (800ppm) suurempi, kuin ulkoilman pitoisuus samalla hetkellä. (1009/2017, 3)

2.3 SFP-luku

SFP-luku tarkoittaa ominaissähkötehoa (Specific Fan Power). Ilmanvaihdon ominaissähköteho (SFP-luku) kuvaa sitä, paljonko sähkötehoa järjestelmä tarvitsee yhden ilmakeuution siirtämiseen sekunnissa kW/(m³/s). (LVI 30-10529 2013, 4)

Korkein sallittu SFP-luku tulo- ja poistoilmakoneelle on tällä hetkellä 1,8 kW/(m³/s) ja pelkälle poistoilma koneelle korkein sallittu SFP-luku on 0,9 kW/(m³/s), nämä ilmenevät vuonna 2018 julkistetussa suomenrakentamismääräyksestä. Tätä ennen korkein sallittu SFP-luku tulo- ja poistokoneelle oli 2,0 kW/(m³/s). Konetta valittaessa on tärkeää valita sellainen kone, joka ei ylitä tätä 1,8 kW/(m³/s) raja-arvoa. (RT 21778 2019, 7)

Tietyllä tavalla SFP-luku ilmaisee ilmanvaihdon sähkönkäytön hyötysuhteen. Pienempi SFP-luku on aina parempi, koska silloin kone pystyy kuljettamaan saman ilmamäärän käyttämällä siihen vähemmän sähkötehoa, mikä taas tarkoittaa puolestaan pienempiä käyttökustannuksia. Käytännössä SFP-luku on kokonaispainehäviö jaettuna koneen kokonaishyötysuhteella. Siihen voidaan vaikuttaa muun muassa kanaviston painehäviön avulla, puhaltimen kokonaishyötysuhteen avulla tai ilmakäsittelykoneen painehäviötä muuttamalla. Alhaisen SFP-luvun saavuttamiseen ei tule pyrkiä sisäilmaston kustannuksella tai heikentämällä ilmanvaihtoa tai rakennuksen energiatehokkuutta. Kanavien koolla on suuri vaikutus ilmanvaihdon puhaltimen energiatehokkuuteen. Jos kanavisto mitoitetään väljäksi ja kanavissa käytetään alhaisia nopeuksia, niin silloin saavutetaan energiatehokas ja samalla helposti säädettävissä oleva järjestelmä. (LVI 30-10529 2013, 4)

Puhaltimen sähkötehtarve voidaan laskea kaavalla 1.

$$p_E = \frac{q_v \Delta p}{n_{FAN}}$$

Kaava 1. (Sandberg, E. 2014 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 106)

SFP-luku määritellään puhaltimen ja sen moottorin sähkölaitteineen käyttämän sähkötehon P_e (KW) suhteena käytettyä ilmavirtaa kohti (m^3/s) kaavan 2. mukaisesti

$$SFP_{FAN} = \frac{P_e}{q_v} = \frac{q_v \Delta p}{\eta_{FAN} q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{FAN}}$$

Kaava 2. (Sandberg, E. 2014 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 106)

P_e = Puhaltimen tehontarve (kW)

q_v = Puhaltimen ilmavirta (m^3/s)

Δp = Puhaltimen kokonaispaineen korotus (kPa)

η_{FAN} = Puhaltimen hyötysuhde moottoreineen ja taajuusmuuttajineen (-)

Kun kyseiseen kaavaan merkataan tehontarpeen paikalle tehontarpeen kaava, voidaan havaita, että kysymys onkin puhaltimen paineenkorotuksesta jaettuna puhaltimen hyötysuhteella. Matalan SFP-luvun saavuttamiseksi tulee suunnitella järjestelmä, jossa kanavien ja koneiden painehäviöt jäävät riittävän matalaksi ja samalla tulee valita puhallin, jonka hyötysuhde moottoreineen ja säätölaitteineen on korkea. (Sandberg, E. 2014 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 106)

3 LTO

LTO:lla tarkoitetaan lämmöntalteenottoa ja sen normaali yksikkö on %, jolla kerrotaan lämmöntalteenoton hyötysuhde. LTO on laitteisto, jonka avulla poistoilmasta voidaan siirtää lämpöä tuloilmaan tai vaihtoehtoisesti siirtää lämpöä suoraan muuhun rakennuksen tiloja lämmittävään järjestelmään ja tällä tavoin alentaa rakennuksen lämmitysenergian kustannuksia. (LVI 38-10515 2012, s2) Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään 55%. (RT 21778 2019, 6)

Jäteilma on likaista ilmaa, joka on imetty huoneista pois ja josta pyritään ottamaan lämpö talteen ennen kuin se puhalletaan rakennuksesta ulos. Täyttääkseen lämmöntalteenoton perusvaatimukset, poistoilmasta talteen otettu lämpö tulee käyttää tuloilman tai rakennuksen tilojen lämmitykseen lämmityskaudella. Ilmanvaihdon

lämmitykseen tarvittavalla lämpömäärällä tarkoitetaan sitä lämpömäärää, joka tarvitaan ulkoa otetun raitisilman lämmitykseen huonelämpötilaan. Huoneiden mitoituslämpötila on yleensä +21 °C. Joissakin tiloissa mitoittava lämpötila on matalampi esim. porrashuoneet ja varastot. (LVI 38-10515 2012, s2)

3.1 Vuosihyötysuhteeseen vaikuttavat tekijät

Vuosihyötysuhteen laskemisen kannalta tärkeimpiä lähtötietoja ovat rakennuksen lämmöntalteenottojärjestelmissä käytettyjen laitteiden lämpötilasuhteet. Samoilla laite- ja tuoteratkaisulla voi hyötysuhteessa olla 20 % muutos eri rakennuksilla eri puolella suomea. (LVI 38-10454, 2)

3.1.1 Jäätymisenesto

Talvikukausina lämmöntalteenottoa joudutaan rajoittamaan johtuen poistoilmapuolelle muodostuvan jään haittavaikutusten estämiseksi. Vaikka poistoilman lämpötila olisi 0 °C yläpuolella, osa jäteilmasta saattaa jäähtyä alle 0 °C. Tämän takia asuinrakennuksissa suositellaan rajoituslämpötilaksi + 5 °C ja toimisto tai vastaavissa rakennuksissa, joissa sisäilmassa on vähemmän kosteutta, suositellaan rajoituslämpötilaksi 0 °C. (LVI 38-10454, 2)

3.1.2 Paikkakunta

Mitä enemmän rakennuksen lämmöntalteenottoa joudutaan rajoittamaan jäätymisen eston vuoksi, sitä heikommaksi lämmöntalteenoton vuotuinen hyötysuhde jää. Täysin samanlaisessa rakennuksessa Hangossa vuosihyötysuhde on samanlaisilla laiteratkaisulla korkeampi, kuin esim. Rovaniemellä. (LVI 38-10454, 2)

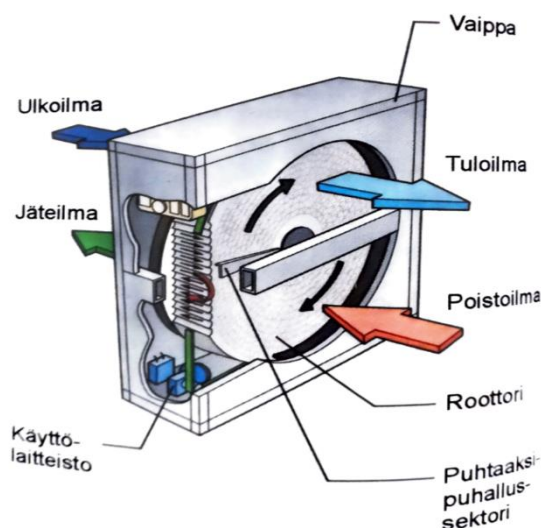
3.1.3 Ilmavirtojen suhde

Yleensä tuloilmavirta on noin 10% pienempi kuin rakennuksen poistoilmavirta, jotta rakennus saadaan pidettyä hieman alipaineisena, eli tällöin tulee käyttää kerrointa 0,9. Matalaenergiarakentamisessa pyritään aina siihen, että rakenteet olisivat riittävän

tiivittä, jotta ilmavirrat voitaisiin mitoittaa lähestulkoon yhtä suuriksi ja voidaan käyttää suhdetta 1,0. Toimistorakennuksissa on yleensä omalla poistopuhaltimella lämmöntalteenoton ohi ohjattavia erillispoistoja esimerkiksi WC-tiloissa. Tämän vuoksi tuloilmavirta on yleensä suurempi kuin poistoilmavirta. (LVI 38-10454, 2)

3.2 Pyörivä lämmönsiirrin

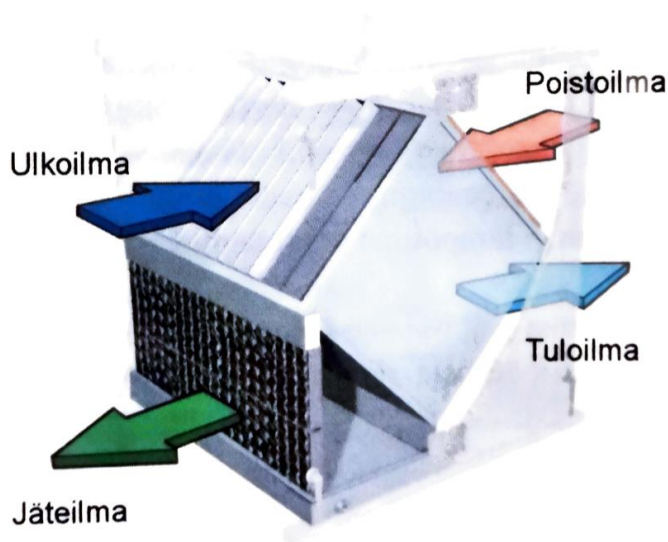
Pyörivä lämmönsiirrin koostuu kiekkomaisesta roottorista ja käyttölaiteistosta (kuva 2). Roottorin kotelo on jaettu kahteen puolikkaaseen, joista toiseen johdetaan poistoilma ja toiseen tuloilma. Roottori siirtää pyöriessään poistoilman lämmön tuloilmaan. Lämmönsiirrin valmistetaan yleensä ohuesta alumiinilevystä, jonka paksuus on normaalisti 0,05-0,08mm. Kennon rakenne on tiheä ja kolmiomaisen virtauskanavan korkeus vaihtelee normaalisti alueella 1,5-3,0 mm. Tiheän rakenteen ansiosta lämmönsiirtopinta-ala saadaan hyvin suureksi kokeen kokoon nähden ja tämä parantaa laitteen tehokkuutta. Puhtaan lämmönsiirtimen sekä suuren lämmönsiirtopinta-alan ansiosta saavutettava lämpötilahyötysuhde on todella korkea. Tyypillisesti hyötysuhde on 75-85 % riippuen laitteen kautta kulkevasta ilmamäärästä. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 178)



Kuva 2. Pyörivä lämmönsiirrin (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 178)

3.3 Levylämmönsiirrin, ristivirta

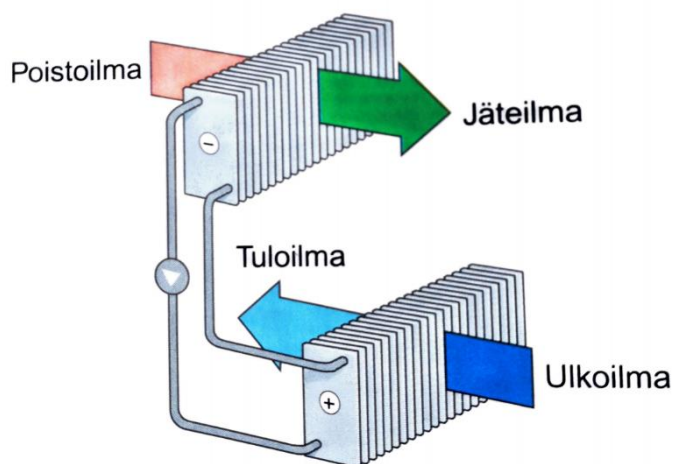
Lukumäärällisesti yleisin ja suosituin ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaite on levylämmönsiirrin (kuva 3). Tämä johtuu siitä, että levylämmönsiirrin on erityisen suosittu pientalojen ilmanvaihdossa. Suosituksi sen tekee kustannustehokas rakenne, hygieenisuus ja kohtalaisen tehokas lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhde. Ristivirtaperiaate rajoittaa saavutettavan taloudellisen maksimihyötysuhteen, joka on noin 60-65 %. Levylämmönsiirrin on hyvin toimintavarma, koska varsinainen lämmöntalteenotto ei tarvitse yhtään liikkuvaa osaa. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 180-181)



Kuva 3. Ristivirtatyypinen levylämmönsiirrin (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 181)

3.4 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenottojärjestelmässä lämpö siirtyy poistoilmasta tuloilmaan väliaineen avulla. Yleensä lämmönsiirto toteutetaan kiertävän nesteen avulla (kuva 4).



Kuva 4. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 184)

Sekä poisto- että tuloilmapuolella on lämmönsiirrin, joka siirtää lämpöä ilmavirran ja nesteen välillä. Rakenteeltaan ne ovat samanlaisia kuin lämmitys- ja jäähdytyspatterit. Neste lämpenee kulkiessaan poistoilmapatterin kautta, josta se johdetaan sitten tuloilmapatteriin, jossa neste lämmittää tuloilman. Lämmönsiirtoväliaineena käytetään veden ja jäätymisenestoaineen sekoitusta, jota kierrätetään verkostossa pumpun avulla. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 184)

4 ILMANVAIHTOVERKOSTON MUUT KOMPONENTIT

4.1 Patterit

Ilmanvaihtokoneessa on myös lämmitys- ja jäähdytyspatteri, joita käytetään lämmittämään tai jäähdyttämään tuloilman lämpötilaa sopivaksi. Lämmityspuolella patteri voi joko sähkökäyttöinen tai vesikäyttöinen, jolloin patterissa virtaa + 40/60 °C asteinen vesi. Pattereilta halutaan mahdollisimman hyvä lämmönsiirron teho samalla kun painehäviön pidetään mahdollisimman matalana. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 170)

4.1.1 Sähköpatteri

Mikäli konehuoneeseen on teknisesti haastava tuoda lämmitysvettä tai vaihtoehtoisesti kustannukset nousisivat merkittävästi, koneeseen voidaan asentaa myös sähkölämmityspatteri. Teknisesti sähköpatteri on parempi vaihtoehto kuin nestekiertoinen lämmityspatteri, koska sähköpatteri ei vuoda, sitä on helppo säätää, eikä se tarvitse pumppuryhmää. Sähköpatterin huonoksi puoleksi voidaan sanoa sähköenergianhinta, joka on huomattavasti korkeampi kuin esimerkiksi kaukolämmöllä tuotetun lämmön. Energian korkeampien kustannusten lisäksi sähköpatterin valinta aiheuttaa lisäkustannuksia sähköliittymän mitoittavan maksimitehon kautta. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 173)

4.1.2 Jäähdytyspatteri

Jäähdytyspatterin tehtävä on viilentää ulkoilma miellyttävään lämpötilaan kesällä, ennen kuin se puhalletaan huoneisiin. Jäähdytyksessä käytetään jäähdytysvesiverkostoa vettä, vesi-glykoliliuosta ja höyrystyviä kylmäaineita. Jäähdytysveden lämpötila patterilla on normaalitapauksessa +7 °C sisään ja +12 °C ulos. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 171-172)

4.2 Kanavisto

Ilmanvaihdon kanaviston tärkein ja ainoa tehtävä on kuljettaa ilmaa ilmanvaihtokonehuoneesta huonetiloihin. Kanavia on kahta eri tyyppiä, pyöreä ja suorakaide kanava.

4.2.1 Pyöreä kanavat

Pyöreiden peltikanavien halkaisijat on määritelty standardissa EN 1506 siten, että suositellut koot ovat 63, 80, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 ja 1250mm. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 214)

4.2.2 Suorakaidekanavat

Suorakaidekanavien sivujen standardimitat on määritetty EN 1505 mukaan alkaen 200 mm x 100 mm. Suurimmat kanavat ovat mitoiltaan 2000 mm x 1200 mm. Suorakaidekanavat eivät ole tiiviydeltään, lujuudeltaan ja puhdistettavuudeltaan yhtä hyviä kuin pyöreät kanavat. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 215)

4.3 Peltiosat

Ilmapeltejä voidaan kuvailla myös ilmanvaihtoverkoston venttiileinä, joilla pystytään säätämään ilmanvirtaa kanavistossa tai ilmapuhdistuskoneessa. Ilmapuhdistuskoneessa peltien mahdollisia käyttötarkoituksia ovat muun muassa ilmavirran sulkeminen, ilmavirran säätäminen, ilmavirtojen sekoittaminen ja ohitusilmavirran säätö.

Ilmapuhdistuskoneissa käytettävät säätö- ja sulkupellit ovat normaalisti suorakaiteenmuotoisia monisälepeltejä. Jos pellin pinta-ala ylittää 2 m², jaetaan pelti tällöin yleensä vaakasuunnassa kahdeksi erilliseksi peliksi. Tämä tehdään, koska muutoin säleiden pituus kasvaa liian suureksi, mikä heikentää niiden paineenkestävyyttä. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 166)

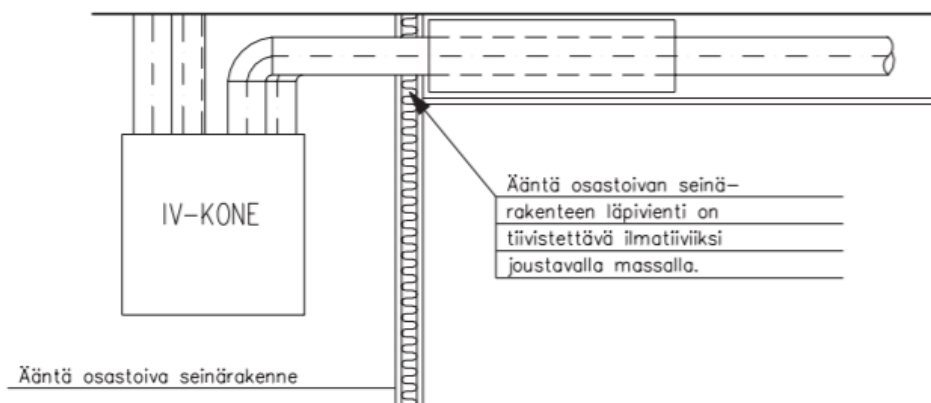
4.3.1 Palopelti

Kun ilmanvaihtokanava menee osastoivan rakennusosan läpi, siihen tulee asentaa palopelti, joka täyttää rakenneosan palonkestoajat. Palopeltien toimintakunto tulee varmentaa säännöllisesti, jotta ne toimivat tulipalonaikana. Tästä syystä palopellit varustetaan usein vikaohityksen antavalla automatiikalla, joka antaa hälytyksen, jos palopeltiin tulee toimintahäiriö. EI-luokan palopellillä (PPEI + palonkestoaja) esim, PPEI30 rajoitetaan savukaasujen ja palon leviämistä palo-osastosta toiseen kanavien kautta. E-luokan palopellit rajoittavat vain savukaasujen leviämistä ilmanvaihtokanavien kautta. Lämpölaukaisimen avulla sulkeutuvan palopellin sulkeutumislämpötilan tulisi olla +70 °C ± 5 °C. (Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas, päivitetty 23.12.2019, 53-54)

4.4 Äänenvaimennin

Äänenvaimentimen tarkoitus on vaimentaa äänen kuuluvuutta äänilähteen ja huoneen välillä. Äänilähde on normaalisti ilmankäsittelykoneessa oleva puhallin, mutta se voi olla myös olla kanavajärjestelmän osa, kuten esimerkiksi huonekohtaisen ilmavirran säädin tai säätöpelti, josta kuuluva ääni kulkee kanavia pitkin ja kuuluu tuloilmanlaitteen kautta huoneessa. Äänenvaimentimen sijainnilla kanavistossa ei ole suurta merkitystä lopputulokseen vaan sen perustoiminto on aina sama. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 188)

Äänenvaimentimina käytetään tehdasvalmisteisia äänenvaimentimia, joille valmistajat ilmoittavat mitatut äänenvaimennusarvot. Vaimennin tulee aina valita äänenvaimennustarpeen mukaan, joka taas saadaan selville äänilaskelmista. Äänenvaimenninta valittaessa tulee myös ottaa huomioon vaimentimenpituus. Pitkät äänenvaimentimet vaimentavat yleensä enemmän ääntä kuin lyhyet äänenvaimentimet, mutta ne vaativat samalla myös enemmän tilaa. Jos vaimennin sijaitsee paloeristetyssä kanavassa niin tällöin myös äänenvaimentimessa tulee käyttää materiaaleja, jotka täyttävät palovaatimukset. Äänenvaimentimien vaimennusmateriaalina käytetään normaalitapauksissa mineraalivillaa. Äänenvaimennin pyritään asentamaan aina mahdollisimman lähelle äänilähdettä ottaen kuitenkin huomioon riittävän suojaetäisyyden, jotta ilmavirta ehtii tasoittua ennen päätelaitetta. Lisäksi vaimentimen sijoituksessa otetaan huomioon se, ettei ääni pääse ohittamaan vaimenninta sitä ennen olevan eristämättömän kanavaseinämän läpi (kuva 5). (LVI 30-10333 2002, 15)



Kuva 5. Esimerkki äänenvaimentimen oikeasta sijoituksesta. (LVI 30-10333 2002, 15)

4.5 Suodattimet

Suodattimien tehtävä on suodattaa ulkoa tulevaa ulkoilmaa ennen kuin se pääsee ilmanvaihtokoneen sisälle. Näin pyritään estämään epätoivottujen aineiden pääsy huoneisiin ilmanvaihdon mukana. Ilman suodatuksella pystytään vähentämään merkittävästi altistumista ympäristön sisältämille epäpuhtauksille, kuten siitepölylle ja homeitiölle. (Sandberg 2016 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 197)

Suodatin luokkia ovat seuraavat:

- karkeasuodatin G1-G4
- Perussuodatin M5-M6
- Hienosuodatin F7-F9
- EPA-suodatin E10-E11
- HEPA-suodatin H12-H14
- ULPA-suodatin U15-17

Yläpuolella mainituista suodattimista kolmea ensimmäistä käytetään lähinnä ilmankäsitteilykoneissa. Näistä karkea- ja perussuodattimia käytetään ensisuodattimena, kun taas hienosuodattimia käytetään pääsuodattimina. EPA- ja HEPA-suodattimet voivat olla myös koneosana. Karkeasuodattimien erotuskyky vaihtelee 60 ja 95 % väillä, kun taas ULPA-suodattimilla voidaan päästä peräti 99,999995 % erotuskykyyn.

(Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 167), (Granlund Jupipedia, suodatin), (LVI 31-10507 2012, 6)

Ulkoilman (5U) suodatuksessa tulee käyttää vähintään suodatinluokan F7-suodatinta, jolle tulee asentaa myös G4-luokan esisuodatin. (Sandberg 2016, Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, 158)

5 KONEAJOJEN VERTAILU

Tässä osiossa suoritetaan varsinainen koneiden vertailu ja tutkitaan miten eri arvojen muuttaminen vaikuttaa koneiden mittoihin ja tilantarpeeseen konehuoneessa. Ilmanvaihtokoneet ovat IV-produktin koneita. Työssä käytettiin koneiden vertailuun kuutta eri konetta, jotka on nimetty Kone 1 – Kone 6. Koneajot on tehty Interventin mitoitusohjelman avulla. Kaikissa koneissa on eri lähtöarvot, eli jokainen kone on uniikki verrattuna toisiin koneisiin. Tällä tavalla pystytään selvittämään tarkasti, kuinka tietyn osa-alueen muuttaminen vaikuttaa koneisiin. Kaikissa koneissa on käytetty samoja perusarvoja ja laitteita. Nämä ovat esitetty alapuolella.

Ilmavirta 5 m³/s

Pyörivä lämmöntalteenotto

Lämmityspatterin vesi +50/30 °C

Jäähdytyspatteri

Ilma 26/16 °C

Vesi 8/16 °C

Suodatin tuloilma F7/ePM1-50 %

Suodatin poistoilma M5/ePM10-60 %

Koneille on annettu tietyt arvot, joita pyrittiin pääsemään mahdollisimman lähelle. Näihin lukuihin oli mahdoton päästä tarkalleen koska ilmanvaihtokoneilla on tietyt vakio koot, joita ei pystynyt muuttamaan. Tästä syystä haluttuihin arvoihin ei päästy tarkalleen. Vertailuissa on esitetty aina koneiden tavoitearvot ja niiden vieressä toteutuneet arvot.

Vertailut suoritetaan selvittämällä ja tutkimalla seuraavien tekijöiden vaikutusta:

- Koneen koon vaikutus
- Kanavapaineen vaikutus
- LTO hyötysuhteen vaikutus
- SFP-luvun vaikutus

5.1 Koneen koon vaikutus

Tässä vertailussa vertailin koneita 3 ja 4. Molemmat koneet pyrittiin saamaan seuraaviin arvoihin.

SFP 1.8 kW/(m³/s)

Lämmöntalteenoton hyötysuhde 75 %

Kanavapaine 200 Pa

Toteutuneet arvot olivat:

Kone 3

1.95 kW/(m³/s)

74.4 %

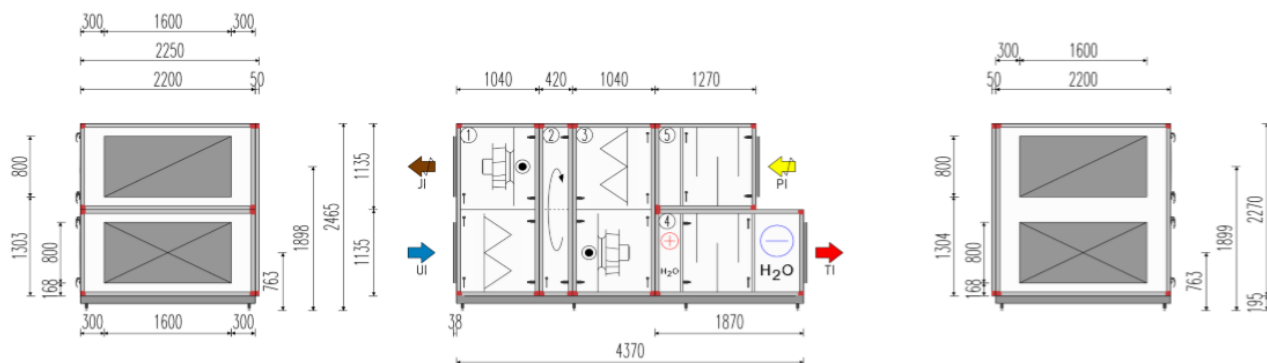
200 Pa

Kone 4

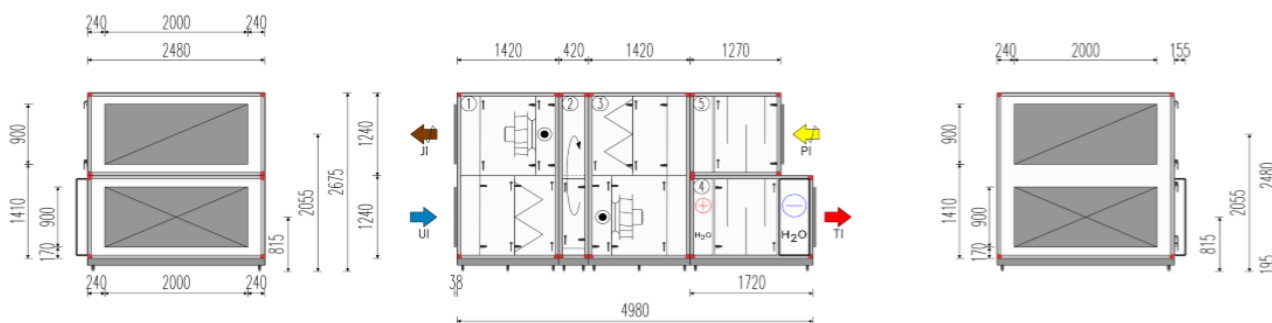
1.5 kW/(m³/s)

77.5 %

200 Pa



Kuva 6. Kone numero 3 mittatiedot



Kuva 7. Kone numero 4 mittatiedot

Koneiden tilavuus laskettiin yläpuolella olevien kuvien pohjasta (kuvat 6 ja 7), kaavalla
 leveys*korkeus*pituus= tilavuus

Koneen 3 tilavuus on yhteensä 22,32 m³ (kuva 6), kun koneen numero 4 kokonaistilavuus on 30,6 m³ (kuva 7). Tällä laskumenetelmällä päästiin tulokseen, että koneen 4 tilavuus on noin 33 % isompi kuin koneen 3.

Koneiden jalanjäljellä tarkoitetaan, paljonko lattiapinta-alaa koneet tarvitsevat. Jalanjälki lasketaan seuraavalla kaavalla jalanjälki=koneenleveys*koneenpituus.

Koneen 4 jalanjälki on 12,35 m² kun taas koneen 3 jalanjälki on 9,6 m². Tämä tarkoittaa sitä että, kone 4 tarvitsee 22 % enemmän lattiapinta-alaa kuin kone 3.

PERUSTIEDOT				PERUSTIEDOT			
		Tuloilma	Poistoilma			Tuloilma	Poistoilma
Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00 m ³ /s	Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00 m ³ /s
	Kanavapaine	200	200 Pa		Kanavapaine	200	200 Pa
	Ulkoisen painehäviön jakautuminen				Ulkoisen painehäviön jakautuminen		
	Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma	(0/200)	(200/0) Pa		Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma	(0/200)	(200/0) Pa
Laskelma	Otsapintanopeus	1,8	1,8 m/s	Laskelma	Otsapintanopeus	2,3	2,3 m/s
	Sulkupeltti	4	4 Pa		Sulkupeltti	8	8 Pa
	Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	102	82 Pa		Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	119	94 Pa
	Alkupainehäviö	(62)	(42) Pa		Alkupainehäviö	(79)	(54) Pa
	Loppupainehäviö	(142)	(122) Pa		Loppupainehäviö	(159)	(134) Pa
	LTO-roottori	116	116 Pa		LTO-roottori	140	140 Pa
	Lämmityspatteri, vesi	19	Pa		Lämmityspatteri, vesi	52	Pa
	Äänenvaimennin	28	28 Pa		Äänenvaimennin	34	34 Pa
	Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	111	Pa		Pisaraerottimen painehäviö	13	Pa
	Liitäntähäviö	14	14 Pa		Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	260	Pa
	Koneen painehäviöt	394	244 Pa		Liitäntähäviö	27	27 Pa
					Koneen painehäviöt	653	303 Pa

Kuva 8. koneen 4 tekniset tiedot

Kuva 9. koneen 3 tekniset tiedot

Kokonaispainehäviö on koneenosien kuten LTO-roottorin, suodattimien, liitäntähäviöiden sekä kanavapaineen summa. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty painehäviöt eri osissa ilmanvaihtokonetta, niiden avulla saadaan laskettua seuraavat kokonaispainehäviöt.

Kone 4 kokonaispainehäviö

Tulopuoli 394Pa+200Pa=594Pa

Poistopuoli 244Pa+200Pa=444Pa

Koneen 3 kokonaispainehäviö

Tulopuoli 653Pa+200Pa=853Pa

Poistopuoli 303Pa+200Pa=503Pa

394Pa/653Pa/244Pa/303Pa ovat ilmanvaihtokoneen osista kertyvä painehäviö ja 200 Pa tulee kanavapaineesta. Näiden yhteenlaskusta saadaan koneiden kokonaispainehäviö.

5.2 Kanavapaineen vaikutus

Vertailussa koneet 1 ja 2

Koneen 1 tavoitearvo

1.5 kW/(m³/s)

80 %

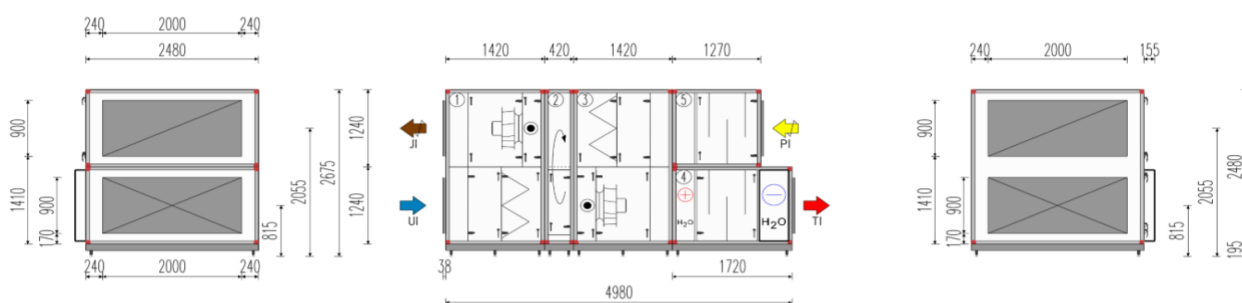
200 Pa

Toteutuneet arvot

1.57 kW/(m³/s)

79,7 %

200 Pa



Kuva 10. Koneen 1 mittatiedot

Koneen 2. tavoitearvot

1.5 kW/(m³/s)

80 %

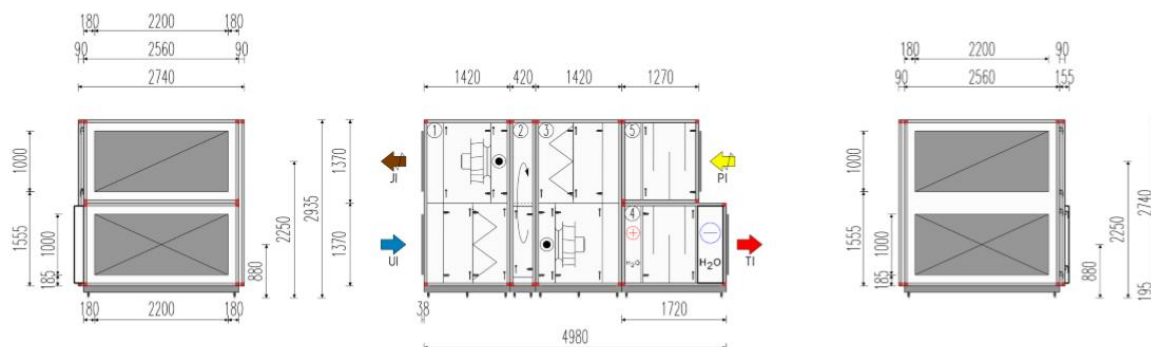
300 Pa

Toteutuneet arvot

1.56 kW/(m³/s)

80,1 %

300 Pa



Kuva 11. Koneen 2 mittatiedot

Koneen 1 tilavuus on 30,64 m³ (kuva 10), kun taas koneen 2 tilavuus on 37,39 m³ (kuva 11). Tämä tarkoittaa sitä, että koneen 2 tilavuus on noin 22 % suurempi. Koneen 1

jalanjälki on 12,35 m² kun taas koneen 2 jalanjälki on 12,75 m². Tämä tarkoittaa sitä että, kone 2 tarvitsee 3 % enemmän lattiapinta-alaa.

PERUSTIEDOT		Tuloilma	Poistoilma	PERUSTIEDOT		Tuloilma	Poistoilma
Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00 m ³ /s	Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00 m ³ /s
	Kanavapaine	200	200 Pa		Kanavapaine	300	300 Pa
	Ulkoisen painehäviön jakautuminen				Ulkoisen painehäviön jakautuminen		
	Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma	(0/200)	(200/0) Pa		Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma	(100/200)	(200/100) Pa
Laskelma	Otsapintanopeus	1,8	1,8 m/s	Laskelma	Otsapintanopeus	1,6	1,6 m/s
	Sulkupelti	4	4 Pa		Sulkupelti	3	3 Pa
	Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	102	82 Pa		Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	83	69 Pa
	Alkupainehäviö	(62)	(42) Pa		Alkupainehäviö	(43)	(29) Pa
	Loppupainehäviö	(142)	(122) Pa		Loppupainehäviö	(123)	(109) Pa
	LTO-roottori	149	149 Pa		LTO-roottori	93	93 Pa
	Lämmityspatteri, vesi	19	Pa		Lämmityspatteri, vesi	15	Pa
	Äänenvaimennin	28	28 Pa		Äänenvaimennin	17	17 Pa
	Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	111	Pa		Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	87	Pa
	Liitäntähäviö	14	14 Pa		Liitäntähäviö	9	9 Pa
	Koneen painehäviöt	427	277 Pa		Koneen painehäviöt	307	191 Pa

Kuva 12. Koneen 1 tekniset tiedot

Kuva 13. Koneen 2 tekniset tiedot

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty koneiden 1 ja 2 painehäviöt eri osissa ilmanvaihtokoneita.

Niiden avulla saadaan laskettua seuraavat kokonaispainehäviöt.

Kone 1 kokonaispainehäviö

Kone 2 kokonaispainehäviö

Tulopuoli 427Pa+200Pa=647Pa

Tulopuoli 307Pa+300Pa=607Pa

Poistopuoli 277Pa+200Pa=477Pa

Poistopuoli 191Pa+300Pa=491Pa

Yläpuolella esitetyissä laskuissa, ensimmäinen luku kuvaa aina ilmanvaihtokoneen osista tulevaa painehäviötä ja jälkimmäinen luku kuvaa kanavapainetta. Näiden yhteenlaskusta saadaan koneiden kokonaispainehäviö.

5.3 LTO:n hyötysuhteen vaikutus

Tässä vertailussa vertaillaan koneita 5 ja 6 ja selvitetään lämmöntalteenoton hyötysuhteen vaikutus koneiden kokoihin.

Koneen 5 tavoitearvot

1,8 kW/(m³/s)

75 %

300 Pa

Toteutuneet arvot

1,78 kW/(m³/s)

77,5 %

300 Pa

Koneen 6 tavoitearvot

1,8 kW/(m³/s)

80 %

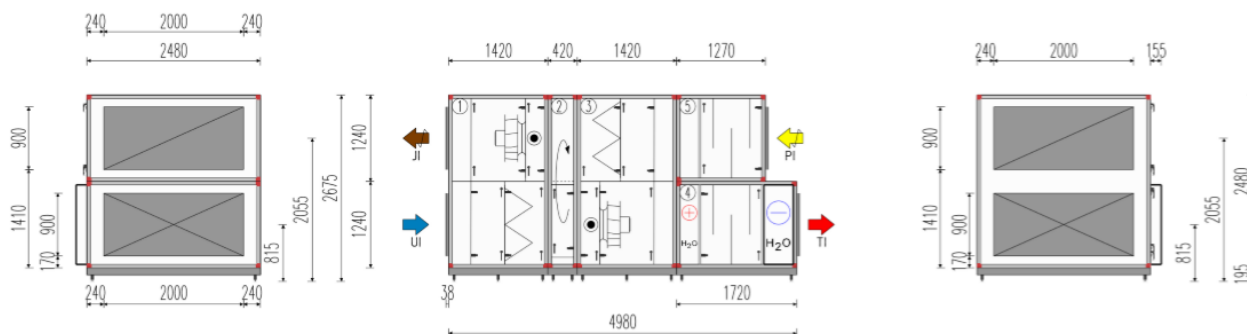
300 Pa

Toteutuneet arvot

1.85 kW/(m³/s)

79,7 %

300 Pa



Kuva 14. Koneiden 5 ja 6 mittatiedot

Kuten kuvasta 14 näkee, lämmöntalteenoton hyötysuhteen muuttaminen 75 % → 80 % ei vaikuttanut mitenkään koneen mittoihin tai tilavuuteen näillä lähtöarvoilla.

PERUSTIEDOT			Tuloilma	Poistoilma	PERUSTIEDOT	Tuloilma	Poistoilma			
Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00	m ³ /s	Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00	5,00	m ³ /s	
	Kanavapaine	300	300	Pa		Kanavapaine	300	300	Pa	
	Ulkoisen painehäviön jakautuminen					Ulkoisen painehäviön jakautuminen				
	Ulkoilma/Tuloilma	Poistoilma/Jäteilma	(100/200)	(200/100)	Pa	Ulkoilma/Tuloilma	Poistoilma/Jäteilma	(100/200)	(200/100)	Pa
Laskelma	Otsapintanopeus	1,8	1,8	m/s	Laskelma	Otsapintanopeus	1,8	1,8	m/s	
	Sulkupelti	4	4	Pa		Sulkupelti	4	4	Pa	
	Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	102	82	Pa		Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	102	82	Pa	
	Alkupainehäviö	(62)	(42)	Pa		Alkupainehäviö	(62)	(42)	Pa	
	Loppupainehäviö	(142)	(122)	Pa		Loppupainehäviö	(142)	(122)	Pa	
	LTO-roottori	116	116	Pa		LTO-roottori	149	149	Pa	
	Lämmityspatteri, vesi	19		Pa		Lämmityspatteri, vesi	19		Pa	
	Äänenvaimennin	28	28	Pa		Äänenvaimennin	28	28	Pa	
	Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	111		Pa		Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	111		Pa	
	Liitäntähäviö	14	14	Pa		Liitäntähäviö	14	14	Pa	
	Koneen painehäviöt	394	244	Pa		Koneen painehäviöt	427	277	Pa	

Kuva 15. Koneen 5 tekniset tiedot

Kuva 16. Koneen 6 tekniset tiedot

Kuvissa 15 ja 16 on esitetty koneiden 5 ja 6 painehäviöt eri osissa ilmanvaihtokoneita. Niiden avulla saadaan laskettua koneiden kokonaispainehäviöt.

Kone 5 kokonaispainehäviö

Kone 6 kokonaispainehäviö

Tulopuoli $394\text{Pa} + 300\text{Pa} = 694\text{Pa}$

Tulopuoli $427\text{Pa} + 300\text{Pa} = 727\text{Pa}$

Poistopuoli $244\text{Pa} + 300\text{Pa} = 544\text{Pa}$

Poistopuoli $277\text{Pa} + 300\text{Pa} = 577\text{Pa}$

Yläpuolella esitettyissä laskuissa, ensimmäinen luku kuvaa aina ilmanvaihtokoneen osista tulevaa painehäviötä ja jälkimmäinen luku kuvaa kanavapainetta. Näiden yhteenlaskusta saadaan koneiden kokonaispainehäviö.

5.4 SFP-luvun vaikutus

Tässä vertailussa vertaillaan koneita 2 ja 6 ja tutkitaan kuinka SFP-luvun muutos $1.5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \rightarrow 1.8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ vaikuttaa koneiden kokoon.

Koneen 2 tavoitearvot

$1.5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

80 %

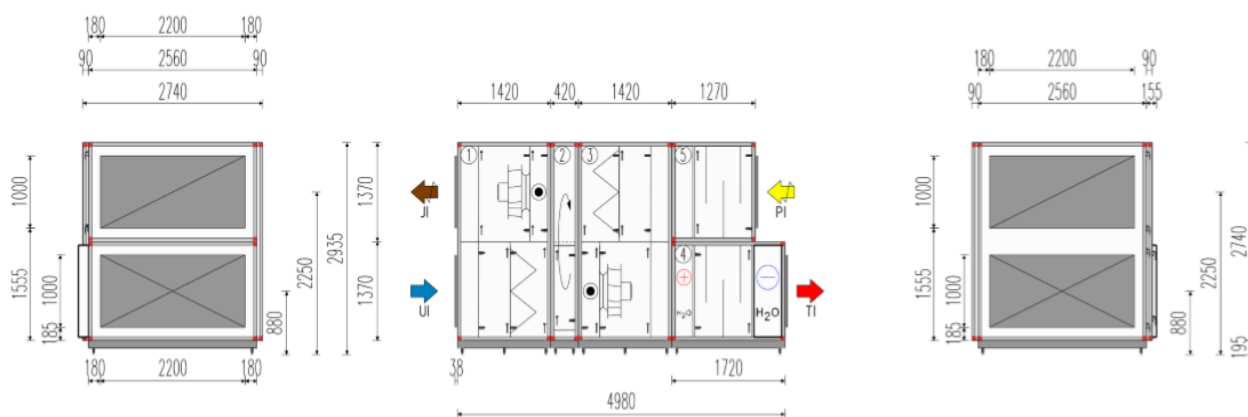
300 Pa

Toteutuneet arvot

$1.56 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

80,1 %

300 Pa



Kuva 17. Koneen 2 mittatiedot

Koneen 6 tavoitearvot

$1.8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

80 %

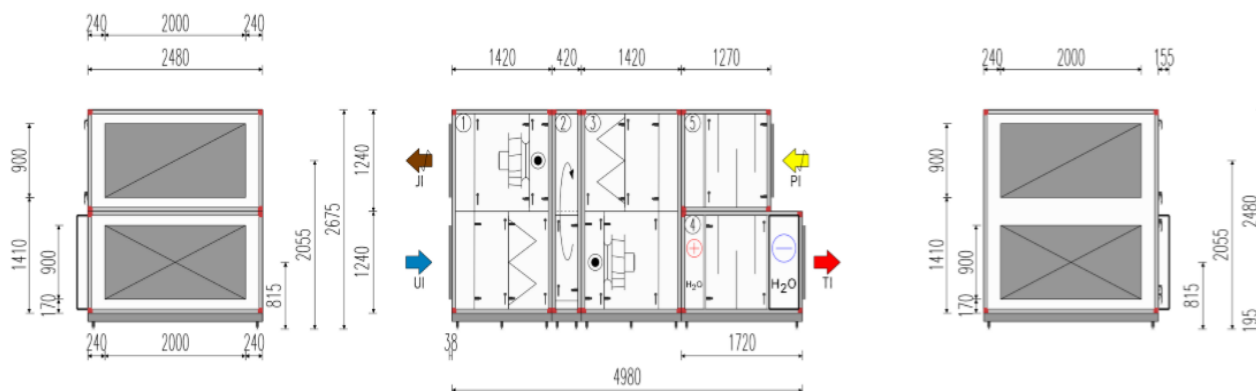
300 Pa

Toteutuneet arvot

$1.85 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

79,7 %

300 Pa



Kuva 18. Koneen 6 mittatiedot

Koneen 2 kokonaistilavuus on 37.41 m³ (kuva 17), ja koneen 6 kokonaistilavuus on 33.04 m³ (kuva 18). Tämä tarkoittaa sitä että, koneen 2 tilavuus on noin 13% isompi. Koneen 2 jalanjälki on 12,75 m², kun koneen 6 jalanjälki on 12,35 m². Tämä tarkoittaa sitä, että kone kaksi tarvitsee 3% enemmän lattia pinta-alaa kuin kone 6.

PERUSTIEDOT			Tuloilma	Poistoilma	PERUSTIEDOT	Tuloilma	Poistoilma
Alkutiedot	Ilmamäärä		5,00	5,00 m ³ /s	Alkutiedot	Ilmamäärä	5,00 m ³ /s
	Kanavapaine		300	300 Pa		Kanavapaine	300 Pa
	Ulkoisen painehäviön jakautuminen					Ulkoisen painehäviön jakautuminen	
	Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma		(100/200)	(200/100) Pa		Ulkoilma/Tuloilma Poistoilma/Jäteilma	(100/200) (200/100) Pa
Laskelma	Otsapintanopeus		1,6	1,6 m/s	Laskelma	Otsapintanopeus	1,8 m/s
	Sulkupelti		3	3 Pa		Sulkupelti	4 Pa
	Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%		83	69 Pa		Suodatin F7/ePM1-50% / M5/ePM10-60%	102 Pa
	Alkupainehäviö		(43)	(29) Pa		Alkupainehäviö	(62) Pa
	Loppupainehäviö		(123)	(109) Pa		Loppupainehäviö	(142) Pa
	LTO-roottori		93	93 Pa		LTO-roottori	149 Pa
	Lämmityspatteri, vesi		15	Pa		Lämmityspatteri, vesi	19 Pa
	Äänenvaimennin		17	17 Pa		Äänenvaimennin	28 Pa
	Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)		87	Pa		Jäähdytyspatteri, vesi (kuiva patteri)	111 Pa
	Liitäntähäviö		9	9 Pa		Liitäntähäviö	14 Pa
	Koneen painehäviöt		307	191 Pa		Koneen painehäviöt	427 Pa

Kuva 19. Koneen 2 perustiedot

Kuva 20. Koneen 6 perustiedot

Kuvissa 19 ja 20 on esitetty koneiden 2 ja 6 painehäviöt eri osissa ilmanvaihtokoneita. Niiden avulla saadaan laskettua koneiden kokonaispainehäviöt.

Kone 2 kokonaispainehäviö

Kone 6 kokonaispainehäviö

Tulopuoli 307Pa+300Pa=607Pa

Tulopuoli 427Pa+300Pa=727Pa

Poistopuoli 191Pa+300Pa=491Pa

Poistopuoli 277Pa+300Pa=577Pa

Yläpuolella esitetyissä laskuissa, ensimmäinen luku kuvaa aina ilmanvaihtokoneen osista tulevaa painehäviötä ja jälkimmäinen luku kuvaa kanavapainetta. Näiden yhteenlaskusta saadaan koneiden kokonaispainehäviö.

5.5 Parhaimman ja huonoimman koneen vertailu

Viimeisessä konevertailussa selvitetään, paljonko ilmanvaihtokoneen koko ja tilavuus kasvaa, kun otetaan vertailuun parhaimmilla hyötysuhteilla ja huonoimmilla hyötysuhteilla toimivat koneet. Parhaimmilla hyötysuhteilla oleva kone on kone 2. Huonoimmat arvot on koneella 3.

Koneen 2 tavoitearvot

1,5 kW/(m³/s)

80 %

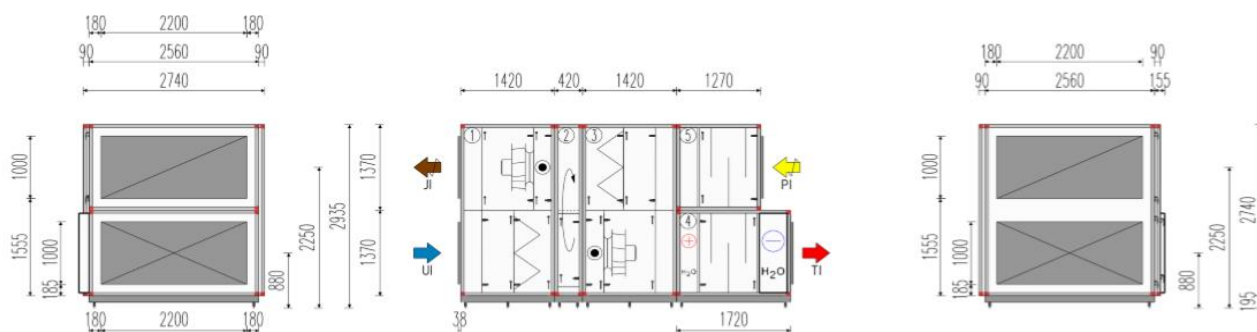
300 Pa

Toteutuneet arvot

1,56 kW/(m³/s)

80 %

300 Pa



Kuva 21. Koneen 2 mittatiedot

Koneen 3 tavoitearvot

1,8 kW/(m³/s)

75 %

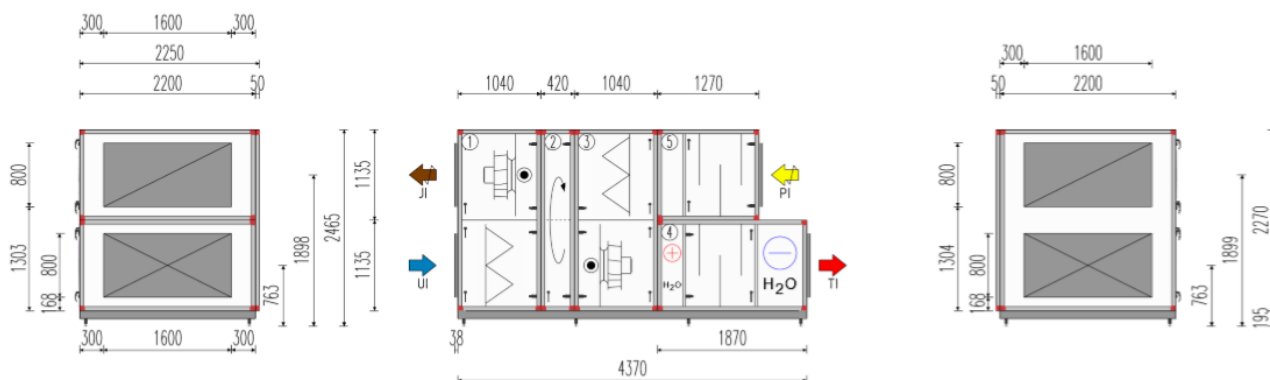
200 Pa

Toteutuneet arvot

1,95 kW/(m³/s)

74,4 %

200 Pa



Kuva 22. Koneen 3 mittatiedot

Koneen 2 (kuva 21) tilavuus on $37,41 \text{ m}^3$ ja koneen 3 (kuva 22) $23,7 \text{ m}^3$. Tämä tarkoittaa sitä, että koneen 2 tilavuus on jopa 58% suurempi. Koneen 2 jalanjälki on $12,75 \text{ m}^2$, kun koneen 3 jalanjälki on $9,6 \text{ m}^2$. Koneen 2 jalanjälki ja lattia pinta-alan tarve on siis 25 % suurempi kuin koneen 3.

Koneessa 2 SFP-luku on $0,39 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ pienempi, lämmöntalteenoton hyötysuhde on 5,7 % parempi ja kanavapaine on 100 Pa suurempi kuin koneella 3. Kone 2 on selvästi energiatehokkaampi kone kuin kone 3, mistä seuraa huomattavasti suuremman tilantarve kuin koneella 3.

5.6 Koneajojen tulokset

SFP-luvun muuttaminen $1,95 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) \rightarrow 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$, tarkoitti 33 % tilavuuden muutosta ja 28 % suurempaa jalanjälkeä. Vertailun kohteena olivat kone 3 ja kone 4. (kohta 5.1)

Kanavapaineen muuttaminen 200 Pa \rightarrow 300 Pa, tarkoitti 22 % tilavuuden kasvua ja 3 % suurempaa jalanjälkeä. Vertailun kohteena olivat kone 1 ja kone 2 (kohta 5.2).

LTO hyötysuhteen muuttaminen 75 % \rightarrow 80 % ei vaikuttanut koneiden kokoihin mitenkään. Vertailun kohteena olivat kone 5 ja kone 6 (kohta 5.3).

Parhaimman ja huonoimman hyötysuhteiden omaavien koneiden vertailu toi 58 % suuremman tilavuuden ja 32 % suuremman jalanjäljen tarpeen paremmilla hyötysuhteilla toimivalle koneelle. Vertailun kohteena olivat kone 2 ja kone 3 (kohta 5.5). Näin iso muutos oli odotettavissa koska koneella 2 oli selkeästi paremmat lähtöarvot, mikä taas luonnollisesti tarkoittaa isompaa tilantarvetta.

6 KANAVAKOKOJEN VAIKUTUS

Tyypillinen tapaus on, että kanavistolle on varattu 300 Pa painehäviötä. Tästä raitisilma/jäteilma vie 50 Pa ja päätelaitteet 50 Pa, joten varsinaiselle kanavistolle jää 200 Pa. Jos taas pyritään 200 Pa kanaviston kokonaishäviöksi ja raitis-/jäteilma ja päätelaitteen painehäviöt oma samat kuin aiemmin esitetty, kanavistolle jää 100 Pa eli puolet alkuperäisestä.

6.1 Kanavakokojen valinta

Kanavakokojen valintaan vaikuttavat mm. seuraavat asiat.

- Tavoiteltu SFP-luku
- Tavoitellut äänitasot tiloissa
- Helppo ja hyvä tasapainotettavuus
- Esteettisyys

Pyrittäessä matalaan SFP-lukuun, äänitasot pysyvät yleensä luonnostaan matalina ja verkoston tasapainotettavuus pysyy helpommin hallinnassa. Äänitasot ja mahdollinen äänen vaimennustarve tulee kuitenkin aina tarkastella ja määrittää erikseen.

”Painehäviöt ovat suoraan verrannollisia ilman tiheyteen ja ilman tilavuusvirran neliöön kaavan 3 mukaan. Kun tilavuusvirran paikalle sijoitetaan ilman massavirta, huomataan, että painehäviö on kääntäen verrannollinen tiheyteen.” (kaava 3). Sandberg 2016 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 110)

$$\Delta P \sim \rho q_v^2 \sim \frac{\rho q_m^2}{p^2} \sim \frac{q_m^2}{p}$$

Kaava 3. (Sandberg 2016 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 111)

Tämä seikka on syytä ottaa aina huomioon mitoitus- ja painehäviö laskelmia tehdessä, koska ilmantiheys saattaa vaihdella kanaviston eri vaiheissa, esim. lämmönsiirtimessä. Tällaisissa tapauksissa ilman massavirta pysyy normaalisti vakiona ja tilavuusvirta

muuttuu. Poikkeustapauksina ovat ilman kostutus ja kuivaus, joiden tapauksessa ilman kosteus muuttaa massavirtaa. (Sandberg 2016 Ilmastointilaitoksen mitoitus, 111)

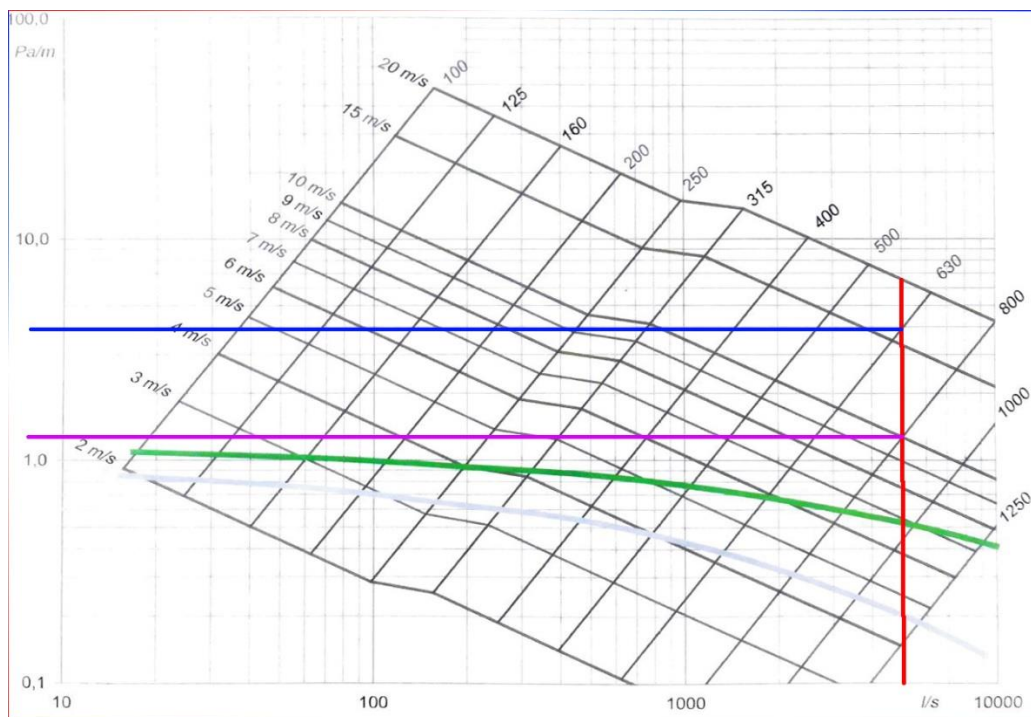
6.2 Kanavakoon vaikutus kanaviston painehäviöön

Alapuolella olevissa kuvissa on esitetty kuvitteellisen tilanteen kanaviston painehäviöiden vertailua eri kanavakoilla (kuva 23 ja kuva 24). Kanaviston kokojen valinnassa tulee huomioida myös ilmannoisuus. Ilmannoisuudelle ei ole annettu suoranaista nopeuden maksimi arvoa, mutta lähtökohtana voidaan pitää, että ilmannoisuuden olisi hyvä olla kanavistossa alle 4 m/s. Kanaviston alkuvaiheilla ilmannoisuus voi olla suurempi kuin kanaviston loppuosassa lähellä päätelaitteita, jotta ilmanvirtauksesta aiheutuva ääni ei kuulu päätelaitteista huonetiloihin. Kuvissa olevilla (kuvat 23 ja 24) viivoilla kuvaan sitä, kuinka kanavakoon muuttaminen vaikuttaa kanaviston painehäviöihin yksikössä Pa/m.

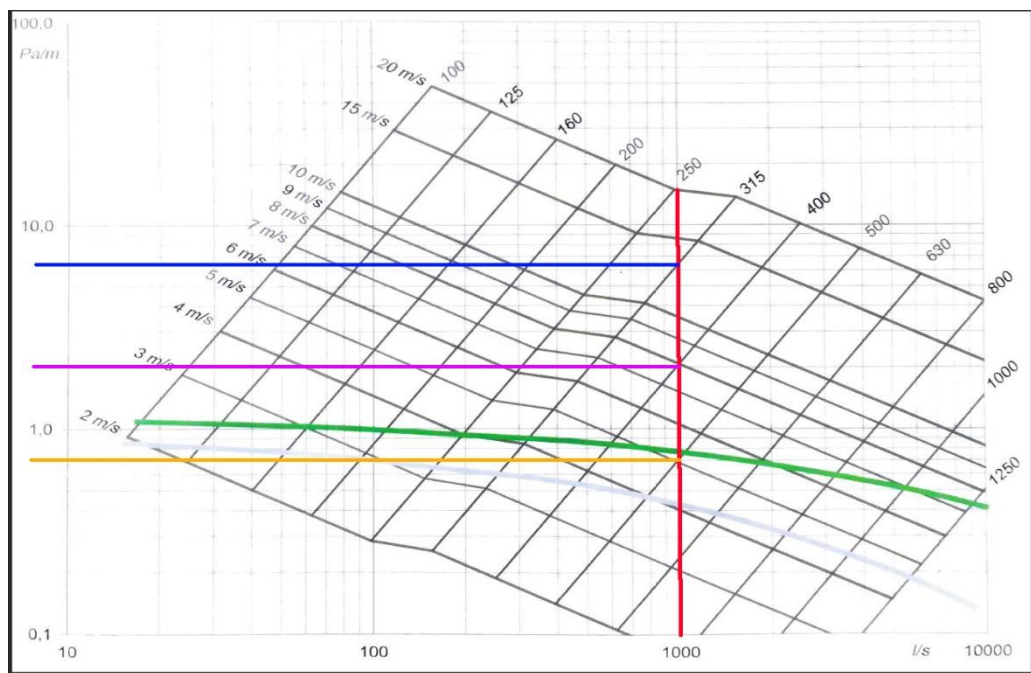
Kuvissa näkyvä kaareva vihreä käyrä vastaa suunnilleen äänitasoa 35 dB (A) kanaviston loppupäässä ja harmaa käyrä vastaa taas suunnilleen äänitasoa 25 dB (A).

Kuvasta 23. pystytään tulkitsemaan, paljonko kanaviston painehäviö laskee, kun kanavakoko muutetaan isommaksi. Ilmamääränä käytettiin 5000 l/s, joka vastaa työn alussa mainittua 5 m³/s, jota on käytetty työssä ilmanvaihtokoneita vertailtaessa. Sinistä vaakaviivaa seuraamalla pystytään toteamaan, että kanavakoolla Ø 630 mm kanaviston painehäviö noin 4 Pa/m. Tässä tapauksessa ilmavirran nopeus olisi kanavassa yli 15 m/s, joka ei olisi enää hyväksyttävä ilmannoisuus. Kun kanavakoko kasvatetaan suuremmaksi, tässä tapauksessa Ø 800 mm, käyrästä voidaan tulkita, että kanaviston painehäviö laskee noin arvoon 1,3 Pa/m ja ilman nopeus tippuu noin arvoon 10m/s.

Kuva 24. esittää kuinka kanaviston painehäviö muuttuu pienemmällä ilmavirralla kuin kuvassa 23. Kuvassa 24 käytettiin ilmavirtana 1000 l/s ja kanavakoolla Ø 315 painehäviöksi muodostuu 6 Pa/m, kanavakoolla Ø 400 painehäviö on noin 2 Pa/m ja kanavakoolla Ø 500 kanavistolla painehäviö laskee arvoon 0,7 Pa/m.



Kuva 23. Painehäviöt kanavistossa $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ilmavirralla eri kanavakoilla.



Kuva 24. Painehäviöt kanavistossa $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ilmavirralla eri kanavoilla.

Kun ilmavirtana käytettiin 1000 l/s, saatiin seuraavia arvoja (kuva 24). Arvot ovat suuntaa antavia, koska tarkkojen lukujen saaminen kyseisestä kuvasta on lähes mahdotonta.

Kanavakoko	Painehäviö	Ilman nopeus
Ø 315 mm	6 Pa/m	13 m/s
Ø 400 mm	2 Pa/m	8 m/s
Ø 500 mm	0.7 Pa/m	5 m/s

Yläpuolella olevasta taulukosta voidaan tulkita, että kanaviston painehäviö laskee keskimäärin 1/3 alkuperäisestä, aina kun kanavakokoa suurennetaan yhdellä koolla. Ilmanopeus kanavistossa laskee myös samalla noin 40 %, kun kanavakokoa suurennetaan. Kanavakokoa suurennettaessa tulee ottaa huomioon se negatiivinen puoli, että kanavat vaativat enemmän tilaa hormeissa sekä alakatossa. Tämän takia on tärkeää tehdä päätökset riittävän aikaisin liittyen koneen SFP-lukuun ja painehäviöihin, koska rakennuksissa olevat hormien paikat ja koot lyödään lukkoon jo usein suunnittelun alkuvaiheissa ja niitä voi olla vaikea lähteä muuttamaan myöhemmin.

6.3 Yhteenveto

Tuloksia tutkimalla voidaan tehdä suoraan seuraavia johtopäätöksiä, että kanaviston koon kasvattamisella on positiivinen vaikutus kanaviston painehäviöön. Kuvasta 24 nähdään, että kanaviston koon kasvattaminen yhdellä koolla suuremmaksi laskee kanavan painehäviötä noin 65 %. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos ilmanvaihtokoneeksi halutaan kone, jonka SFP-luku on 1.5 kW/(m³/s), niin silloin kanaviston kooka on lähes pakko pitää riittävän suurena, jotta painehäviöt pysyvät pieninä kanavissa ja ilmanvaihtokoneen kanavapaine pysyy pienempänä.

7 ELINKAAREN KUSTANNUS LASKENTA

Tässä osiossa suoritetaan vielä laskelmat koneiden käyttö ja elinkaaren kustannuksista. Vertailut suoritetaan koneille 2 ja 3, jotka olivat paras ja huonoin kone energiatehokkuuden kannalta. Vertailemalla energiatehokkuuden kannalta parasta ja huonointa konetta saadaan mahdollisimman selkeä kuva, kuinka SFP-luvun ja lämmöntalteenoton hyötysuhteen parantaminen vaikuttavat käyttöaikaisiin kustannuksiin.

Molemmille koneille oletettiin seuraavat käyntiajat:

Maanantai-Perjantai, koneet käyvät klo: 6.00-18.00 100 % teholla.

Lauantaina ja sunnuntaina, koneet käyvät klo: 8.00-16.00 100 % teholla.

Nämä käyntiajat tarkoittavat sitä, että molempien koneiden käyntiaika on 3620 tuntia vuodessa

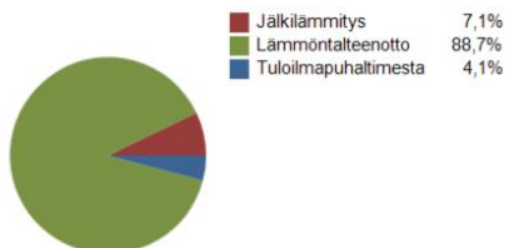
Sähköhintana käytettiin 4,8 c/kWh, joka löytyi Fortumin sivuilta ja siirtomaksuna käytettiin 4,07 c/kWh, joka puolestaan löytyi Helenen sivuilta, sähkön hinnaksi tulee yhteensä 8,87 c/kWh. Kaukolämmön hintana käytettiin 6,33 c/kWh, joka on Helenen vuotuisen hinnan keskiarvo. Kaikki energian ja sähkön hinnat ovat haettu 22.4.2020.

7.1 Energian talteenotto

Kuvissa 25 ja 26 on esitetty koneiden 2 ja 3 energian kulutusta sekä niiden kykyä ottaa lämpöä talteen likaisesta jäteilmasta. Energiataulukot ovat saatu mitoitushjelman energialaskennalla (kuva 25 ja 26)

ENERGIAN TALTEENOTTO

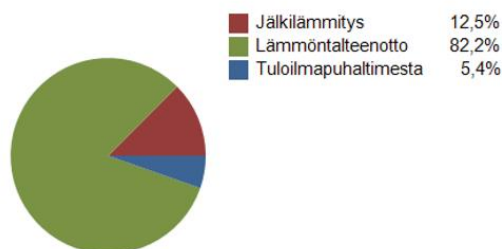
Kokonaistarve	316 998 kWh (100%)
Jälkilämmitys	22 595 kWh (7,1%)
Lämmöntalteenotto	281 301 kWh (88,7%)
Tuloilmapuhaltimesta	13 101 kWh (4,1%)
Kompressoreilta	0 kWh



Kuva 25. koneen 2 energian talteenotto

ENERGIAN TALTEENOTTO

Kokonaistarve	316 998 kWh (100%)
Jälkilämmitys	39 580 kWh (12,5%)
Lämmöntalteenotto	260 444 kWh (82,2%)
Tuloilmapuhaltimesta	16 974 kWh (5,4%)
Kompressoreilta	0 kWh



Kuva 26. Koneen 3 energian talteenotto.

Kun vertaillaan kuvia 25 ja 26, nähdään, että koneiden kokonaisenergiatarve on sama, mutta koneen 3 jälkilämmitys tarve on huomattavasti suurempi kuin koneella 2, jonka lämmöntalteenoton hyötysuhde oli parempi. Koneen 2, lämmöntalteenoton lukema on 281 301 kWh, kun huonommalla koneella se on 260 444 kWh. Tämän lisäksi 2 koneen tuloilmapuhaltimen energiankulutus on 13 101 kWh kun koneen 3 vastaava arvo on 16 974 kWh.

7.2 Käyttöenergiatarve

	Kone 2	Kone 3
Tuloilmapuhallin	14 082 kWh/vuosi	18 245 kWh/vuosi
Poistoilmapuhallin	15 023 kWh/vuosi	18 028 kWh/vuosi
Kokonaistarve	29 105 kWh/vuosi	36 273 kWh/vuosi

Yläpuolella esitetyssä taulukossa esitetään koneiden 2 ja 3 puhaltimien vaatima sähköenergia. Koneen 3 puhaltimien kokonaisenergian tarve on noin 7000 kWh enemmän kuin koneen 2.

7.3 Käyttökustannukset

	Kone 2	Kone 3
Sähkö puhaltimet	2 581,62 Euroa/vuosi	3217,42 Euroa/vuosi
Jälkilämmitys	1430,3 Euroa/vuosi	1430,3 Euroa/vuosi
Yhteensä	4019,91 Euroa/vuosi	5722,83 Euroa/vuosi

Koneen 2 käyttökustannukset olisivat vuodessa 5722,83 Euroa - 4019,91 Euroa = 1702,92 Euroa halvemmat kuin koneella 3, kun otetaan huomioon puhaltimien käyttämä sähkö ja ilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energia. Yläpuolella esitettyjen kustannusten lisäksi lisäkustannuksia tulee vielä suodattimien vaihdosta. Suodattimien vaihdot ja mahdolliset huoltotarpeet oletetaan samoiksi, eikä niiden täten pitäisi aiheuttaa kustannus eroja tässä tapauksessa.

Yläpuolella esitetyt energiankulutukset ovat suuntaa antavia. Todelliset arvot vaihtelevat kohteen sijainnista ja vuoden keskilämpötilasta riippuen, kylmänä talvena koneiden käyttökustannukset kasvavat vielä suuremmiksi, koska koneella 2 on parempi lämmöntalteenoton hyötysuhde.

7.4 20 vuoden kustannuslaskelmat

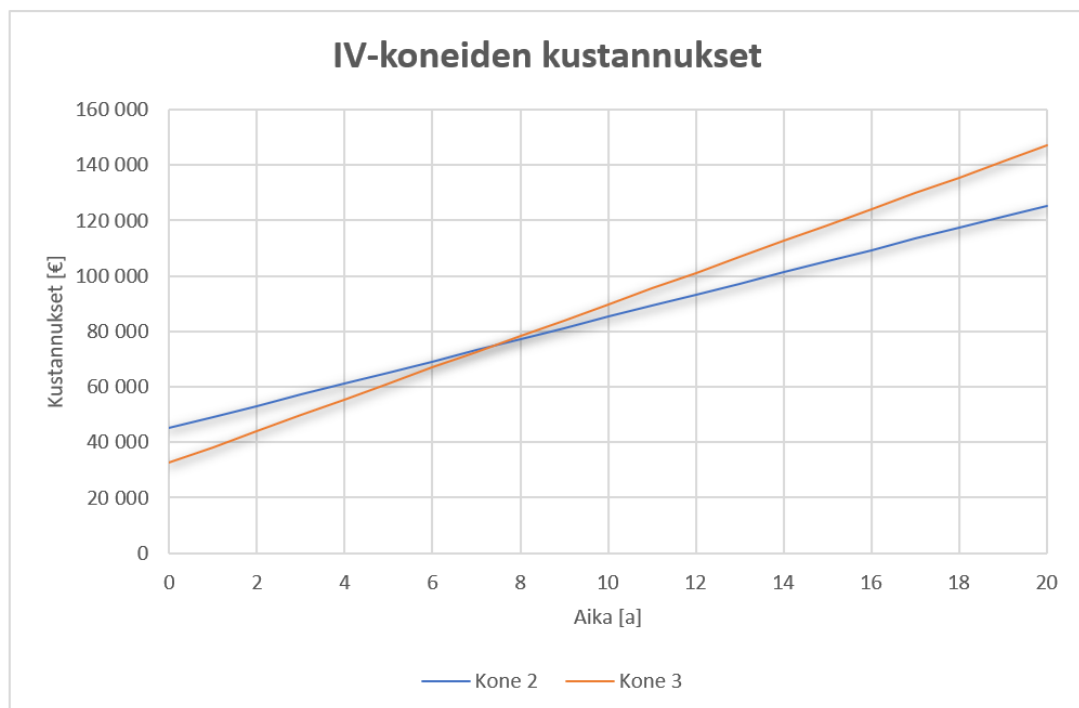
Tässä osiossa suoritetaan vielä laskelmat, paljonko kustannuseroja koneille tulee 20-vuoden aikajaksolla, kun otetaan huomioon koneiden alkuinvestointi ja vuotuiset käyttökustannukset. Mahdollisia korkoja tai energianhinnan muutoksia ei oteta huomioon näissä laskelmissa. Alkuinvestoinnilla tarkoitetaan koneen ostamiseen menevää rahamäärää. Ilmanvaihtokoneiden hinnat on saatu Interventin myyjältä.

	Kone 2	Kone 3
Alkuinvestointi (euroa)	45 000	32 500
Käyttökustannukset (euroa/vuosi)	4019,91	5722,83

Koneella 2 muodostuu seuraavat kustannukset 20 vuoden aikana, $4019,91 \text{ euroa} * 20 \text{ vuotta} + 45\,000 \text{ euroa} = 125\,398,2 \text{ euroa}$.

Koneella 3 muodostuu seuraavat kustannukset 20 vuoden aikana, $5722,83 \text{ euroa} * 20 \text{ vuotta} + 32\,500 \text{ euroa} = 146\,956,6 \text{ euroa}$.

Yläpuolella esityistä laskelmista selviää että koneen 2 käyttökustannukset ovat $146\,956,6 \text{ euroa} - 125\,398,2 \text{ euroa} = 21\,558,4 \text{ euroa}$ vähemmän 20 vuoden ajanjaksolla.



Kuva 27. koneiden 2 ja 3 kustannukset 20 vuoden aikana.

Kuvassa 27 on esitetty kuinka koneiden alkuinvestointi ja käyttökustannukset muuttuvat 20 vuoden aikana. Kuvasta nähdään että vaikka koneen 3 alkuinvestointi oli huomattavasti suurempi kuin koneella 2, niin pienempien käyttökustannusten ansiosta kone 3 tulee kannattavammaksi noin 8 vuoden kohdalla.

8 YHTEENVETO

Suurin vaikutus ilmanvaihtokoneiden tilantarpeeseen oli SFP-luvulla ja kanavapaineella, lämmöntalteenoton hyötysuhteella ei ollut vaikutusta koneiden mittoihin. Kanavien koon kasvattaminen vaikutti positiivisesti kanavien painehäviöön. Tässä tapauksessa, kanavapaine laski keskimäärin noin 65% alkuperäisestä aina kun kanavakokoa kasvatettiin yhdellä koolla. Kun rakennuksen hankesuunnitteluvaihe alkaa, ilmanvaihdon hormoneihin tulee varata riittävästi tilaa ilmanvaihdon kanavistolle. Tällä tavoin kanaviston painehäviöt pysyvät pienempinä ja samalla ilmanvaihtokoneen kanavapaine pysyy myös matalana.

Ilmanvaihtokoneiden kanavapaineen nostaminen tarkoittaa sitä, että ilmanvaihtokoneet tarvitsee enemmän tilaa konehuoneessa. Kun konekokoja kasvatetaan, samalla on myös hyvä tutkia ja selvittää, olisiko konekokoja mahdollista kasvattaa vielä hieman enemmän kuin mitä pelkkä kanavapaineen tuoma muutos vaatii.

Jos ilmanvaihtokoneiden kokoa on mahdollista kasvattaa noin 30 % alkuperäisestä, sen avulla koneille saataisiin matalampi SFP-luku sekä parempi lämmöntalteenoton hyötysuhde, jotka yhdessä toisivat selvää rahallista säästöä ilmanvaihtokoneen elinkaaren aikana.

LÄHTEET

Granlund, Jupipedia

IV-Produkt mitoitusohjelma

Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas, päivitetty 23.12.2019

LVI 31-10507 Hiukkassuodatuksen peruskäsitteet, 2012. Viitattu 8.5.2020

LVI 30-10333. Ilmanvaihtolaitteiden äänitekninensuunnittelu ja äänenvaimennus asuinrakennuksessa. 2002. Viitattu 18.4.2020

LVI 38-10454 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2010. Viitattu 16.4.2020

LVI 38-10515. Ilmanvaihdon Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta. 2012. Viitattu 15.4.2020

LVI 30-10529. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. 2013. Viitattu 11.4.2020

LVI RakMK-00623 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2018 viitattu 27.4.2020

Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019, korjaus
28.1.2020

RT 21778. Rakentamismääräysten tärkeimmät muutokset Muistilista LVI-suunnittelijalle. 2019. Viitattu 18.4.2020

RT 07-11299. SISÄILMASTOLUOKITUS 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Viitattu 15.4.2020

Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy

Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas, päivitetty 11.6.2019

1009/2017, Suomen säädöskokoelma, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta