

Opinnäytetyö AMK

Insinööri AMK | Rakennus ja yhdyskuntatekniikka

2024

Jani Supperi

Liesikuvun tehostuksen kompensointi asuinkerrostalon keskitetyssä ilmanvaihdossa

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma, insinööri

Kesäkuu 2024 | 69 sivua

Jani Supperi

Liesikuvun tehostuksen kompensointi asuinkerrostalon keskitetyssä ilmanvaihdossa

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa suunnitteluohje kerrostalon keskitetyn ilmanvaihdon liesikuvun tehostamisen kompensointiin. Työn tilaajana toimi suuri konsulttialan yritys, jonka suunnittelijoiden avuksi suunnitteluohje luotiin.

Tutkimusosio tehtiin laadullisena puolistrukturoituna asiantuntijahaastatteluna. Haastateltaviksi valikoitui tilaajayrityksen palveluksessa olevia LVI-suunnittelijoita, joilla oli vankka työkokemus kerrostalojen suunnittelusta. Haastattelukysymykset luotiin tutkimuksessa aluksi tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen nojaten.

Haastatteluissa korostuivat keskeiset näkökohdat, jotka tulisi ottaa huomioon suunnitteluohjeissa: liesikupu, päätelaitteet, ilmastointikanavat ja ratkaisut liesikuvun poistoilman kompensointiin. Näiden keskeisten näkökohtien ympärille luotiin suunnitteluohjeet, jotka käsittelevät liesikuvun tehostamisen huomioon ottamista ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelussa.

Asiasanat:

suunnittelu, ilmanvaihto, liesikupu, kerrostalo

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil and Community Engineering

2024 | 69 number of pages

Jani Supperi

Compensation of cooker hood exhaust air in a centralized ventilation system for residential apartment buildings

The purpose of the thesis was to develop design guidelines for compensating the increased air resistance caused by a cooker hood in a centralized ventilation system of a residential apartment building. The thesis was commissioned by a large consulting firm in the field, which sought to provide guidance for its designers.

The research section was conducted as a qualitative semi-structured expert interview. The interviewees were HVAC designers employed by the client company, selected based on their experience in designing residential apartment buildings. Interview questions were developed based on the literature review conducted at the beginning of the research.

The interviews highlighted several key aspects that should be considered in the design guidelines: the cooker hood, terminal devices, ductwork, and solutions for compensating range hood exhaust air. Around these key aspects, design guidelines were created to address considerations for designing ventilation systems with cooker hood enhancement.

Keywords:

Design, ventilation, cooker hood, apartment building

Sisältö

Käytetyt lyhenteet	7
1 Johdanto	8
2 Oppaat	10
2.1.1 Ilmavirtojen mitoitus	10
2.1.2 Asuinkerrostalon ilmavirtojen ohjaus	11
2.1.3 Paloturvallisuus keskitetyssä ilmanvaihdossa	13
3 Ilmanvaihto	15
3.1 Yleisesti	15
3.2 Ilmanvaihtojärjestelmät	15
3.3 Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa	16
3.4 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	16
3.5 Ilmajärjestelmät	17
3.5.1 CAV-järjestelmä	17
3.5.2 VAV-järjestelmä	18
3.6 Keskusilmanvaihtokone	19
3.7 Keskitetyn ilmanvaihdon kanavointi	20
3.8 Kanavavarusteet	21
3.8.1 Sulku ja säätöpellit	21
3.8.2 Palopellit	22
3.8.3 Ilmamääräsäätimet	22
3.8.4 Vakiovirtaussäätimet	23
3.8.5 Tuloilmalaitteet	24
3.8.6 Poistoilmalaitteet	24
4 Ilmanvaihdon suunnittelu	25
4.1 Vaatimukset kanavistolle	25
4.2 Ilmamäärien mitoitus	26
4.3 Ilmavirtojen tehostus	27
4.4 Tehostettavat kanavistot	28

4.5 Päätelaitteiden mitoitus ja säädettävyys	29
4.6 Siirtoilma	31
4.7 Virtaustekniikka ilmanvaihdon kanavassa	31
4.7.1 Kitkapainehäviöt	32
4.7.2 Kertavastuspainehäviöt	33
4.8 Kanavakokojen määrittäminen	35
4.9 Ilmavirtojen tasapainotus	36
4.10 Ilmanvaihtokoneen valinta ja paineenkorotustarve	37
4.11 Terminen paine-ero	37
4.12 Painehäviöt ja SFP-luku	39
5 Haastattelututkimus	40
5.1 Haastatteluiden toteutus	41
5.2 Yhteenveto haastatteluista	41
5.2.1 Lait, määräykset sekä ohjeet	42
5.2.2 Liesikupu ja sen kanavointi	42
5.2.3 Savunkuristus	43
5.2.4 Liesikuvun poistoilman kompensointitavat	44
5.2.5 Kompensointi päätelaitteen suunnittelussa huomioitavia asioita	45
5.2.6 Runkokanavoinnissa huomioitavia asioita	46
6 Päätelmät	47
Lähteet	48

Kuvat

Kuva 2. Erilliskanavajärjestelmän paloteknisiä ratkaisuja (Talotekniikkainfo 2023).	14
Kuva 3. Fläkt Groupin keskusilmastointikoneen Acon-valintaohjelma (Fläktgroup 2024).	19

Kuva 4. Säätopellit FläktGroup (iris), Climecon (SAM), Halton (PRA), Halton (PTS) (Talotekniikkainfo 2023a)	21
Kuva 5. Palopeltejä FläktGroup ETPR EI60, Fläkt Group ETPR E60. (Talotekniikkainfo 2023a)	22
Kuva 6. Kuvassa ilmamääräsäätimet FläktGroup ja Halton (Fläkt Group 2024).	23
Kuva 7. Vakiovirtaussäädin vasemmalla FläktGroup Ecss ja oikealla Est nord RPM-K. (Talotekniikkainfo 2023a)	23
Kuva 8. Tuloilmaventtiilit FläktGroup STQA ja KTS (Talotekniikkainfo 2023a).	24
Kuva 9. Suunnitteluohje tarpeenmukaiselle ilmanvaihdolle (Helsingin kaupunki 2022).	29
Kuva 10. STQA-päätelaitteen toimivuus muuttuvilla ilmavirroilla (FläktGroup 2024)	30
Kuva 11. Ilmanvaihdon likimääräisiä kertavastuksia, (Seppänen 1996, 100)	35
Kuva 12. 15 STQA ja STQP kuvaaja (FläktGroup 2024)	44

Kuviot

Kuvio 1. Tehostuskerroin B (Talotekniikkainfo 2023)	12
Kuvio 2. Painehäviökäyrästä pyöreälle kierresaumakanavalle. (FläktGroup 2024).	33
Kuvio 3. Viihtyvyys ilmanvaihdon suositellut maksimi kanavanopeudet. Vihreä käyrä kuvaa 35 dB:n äänitasoa ja sininen vastaa 25 dB:n äänitasoa. (Sandberg & Ripatti 2016, 110.)	36

Taulukot

Taulukko 1. Huonekohtaisia normaalin käyttötilanteen ilmavirtoja (Talotekniikkainfo 2019).	11
--	----

Käytetyt lyhenteet

CAV	Vakioilmavirtajärjestelmä eli CAV- järjestelmä tuottaa nimensä mukaisesti vakiomäärän ilmaa; myös yksivyohtojärjestelmä, constant air volume system (Sandberg, Sahlsten, Silvan, & Kauppila 2016, 292–293.)
LTO	järjestelmä, jossa poistoilman lämpö otetaan talteen ja käytetään tuloilman lämmittämiseen (Sandberg & Ripatti 2016, 123)
SFP-LUKU	kuva sähköverkosta otettua tehoa, jota kone tarvitsee yhden ilmakehän kuljettamiseen sekunnissa ilmanvaihtokanaviston läpi (Sandberg & Ripatti 2016, 106)
VAV	VAV-järjestelmä eli muuttuvilmavirtajärjestelmä, variable air volume system (Ripatti & Sandberg 2014, 133–134)

1 Johdanto

Opinnäytetyössä tutkitaan kerrostalon keskitetyn ilmanvaihdon toimintaa, kun käytetään liesikupua. Liesikuvun poisto saattaa aiheuttaa haitallista painesuhteiden epätasapainoa rakennuksen ulkovaipan yli, ellei sitä tasapainoteta kompensoimalla tuloilman määrää. Kompensoimattomuus vaikuttaa myös liesikuvun sieppauskykyyn, mikä tulee ilmi erityisesti tiiviissä rakennuksissa.

Lainsäädäntö asettaa raamit ilmanvaihdon suunnittelulle. Suunnittelua ohjaavat maankäyttö ja rakennuslaki sekä ympäristöministeriön asetukset. Yhteisesti ne muodostavat rakennusten LVI-tekniikkaa koskevat lainsäädännölliset vaatimukset. (Neulainen 2024)

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 ohjaa pääosin maankäyttöä ja rakentamista, mutta se vaikuttaa myös ilmanvaihtoon, ilmanvaihdon suunnitteluun, rakentamiseen, ja käyttöönottoon. Suoraan ilmanvaihtoa koskevat asetukset säätelevät terveellisyydestä, paloturvallisuudesta, ääniolosuhteista, käyttöturvallisuudesta, käyttö- ja huolto-ohjeesta sekä energiatehokkuudesta. Ilmanvaihdon suunnittelijoiden pätevyyttä ohjataan asetuksella suunnittelijoiden kelpoisuudesta. Käyttöönottoa ja rakentamista ohjataan rakentamisen viranomaisvalvonnalla, joka antaa kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle tehtäväksi valvoa rakennustoimintaa sekä huolehtia siitä, että se tehdään lain vaatimalla tavalla. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.)

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 koskee uusien rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihdon rakentamista ja suunnittelua. Asetus ohjaa myös rakennusten laajennuksia sekä kerrosalaan laskettavien tilojen lisäyksiä. Asetusta ei sovelleta maatalouden tuotantorakennuksiin eikä sellaisten uusien asuinrakennusten suunnitteluun ja rakentamiseen, jotka on tarkoitettu käytettäväksi vähemmän kuin neljän kuukauden ajan vuodessa. Asetuksessa määritellään tarkemmin suunnitteluarvoja rakennuksen sisäilmastosta ja siihen liittyvistä lämpötiloista, hiilidioksidipitoisuuksista, sisäilman kosteudesta sekä

valaistusolosuhteista. Siinä määritellään ilmanvaihtojärjestelmien ja ilmanvaihdon erinäisiä vaatimuksia ilmavirroille, ilmansuodatukselle, ilmanvaihdon ohjaukselle sekä kanaviston vaatimuksille. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa LVI-suunnittelijoille selkeä suunnitteluohje, joka helpottaa liesikuvun poiston kompensoinnin suunnittelua ja auttaa tuottamaan tasalaatuisia suunnitelmia, joissa talojen ilmanpainesuhteet, energiatehokkuus sekä terveellisyys ovat halutulla tasolla. Tarkoituksena on myös tarkastella ilmanvaihtokoneen ilmantuottoa, jotta ilmanvaihtokone pystyy kompensoimaan tuloilmaa riittävästi, mutta kuitenkin ylimitoittamatta ilmanvaihtokonetta, jotta voidaan suunnitella rakennus myös taloudellisesti ja kannattavasti.

Aluksi opinnäytteessä esitellään kirjallisuuskatsaus aiheesta luotuun teoriaan. Työn luvussa 2 tarkastellaan Talotekniikkainfon ohjeita sekä luvussa 3 ilmanvaihtoa ja erilaisia varusteita liesikuvun poistoilman kompensoimisen tarpeisiin. Luvussa 4 suunnitellaan ilmanvaihto asuinkerrostalon keittiön liesikuvun ilmanvaihdon kanavoimiseksi ja tehostamiseksi. Luvussa 5 analysoidaan asiantuntijahaastattelut ja lukuun 6 on koottu päätelmät.

2 Oppaat

Talotekniikkainfossa on julkaistu oppaita, joita pääosin käytetään ilmanvaihtosuunnittelun apuna. Oppaat-osiossa käsitellään keskitetyn ilmanvaihdon suunnittelun avuksi laadittuja ohjeita, jotka vaikuttavat ilmavirtojen hallintaan. Talotekniikkainfon ohjeet on laadittu ympäristöministeriön tilauksesta, ja näiden ohjeiden avulla voidaan tehdä ilmanvaihtosuunnittelu ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti. Oppaat-luvussa käsitellään pääosin Talotekniikkainfon ohjeita.

2.1.1 Ilmavirtojen mitoitus

Ohjeistuksen mukaan ilmanvaihdolla ei saa aiheuttaa haitallista ali- tai ylipainetta, eli ilmavirrat tulee suunnitella yhtä suuriksi tai lievästi alipaineiseksi. Lisäksi säädön yhteydessä on varmistettava painesuhteiden oikeellisuus. Asuinrakennuksen ilmavirtojen mitoituksen avuksi on laadittu opas, joka auttaa täyttämään asuinrakennuksen ilmanvaihdon vaatimukset. (Talotekniikkainfo 2023c.)

Ulkoilmavirtojen mitoituksessa tulee toteuttaa seuraavat vähimmäisvaatimukset (Talotekniikkainfo 2023c):

- Koko asuinpinta-alasta laskettuna ulkoilmavirran tulee olla vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 , joka vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$ $2,5 \text{ m}$ huonekorkeudella.
- Jokaisen asunnon ulkoilmavirta tulee olla vähintään $18 \text{ dm}^3/\text{s}$.
- Asunnon jokaisen huoneen ilmavirran tulee olla vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}$, m^2 .
- Ulkoilmaa on tuotava asunnon jokaiseen asuinhuoneeseen vähintään $8 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja 11 m^2 ylittäviin makuuhuoneisiin $12 \text{ dm}^3/\text{s}$.
- Jos asunnossa on sauna, tulee kokonaisilmavirtoihin lisätä $8 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Näiden vähimmäisvaatimusten lisäksi ilmanvaihtoa pitää pystyä tehostamaan 30 % ja tarvittaessa pienentämään enintään 60 %

suunnitteluarvoista. Asunnon suunnitellut kokonaisilmamäärät voivat poiketa toisistaan enintään 20 %, tässä on pidettävä huoli, ettei asunto tule ylipaineiseksi. Huoneiden ilmamäärille on asetettu 10 %:n raja sallitulle poikkeamalle. (Talotekniikkainfo 2023c.)

Alla olevassa taulukossa 1 on ohjeellisia ilmavirtoja, joita voidaan tarpeen mukaan kasvattaa, jotta vähimmäisilmavirtavaatimukset täyttyvät. Ilmavirtoja voidaan kasvattaa myös tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainottamiseksi. (Talotekniikkainfo 2023c.)

Taulukko 1. Huonekohtaisia normaalin käyttötilanteen ilmavirtoja (Talotekniikkainfo 2019).

Huonetila	Ulkoilma- virta dm ³ /s	Poistoilma- virta dm ³ /s	Huomautus
Suurin tai ainoa makuuhuone tai yli 11 m ² makuuhuone	12		
Muut makuuhuoneet	8		
Muut asuinhuoneet kuten olohuone alle 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	8		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Muut asuinhuoneet kuten olohuone yli 22 m ² , ei kuitenkaan keittiö	0,35 dm ³ /s,m ²		Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.
Keittiötila, keittiö, keittokomero, saarekekeittiö (KT)		8 (25)	Liesikuvun/keittiötilan ilmavirran tulee tehostustilanteessa olla vähintään 25 dm ³ /s. Ulkoilman saannista tehostuksen aikana on huolehdittava. Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta
Kylpyhuone WC:llä tai ilman (KPH)		10	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Erillinen WC (WC)		7	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Vaatehuone (VH)		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Varasto		6	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Huoneistosauna (S)	6	6	
Kylpyhuoneesta erillään oleva kodinhoitohuone		8	Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.
Tekninen tila		3	Mitoitetaan lämpökuorman mukaan, vähintään 3 dm ³ /s.

2.1.2 Asuinkerrostalon ilmavirtojen ohjaus

Asetus määrää, että asuinrakennuksen ilmavirtoja on voitava tehostaa 30 % ja ilmavirtoja voidaan pienentää enintään 60 %. Jos asuinkerrostalon keskitetyn

ilmanvaihdon ilmavirrat ovat tehostettavissa asuntokohtaisesti, silloin voidaan tehostuksen ilmavirtojen määrityksessä käyttää pienennyskerrointa, jotta kerrostalon keskusilmavaihtokonetta ei ylimitoitettaisi. Ilmavirta, joka on tehostuksen aikana, voidaan laskea seuraavalla kaavalla 1 tai se voidaan tulkita kuviosta 1. (Talotekniikkainfo 2023c.)

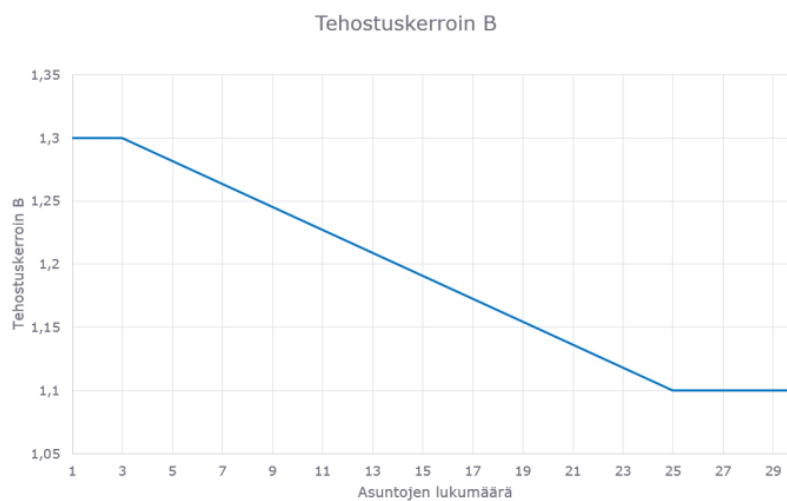
$$V_{mit} = BxV_{ka} \quad (1)$$

jossa

V_{mit} = järjestelmän mitoittavilmavirta tehostuksen aikana

B = tehostuskerroin

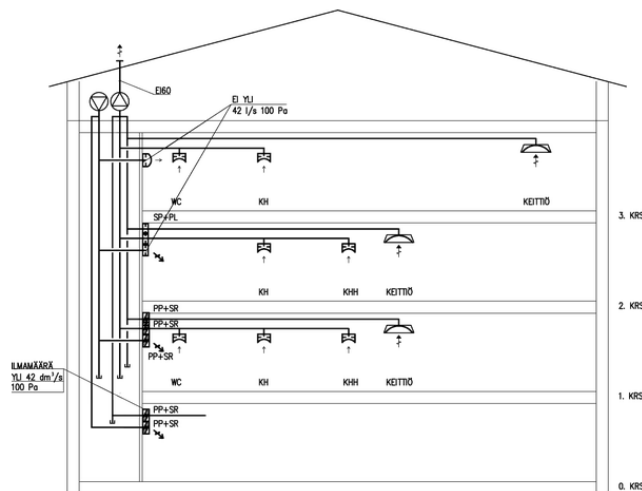
V_{ka} = käyttöajan ilmavirta



Kuvio 1. Tehostuskerroin B (Talotekniikkainfo 2023)

2.1.3 Paloturvallisuus keskitetyssä ilmanvaihdossa

Kerrostalojen palotekniset ratkaisut pyritään toteuttamaan passiivisilla menetelmillä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pyritään välttämään huoltoa ja tarkastamista edellyttävien laitteiden käyttöä. Kuristinratkaisu on passiivinen, ja siinä kuristinehtona on, että $42 \text{ dm}^3/\text{s}$ ilmaa 100 Pa :n paine-erolla saa kulkea kuristimena toimivan laitteen läpi. Kuristimen on oltava työkalulla lukittavissa käyttöasentoonsa. Tämä koskee koko huoneiston yhteen laskettua ilmamäärää yhdestä haarakanavasta, joka ei saa olla 100 Pa :n paine-erolla suurempi kuin $42 \text{ dm}^3/\text{s}$. Liesikupuja tai vastaavia laitteita voi myös käyttää kuristimena, jos ne täyttävät kuristinehdon ja niiden rakenne, kiinnitys sekä palonkestävyys on selvityksen avulla todettu riittäväksi. Kuristinehtoa voidaan käyttää ainoastaan, jos kokoojakanava on pystysuuntainen. Kuristinehdossa tulo- ja poistokanavat lasketaan erikseen. (Talotekniikkainfo 2023b.) Kuvassa 1 on havainnollistettu kerrostalon yhteiskanava järjestelmän paloteknisiä ratkaisuja.

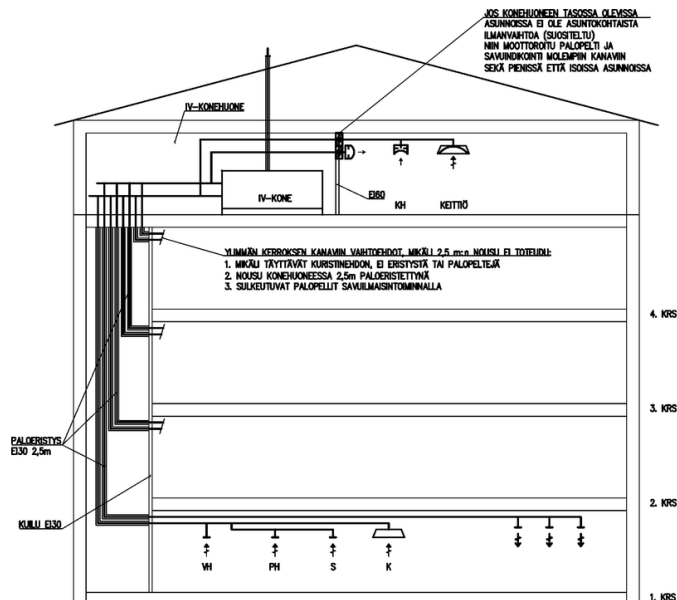


Kuva 1. Yhteiskanavajärjestelmän paloteknisiä ratkaisuja (Talotekniikkainfo 2023b).

Kun kyseessä on asuinkerrostalo, jonka keskusilmanvaihtokone on sijoitettu palveltavien tilojen yläpuolelle ja käytetään yhteiskanavajärjestelmää, voidaan silloin käyttää jotain seuraavista ratkaisuista:

1. Jos kuilun rakenteet on toteutettu EI60, voidaan asuntohaaroihin sijoittaa sulkeutuvat palopellit. Lisäksi suunnittelussa on oltava ratkaisu savun leviämisen rajoittamiselle. (Talotekniikkainfo 2023b.)
2. Jos asuntohaaran koko on 160 mm tai alle ja ilmavirtausehto on kuristinehtojen mukainen, voidaan silloin käyttää kuristinrakennetta palopellin sijaan. Kuristinarakennetta käytettäessä on suunniteltava sen ilmamäärät ja painehäviöt kuristinehdon mukaisesti. (Talotekniikkainfo 2023b.)
3. Erityistapauksissa palopellit voidaan sijoittaa kerrosten välissä sijaitsevaan pystykanavaan (Talotekniikkainfo 2023b.).

Erilliskanavointijärjestelmällä toteutetussa ilmanvaihtojärjestelmässä voidaan savun leviämistä rajoittaa asuntokohtaisilla nousukanavilla. Nousukanavia tulee paloeristää vähintään 2,5 metriä tai 10 kertaa kanavan halkaisija, jos halkaisijasta kerrottuna 10:llä tulee suurempi kun 2,5 metriä. Kuvassa 2 on kuvailtu erilliskanavointijärjestelmää. (Talotekniikkainfo 2023b.)



Kuva 1. Erilliskanavajärjestelmän paloteknisiä ratkaisuja (Talotekniikkainfo 2023).

3 Ilmanvaihto

3.1 Yleisesti

Rakennusten toimiva ilmanvaihto on erittäin tärkeää, koska suurin osa ajasta vietetään sisätiloissa; keski-ikäinen ihminen viettää 90 % ajastaan sisätiloissa sekä hengittää päivittäin 15 m³–20m³ ilmaa. Heikko ilmanvaihto voi vaikuttaa työtehoon sekä aiheuttaa erinäisiä sisäilma-olosuhteisiin liittyviä sairauksia. (Sandberg 2016, 56.)

Käyttäjä tunnistaa hyvän ilmanvaihdon. Hyvän ilmanvaihdon tunnusmerkkejä ovat vedoton, äänetön ja hajuton ilma. Lisäksi ilmanvaihdon tulee olla helpposti huollettava, tarpeen mukaan tehostettavissa, helppokäyttöinen sekä energiataloudellinen. Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda käyttäjille raikasta suodatettua ulkoilmaa kaikkialle rakennukseen ja poistaa likaista ilmaa sekä pitää ilmanlaatu korkeana. Ilmanvaihdolla pidetään vesihöyry ja hiilidioksidin pitoisuudet rakennukselle sekä ihmiselle terveellisellä tasolla. (Seppänen & Seppänen 2007, 164–165.)

Ilmanvaihdolla voidaan myös heikentää ilmanlaatua. Esimerkkinä tästä voidaan mainita tilanne, jossa koneellisella ilmanvaihdolla tai erillispoistoilla aiheutetaan liiallisia paine-eroja, jonka seurauksena vuotovirtaukset saattavat tuoda epäpuhtauksia rakenteista sekä muista vuotoilman reiteistä hengitysilmaan. Ilmanpitävässä rakennuksessa erillispoistot voivat aiheuttaa suuriakin alipaineita, vaikka rakennuksen ilmavaihtojärjestelmä olisikin ilmavirroiltaan tasapainossa. (Saari 2016.)

3.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

Asuinkerrostaloissa yleisimmin käytetyt ilmanvaihtojärjestelmät ovat painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto sekä koneellinen

tulo- ja poistoilmanvaihto. Nykyisten energiamääräysten myötä uusissa kerrostaloissa on jäänyt painovoimaisen sekä poistoilmanvaihtojärjestelmien suunnittelu vähemmälle, ja nykyään kerrostaloihin suunnitellaan pääasiassa koneellisia tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmiä, jotka on varustettu lämmöntalteenotolla eli LTO:lla. (Käyhkö 2023.)

3.3 Tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa

Kerrostaloissa tulo- ja poistoilmanvaihto voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: hajautettuun ja keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään. Hajautettu eli asuntokohtainen on periaatteeltaan samanlainen kuin pientaloissa, eli jokaisessa asunnossa on oma ilmanvaihtokone. Keskitetyssä järjestelmässä yksi kone voi palvella useampaa asuntoa. Molemmat järjestelmät ovat yleisiä nykykerrostaloissa. Suurimmat erot näiden järjestelmien välillä tulevat esiin huolloissa ja käytönhallinnassa. Energian kokonaiskulutuksen kannalta ei suuria eroja synny näiden järjestelmien välille. (Sandberg & Ripatti 2016, 122–123.)

3.4 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Yleensä keskitetyssä ilmanvaihdossa ilmanvaihtokone sijoitetaan palveltavien tilojen yläpuolelle. Se voidaan myös sijoittaa samaan tasoon tai alapuolelle, mutta yläpuoli on paloteknisesti paras ratkaisu. Myös ulkoilman sisäänoton ja jäteilman puhalluksen kannalta se on paras ratkaisu. (Sandberg & Railio 2016, 22.)

Keskitetty ilmanvaihto kerrostaloissa voidaan toteuttaa yleisesti kahdella eri tavalla: joko keskitetysti yhteisellä säädöllä tai tarpeenmukaisesti toteutetulla huoneistokohtaisella säädöllä. Yleisesti näissä järjestelmissä käytetään yhteiskanavointia.

Kun ilmanvaihto toteutetaan tarpeenmukaisella huoneistokohtaisella säädöllä, huoneiston tulo- ja poistokanaviin asennetaan ilmavirtasäätimet.

Ilmavirtasäätimiä voidaan ohjata tarpeen mukaisesti lisäämällä ilmanvaihtoa,

kun on tarvetta poistaa käryjä tai kosteuskuormia ja vastaavasti poissaoloaikana vähentää ilmavirtaa. Ilmanvaihtokoneen puhaltimen nopeutta ohjallaan kanavapaineen mukaan. (Sandberg & Ripatti 2014, 122–123.)

3.5 Ilmajärjestelmät

3.5.1 CAV-järjestelmä

Vakioilmavirtajärjestelmää eli CAV-järjestelmää (constant air volume system) kutsutaan myös yksivyoähykejärjestelmäksi. Vakioilmavirtajärjestelmä on järjestelmä, joka tuottaa nimensä mukaisesti vakiomäärän ilmaa. Järjestelmän ilmantuottoa voidaan muuttaa vain järjestelmäkohtaisesti puhaltimen nopeutta säätämällä. (Sandberg ym. 2016, 292–293.)

Vakioilmavirtajärjestelmä on muihin järjestelmiin verrattuna edullisempi vaihtoehto. Se soveltuu kohteisiin, joissa on yksi suuri tila tai vierekkäin samankaltaisia tiloja, joiden lämpökuormat ovat yhtä suuret. Järjestelmää ei suositella kohteisiin, joissa lämpökuormat poikkeavat selvästi toisistaan. (Sandberg ym. 2016, 292–293.)

CAV-järjestelmä voidaan mitoittaa kesäajan jäähdytystarpeen mukaan tai tilojen ilmamäärävaatimusten mukaan. Jos mitoitetaan ilmamäärien mukaan ja jäähdytysteho ei ole riittävä kaikissa osissa rakennusta, voidaan ottaa käyttöön jälkijäähdytyspatteri niille osin. (Sandberg ym. 2016, 292–293.)

Vakioilmavirtajärjestelmä tasapainotetaan vakioilmavirtasäätimin, säätöpellein sekä päätelaitteilla. Jos tulee tarve käyttää alue- tai kerroskohtaisia sulkupeltejä, joita ohjataan tarpeen mukaan auki tai kiinni, tarvitaan puhaltimen ilmavirransäätö sekä kanavapaineen säätö, jolloin näiden kaaviot ovat samanlaisia kuin muuttuvailmajärjestelmässä. (Sandberg ym. 2016, 292–293.)

3.5.2 VAV-järjestelmä

VAV-järjestelmälle (variable air volume system) eli muuttuvailmavirtajärjestelmälle on ominaista, että sillä voidaan tuoda tiloihin ilmaa tarpeen mukaan. Muuttuvailmajärjestelmässä ilman tuottoa voidaan säätää järjestelmäkohtaisesti, vyöhykkeittäin tai huoneittain. Ilmavirtoja voidaan säätää olosuhdemuutosten, käyttäjämäärien tai kellon mukaan. (Ripatti & Sandberg 2014, 133–134.)

VAV-järjestelmä soveltuu parhaiten tiloihin, joissa on suuret lämpökuormat ja/tai tarve suurille ilmavirroille sekä suuri vaihtelu käyttäjämäärissä. Yleisesti järjestelmä sopii kokoontumistiloihin, kouluihin, elokuvateattereihin, kauppoihin, kokous-, liike- sekä neuvottelutiloihin. (Ripatti & Sandberg 2014, 134–136.)

Järjestelmä voidaan mitoittaa joko jäähdytystarpeen tai/ja ilmavirran tarpeiden mukaan, noudattaen kuitenkin ilmavirtojen vähimmäisvaatimuksia.

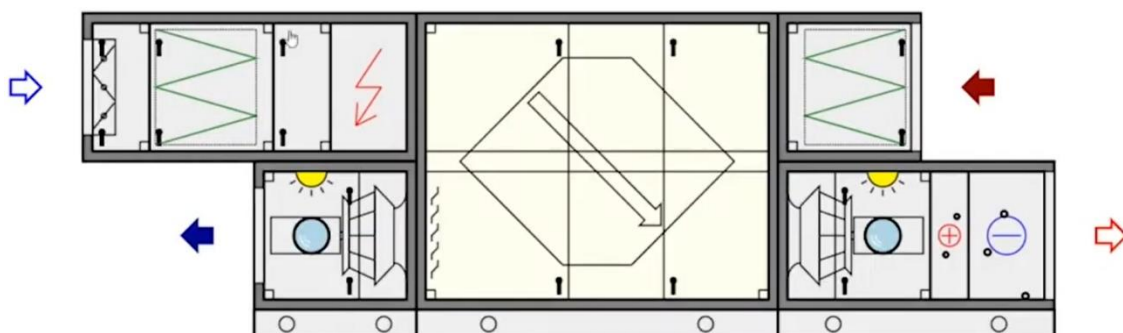
Mitoitettaessa järjestelmää tulee huomioida, kuinka ilmavirran tarve ja jäädytyksen tarve mahdollisesti ilmenevät. Jos järjestelmä on lämpökuorman perusteella mitoitettu ja tarvitaankin ilmamäärien perusteella vähemmän jäähdytystä, silloin voidaan mahdollisesti käyttää jälkilämmityspattereita. (Sandberg ym. 2016, 301.)

Muuttuvailmavirtajärjestelmän tasapainotuksen periaatteena pidetään pyrkimystä matalaan staattiseen paineeseen kanavistossa, jotta voidaan pienemmällä puhaltimen sähkönkulutuksella säästää sähköenergiaa. Jotta voidaan suunnitella toimiva VAV-järjestelmä, on huolehdittava sen komponenttien olevan vaatimusten mukaiset. VAV-järjestelmän ilmavirrat säädetään puhallinnopeuden muutoksilla sekä kanavissa sijaitsevilla paine- tai ilmavirtasäätimillä. Jotta ilmavirtojen säädössä päästäisiin riittävään tarkkuuteen tulisi pyrkiä käyttämään paineesta riippumattomia säätimiä. (Sandberg, Sahlsten, Silvan, & Kauppila 2016, 301.)

3.6 Keskusilmanvaihtokone

Keskusilmanvaihtokoneiden yleisin sijoituspaikka on palveltavien tilojen yläpuolella. Yleisesti kerrostaloissa käytetään nykyään toimintavalmiita pakettikoneita, joihin voidaan valita tarpeen mukaan automatiikka, puhaltimet, suodattimet, äänenvaimentimet, jäädytyspatteri, lämmityspatteri sekä lämmönvaihdin. Ilmanvaihtokoneelle on asetettu tiettyjä vaatimuksia, joita olisi huomioitava suunnittelussa. Koneen pitää olla pysäytettävissä hätäkytkimellä, joka olisi sijoitettava paikkaan, jossa se on helposti käytettävissä. Koneen on oltava tiivis niin, ettei tulo- ja jäteilma pääse sekoittumaan keskenään. Koneen on oltava myös helposti huollettavissa, ja sille täytyy varata huoltotila. (Sandberg & Railio, 22; Talotekniikkainfo 2023c.)

Kone valitaan yleensä koneen valmistajan mitoitusohjelmaa käyttäen, kun tiedetään sille asetettuja reunaehtoja, kuten maksimi- ja minimi-ilmavirrat, lämmöntalteenottomenetelmä, sfp-tavoitearvo, kanavapaineen tarve, lämmityspatterin tehontarve sekä jäähdytyspatterin tehontarve ja kanavaliitäntöjen suunnat. (Sandberg, Paasio, Lönnström, Mäkinen & Tammivaara, 2014 178–179.) Kuvassa 3 on esimerkki keskusilmanvaihtokoneesta FläktGroupin valintaohjelmasta.



Kuva 2. FläktGroupin keskusilmastointikoneen Acon-valintaohjelma (FläktGroup 2024).

3.7 Keskitetyn ilmanvaihdon kanavointi

Toimivan kanavoinnin lähtökohtana voidaan pitää sen tiiveyttä. Jotta voidaan suunnitella energiatehokas, äänetön ja tasapainoinen ilmanvaihto, niin kanaviston tulee olla tiivis. (Ripatti ym. 2014, 219–220.)

Kanavointi pyritään toteuttamaan käyttämällä standardit täyttäviä pyöreitä kierresaumakanavia, mutta tilanpuutteen takia voidaan joutua joskus käyttämään suorakaidekanavia (Sandberg & Railio 2014, 24). Standardi SFS-EN1506 käsittelee liitosten mitat ja SFS-EN 12237 käsittelee lujuudet. Nämä standardit määrittelevät vaatimukset sekä testausmenetelmät niiden varmistamiseksi. (Ripatti ym. 2014, 213–214.)

Keskitetyn ilmanvaihdon runkokanavointi voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, kanavointi voidaan toteuttaa joko yhteiskanavointijärjestelmällä tai erilliskanavointijärjestelmällä (Jokinen, Pessi & Laine 2014, 330).

Erilliskanavointijärjestelmässä jokaisella asunnolla on omat nousukanavat ilmastointikonehuoneeseen tulolle ja poistolle. Hyvänä puolena erilliskanavoinnille voidaan pitää sen paloteknistä puolta, jossa jokainen nousukanava on palon rajoittajana, tämä ei aina koske ylintä kerrosta. Hyvänä puolena voidaan pitää myös, että kanavointi ei ole herkkä asuntojen ilmavirtojen muutoksille. Haasteena voidaan pitää nousuhormien suurempaa tilantarvetta. (Ripatti & Sandberg 2014, 122–123.)

Yhteiskanavointijärjestelmässä huoneistojen kanavat liitetään yhteiseen nousukanavaan. Tässä järjestelmässä on otettava huomioon nousu kanavien väljä mitoitus, ettei ilmavirtojen muutokset vaikuttaisi asuntojen välillä. (Ripatti & Sandberg 2014, 122–123.) Yhteiskanavointi aiheuttaa paloteknisiä vaatimuksia, joita erilliskanavoinnissa ei ole. Hyvänä puolena yhteiskanavoinnissa voidaan pitää pienempiä hormoneja. Huoneistojen kanavointi toteutetaan molemmissa järjestelmissä samalla tavalla eli poistot sijoitetaan tiloihin, joissa on mahdollisia epäpuhtauslähteitä, kuten esimerkiksi wc ja keittiö. Tuloilma johdetaan

puhtaisiin oleskelutiloihin, kuten olohuoneeseen ja makuuhuoneisiin. (Käyhkö 2023.)

3.8 Kanavavarusteet

Ilmanvaihtokanavisto vaatii toimiakseen ja ollakseen tasapainoinen ja toimiva erilaisia kanavavarusteita, joita ovat mm. äänenvaimentimet, puhdistusluukut, palopellit, sulku- ja säätöpellit, ilmamääräsäätimet sekä vakiovirtaussäätimet (Ripatti ym. 2014, 216).

3.8.1 Sulku ja säätöpellit

Sulku- ja säätöpeltejä löytyy joko suorakaidekanavaan tai pyöreään kanavaan sopivia. Näiden laitteiden ominaisuuksia määrittää standardi SFS-EN 1751. Sen avulla määritetään laitteen tiiviysluokka, ilmavirta-painehäviöominaisuudet, vääntömomentti ja lämpövuoto. Standardit määrittelevät vaatimukset sekä testausmenetelmät niiden varmistamiseksi. Säätöpelleillä voidaan myös mitata luotettavasti ilmavirtoja, kunhan noudatetaan valmistajan antamia varoetäisyyksiä häiriölähteistä. (Ripatti, Railio & Sandberg 2014, 216.) Kuvassa 4 on yleisiä säätöpeltejä.



Kuva 3. Säätöpellit FläktGroup (iris), Climecon (SAM), Halton (PRA), Halton (PTS) (Talotekniikkainfo 2023a)

3.8.2 Palopellit

Palopeltien tehtävänä on toimia savun- tai palonrajoittimina, johon ohjeet määrittellään Suomen rakentamismääräyskokoelma E7:ssä. Palopellit testataan standardin SFS-EN 15650 vaatimalla tavalla. Ne luokitellaan joko E-luokkaan tai EI-luokkaan. E-luokassa ne täyttävät tiiveysvaatimukset ja EI-luokassa ne täyttävät tiiveys- ja eristysvaatimukset. Lisäksi määritellään minuuttimäärä, jonka laite kestää esim. EI60 TAI E60. (Ripatti, Railio & Sandberg 2014, 216.) Alla kuvassa 5 FläktGroupin palopeltejä.



Kuva 4. Palopeltejä FläktGroup ETPR EI60, Fläkt Group ETPR E60. (Talotekniikkainfo 2023a)

3.8.3 Ilmamääräsäätimet

Ilmamääräsäätimet ovat laitteita, jotka säätävät ilmavirtoja aktiivisesti. Ne koostuvat yleensä läppäpellistä, ilmavirran mittausosasta sekä ohjaimesta. Ohjaimella voidaan muuttaa laitteen asetuksia ja säätää ilmavirtoja. Ilmamääräsäätimien toiminnan kannalta on erityisen tärkeää noudattaa valmistajien ilmoittamia vähimmäisetäisyyksiä häiriön lähteistä. (Talotekniikkainfo 2023, 23.) Kuvassa 6 esimerkki ilmamääräsäätimistä



Kuva 5. Kuvassa ilmamääräsäätimet FläktGroup ja Halton (Fläkt Group 2024).

3.8.4 Vakiovirtaussäätimet

Vakiovirtaussäätimellä pidetään ilmanvaihtokanaviston ilmavirta vakiona, ja laite voidaan asentaa tulo- ja poistokanavaan. Vakiovirtaussäätimet säätävät ilmavirrat mekaanisesti ilman ulkoista ohjausta tai virtalähdettä. Lisäksi markkinoilla on myös saatavilla toimilaitteella varustettuja ilmavirtasäätimiä. Suunnittelussa tulee huomioida laitteen valmistajan ilmoittamat vähimmäiskanavanopeudet, kanavapaineet sekä etäisyydet häiriön lähteistä.

(Talotekniikkainfo 2023.) Alla kuvassa 7. esimerkkinä vakiovirtaussäätimiä.



Kuva 6. Vakiovirtaussäädin vasemmalla FläktGroup Ecss ja oikealla Est nord RPM-K. (Talotekniikkainfo 2023a)

3.8.5 Tuloilmalaitteet

Asuinkerrostalossa käytetään yleensä joko kattoon tai seinään asennettavia tuloilmaventtiilejä. Tuloilmaventtiilit sijoitetaan asuinrakennuksissa yleensä tiloihin, joissa on tarvetta puhtaalle ilmalle; eli kerrostaloissa makuuhuoneisiin, saunaan ja olohuoneeseen. Laitteen valinnassa tulee huomioida, ettei laite aiheuta vetoa, ääntä tai oikosulkuvirtauksia haitallisesti. Tuloilmaventtiili voi toimia myös kuristimena, jos se täyttää palonrajoitusehdon ($42 \text{ dm}^3/\text{s}$, 100 Pa :n painehäviöllä). (Talotekniikkainfo 2019; Seppänen & Seppänen 2007, 197.) Kuvassa 10 on yleisiä tuloilmalaitteita.



Kuva 7. Tuloilmaventtiilit FläktGroup STQA ja KTS (Talotekniikkainfo 2023a).

3.8.6 Poistoilmalaitteet

Asuinkerrostaloissa poistoilmalaitteina käytetään yleisesti kattoon asennettavia poistoilmaventtiilejä ja keittiössä voidaan käyttää liesikupua. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan tiloihin, joissa on epäpuhtauslähteitä. Yleensä asuinkerrostaloissa ne sijoitetaan huoneistoissa kylpyhuoneeseen, saunaan, keittiöön ja vaatehuoneeseen. Laitteen valinnassa tulee huomioida, ettei laite aiheuta haitallisesti ääntä. Poistoilmaventtiili sekä liesikupu voi toimia kuristimena, jos ne täyttävät kuristinehdon, kohdassa 2.5.3 on käsitelty asiaa tarkemmin ($42 \text{ dm}^3/\text{s}$, 100 Pa :n painehäviöllä). (Talotekniikkainfo 2019; Seppänen & Seppänen 2007, 197.)

4 Ilmanvaihdon suunnittelu

Ilmanvaihtosuunnittelun alussa ilmanvaihdolle asetetaan tavoitteet, joiden pohjalta suunnittelua lähdetään toteuttamaan. Tärkeimmiksi tekijöiksi sisäympäristölle ovat ilmanvaihtosuunnittelun kannalta ovat ilmanlaatu, lämpöolosuhteet sekä laitteistojen äänitekkinen toiminta. Näiden sisäympäristön vaatimusten lisäksi ilmanvaihdon suunnittelussa tulee huomioida laitoksen energiatehokkuus. (Säteri & Koskela 2014, 37; Jokinen ym. 2016, 319.)

Ilmanvaihtolaitos voidaan mitoittaa rakennusmääräyskokoelman minimivaatimuksilla tai vaihtoehtoisesti ilmanvaihtolaitokselle voidaan asettaa sisäilmastoluokitusten mukainen S1, S2 tai S3 mukainen luokka, jota voidaan myöhemmin tarkentaa tilojen mukaan. Luokittelu määrittellään hankesuunnitteluvaiheessa. Luokittelussa S1 luokka on korkein taso, kun taas S3 on heikoin. Nämä luokittelut määrittävät operatiivisen lämpötilan arvot, joka määrää laitoksen jäähdytyksen tarpeen, sekä ilmanliikkeen nopeuden arvot, jotka antavat vetoisuudelle arvot. Sisäilmanlaadulle on myös määritelty arvot, jotka ohjaavat hiilidioksidin raja-arvoja, radonpitoisuutta sekä ilman kuitupitoisuutta, joka ohjaa suodattimien valintaa ja ilmamääriä. Luokittelu antaa myös raja-arvot äänitasoille, jotka määrittävät vaimennusta ja laitteiston äänen tuottoa. (RT 11299, 2018; Jokinen ym. 2016, 320.)

4.1 Vaatimukset kanavistolle

Jotta voidaan suunnitella toimiva sekä energiatehokas kanavisto, tulee sille asettaa tietyjä toiminnallisia vaatimuksia, joita tulee pitää mielessä suunnittelun edetessä. Kanaviston tulee olla virtausteknisesti stabiili, äänitekkinen hallittu, yksinkertainen suunnitella, helposti ja turvallisesti huollettavissa, helppo käyttää, paloturvallinen, muuttuvilla ilmavirroilla toimiva, tiivis, helposti

tasapainotettavissa sekä energia- ja säätöteknisesti suorituskykyinen. Jotta kanavisto olisi energiatehokas, tulisi se suunnitella väljäksi eli tavoitella pieniä kanavanopeuksia, kun nopeudet ovat alhaisia saadaan samalla meluton ja helposti säädettävä kanavisto. (Sandberg & Ripatti 2016, 87.)

Ilmanvaihtokanavistolle on asetettu tiiveyteen sekä puhdistettavuuteen tiettyjä vaatimuksia. Tiiveysvaatimuksina tavanomaisille rakennuksille pidetään B-luokan tiiveyttä. Kanaviston puhdistettavuudelle on asetettu seuraavia vaatimuksia: kanavistoon tulee suunnitella puhdistusluukkuja tarpeeksi, jotta puhdistustyö on mahdollista. Puhdistusluukku on asennettava seuraavissa tapauksissa: jos on yli kaksi 45°:n kulmaa 10 metrin välein vaakakanavistossa, sulkeutuva palopelti, IMS-pelti tai haarakohta, jota ei ole mahdollista muuten puhdistaa. (Talotekniikkainfo 2023c.)

4.2 Ilmamäärien mitoitus

Ilmanvaihdon ilmamäärät voidaan määritellä laskemalla lämpö-, epäpuhtaus- ja kosteuskuormien perusteella tai käyttämällä julkaistuja ohjearvoja. Yleisesti tavanomaisissa asuinrakennuksissa käytetään ohjearvoja, jotka täyttävät vähimmäisvaatimukset, näitä ohjearvoja on käsitelty luvussa 2.1.1. Ilmamäärät kasvavat, jos rakennuksen sisäilmastoluokitusta nostetaan. Jos halutaan täyttää vain lain minimivaatimukset niistä, on ohjattu ympäristöministeriön asetuksessa minivaatimuksiksi 0,35 (l/s) /m² koko asunnon lattiapinta-ala kohden ja 6 l/s per henkilö oleskelutiloissa ja koko asunnon vähimmäis-ilmamääräksi on asetettu 18 l/s. Ilmamäärät mitoitetaan lievästi alipaineeseen tai tiiviissä asuinrakennuksessa tasapainoon, kuitenkin täytyy pitää huoli, ettei asuntoon muodostu missään tapauksessa ylipainetta. (Jokinen ym. 2016, 320; YM 1009/2017.)

4.3 Ilmavirtojen tehostus

Ympäristöministeriön asetus määrää, että rakennuksen ilmavirtoja on voitava tehostaa vähintään 30 % suuremmaksi kuin käyttöajan ilmavirrat. Tämän voi toteuttaa joko asunto- tai rakennuskohtaisesti. Tämän lisäksi tehostuksen tarvetta on keittiössä käryjen ja kosteuden poistoon. Nykyisissä kerrostaloissa on yleisenä ratkaisuna tehostussäätöinen liesikupu, joka on yleensä perusilmavirraltaan -8 l/s ja tehostettuna -25l/s. Tätä käytetäänkin yleisesti huoneistokohtaisen tehostuksen toteutukseen, kun poiston aikana samalla kompensoidaan tuloilmaa. Tällainen tehostus kasvattaa pienissä asunnoissa poistoilmaa jopa 74 %, joka ilman tuloilman lisäystä aiheuttaisi merkittävän alipaineen asuntoon. Alipaine voi olla rakennuksen tiiveydestä riippuen jopa -30 Pa. (Talotekniikkainfo 2023d.) Jos tehostus tehdään laitoskohtaisesti, se voidaan tehdä puhaltimen nopeutta kasvattamalla (Sandberg, Sahlsten, Silvan, & Kauppila 2016, 292–293.)

Kun ilmavirtoja tehostetaan, tulee ottaa huomioon, että ilmanvaihdolla ei saa aiheuttaa haitallisesti alipainetta. Tehostuksen kompensointiin tuloilmalla on muutamia erilaisia suunnitteluratkaisuja. Kompensoinnin voi toteuttaa joko huoneisto kohtaisesti IMS-pellillä tai moottoripellillä, joka saa tilatiedon liesikuvulta. (Talotekniikkainfo 2023d.)

Kompensoinnin voi tehdä päätelaittekohtaisesti, jossa huoneistoon sijoitetaan moottoritoimilaitteella varustettu tuloilmalaite, josta otetaan perusilmavirtaa sekä tehostusilmavirtaa esimerkiksi +13/+30 l/s tai puhtaasti on/off tavalla, jossa ei perusilmavirtaa oteta tehostus päätelaitteesta. Näissä toteutuksissa tarvitaan kärkitieto liesikuvulta. (Talotekniikkainfo 2023d.)

Lisäksi kompensoinnin voi tehdä paine-ero ohjatulla ilmavirran säädöllä, jossa tehostuspeltiä tai tuloilmapäätte-elintä ohjataan paine-erojen mukaan. Tämä vaatii paine-eromittauksen, joka toteutetaan huoneistokohtaisesti. Laitteistolle asetetaan paine-ero, jolloin pelti aukeaa esim.-15 Pa. Paine-ero mittauksessa on huomioitava tuuli, ja mittaus on sijoitettava sellaiseen paikkaan, ettei tuuli aiheuta paine-eron vääristymää mittaukseen. (Talotekniikkainfo 2023d.) Näissä

tehostusmenetelmissä on ilmanvaihtokoneessa oltava kanavapaineen säätö sekä ilmavirran säätö puhaltimessa (Sandberg, Sahlsten, Silvan, & Kauppila 2016, 292–293.)

4.4 Tehostettavat kanavistot

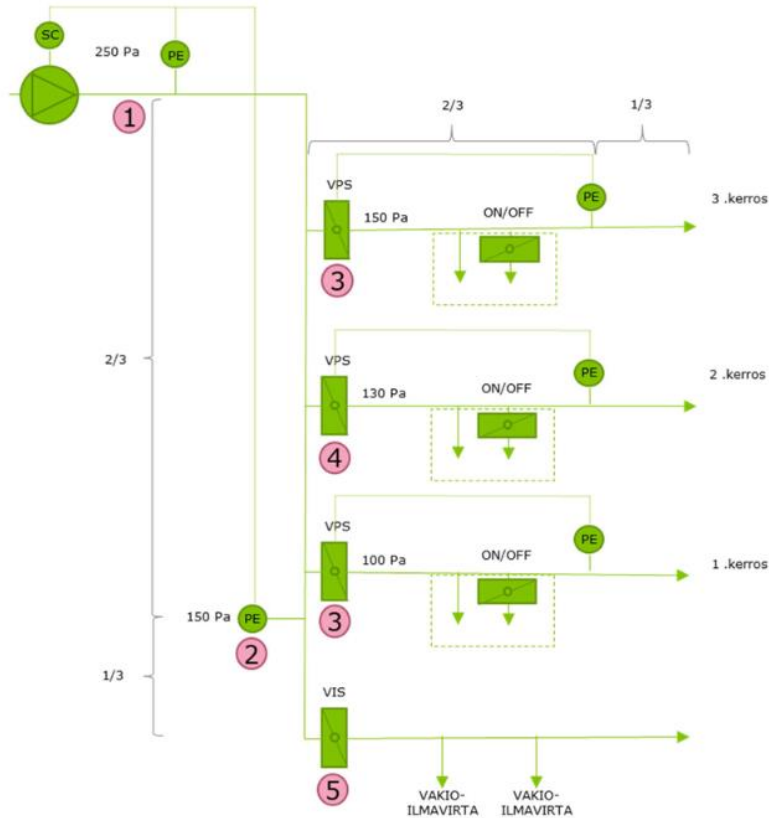
Nykyisissä asuinkerrostaloissa on yleisesti käytössä tehostussäätöinen liesikupu keittiössä, josta perinteisesti otetaan perusilmavirtaa -8 l/s, jota tarpeen mukaan tehostetaan 17 l/s avaamalla liesikuvussa olevaa läppää (Talotekniikkainfo 2023d).

Päällekkäisten huoneistojen liesikupujen kanavointi tulee kytkeä samaan nousuhormiin ja konehuoneessa kanavointi suositellaan tuomaan lähelle ilmanvaihtokoneen kammiota. Hormien kanavoinnin mitoituksessa tulee huomioida tehostusilmamäärät. (Talotekniikkainfo 2023c.) Tätä poistoilman kasvua tulee kompensoida 17 l/s, joten huoneistoon täytyy suunnitella kompensointi tuloilmalla. Kompensointi yleensä toteutetaan erillisellä päätelaitteella, jonka kanavoinnissa on kaksiasentoinen pelti, jota ohjataan liesikuvulta tulleen tiedon mukaan auki ja kiinni. Helsingin kaupungin laatimassa suunnitteluohjeessa suositellaan kytkemään nämä tehostushaarat samaan nousukanavaan, joka on erillään muista tuloilman kanavista, tai suunnittelija voi vaihtoehtoisesti esittää muita toimivia ratkaisuja. (Helsingin kaupunki 2023, 21.)

Jos tehostettavat kanavat kytketään samaan kanavointiin muun ilmanvaihdon kanssa, silloin tehostuksen toiminta voi olla epävakaata, ja peltien avaaminen sekä sulkeminen voi vaikuttaa läheisten haarakanavien toimintaan. Tämän takia tehostuspeltien kanavointi tulisikin suunnitella omilla runkokanavoinneillaan tai muissa vakiovirtaisissa kanavissa tulisi olla vakiovirtaussäätimet. (Talotekniikkainfo 2023a, 75.)

Jos kanavointeja ei voida toteuttaa omilla runkokanavoinneilla koneen kammiolle, voitaisiin mahdollisesti soveltaa toista Helsingin kaupungin luomaa ohjetta, joka on tehty tarpeenmukaisiin järjestelmiin. Siinä opastetaan sijoittamaan vakiovirtaussäädin kanavointeihin, joihin tulee vakiovirtaisia tiloja ja

vakiopainesäätö tiloihin, joissa on on/off peltejä. (Helsingin kaupunki 2022.)
Kuvassa 11 kuvaillaan laitoksen toteutusta.



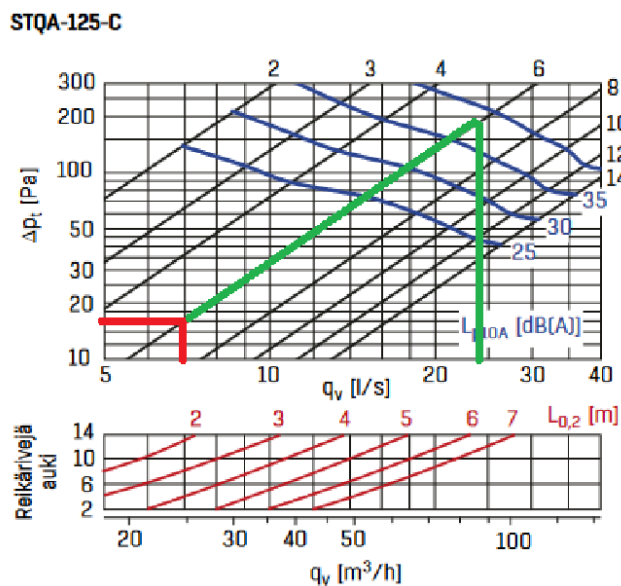
Kuva 8. Suunnitteluohje tarpeenmukaiselle ilmanvaihdon (Helsingin kaupunki 2022).

4.5 Päätelaitteiden mitoitus ja säädettävyys

Kun ilmavirrat ovat määritelty, voidaan valita päätelaitteet ja mitoittaa kanavisto. Periaatteena voidaan pitää, että kanavistossa vältetään painohäviön tuottoa, ja päätelaitteella voidaan aiheuttaa painehäviötä. Kun painehäviö on päätelaitteella riittävä, se helpottaa ilmavirtojen säätöä. Tuloilma päätelaitteiden mitoituksessa tulee huomioida äänentuotto ja heittokuvio halutulla ilmavirralla ja painehäviöllä sekä toimiiko laite kuristimena. Jos päätelaitteen ilmavirtoja on

tarkoitus muuttaa, sen toimivuus kaikilla ilmavirroilla on tarkastettava. Alla kuvassa 10 on esimerkki päätelaitteesta, jossa äänet ja painehäviö nousevat korkeaksi, kun ilmavirtoja muutetaan. Perusilmavirta on 7 l/s, 18 Pa (punaisella) tehostus ilmavirta on 24 l/s 180 Pa (vihreänä). Jotta päätelaite olisi helposti säädettävissä tulisi ottaa huomioon laitevalmistajien esittämät varoetäisyydet, huonot varoetäisyydet vaikuttavat laitteen äänentuottoon sekä vaikeuttavat säätöä. (Jokinen ym. 2016, 321; Talotekniikkainfo 2023a, 25.)

Sijoittelussa tulee ottaa huomioon huoneen geometria, ettei aiheuteta oikosulkuvirtauksia, ja vältetään mahdollinen vedon tunne erityisesti vuoteen sekä sohvan kohdalla. (Talotekniikkainfo 2023a.)



Kuva 9. STQA-päätelaitteen toimivuus muuttuvilla ilmavirroilla (FläktGroup 2024)

4.6 Siirtoilma

Siirtoilmareittejä käytetään tavanomaisissa asuinrakennuksissa ilman liikkumiseen huoneiden välillä. Ilmaa siirretään tuloilmaventtiileillä varustetuista tiloista kuten makuuhuone tai olohuone, poistoilmaventtiileillä varustettuihin tiloihin kuten vaatehuone, kylpyhuone tai wc. Jos halutaan parempaa ääneneristävyyttä huoneiden välille, silloin ei voida käyttää ovirakoa, vaan silloin voidaan käyttää siirtoilmasäleikköä tai muita ratkaisuja. (Jokinen ym. 2016, 324.)

Ilmavirtojen suunnittelussa tulee huomioida siirtoilman liikkuminen huoneiden välillä. Siirtoilman reittinä voidaan käyttää ovirakoa 18 dm³/s saakka tai siirtoilmalaitetta, jolle on asetettu 5 Pa maksimaalinen painehäviö. (Talotekniikkainfo 2023a.)

4.7 Virtaustekniikka ilmanvaihdon kanavassa

Kanaviston kokonaispainehäviö on tärkeä käsite ilmanvaihdonsuunnittelussa. Se kuvaa painehäviötä, jota muodostuu ilman liikkuessa kanavistossa. Kokonaispainehäviöön vaikuttavat kanaviston muodonmuutokset, geometria, kanavistovarustusten ym. kertavastushäviöt sekä kitkapainehäviöt. (Sandberg & Ripatti 2016, 88.) Toisin sanoen kokonaispainehäviö muodostuu kitkapainehäviöiden (kaava 2) ja kertavastushäviöiden (kaava 3) summasta, joka on esitetty kaavassa 1.

$$\Delta p = \sum \Delta p_{\lambda} + \sum \Delta p_{\zeta}, = \sum \left(\frac{\lambda L}{d} \times 0,5 \times \rho v^2 \right) + \sum (\zeta \times 0.5 \times \rho v^2) \quad (1)$$

jossa

Δp_{λ} = kitkapainehäviö yhdellä putki osuudella (Pa)

Δp_{ζ} = muodonmuutoksen aiheuttama kertavastuspainehäviö (Pa)

- λ = kitkavastuskerroin
 L = putkiosuuden pituus
 d = putken sisähalkaisija
 ρ = ilman tiheys kg/m³
 v = ilman nopeus m/s
 ζ = muodonmuutosta kuvaava kertavastusluku
 $0,5\rho v^2$ = dynaaminen paine

4.7.1 Kitkapainehäviöt

Kitkapainehäviöt johtuvat ilmanvirtausten aiheuttamasta kitkasta kanavien seinämiin. Kitkapainehäviöihin vaikuttavat ilman nopeus, kanavan muoto ja koko, ilmantiheys, ilman viskositeetti sekä kanavan sisäpinnan karheus. Kitkapainehäviöön vaikuttaa myös kanavan koko eli suuressa kanavassa voidaan käyttää suurempia nopeuksia kuin pienissä. Kitkapainehäviö voidaan laskea käsin Moodyn diagrammin avulla, kun lasketaan ensin Reynoldsin luku ja tiedetään kanavan karheus ja poikkipinta-ala. Näiden avulla saadaan Moody diagrammista kitkavastuskerroin, mutta yleensä käytetään kanavavalmistajien laatimia käyrästäjä, joita voidaan käyttää painehäviön käsin laskennassa. (Sandberg & Ripatti 2016, 87–92.) Kuviossa 2 on esitetty FläktGroupin painehäviökäyrästä pyöreille kierresaumakanaville. Kyseisiä käyrästäjä löytyy myös kanavoinnin muihin osiin kuten t-haaroille ja käyrille. Kaavassa 2 on kitkapainehäviön laskukaava.

$$\sum \Delta p_{\lambda} = \sum \left(\frac{\lambda L}{d} \times 0,5 \times \rho v^2 \right) \quad (2)$$

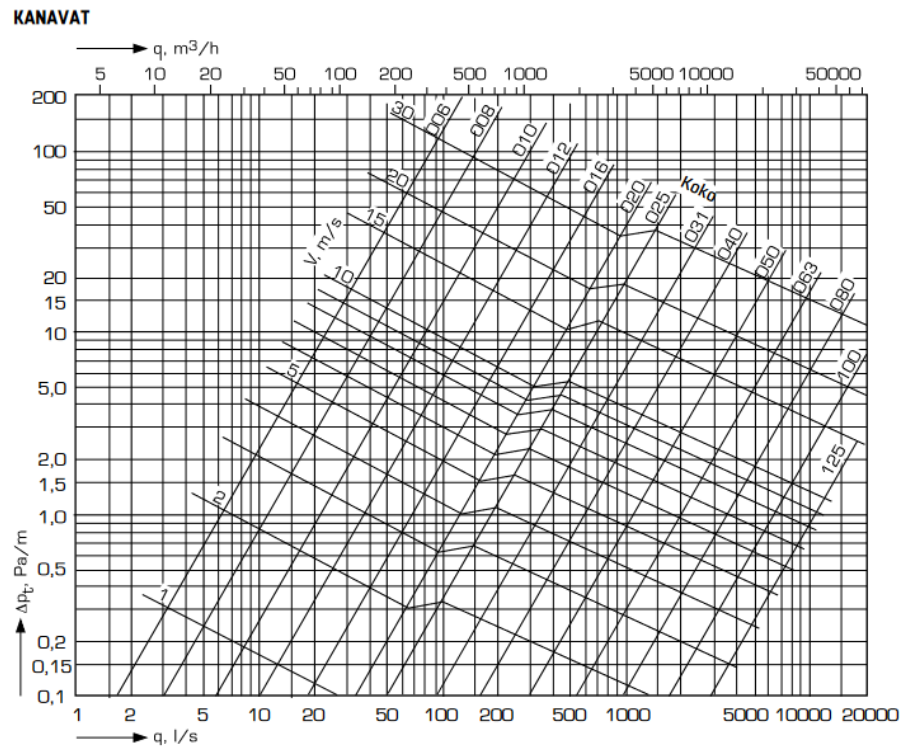
jossa

- Δp_{λ} = kitkapainehäviö yhdellä putkiosuudella (Pa)
 L = putkiosuuden pituus (m)

λ = kitkavastuskerroin

d = putken sisähalkaisija (m)

$0,5 \times \rho v^2$ = dynaaminen paine (Pa)



Kuvio 2. Painehäviökäyrästä pyöreälle kierresaumakanavalle. (FläktGroup 2024).

4.7.2 Kertavastuspainehäviöt

Kanavavarusteet ja muodon muutokset aiheuttavat kertavastushäviöitä. Kertavastushäviöt aiheuttavat suhteessa kitkavastuksiin enemmän painehäviötä isoissa kanavissa kuin pienissä. Suurissa kanavoinneissa on erityisesti kiinnitettävä huomiota kanavoinnin aerodynamiikkaan, koska käytetään suuria nopeuksia, joka tarkoittaa suurta dynaamista painetta. Kun käytetään suurta

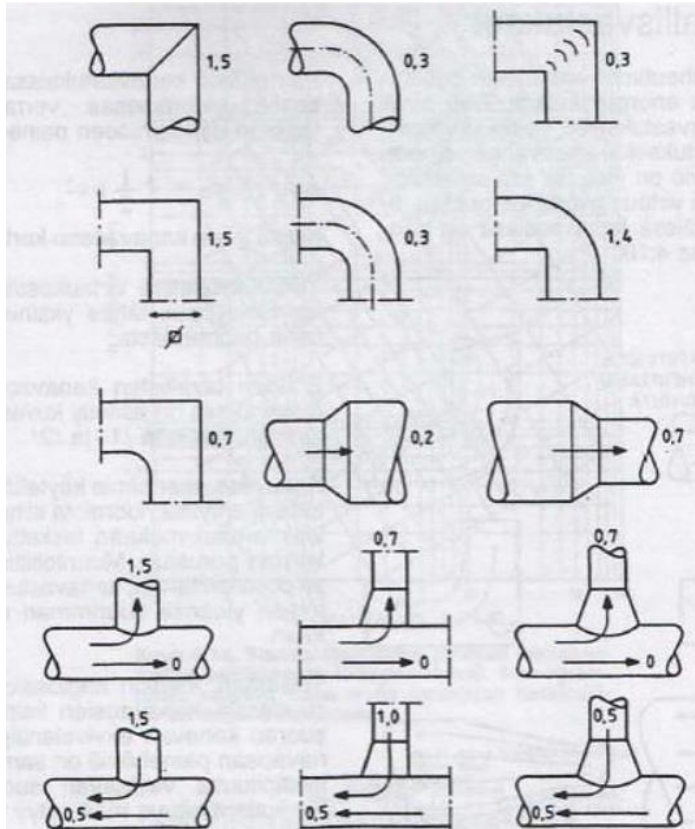
dynaamista painetta, voidaan sillä aiheuttaa poistokanavaan negatiivinen painehäviö. Kertavastuspainehäviöt voidaan laskea kahdella eri tavalla: painehäviö käyrästöiden avulla tai kertavastuslukukäyrästöillä. Kun käytetään painehäviökäyrästöjä, saadaan painehäviö käyrältä, johon on sisällytetty muodonmuutos ja kitkapainehäviö. Kun jos taas käytetään kertavastuslukukäyrästöjä, niin tässä tavassa dynaaminen paine kerrotaan kertavastus luvuilla, tähän tapaan ei sisälly muodonmuutosta, joka täytyy laskea omanaan kertavastuksenaan. Kaava 3 on kertavastuslukukäyrästöillä laskettava. Kirjallisuuteen on kerätty paljon kertavastuslukuja erilaisista tapauksista ja kertavastuksista kuvassa 11 on esitetty muutama esimerkki. Kertavastuspainehäviöt muodostuvat kanaviston osista tai muodonmuutoksista, kuten kanaviston sisäänvirtaus, ulosvirtaus, läpivirtaus, kanavan laajennukset ja supistukset, käyrät ja kulmat sekä haaraumat, jotka kaikki aiheuttavat kertavastuksia. Laskennassa on otettava myös huomioon käyrien sijoitus. Esimerkiksi z-mallisesti sijoitetut 90 asteen käyrät aiheuttavat 1,5-kertaisen painehäviön verrattuna siihen, että käyrät olisivat kanavistossa yksitellen. (Sandberg & Ripatti 2016, 87–92.)

$$\sum \Delta p_{\zeta} = \sum (\zeta \times 0.5 \times \rho v^2) \quad (3)$$

Δp_{ζ} = kertavastuspainehäviö yhdellä muodonmuutoksella (Pa)

ζ = kertavastuskerroin

$0,5 \cdot \rho v^2$ = dynaaminen paine (Pa)



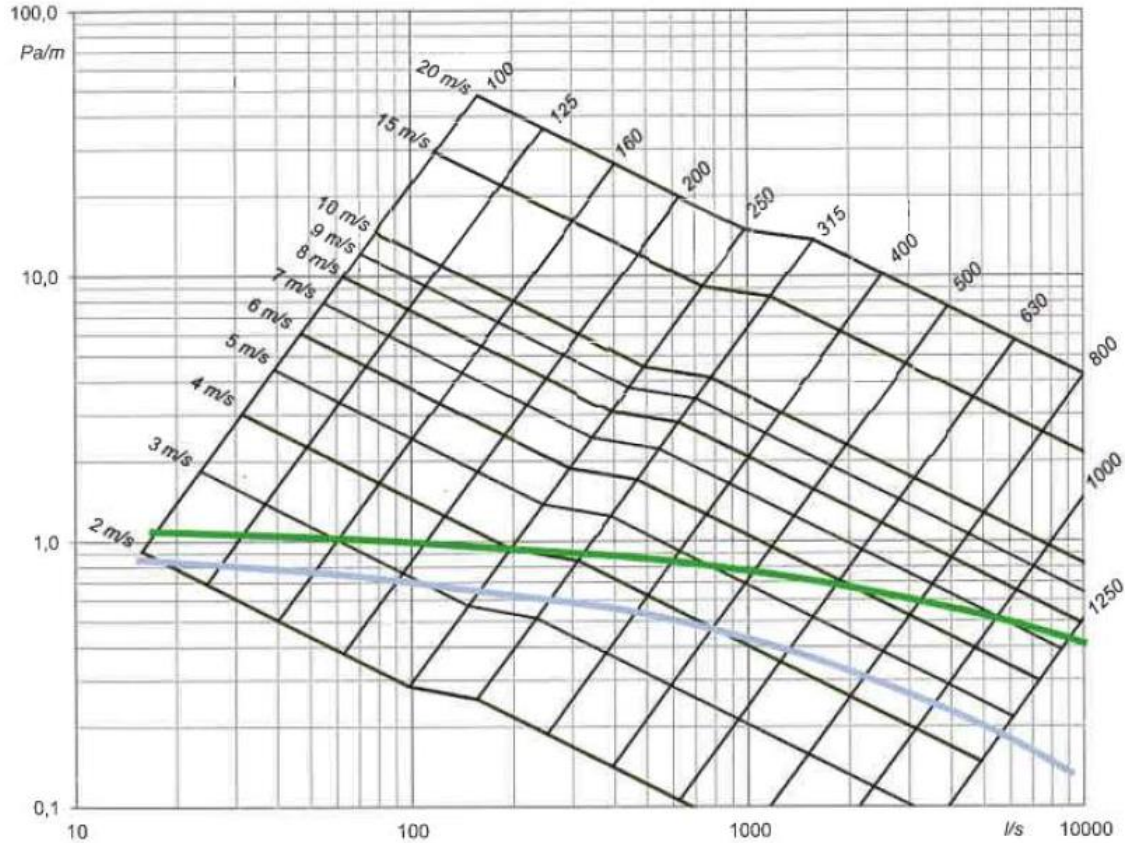
Kuva 10. Ilmanvaihdon likimääräisiä kertavastuksia, (Seppänen 1996, 100)

4.8 Kanavakokojen määrittäminen

Kanavakokojen määrittämiseen vaikuttavat mm. haluttu äänitaso, ilmamäärät, haluttu SFP-luku, tasapainotettavuus ja esteettisyys. Kun tavoitellaan hiljaista ja energiatehokasta ilmanvaihtoa pyritään mataliin kanavanopeuksiin.

Kanavamitoituksen voi tehdä kolmella eri tavalla, jotka ovat kokemusperäisten nopeuksien käyttö, vakiopainekehäviön käyttö tai static regain eli staattisen paineen takaisinsaamisen periaatteen käyttö. Kokemusperäisten maksiminopeuksien tapa on yleisin tapa, siinä asetetaan jokaiselle kanavakoolle maksiminopeudet. Vakiopainekehäviön tavassa, jonka käyttö on vähenemässä, asetetaan perinteisesti 1 Pa/m kitkapainehäviön mukaan kanavakoot. Static regain-tapaa käytetään yleisesti teollisuuden sovelluksissa,

ei niinkään asuinrakennuksissa. (Sandberg & Ripatti 2016, 110.) Kuviossa 3 on kuvattu kokemusperäisiä nopeuksia painehäviökäyrästä.



Kuvio 3. Viihtyvyys ilmanvaihdon suositellut maksimi kanavanopeudet. Vihreä käyrä kuvaa 35 dB:n äänitasoa ja sininen vastaa 25 dB:n äänitasoa. (Sandberg & Ripatti 2016, 110.)

4.9 Ilmavirtojen tasapainotus

Periaatteena kanaviston tasapainotuksessa on aiheuttaa painehäviöitä yhtä paljon jokaiselle päätelaitteelle siten, että poistoilmanpuolella painehäviöt lasketaan huonelaitteelta puhaltimelle järjestelmän vaikeinta reittiä pitkin. Tämän jälkeen painehäviötä aiheutetaan saman verran jokaiselle

huonelaitteelle. Tulopuolella painehäviöt lasketaan puhaltimelta huonelaitteelle, eli lasketaan ilmavirran suuntaisesti. Painehäviötä voidaan hallita päätelaitteilla, säätöpelleillä, ilmavirtasäätimillä tai painesäätimillä. (Sandberg & Ripatti 2016, 101.)

Suurien kanavistojen tasapainotuksessa on huomioitava, että poistoilman päätelaitteissa äänitaso on rajoittava tekijä, ja tuloilman puolella äänitason lisäksi heittopituus on rajoittava tekijä. Jos päätelaitteen säätövara ei riitä ja äänitasot nousevat liikaa, on käytettävä kerroskohtaisissa haarakanavissa virtaussäätimiä ja äänenvaimentimia. (Sandberg & Ripatti 2016, 101–103.)

4.10 Ilmanvaihtokoneen valinta ja paineenkorotustarve

Ilmanvaihtokoneen paineen korotuksessa lasketaan kaikki aiheutuvat painehäviöt, poistokanavistossa se lasketaan seuraavassa järjestyksessä: huonelaite, poistokanava, ilmanvaihtokone, jäteilmakanava ja ulkoilmalaite. Painehäviöt lasketaan ilmavirran kulkusuunnan mukaan, joten tulokanavisto lasketaan päinvastaiseen suuntaan. Kerrostaloissa on paineen korotuksessa huomioitava myös terminen paine-ero. (Sandberg & Ripatti 2016, 105.)

4.11 Terminen paine-ero

Terminen paine-ero aiheutuu lämpötilaeroista, joka taas vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin savupiippuvaikutuksen kautta. Terminen paine-ero kasvaa, kun rakennuksen korkeus tai sisä- ja ulkolämpötilaero kasvaa. Painesuhteiden muutokset tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan ilmanvaihtoa. Termistä paine-eroa voidaan arvioida koneellisesti tai laskea käsin laskukaavalla. Laskeminen voidaan tehdä laskimella laskukaavalla 4. Terminen paine-ero vaikuttaa haitallisesti erityisesti CAV-järjestelmissä, jossa ei ole kanavapaineen säätöä. VAV-järjestelmässä paineohjauksen sekä muuttuvien ilmavirtojen ansioista voidaan käyttää alhaisempia kanavapaineita, ja paineensäätö

onnistuu myös talvella. VAV-järjestelmässä kerroskanavissa yleensä ylläpidetään vakiopainetta, jotta kaikille virtaussäätimille riittää paine joka tilanteessa. Silloin referenssipaine paine-erolähtettimele otetaan samasta kerroksesta. Kun ohjaillaan nousukanavien painetta, otetaan referenssipaine alimmasta kerroksesta ja paine-erolähtetin sijoitetaan kanavan alapäähän. Paine-erolähtetin ohjaa puhaltimen kierrosnopeutta paineen tarpeen mukaan. (Sandberg & Ripatti, 107–110.)

Painesuhteita tulee silti tarkastella suunnitteluvaiheessa, tätä varten on käytettävissä erilaisia simulointiohjelmia. Painesuhteisiin vaikuttaa korkeat tilat ja tilojen välisten rakenteiden tiiveys. Kerrostalossa tällaisia tiloja olisi esimerkiksi hissikuilut sekä porraskäytävät. On tärkeää muistaa, että korkeassa tilassa ylipaine ylhäällä voi olla yhtä suuri, kun alipaine alhaalla. Tämä tarkoittaa, että 10-kerroksisessa rakennuksessa on jopa 60–65 Pa:n paine-ero, mitoitus pakkasella. (Sandberg & Ripatti, 107–110.) Tästä syystä alimman ja ylimmän toimilaitteen korkeus erolle on asetettu maksimi korkeusero, johon on CEN/TR 16798-4:2017-raportissa luotu laskukaava kaava 5. Tähän on myös vaihtoehtoinen tapa, jossa laitos suunnitellaan vakiovirtaussäätimillä tai vastaavilla kanavavarusteilla, jotka kompensoivat savupiippuvaikutusta automaattisesti. (Talotekniikkainfo 2023c.)

$$\Delta p = \left(\frac{T_s - T_u}{T_u} \right) \rho g h \quad (4)$$

jossa

Δp = paine-ero (Pa)

T_s = sisäilman lämpötila (K)

T_u = ulkoilman lämpötila (K)

P = sisäilman tiheys kg/m³

g = painovoiman kiihtyvyys (m/s²)

h = korkeus (m)

$$D_{max} = 600 / (T_a - T_{out,min}), \quad (5)$$

jossa

D_{max} = maksimikorkeusero (m)

T_a = sisäilman lämpötila (°C)

$T_{out,min}$ = ulkoilman lämpötila (°C)

4.12 Painehäviöt ja SFP-luku

SFP-luku eli specific fan power kuvaa puhaltimen ilmantuotantoenergian tehokkuutta mitoitusilmavirralla. SFP-luku kuvaa sähköverkosta otettua tehoa (kW), jota kone tarvitsee yhden ilmakuution (m^3) kuljettamiseen sekunnissa (s) ilmanvaihto kanaviston läpi, eli toisin sanoen $kW/(m^3/s)$. Laskennassa tulee jakajassa käyttää joko tulo- tai poistoilmaa, joista valitaan suurempi. SFP-lukuun vaikuttavat kanaviston ja koneiden aiheuttamat painehäviöt. Pienillä painehäviöillä sekä korkealla hyötysuhteella varustetuilla puhaltimilla päästään pienempään SFP-lukuun. Jos rakennukseen on suunniteltu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, on sille asetettu $1.8 \text{ kW}/(m^3/s)$ SFP-luvun ylärajaksi. (Sandberg & Ripatti 2016, 106.)

5 Haastattelututkimus

Tutkimuksessa selvitetään liesikuputehostuksen kompensoinnissa huomioitavia asioita, jotta voidaan luoda suunnitteluohje, jonka avulla voidaan tehdä korkealaatuisia suunnitelmia, joissa painesuhteet, äänet sekä energiatehokkuus pysyvät vaatimusten tasolla. Tutkimuskysymystä lähestytään seuraavien haastatteluteemojen kautta:

- 1) asiantuntijoiden tausta
- 2) lait, asetukset, ja ohjeet
- 3) liesikuvun sekä kompensoinnin suunnittelu

Kehittämistyö tehtiin laadullisena puolistrukturoituna haastatteluna. Menetelmä sopi tähän tutkimukseen, sillä haastattelurungosta voidaan poiketa.

Puolistrukturoidussa menetelmässä haastattelukysymykset sekä niiden esitysjärjestys on etukäteen pohdittu, mutta haastattelussa näitä ei tarvitse orjallisesti seurata. Haastatteluun laaditut kysymykset ohjaavat keskustelua aiheen suuntaan. Haastattelukysymysten ansiosta haastattelusta saadaan kerättyä tietoa, jota on lähdetty selvittämään, eikä poiketa liikaa aiheesta. Haastattelutyypeistä puolistrukturoitu haastattelu sijoittuu strukturoidun sekä teemahaastattelun välille. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 41–48.)

Haastattelut suoritettiin asiantuntijahaastatteluina, joihin haastateltiin kolmea ilmanvaihdon asiantuntijaa suuresta suunnittelualan yrityksestä. Haastattelussa kysymykset luotiin teoriaan nojaten keskittyen ilmanvaihdon liesikuvuntehostukseen ja kompensoinnin toteutukseen.

5.1 Haastatteluiden toteutus

Haastattelun aluksi käsiteltiin asiantuntijoiden kokemusta ilmanvaihdon suunnittelusta. Toisessa osassa selvitettiin lakien sekä asetusten vaikutusta liesikupupoiston kompensoinnin suunnitteluun. Kolmannessa osuudessa käsiteltiin ilmanvaihdon suunnittelua sekä liesikupu tehostuksen kompensoinnin vaikutusta laitoksen suunnitteluun. Haastattelut pidettiin Teams-kokouksina, jotka nauhoitettiin litteroinnin helpottamiseksi. Teams-kokous oli toimiva ratkaisu, koska tässä voitiin myös tarkastella erityyppisiä suunnitteluratkaisuja näytön jaon avulla; haastateltava jakoi tarvittaessa näytön ja selitti havainnollistaen suunnitelmia.

Haastateltaviksi valikoitui kolme LVI-suunnittelijaa, joilla oli kokemusta kerrostalojen keskitetyn ilmanvaihdon suunnittelusta. Haastateltavilla oli työkokemusta laajalla skaalalla 6–23 vuotta ilmanvaihdon suunnittelusta. Laaja työkokemus osoittautui hyväksi, sillä näkemystä oli laidasta laitaan. Jokainen suunnittelijoista oli suunnitellut niin keskitetyillä ilmanvaihtoilla kuin hajautetuillakin ilmanvaihtoilla kerrostaloja. Suunnittelijat sijoituivat maantieteellisesti Turkuun, Tampereelle sekä Helsinkiin. Maantieteelliset etäisyydet antoivat tutkimukselle näkemyksiä eri suunnitteluyksiköiden käytännöistä.

5.2 Yhteenveto haastatteluista

Tässä osiossa käsitellään haastatteluissa ilmenneitä suunnittelunäkökohtia, joita tulisi huomioida, kun suunnitellaan liesikupua ja poistoilman kompensointia tuloilmalla. Haastattelussa ilmenneiden suunnittelunäkökohtien sekä aiheesta luodun teorian avulla luodaan suunnitteluohje liesikuvun poistoilman kompensoinnin suunnittelun avuksi. Haastatteluissa nousi esille seuraavia keskeisiä asioita, joita tulisi huomioida suunnittelussa: liesikupu ja sen

kanavointi, savunkuristuksen toteutus, liesikuvun poistoilman kompensointi, kompensointi päätelaitteen/laitteiden mitoitus sekä runkokanavoinnin toteutus.

5.2.1 Lait, määräykset sekä ohjeet

Haastattelussa kysyttiin, kuinka lait ja määräykset vaikuttavat suunnitteluun sekä ovatko haastateltavat havainneet eri rakennusvalvontojen välillä eroja tai onko asioita, joita tulisi huomioida, kun aletaan suunnitella liesikupua ja kompensointia. Yksi haastateltavista mainitsi, että jos ollaan vähentämässä poistoilmaa erillisellä moottoritoimintaisella venttiilillä esimerkiksi kylpyhuoneesta, tulee se hyväksyttävä ensin rakennusvalvonnalla. Muita huomioitavia asioita ei noussut esiin. Haastateltavat eivät olleet havainneet eroja rakennusvalvontojen tulkinnoissa, kun ilmanvaihto suunnitellaan Talotekniikkainfon ohjeiden mukaisesti.

5.2.2 Liesikupu ja sen kanavointi

Haastatteluissa nousi esiin seuraavia keskeisiä asioita, jotka tulisi huomioida, kun valitaan liesikupua ja suunnitellaan sen kanavistoa. Ensimmäinen on tärkeää tarkistaa, täyttääkö laite kuristusehdon. Lisäksi on selvitettävä, onko laitteelta mahdollista saada kärkitietoa kompensointipellille, jotta sitä voidaan ohjata liesikuvun käytön aikana. On myös ratkaistava, toteutetaanko asetuksen vaatima 30 %:n tehostus liesikuvun kautta asuntokohtaisesti vai laitoskohtaisesti. Haastateltavien mukaan, jos liesikupu toimii kesäajan tehostajana, laitteen valinnassa on huomioitava, onko siinä mahdollisuus pitkäaikaiseen tehostukseen, koska perusliesikuvuissa on mahdollisuus vain lyhytaikaiseen tehostukseen.

Haastateltavien mukaan liesikuvun hormikanavamitoituksessa tulee huomioida, että kanavointi toimii myös tehostetuilla ilmavirroilla. Runkokanavien mitoituksessa on otettava huomioon myös kesäajan tehostus, jotta kanavointi

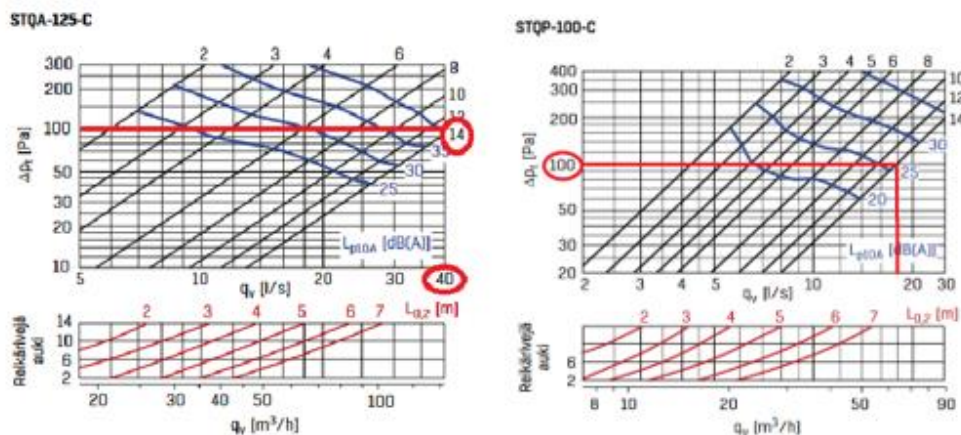
toimii sekä 30 % tehostuksella että liesikuputehostuksella, jos tehostus on laitoskohtainen.

Haastateltavien mukaan liesikuvut tulisi pyrkiä kytkemään samaan runkokanavaan ja viemään omana kanavanaan ilmanvaihtokoneen kammiolle lähelle paineensäätöä. Tämä varmistaa, että kone reagoi aikaisemmin, eikä liesikuvun läpän aukeaminen vaikuta yleispoistoon. Erään haastateltavan mukaan tähän ei aina kuitenkaan päästä, ja liesikuvun kanavointi joudutaan kytkemään jo aikaisemmin yleispoistoon. Silloin runkokanavien mitoituksessa tulisi huomioida niiden väljyys, jotta vältetään vaikuttamasta liesikuputehostuksella yleispoistoon.

5.2.3 Savunkuristus

Haastatteluissa nousi esiin, että kerrostaloissa savunkuristus yleensä toteutetaan joko palopellillä, joka on varustettu savunilmaisimella, säätöpellein tai päätelaitteella. Näistä keinoista säätöpellein tai päätelaittein ovat vähän huoltoa vaativia keinoja, joita yleensä suositaan, mutta viime aikoina on herännyt keskustelua siitä, että ovatko nämä oikeasti turvallisia ratkaisuja. Haastateltavien mukaan, kun savunkuristus tehdään säätöpellillä, suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavia asioita: säätöpelti tulisi mitoitusvaiheessa lukita esisäätöarvoon, jossa se toimii savunkuristajana. Tässä täytyy huomioida, että esisäädön lukitus arvo savunkuristukselle on valmistajakohtainen, esimerkiksi Fläkt Group ES6 ja Ets nord ES5.5. säätöpeltikuristuksessa tulee muistaa painehäviön nousu, kun ilmavirrat kasvavat. Kun lähestytään ilmavirtaa 36 l/s, jolloin painehäviö nousee jo 120 Pa:iin. Haastatteluissa ilmeni, että jos Savunrajoitus tehdään yhdellä tai useammalla päätelaitteella, tulee huomioida, toimiiko laite savunkuristusparina vai yksittäisenä savunkuristimena. Yhden haastateltavan mukaan suunnitteluohjeessa tulisi käsitellä savunkuristuksen toteutusta, kun asunto sijaitsee samassa tasossa ilmanvaihtokoneen kanssa.

Esimerkkinä voidaan sanoa, että FläktGroupin tuotteista STQA toimii yksittäisenä kuristimena, kun taas STQP voi toimia savunkuristusparina. Alla kuvassa 12 vasemmalla STQA palotilanteessa, kun teippi palaa pois, eli päätelaite on täysin auki eli 14 riviä avoinna, jolloin ilmavirta on $40 \text{ dm}^3/\text{s}$ eli alle savunkuristusrajan. Oikeanpuolisessa kuvaajassa on STQP, jonka ilmamäärä pysyy palotilanteessa noin $18 \text{ dm}^3/\text{s}$ eli näitä voidaan sijoittaa samaan linjaan kaksi.



Kuva 11. 15 STQA ja STQP kuvaaja (FläktGroup 2024)

5.2.4 Liesikuvun poistoilman kompensointitavat

Liesikuvun poistoilman kompensoinnista haastatteluissa nousi esiin, että tämä voidaan toteuttaa, joko puhtaasti on/off-tavalla tai on/off-tavalla, jossa tehostus laitteista otetaan myös perusilmavirtaa tai vaihtoehtoisesti ims-pellein. Näistä tavoista nousi esille, että on/off tavoista tulisi suosia puhdasta on/off-tapaa. Puhtaassa on/off tavassa ilmavirtojen hallinta on helpompaa koska päätelaitteesta otetaan vain tehostusilmaa. Tässä tapauksessa ei oteta perusilmavirtaa. Toisaalta tämä ei aina ole mahdollista, jos asunnossa on suuret ilmamäärät. Tällöin voidaan joutua ottamaan myös

tehostuspäätelaitteesta/laitteista perusilmavirtaa, ellei pystytä lisäämään uutta nousukanavaa.

Haastattelijoiden mukaan, jos tavoitellaan puhdasta on/off-tapaa, on tämä syytä ottaa huomioon jo hormisuunnitteluvaiheessa, koska sille täytyy varata oma nousukanava hormiin. Tässä tavassa on syytä myös muistaa, että muissa kanavissa ilmamäärät kasvavat, mikä voi aiheuttaa savunkuristimena toimivalle laitteelle suuria painehäviöitä.

Suunniteltaessa on/off pellillä, josta otetaan perusilmavirtaa, tulee huomioida toimivatko päätelaitteet tai päätelaite kaikilla ilmavirroilla oikein.

Kompensointipellin sijoituksessa on huomioitava, että sen suunnittelua erilliseen haaraan tulee välttää. Tässä tarkoitetaan tilannetta, jossa asuntohaarassa on useita päätelaitteita ja kompensointipelti ohjaa vai yhtä päätelaitetta. Jos kompensointipelti sijoitetaan erilliseen haaraan, silloin pellin avautuminen vaikuttaa muihin haaroihin ja säätöpellin asennon määrittäminen on hankalaa.

5.2.5 Kompensointi päätelaitteen suunnittelussa huomioitavia asioita

Haastatteluissa nousi esiin päätelaitteen valinnasta ja sen mitoituksista seuraavia huomioitavia asioita: toimiiko päätelaite savunkuristimena tai savunkuristusparina. Lisäksi, jos on useita päätelaitteita samassa tilassa, tulee huomioida päätelaitteiden yhteisäänitasot.

Haastateltavien mukaan tulisi tarkastaa, että päätelaite toimii muuttuvilla ilmavirroilla. Päätelaitteesta, josta otetaan perusilmavirtaa, on huomioitava päätelaitteen toimivuus kaikilla ilmavirroilla. Tämä pitää myös huomioida Magicadissa. Magicadissa tulisi nostaa minimipainetasoa, jotta paine riittää myös perusilmavirralla, jos mitoitetulla tehostetulla ilmavirralla.

Haastatteluissa nousi esiin myös, että päätelaitteista tulisi huomioida suojaetäisyydet, jotta päätelaitteen äänet sekä säädettävyys pysyvät hyvällä tasolla.

5.2.6 Runkokanavoinnissa huomioitavia asioita

Runkokanavointien toteutuksesta nousi esiin haastatteluissa, että kanavistoon tulisi suunnitella riittävästi säätöpeltejä, yleisesti nousulinjojen päähän sekä asunohaaraan. Hormikanavoinnit tulisi suunnitella riittävän väljiksi, maksimissaan 4–5 m/s, mutta suositellaan pyrkimään 3–3,5 m/s kanavanopeuksiin, jos nopeudet kasvaa liiaksi, voidaan joutua jakamaan yksi kanava kahdeksi, ellei hormiin saada suurempaa kanavaa.

Hormikanavamitoituksessa tulee myös huomioida, että kanavointi toimii myös tehostetuilla ilmavirroilla. Runkokanavien mitoituksessa huomioida myös kesäajantehostus, jotta kanavointi toimii myös 30 %:n tehostuksella, jos tehostus tehdään laitoskohtaisesti.

Konehuoneen kanavoinnista yksi haastateltavista mainitsi ohivirtauksen mahdollisuuden, joka tulisi ottaa huomioon käytettäessä suuria kanavanopeuksia. Ohivirtauksella tarkoitetaan ilmanvirtausta, joka kulkee kireälle säädetyin säätöpellin ohi, kun käytetään suuria dynaamisia paineita. Tämä voi aiheuttaa haasteita kanavoinnin tasapainotuksessa. Haastateltavan mukaan tätä voi ilmetä ylimpien asuntojen haaroissa.

Haastateltavien mukaan liesikuvun kanavointi tulisi pyrkiä viemään koneen kammiolle. Yhden haastateltavan mukaan myös tuloilman tehostuksen kanavointi tulisi myös pyrkiä tuomaan omana kanavanaan koneen kammiolle. Yksi haastateltavista nosti esiin hormikanavien vakiovirtaisiin kanaviin asennetut vakioilmavirtasäätimet. Näissä kanavavarusteissa oli ilmennyt haasteita laitoksen säädön aikana, hänen mukaansa vakioilmavirta säätimen järkevyyttä tulisi pohtia.

6 Päätelmät

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää millaisia haasteita suunnittelun aikana voi ilmetä ja mitä asioita tulisi nostaa esille liesikuvun poistoilman kompensoinnin suunnitteluohjeessa. Haastatteluissa asiantuntijoilta saadut vastaukset vastasivat hyvin aiheesta luotua teoriaa. On hyvä huomioida, että aina ei voida jokaisessa suunnitelmassa seurata tiettyä valmiiksi luotua kaavaa, sillä muuttujia on kerrostalon suunnittelussa paljon. Esimerkiksi hormien koko, konehuoneen koko, tilaajan tarpeet sekä asuntojen ilmamäärät ovat ratkaisevia tekijöitä, kun suunnitellaan keskitettyä ilmanvaihtoa ja sen tehostusratkaisuja. Nämä muuttajat omalta osaltaan määrittelevät tehostusratkaisuja sekä kanavointien määrää niin konehuoneessa kuin horneissakin.

Haastatteluissa nousi esiin muutamia keskeisiä asioita, joita on syytä käsitellä suunnitteluohjeessa ja luoda näihin suunnittelun avuksi suosituksia sekä esimerkkejä toteutuksesta teoriaan nojaten. Suunnitteluohjeessa tulisi käsitellä seuraavia keskeisiä asioita: liesikupu, savunkuristus, kompensointiratkaisut, kompensointi päätelaitteen/laitteiden mitoitus sekä kanavoinnin toteutus.

Haastattelun aikana haastateltavat nostivat muutamia asioita esiin, joita tulisi pohtia, kun laaditaan suunnitteluohjetta. Esiin nousi vakioilmavirtasäätimen hyödyllisyyden pohtiminen sekä konkreettisten esimerkkien esittäminen ohjeessa. Vakioilmavirtasäädintä tutkiessani huomasin että, siitä on luotu vähän teoriaa. Mielestäni tämä on aihe, jota olisi syytä tutkia erityisesti kerrostaloissa, joissa on pienet tehostusilman määrät. Olisi kiinnostavaa tietää, mitkä ovat vakioilmavirtasäätimen hyödyt.

Lähteet

Helsingin kaupunki 2022. Suunnitteluohje tarpeenmukaiselle ilmavaihdolle
Helsinki: Sisäilmayhdistys. Viitattu 8.5.2024 https://sisailmayhdistys.fi/wp-content/uploads/2023/12/Tarpeenmukaisen_ilmavaihtojarjestelman_ohje_20220518.pdf

Helsingin kaupunki 2023. LVIA-suunnitteluohje versio 1.5. Viitattu 26.4.2024.
https://www.hel.fi/static/liitteet-2019/Kymp/Att/LVIA-suunnitteluohje_1462023.pdf

Hengitysliitto n.d. Asumisterveysasetus. Viitattu 5.2.2024
<https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailmaongelmien-selvittaminen/asumisterveysasetus/>

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Jokinen, L.; Pessi, P. & Laine T. 2014. Esimerkkejä tavanomaisen ilmastointilaitoksen suunnittelusta. Teoksessa Sandberg, E. 2014. (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 319–364.

Käyhkö, K. 2024. Eri ilmanvaihtojärjestelmät. Viitattu 7.2.2024
<https://www.asuinrakennukset.fi/jarjestelmat/eri-ilmanvaihtojarjestelmat/>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132

Neulanen 2024 LVI-suunnittelua ohjaavat lait ja määräykset. Oulu: Insinööritoimisto Neulanen Oy. Viitattu 15.5.2024 <https://neulanen.fi/blogi/lvi-suunnittelua-ohjaavat-lait-ja-maaraykset-mista-taman-paivan-vaatimukset-loytyvat>

Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö

RT 07-11299. 2018. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Saari, M. 2016 Hallitsemattomat paine-erot voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia. Sisäilmautiset.fi-sivusto. Viitattu 17.1.2024.

<https://sisailmauutiset.fi/hallitsemattomat-paine-erot-voivat-aiheuttaa-sisailmaongelmia/>

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy.

Säteri, J & Koskela, H. 2014. Sisäilmasto. Teoksessa Sandberg, E. 2014. (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 37–79.

Sandberg, E.; Paasio I.; Lönnström, J.; Mäkinen, P. & Tammivaara, H. 2016. Ilmankäsittelyprosessit ja koneiden mitoitus. Teoksessa Sandberg, E. 2016. (toim.) Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 123–194.

Sandberg, E. & Railio, J. 2014. Ilmastointilaitoksen kuvaus ja säädökset. Teoksessa Sandberg, E. 2014. (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 21–28

Sandberg, E & Ripatti, H. 2016. Ilmanvaihtojärjestelmät. Teoksessa Sandberg, E. 2014. (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 113–128.

Sandberg, E.; Sahlsten, T.; Silvan, J. & Kauppila K. 2016. Järjestelmätekniinen mitoitus. Teoksessa Sandberg, E. 2016. (toim.) Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka-julkaisut Oy, 289–362.

Seppänen, O & Seppänen, M. 2007. Sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY sisäilmatieto Oy

Talotekniikkainfo 2019. Opas asuinrakennuksen ilmanvaihdon mitoitukseen. FINVAC ry. Viitattu 28.2.2024.

https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/opas_asuinrakennusten_ilmanvaihdon_mitoitukseen_2019.pdf

Talotekniikkainfo 2023a. Ilmavirtojen mittaus ja tasapainotus -opas. FINVAC ry. Viitattu 26.2.2024. https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/2024-01/Ilmavirtojen%20mittaus%20ja%20tasapainotus%20-opas_19.12.2023.pdf

Talotekniikkainfo 2023b. Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. FINVAC ry. Viitattu 29.2.2024. <https://www.talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas>

Talotekniikkainfo 2023c. Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. FINVAC ry. Viitattu 16.03.2024.

https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/talotekniikkainfo_sisisilmasto_ja_ilmavaihto_opas_30.1.2018.pdf

Talotekniikkainfo 2023d. Tiiviiden asuinrakennusten ilmanvaihdon suunnitteluohje paine-erojen hallintaan -opas. FINVAC ry. Viitattu 24.4.2024.

https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/tiiviiden_asuinrakennusten_ilmanvaihdon_suunnitteluohje_paine-erojen_hallintaan_19.3.2021.pdf

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017

Ympäristöministeriö n.d. Ympäristöministeriön hallinnonalan lait, asetukset ja ohjeet. Ym.fi-sivusto. Viitattu 31.1.2024. <https://ym.fi/luonto-ja-vedet/lainsaadanto>