OAMK OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

ILMANVAIHDON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Kaisa Haverinen
Opinnäytetyö
Syksy 2025
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Kaisa Haverinen
Opinnäytetyön otsikko: Ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantaminen
Työn ohjaaja(t): Kari Heiskari ja Allan Mustonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2025
Sivumäärä: 33

Tämän työn aiheena oli laatia Kajaanin Teknologiakeskus Oy:n yrityskiinteistön ilmanvaihtojärjestelmän alustava saneeraussuunnitelma. Saneerauksen avulla parannetaan kiinteistön energiatehokkuutta ja vähennetään ilmanvaihdosta aiheutuvia lämmityskustannuksia.

Opinnäytetyössä toimittiin yhteistyössä tilaajan, IV-suunnittelijan sekä kiinteistön käyttäjien kanssa ja pohdittiin eri vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta. Työn pääpaino oli lämmöntalteenottoratkaisujen valinnassa, koska poistoilman lämmöntalteenotto on suurin ilmanvaihdon energiatehokkuuteen vaikuttava tekijä.

Työn ilmanvaihdon mitoituksen perusteena käytettiin FINVACin opasta ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa sekä kohteen alkuperäisiä ilmanvaihtosuunnitelmia. Työn teoriaosuudessa keskityttiin lämmöntalteenottoratkaisuihin ja teollisuuskohteiden ilmanvaihtoon.

Tämän työn tuloksena syntyi alustava saneeraussuunnitelma yrityskiinteistön ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantamiseksi. Samalla otettiin huomioon rakennuksen käyttäjien esittämät toiveet tilamuutoksista.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Building Services

Author(s): Kaisa Haverinen
Title of thesis: Improving the energy efficiency of ventilation.
Supervisor(s): Kari Heiskari and Allan Mustonen
Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2025
Number of pages: 33

The topic of this thesis was to prepare a preliminary renovation plan for the ventilation system of the commercial property of Kajaani Technology Centre Ltd. The purpose of the renovation is to improve the building's energy efficiency and reduce the heating costs caused by ventilation.

The thesis was carried out in cooperation with the client, the HVAC designer, and the users of the building, and the feasibility of different alternatives was examined. The main emphasis of the work was on selecting heat recovery solutions, as exhaust air heat recovery is the most significant factor affecting the energy efficiency of ventilation.

The basis for the ventilation dimensioning in this work was FINVAC's guide for ventilation design in non-residential buildings, as well as the original ventilation plans of the property. The theoretical section of the thesis focused on heat recovery solutions and ventilation in industrial facilities.

As a result of this thesis, a preliminary renovation plan for the building's ventilation system was created to improve its energy efficiency. At the same time, the wishes expressed by the building's users regarding spatial changes were taken into account.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 2
ABSTRACT 3
SISÄLLYS 4
1 JOHDANTO 5
2 ILMANVAIHDON ENERGIATEHOKKUUS 6
3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ 7
3.1 Lämmöntalteenotto 7
3.2 Puhaltimet 12
4 TILAKOHTAISET ILMANVAIHTORATKAISUT 14
4.1 Toimistotila 14
4.2 Myymälä 15
4.3 Työtilat (muut kuin toimistot) 16
4.4 Sosiaalitilat 17
4.5 Teollisuustila 18
5 KOHTEEN ESITTELY JA ILMANVAIHDON NYKYTILANNE 22
6 UUSI JÄRJESTELMÄ 23
6.1 Tila 1 (varastomyymälä) 23
6.2 Tila 2 (toimisto/varastotila) 26
6.3 Tila 3 (sosiaalitilat väestönsuojassa) 27
6.4 Tila 4 (metallityöhalli) 29
6.5 Tila 5 (huoltotila) 32
7 YHTEENVETO 33
LÄHTEET 34

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on Kajaanin Teknologiakeskus Oy:n omistuksessa olevan yrityskiinteistön ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantaminen. Rakennus on valmistunut 1980-luvun alussa ja sen ilmanvaihtojärjestelmä on alkuperäisessä kunnossa. Kyseisen vuosikymmenen alussa poistoilman lämmöntalteenottoa ei käytetty, joten ilmanvaihtojärjestelmän päivittäminen on tarpeen.

Tavoitteena on tehdä kohteelle alustava suunnitelma, jossa pyritään parantamaan rakennuksen ilmanvaihdon energiatehokkuutta nykypäivän vaatimusten tasolle. Kohteen energiakustannukset ovat nousseet viime vuosina korkeiksi ja yksi merkittävä keino kustannusten pienentämiseksi on suunnitella ja toteuttaa ilmanvaihtosaneeraus. Uusien ilmanvaihtokoneiden poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on parantunut ja lämmöntalteenoton avulla saadaan merkittäviä säästöjä sekä energiankulutukseen että vuosikustannuksiin.

Lähtökohtana on valita tilojen käyttötarpeita vastaavat ja samalla muuntojoustavat ilmanvaihtoratkaisut. Valinnoissa huomioidaan palvelualueiden ja niitä palvelevien ilmanvaihtokoneiden määrä ja olemassa olevien kanavistojen mahdollinen hyödyntäminen, jolla vaikutetaan IV-saneerauksen kustannuksiin.

Tämä opinnäytetyö antaa pohjan keväällä 2026 toteutuvalle ilmanvaihtosaneerausprojektille. Tämän työn tarkoituksena on etsiä energiaa säästäviä ratkaisuja, jotka vaikuttavat kiinteistön ylläpitokustannuksiin. Samalla pyritään huomioimaan käyttäjien tarpeet ja rakennuksen elinkaaren pidentäminen.

2 ILMANVAIHDON ENERGIATEHOKKUUS

Rakennuksen energiakustannuksia tarkasteltaessa ilmanvaihdon osuus on merkittävä. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta tulee parantaa siten, ettei sisäilman laadusta tingitä energiansäästöön vedoten. Energiatalouteen voidaan vaikuttaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla, jolloin ilmanvaihto mitoitetaan rakennuksen käyttäjien tarpeiden mukaan. Tällöin otetaan huomioon, että sisälämpötila pidetään riittävän viihtyisänä, kuitenkin energiatalous huomioiden. (1, s. 10.)

Ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan parantaa laiteteknisesti, mitoitusteknisesti ja järjestelmäteknisesti. Laiteteknisesti nykyaikaisilla puhaltimilla sekä pumpuilla saadaan parannettua hyötysuhdetta helposti. Mitoitusteknisesti tulee huomioida ilmanvaihtokoneiden ja kanavistojen mitoitus riittävän väljäksi. Näin saadaan mm. SFP-luku pienemmäksi. Myös lämmitysputkien tulisi olla riittävän väljiä, jotta voidaan välttää pumppujen liiallista kuormitusta. Laitteiden, kanavien ja lämpö- ja jäähdytysputkistojen eristämiseen on myös kiinnitettävä riittävästi huomiota. Järjestelmäteknisesti järjestelmän ohjaukseen ja säätöön tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tämän lisäksi ilmanvaihdon tulee olla tarpeenmukainen ja puhaltimien ilmavirrat säätää oikeanlaisiksi. Myös auringonvalon vaikutus tulee huomioida tilan lämpötilaa kuormittavana tekijänä. Järjestelmän käytön, valvonnan ja huollon täytyy olla asiantuntevaa ja huolellista, jotta ilmanvaihtojärjestelmän käyttö saadaan optimoitua. (1, s. 10.)

3 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä lämmöntalteenotolla alkoi yleistymään 1990-luvulla. Ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilma suodatetaan ja esilämmitetään, minkä jälkeen se ohjataan puhaltimien avulla sisätiloihin tuloilmakanavia pitkin. Poistoilma poistetaan koneellisesti lämmöntalteenottoa (LTO-laitteistoa) hyödyntäen, minkä jälkeen ilma johdetaan ulos rakennuksesta. LTO-laitteen avulla poistoilman lämpöenergiaa voidaan siirtää tuloilmaan ja näin säästetään lämmitysenergiaa. (2, s. 22.)

3.1 Lämmöntalteenotto

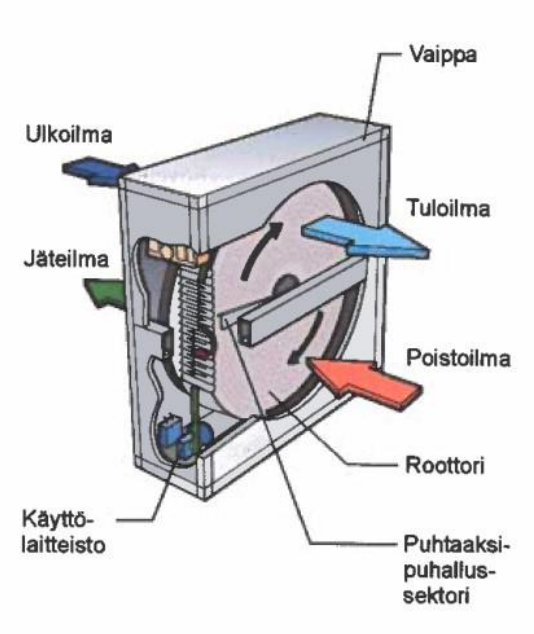
Lämmöntalteenotto on ilmanvaihdon osalta yksi tehokkaimmista tavoista säästää energiaa. LTO-laitteiston avulla siirretään poistoilmasta saatavaa lämpöenergiaa tuloilmaan, minkä ansiosta rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergiantarve pienenee. Lämmöntalteenoton toteuttamiseen on olemassa neljä eri vaihtoehtoa, jotka ovat pyörivä lämmönsiirrin, levylämmönsiirrin (ristivirta), levylämmönsiirrin (vastavirta) sekä nestekiertoinen lämmöntalteenotto.

Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivä lämmönsiirrin (kuva 1) on ilmanvaihdon energiatehokkuuden kannalta hyvä sekä paljon käytetty vaihtoehto. Se on alumiinista tai keraamisesta materiaalista valmistettu pyörivä kiekko, jossa on lukuisia pieniä virtauskanavia. Roottorin kotelo on jaettu kahteen osaan. Toiseen osaan johdetaan tuloilma ja toiseen osaan johdetaan poistoilma. Poistoilman lämpö siirtyy roottorin pyöriessä kotelon toiselle puolelle tuloilmaan. Roottori toimii vastavirtaperiaatteella, eikä se tarvitse erillistä väliainetta. Tämän takia pyörivällä lämmöntalteenotolla on korkea lämpötilahyötysuhde. Tyypillisesti hyötysuhde on 75–85 %. (1, s. 178.)

Pyörivän lämmöntalteenoton etuna on myös melko pieni tilantarve suuremmillakin ilmavirroilla. Pyörivä lämmönsiirrin ei ole myöskään herkkä huurtumaan. Heikkoutena voidaan todeta mm. pieni mahdollisuus hajujen siirtymiselle sekä

vuotoilma poisto- ja tulopuolen välillä. Regeneratiivisen lämmöntaltaleteenoton käyttöön liittyy rajoituksia. Poistoilmassa saa olla korkeintaan viisi prosenttia esimerkiksi wc-tilojen poistoilmaa (luokka 3). (3, s. 190–191.)



KUVA 1. Pyörivä lämmönsiirrin (1, s. 178.)

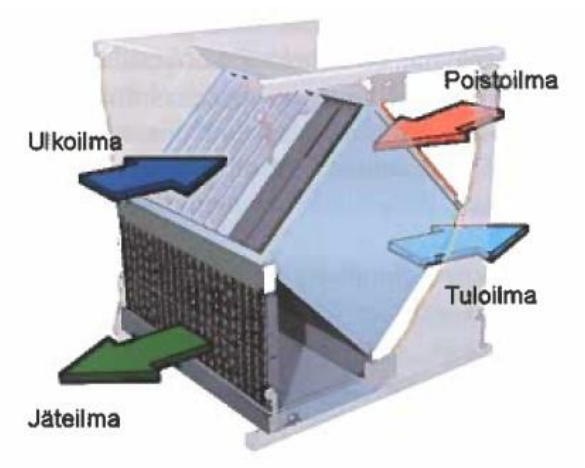
Levylämmönsiirrin (ristivirta)

Suomessa levylämmönsiirrin (kuva 2) on eniten käytetty lämmöntalteenottolaite. Sitä on käytetty paljon mm. pientalojen ilmanvaihdossa. Suositun siitä tekee melko hyvä lämmöntalteenoton lämpötilasuhde, rakenteen yksinkertaisuus verrattuna pyörivään kennoon sekä hygieenisyys. (1, s. 180–181.)

Lämmönsiirtimessä ilma liikkuu ristikkäisiin suuntiin levyjen välissä. Toisessa kanavassa virtaa poistoilma ja toisessa ulkoilma. Tällöin lämpö kulkeutuu levyjen läpi esilämmittäen sisälle menevää tuloilmaa. Siirtimen ohuet levyt ovat hyvin lämpöä johtavia. Yleensä materiaalina käytetään alumiinia. Levyjen etäisyys toisistaan vaihtelee ilmavirran ja koneen koon mukaan. Ristivirtatyyppisen lämmöntalteenoton hyötysuhde on maksimissaan noin 60–65 %. (1, s. 181.)

Levylämmönsiirtimen etuna on sen toimintavarmuus, koska itse lämmöntalteenottoon ei tarvita liikkuvia osia. Levylämmönsiirtimen käytössä tulee ottaa

huomioon sen huurtumisherkkyys. Tämä täytyy huomioida kylmällä säällä, kun poistoilma jäähtyy alle kastepisteen. Huurteenpoistoon käytetään lohkosulatusmenetelmää. (1, s. 181.)



KUVA 2. Levylämmönsiirrin ristivirta (1, s. 181.)

Levylämmönsiirrin (vastavirta)

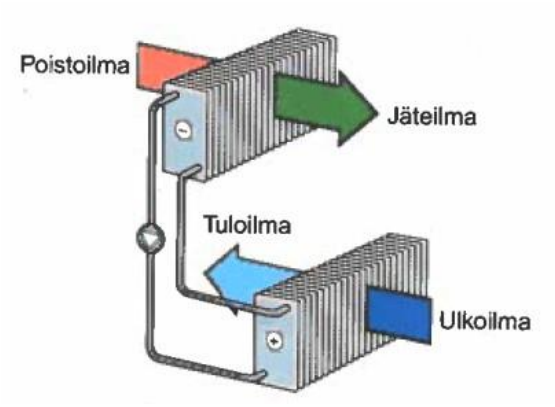
Vastavirtalevylämmönsiirtimen (kuva 3) rakennetta on muutettu ristivirtaiseen lämmönsiirtimeen verrattuna siten, että ilmavirtojen kulkusuunnat kulkevat enemmän vastakkaisiin suuntiin toisiinsa nähden. Tämän takia vastavirtalämmönsiirtimen hyötysuhde nousee jopa yli 80 prosenttiin. Vastavirtasiirrin on huurtumisherkempi verrattuna ristivirtasiirtimeen. Poistoilma jäähtyy vastavirtasiirtimessä kylmemmäksi ja ilman ollessa kosteaa syntyy jäätymisvaara. Sitä ehkäistään lohkosulatusmenetelmällä, kuten ristivirtasiirtimessä. Lisäksi voidaan käyttää etulämmityspatteria, joka esilämmittää koneen sisälle tulevan ulkoilman haluttuun lämpötilaan. Vastavirtasiirtimellä varustetun IV-koneen fyysinen koko on ristivirtasiirrintä suurempi, mikä tulee huomioida sijoituspaikkaa suunniteltaessa. (1, s. 183.)

KUVA 3. Levylämmönsiirrin vastavirta (1, s. 183.)

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenottojärjestelmässä (kuva 4) poistoilman lämpö siirretään tuloilmaan nestemäisen väliaineen avulla. Lämmönsiirrin muistuttaa lämmityspatteria, vaikkakin lämmönsiirtimen lämmityspinta-ala on suurempi. Tämän takia myös lämpötilahyötysuhde kasvaa paremmaksi. Lämmönsiirron väliaineena käytetään veden ja jäätymisestoaineen sekoitusta. Pumppu kierrättää väliainetta poistoilmapatterista tuloilmapatteriin ja samalla lämmittää sisälle menevää tuloilmaa. (1, s. 184.)

Nestekiertoisen lämmöntalteenoton etuna on, että tulo- ja poistoilmavirrat eivät sekoitu keskenään. Toinen selkeä etu on, että tulo- ja poistoilmakanavat voivat sijaita kaukana toisistaan, koska lämmönsiirto tapahtuu nesteen avulla putkistoissa. Lisäksi nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä voidaan lisätä jo olemassa olevaan ilmavaihtojärjestelmään suhteellisen helposti. Lisätilaa ei tarvita paljon, eikä kanavointia tai koneen sijaintia tarvitse muuttaa. Lämmöntalteenoton hyötysuhde on heikompi pyörivään lämmönsiirtimeen sekä levylämmönsiirtimiin nähden. (1, s. 184.)



KUVA 4. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (1, s. 184.)

Ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskenta

Poistoilmasta talteen otettava lämpöenergia voidaan laskea lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen ηa avulla. Vuosihyötysuhde kuvaa lämmöntalteenoton vuodessa hyödynnettävän lämpöenergian suhdetta siihen lämpöenergiaan, joka ilmanvaihdon tuloilman lämmittämiseen tarvittaisiin, mikäli lämmöntalteenottoa ei ole. Laskennassa käytetään lämmöntalteenottolaitteelle valmistajan ilmoittamaa, standardin SFS-EN 308 mukaisesti mitattua tai tyyppihyväksyttyä tuloilman lämpötilahyötysuhdetta. (4)

Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia lämmityskaudella lasketaan kaavalla 1 (4).

$Q_{iv} = c_p \, \rho \, q_p \, S_s$ *KAAVA 1*

c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK

ρ ilman tiheys, kg/m^3

$q_{p,i}$ lämmöntalteenoton vaatimusten piiriin kuuluva poistoilmavirta, m^3/s

S_S on sisäilman lämpötilan t_s ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen läm möntarveluku lämmityskaudella, Kd

Poistoilmasta talteen otettu lämpöenergia lämmityskaudella lasketaan kaavalla 2 (4).

$$Q_{LTO} = c_p \, \rho \, \sum_i q_{tLTO,i} \; S_{T,i}$$ *KAAVA 2*

c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK

ρ ilman tiheys, kg/m^3

$q_{tLTO,i}$ lämmöntalteenoton läpi kulkeva tuloilmavirta, m^3/s

S_T on LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan t_{tLTO} ja ulkoilman lämpötilan t_u välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd

Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde lasketaan kaavalla 3 (4).

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{iv}}$$ *KAAVA 3*

Tilaan 1 laskettu poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde lasketaan kaavalla 3. Muiden tilojen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteet on laskettu myös kaavalla 3 ja ne löytyvät luvusta 6.

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{iv}} = \frac{12489{,}8}{19654{,}3} \approx 64\ \%$$

3.2 Puhaltimet

Puhallin on keskeinen osa ilmanvaihtojärjestelmää. Se liikuttaa ilmaa kanaviston kautta tiloihin. Moottori ja siipipyörä ovat puhaltimen tärkeimmät osat. Puhallinmoottorityyppejä on kolme erilaista, jotka ovat oikosulkumoottori, EC-moottori sekä PM-moottori. Käytetyin näistä on EC-moottori. (5)

EC-moottori on kommunikoitu elektronisesti, jolloin virran suuntaa staattorissa ohjataan suhteessa roottoriin Hall-antureiden avulla. EC-moottori on harjaton tasavirtamoottori ja sen toisen puolen magneettikenttä on tehty useimmiten kestomagneetilla. EC-moottori on usein hyvin lyhyt akselin suunnassa. Lähes kaikki EC-puhaltimet ovat suoravetoisia. Moottorin elektroniikalle voidaan tuoda kiinteistöautomaation kautta suoraan tietoa halutuista käyntitehoista. (5)

EC-puhaltimen hyödyt tulevat kolmelta eri osa-alueelta. Hyvän hyötysuhteen takia sama ilmamäärä voidaan tuottaa pienemmällä sähköenergialla, kuin muilla puhaltimilla. EC-puhaltimella hyötysuhde säilyy hyvänä myös matalammilla kierrosnopeuksilla. Säädettävyys voidaan toteuttaa portaattomasti ja hyvillä säädöillä voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä, etenkin hallimaisissa kiinteistöissä, jolloin ilmantarve voi vaihdella, mutta samaan aikaan kapasiteetti voi olla iso. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta myös huoltokustannukset ovat kohtuullisella tasolla varsinkin hihnavälitteisiin puhaltimiin verrattuna. (5)

SFP-luku

SFP-luku ilmaisee ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien ominaissähkötehon, eli kuinka paljon sähkötehoa tarvitaan ilman liikuttamiseen. Asetuksessa 1010/2017 määritellään SFP-lukujen suurimmat sallitut raja-arvot, jotka ohjaavat järjestelmän suunnittelijaa suunnitellussa. Mitä pienempään SFP-lukuun päästään, sitä energiatehokkaampi järjestelmä on. (6)

SFP-luku voidaan määrittää yksittäiselle puhaltimelle, koneelle tai koko rakennukselle. Koko rakennuksen SFP-luku huomioidaan esimerkiksi E-luvun laskennassa, jolloin tarkastellaan rakennuksen energiatehokkuutta. Luku saadaan laskettua jakamalla puhaltimen sähköteho (kW) ilmavirralla (m^3/s). Ilmavirtana laskussa käytetään joko koneen ulkoilmavirtaa tai ulospuhallusilmavirtaa riippuen kumpi näistä on suurempi. (6)

4 TILAKOHTAISET ILMANVAIHTORATKAISUT

Tässä luvussa käsitellään niiden tilojen ilmanvaihdon mitoitus- ja suunnitteluperusteita, joihin saneerauksen esisuunnittelu tullaan tekemään. Tilojen käyttötarkoituksen takia ilmanvaihdon mitoitusperusteet ovat hyvin erilaiset. Lisäksi suunnittelussa tulee huomioida yrityskiinteistön muuntojoustavuus ja rakennuksen elinkaari.

4.1 Toimistotila

Toimiston ilmanvaihdolla on iso vaikutus työntekijöiden tuottavuuteen, terveyteen ja viihtyvyyteen. Hyvä ilmanvaihto tuo raikasta ilmaa sisään ja poistaa epäpuhtaudet sekä ylläpitää sopivaa kosteutta ja lämpötilaa. Ilmanvaihtojärjestelmän tekniikan tulee taata riittävä ilmamäärä henkilöä kohti, suodattaa ilmaa tehokkaasti sekä huolehtia tasapainoisesta ilmanjakelusta. (7)

Ilmanvaihtojärjestelmien säätöjen avulla olosuhteita voidaan säätää ja mukauttaa muun muassa vuodenaikojen ja käyttöasteen mukaan. Anturit voivat reagoida reaaliaikaisesti ilmanvaihtoon, mikä muuttaa ilmanvaihdon mahdollisimman optimaaliseksi. (7) Nykyään perinteisten toimistohuoneiden tilalle on tullut monikäyttöisiä ja avoimia työtiloja, joissa ei ole erillisiä huoneita tai taukotiloja. Tällöin ilmanvaihto täytyy mitoittaa sen mukaan, kuinka monta ihmistä tilassa oleskelee tai työskentelee samanaikaisesti. Ilmanvaihdon mitoitus perustuu tyypillisesti henkilömäärään, mutta sen on aina täytettävä vähimmäisvaatimus (taulukko 1), jonka mukaan ulkoilmavirran tulee olla vähintään 1 $dm^3/s, m^2$. (8, s. 8.)

Toimistorakennuksien ilmanvaihdon suunnittelussa keskeistä on muuntojousto. Muuntojoustolla tarkoitetaan esimerkiksi väliseinien siirtoa ja ylipäänsä huonejakojen muutoksia. Ilmanvaihtokanavissa ja -koneissa tuleekin ottaa huomioon ilmavirran muutosmahdollisuudet. (1, s. 341.)

TAULUKKO 1. Toimistorakennusten ilmanvaihdon mitoitus (8, s. 8.)

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

4.2 Myymälä

Myymälöiden ilmanvaihdon mitoituksessa (taulukko 2) tulee huomioida myymälän pinta-ala, myytävien tuotteiden aiheuttama epäpuhtaus- ja hajukuormitus sekä asiakasmäärä. Pienissä myymälöissä ilmanvaihto mitoitetaan pääasiassa pinta-alan ja epäpuhtauskuormituksen perusteella, kun taas suurissa, yli 400 m^2:n myymälöissä otetaan lisäksi huomioon henkilömäärä. Suurissa myymälöissä ilmanvaihtoa tulee ohjata henkilömäärän mukaan. (8, s. 15.)

TAULUKKO 2. Myymälöiden ilmanvaihdon mitoitus (8, s. 15.)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma-virta $dm^3/s,hlö$	Ulkoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Poistoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Muita ohjeita
Myymälä, jossa erittäin alhainen epäpuhtauskuorma		0,35-1,0		Esim. yhdistetty koneteknisten laitteiden varastomyymälä
Pieni myymälä, alhainen epäpuhtauskuorma		1,5		Esim. vaatemyymälä
Pieni myymälä, kohtalainen epäpuhtauskuorma		2		Esim. elintarvikemyymälä, kirjakauppa
Pieni myymälä, suuri epäpuhtauskuorma		3		Esim. kosmetiikkamyymälä, lemmikkieläinkauppa, kukkakauppa
Suuri myymälä (>400 m^2), market tms.	6	1		Mitoitus 6 $dm^3/s,hlö$ tai 1 $dm^3/s,m^2$, kuitenkin vähintään 0,5 $dm^3/s,m^2$
Aulat ja myymäläkäytävät kauppakeskuksissa		1-3		Suunniteltava arvioidun käyttäjämäärän perusteella
Varasto		0,35-1,0		Varastoitavan tavaran mukaan

4.3 Työtilat (muut kuin toimistot)

Työtilojen ilmanvaihtoa koskevat määräykset sisältyvät työturvallisuuslakiin (738/2002, § 33) sekä valtioneuvoston asetukseen työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista (577/2003, § 9). Näiden säädösten mukaan työpaikan ilmanvaihdon on oltava riittävää ja jatkuvasti toimintakunnossa. Ilmanvaihdon mitoitus tulee perustua työtilan epäpuhtauskuormitukseen siten, että työntekijöiden altistuminen ei ylitä haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP-arvot). (8, s. 21.)

Ilmanvaihtoa suunniteltaessa (taulukko 3) on huomioitava myös epäpuhtauslähteisiin ja työskentelyolosuhteisiin liittyvät epävarmuustekijät, kuten työpisteen sijainti ja työasennot. Mikäli työtilassa esiintyy selkeitä, paikallisia epäpuhtauslähteitä, ne on varustettava kohdepoistolla esimerkiksi koteloinnin tai huuvan avulla, jotta epäpuhtaudet poistuvat tehokkaasti. (8, s. 21.)

Tulo- ja poistoilmavirtojen on oltava tasapainossa myös silloin, kun tilassa käytetään paikallispoistoja. Lisäksi, jos työssä syntyy muita kuin ihmisperäisiä epäpuhtauksia, ulkoilmavirran määrän on oltava vähintään 10 dm^3 sekunnissa työntekijää kohden työntekijän oleskeluvyöhykkeellä. (8, s. 21.)

TAULUKKO 3. Työtilojen ilmanvaihdon mitoitus (8, s. 21.)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma-virta $dm^3/s,hlö$	Ulkoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Poistoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Muita ohjeita
Työtila, jossa on ihmisten ja rakennusmateriaalien lisäksi runsaasti muitakin epäpuhtauslähteitä	6	2 kuitenkin vähintään yhtä suuri kuin kohdepoistojen yhteenlaskettu ilmavirta		Ilmanvaihto 6 dm^3/s, hlö + 2 $dm^3/s,m^2$ Kohdepoistot selvästi rajattuihin epäpuhtauslähteisiin. Ilmanvaihdon riittävyys tarkastettava myös HTP-arvojen osalta.
Kiinteä työpiste, palvelupiste tms.	10			Ulkoilmavirta tuotava suuressa tilassa työpisteeseen vedottomasti
Laboratoriot ja muut vastaavat tilat, joissa käsitellään terveydelle haitallisia aineita	6	2		Ilmanvaihto 6 dm^3/s, hlö + 2 $dm^3/s,m^2$ Paikallispoistot ja vetokaapit selviin epäpuhtauspäästölähteisiin, korvausilma järjestettävä, suunnittelussa otettava huomioon laitteiden käytön samanaikaisuus
Autokorjaamot ja katsastustilat	6	2		Ilmanvaihto 6 dm^3/s, hlö + 2 $dm^3/s,m^2$ Kohdepoistot selviin rajattuihin epäpuhtauslähteisiin ja ajoneuvojen pakokaasuihin[1)]
Varastot	6	0,35-1,0		Varastoitavan tavaran mukaan

4.4 Sosiaalitilat

Hygieniatilojen ilmanvaihdon suunnittelussa (taulukko 4) tulee huomioida tilojen käyttötarkoitus, käyttäjämäärä sekä mitoituksen perusteet. Wc-tilojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä wc-istuinten lukumäärän mukaan ja suihkutilojen ilmanvaihto suihkujen määrän perusteella. Näiden tilojen ilmanvaihtoa ja mitoitusperiaatteita käsitellään tarkemmin LVI-ohjekortissa LVI 06-10449, jossa esitetään myös käytännön ohjeita ilmanvaihdon toteutukseen. (8, s. 23.)

Hygieniatiloihin voidaan tuoda tuloilmaa pääasiassa muista, puhtaammista tiloista siirtoilman avulla, jolloin siirtoilmareitit on mitoitettava suunniteltujen ilmavirtojen mukaisesti. Puku- ja suihkutilojen ilmanvaihdon suunnittelussa on lisäksi otettava huomioon niiden käyttötarkoitus, kuten se, palvelevatko ne henkilökuntaa, liikuntatiloja vai esimerkiksi uimahalleja. (8, s. 23.)

TAULUKKO 4. Sosiaalitilojen ilmanvaihdon mitoitus (8, s. 23.)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma-virta $dm^3/s,hlö$	Ulkoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Poistoilma-virta $dm^3/s,m^2$	Muita ohjeita
Käytävät ja aulat, jotka toimivat myös odotustilana (julkinen hallinto, terveydenhuolto, sosiaalihuolto, sairaalat jne.)		3		
Käytävät, joita käytetään pääasiallisesti vain läpikulkuun		0,5		Suurempi ilmanvaihto, jos käytävässä on muuta toimintaa (kuten koulut, lääkärikeskukset, sairaalat, julkiset palvelut)
WC (yleisötilat, työpaikat, henkilökunta, asiakkaat, koulut, kasarmit jne.)			20 dm^3/s,WC-istuin	
Suihkutilat, runsas käyttö, kuten liikuntatilat		5	16 dm^3/s,suihku	Suunnitellaan suuremman vaihtoehdon mukaan. Pinta-alana käytetään koko suihkuhuoneen lattiapinta-alaa. Tuloilma voi olla osittain tai kokonaan siirtoilmaa LVI 06-10449
Suihkutilat, vähäinen käyttö, kuten henkilökunnan tilat			16 dm^3/s,suihku	Tuloilma osittain tai kokonaan siirtoilmaa LVI 06-10449
Henkilökunnan pukuhuoneet			4 dm^3/s,hlö	Pukuhuonetta käyttävien henkilöiden lukumäärä arvioidaan pukukaappien lukumäärän perusteella (1 tai 2 kpl/hlö, työvaatteet ja siviilivaatteet) LVI 06-10449
Yleisön pukuhuoneet		3		
Henkilökunnan taukotila		2		
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	
Tupakointitila				LVI STM-00361[1)]

4.5 Teollisuustila

Teollisuusilmanvaihto eroaa lähtökohtaisesti muiden tilojen ilmanvaihdosta siten, että ilmassa on tuotantoprosessista johtuvia pölyjä, kaasuja ja muita epäpuhtauksia, jotka tulee poistaa muun ihmisistä aiheutuvien päästöjen lisäksi. Onnistuneella teollisuusilmanvaihdolla vaikutetaan moniin eri tekijöihin kuten sisäilman laadun vaikutus terveyteen, työtehoon ja -tyytyväisyyteen, käyttökustannuksiin ja energiankulutukseen sekä puhtaaseen ympäristöön. (9, s. 6.)

Teollisuusilmanvaihdon suunnittelun lähtökohdat

Teollisuusilmanvaihdon suunnittelussa tulee huomioida kohteen ulkoiset ja sisäiset kuormat. Ulkoisia kuormia ovat ilmastoitavan tilan ja sen viereisten tilojen sekä ulkoilman välisistä paine-eroista ja lämpötilasta johtuvia kuormia. Erityisesti

talviaikaan kylmät ilmavirtaukset aiheuttavat epäviihtyisyyttä sekä suurta lämmönhukkaa. Esimerkiksi nosto-ovet ja kylmät pinnat voivat lisätä näitä tekijöitä. (9, s. 36–37.)

Sisäisiä kuormia ovat mm. lämpökuormat, kosteuskuormat ja epäpuhtaudet. Lämpökuormat muodostuvat tilassa olevista lämpimistä prosesseista, sähkölaitteista sekä ihmisistä. Kosteuskuormaa voi syntyä teollisuuskohteissa, joissa on esimerkiksi avoimia vesialtaita. Tällöin kosteuskuormat tulee ottaa huomioon ilmanvaihdon suunnittelussa. Epäpuhtauskuormia syntyy erilaisista prosesseista, joissa tapahtuu materiaalin mekaanista- tai lämpökäsittelyä, kemiallisia reaktioita ja haihtumista avoimista nestepinnoista. (9, s. 36–37.)

Epäpuhtauksien hallinnan kannalta on tärkeää tietää sen olomuoto (kiinteä, neste, kaasu), tiheys (ilmaa raskaampi, kevyempi, neutraali), lämpötila ja ajallinen kesto (jaksottainen, jatkuva). Yleisesti epäpuhtauksien poistaminen paikallisilmastointiratkaisuilla on tehokasta, sillä usein epäpuhtauksia syntyy paikallisesti. Aina kohdepoiston järjestäminen ei ole mahdollista esimerkiksi taloudellisista tai prosessiteknisistä syistä johtuen. Tällöin epäpuhtaudet pyritään laimentamaan yleisilmanvaihdolla hyväksyttävälle tasolle. (9, s. 36–37.)

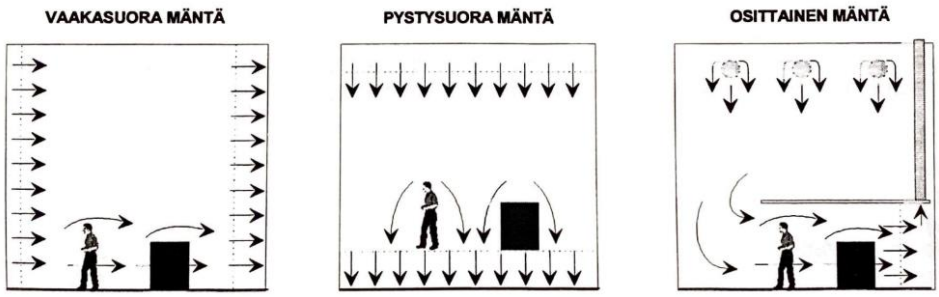
Ilmanjaon toteutustavat

Teollisuustilan ilmanjaon periaatteita on neljä. Kohteen lähtötietojen perusteella valitaan soveltuvin ilmanjakotapa. Ilmanjakomenetelmän valinnassa on tiedostettava, ettei tiettyyn kohteeseen ole välttämättä olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua. Valinnassa joudutaan ottamaan huomioon eri näkökulmat ja valitsemaan kyseiseen kohteeseen parhaiten sopiva ilmanjakotapa. (3, s. 254.)

Suunnittelun alussa käydään läpi kyseisen kohteen perustiedot, joihin kuuluu mm. tilan koko, lämpökuormat ja niiden sijainti, epäpuhtauslähteet ja niiden sijainti, lämpöhäviöt, kuten ikkunarakenteet ja ulko-ovet ja tavoitearvot. (3, s. 254.)

Mäntäperiaate

Mäntäperiaatteessa (kuva 5) ilma virtaa tasaisesti läpi koko tilan ja puhdas ilma syrjäyttää epäpuhtaan ilman. Mäntäperiaate sopii kohteisiin, joiden ilmanlaadulle on asetettu erityisiä puhtausvaatimuksia, kuten esimerkiksi leikkaussaleissa. Tällaisissa tiloissa ilmavirta on yleensä suuri. (3, s. 255.)



KUVA 5. Esimerkkejä mäntästrategian sovelluksista (9)

Vyöhykeperiaate

Vyöhykeperiaatteessa (kuva 6) tila jaetaan hallittuun ja hallitsemattomaan vyöhykkeeseen. Hallitussa vyöhykkeessä olosuhteita kontrolloidaan ja hallitsemattomaan tilaan sallitaan epäpuhtauksien ja lämmön kerrostuvan. (3, s. 255.) Yleensä vyöhykeperiaatteessa tuloilma-aukot sijaitsevat hallitun vyöhykkeen sisällä tai lähellä sitä ja poistoilma-aukot sijaitsevat hallitsemattomalla vyöhykkeellä. Vyöhykejako voi olla joko pysty- tai vaakasuuntainen. (9, s. 44.)

KUVA 6. Esimerkkejä vyöhykestrategian sovelluksista (9)

Kerrostumaperiaate

Kerrostumaperiaate (kuva 7) perustuu ilman lämpötilaeroihin. Tällöin lämpötilaeroista johtuvat tiheyserot synnyttävät ilmavirtausta. Tuloilma tuodaan pienellä nopeudella suoraan oleskeluvyöhykkeelle ja epäpuhdas ilma nostetaan ylöspäin halutulle korkeudelle. Tätä periaatetta käytetään mm. luokkatiloissa ja teattereissa. Periaatetta käytetään paljon myös teollisuudessa. (3, s. 255.)

KUVA 7. Esimerkkejä kerrostumaperiaatteen sovelluksista (9)

Sekoitusperiaate

Sekoitusperiaatteella (kuva 8) sekoitetaan koko tilan sisäilmaa suurella nopeudella puhaltavien tuloilmalaitteiden avulla. Tarkoituksena on saada koko tilaan tasaiset olosuhteet ja sekoittaa tuloilma huoneilmaan. Sekoitusperiaatetta käytetään, kun kohteessa syntyy vain vähän epäpuhtauksia ja lämpökuormia. (3, s. 255.)

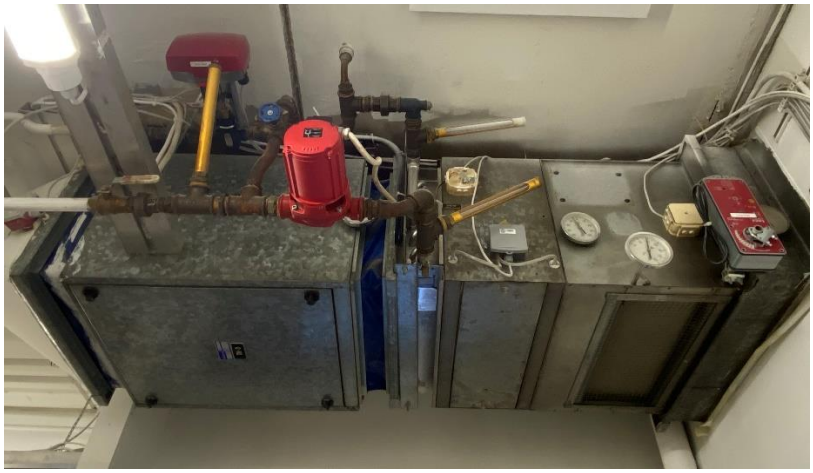
KUVA 8. Esimerkkejä sekoitusstrategian sovelluksista (9)

5 KOHTEEN ESITTELY JA ILMANVAIHDON NYKYTILANNE

Työn kohteena on vuonna 1982 valmistunut liike- ja toimistorakennus, jossa toimii tällä hetkellä kolme eri yritystä. Kiinteistön tilat ovat yhdessä kerroksessa. Kiinteistön kokonaiskerrosala on 895 m^2, josta 435 m^2 on hallitilaa, jossa toimii muun muassa metallialan yritys. Hallin puoli on korkeampi muuhun rakennukseen verrattuna. Kiinteistön toinen osa on matalampi. Tätä osaa käytetään pääasiassa myymälä-, toimisto- ja varastotilana. Rakennuksessa on lisäksi käyttäjien yhteisiä sosiaalitiloja väestönsuojatilassa.

Rakennus ja sen ilmanvaihtojärjestelmä on pääosin alkuperäisessä kunnossa. Rakennuksen ilmanvaihto on toteutettu tuloilmakoneilla ja katolla sijaitsevilla poistoilmahuippuimureilla. Nykyisiä tuloilmakoneita ja huippuimureita on molempia kuusi. Yksi alkuperäisistä tuloilmakoneista on kuvattu kuvassa 9.

Myös kanavisto ja päätelaitteet ovat pääosin alkuperäisiä. Järjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa ja tämän takia ilmanvaihdon energiankulutus on korkea. IV-koneiden lämmitys tuotetaan kaukolämmön avulla.



KUVA 9. Yksi kiinteistön alkuperäisistä tuloilmakoneista

6 UUSI JÄRJESTELMÄ

Saneerauksen tavoitteena on parantaa ilmanvaihdon energiatehokkuutta. Nykyisten IV-koneiden uusiminen ja saneeraus antaa mahdollisuuden tehokkaalle lämmöntalteenotolle sekä mahdollistaa kiinteistöautomaation optimaalisen käytön. Nykyistä IV-kanavistoa pyritään käyttämään hyödyksi siltä osin, kun se on järkevää. Suunnittelun lähtökohtana on, että erityisesti olemassa olevia tuloilmakanavia käytetään hyödyksi myös uusissa ratkaisuissa. Tavoitteena on myös lisätä lämmönkulutuksen mittaus tilan 4 tuloilmakoneelle. Tällöin on mahdollista mitata ilmanvaihdon energiankulutusta tilakohtaisesti ja jakaa lämmityskustannukset tasapuolisemmin asiakkaiden välillä kyseisessä kiinteistössä.

Jaottelen rakennuksen työssäni viiteen tilakokonaisuuteen:

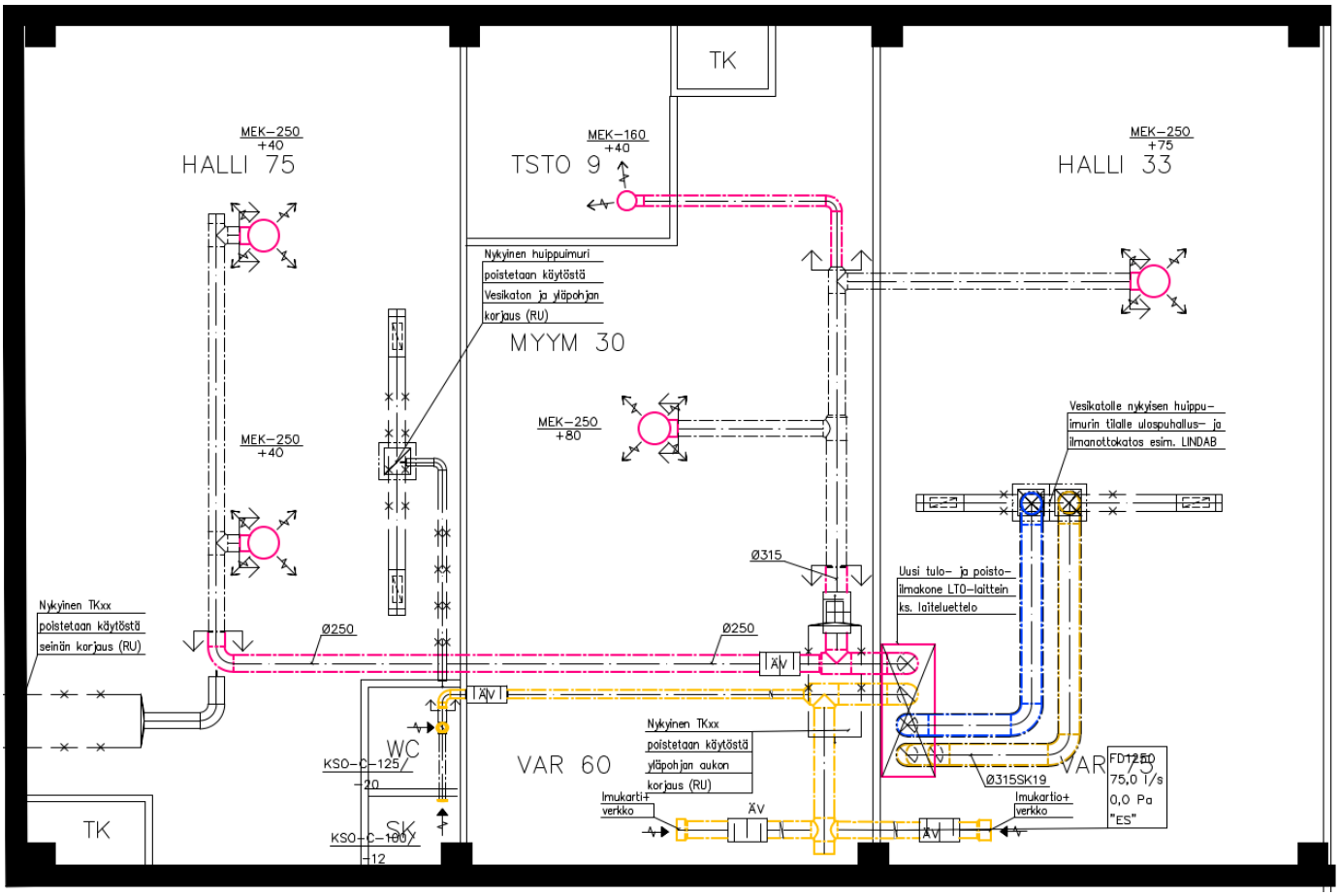
- tila 1 (varastomyymälä)
- tila 2 (toimisto / varastotila)
- tila 3 (sosiaalitilat väestönsuojassa)
- tila 4 (metallityöhalli)
- tila 5 (huoltotila).

6.1 Tila 1 (varastomyymälä)

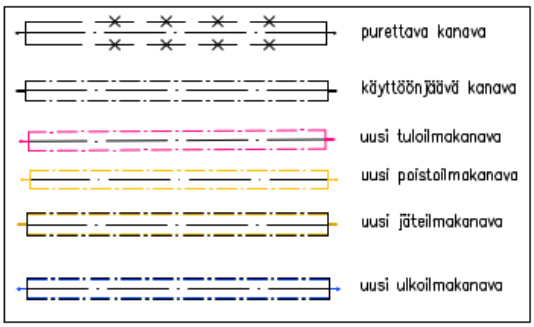
Rakennuksessa on tällä hetkellä varastomyymälä (tila 1), jonka pinta-ala on 222 m^2. Nykyinen tila on muodostettu kahdesta eri palvelualueesta, jonka vuoksi tilassa on kaksi käytössä olevaa tuloilmakonetta ja kaksi erillispoistoa.

Suunnittelun lähtökohtana on korvata nykyiset IV-koneet yhdellä uudella tulopoistoilmanvaihtokoneella. Kanavistosta hyödynnetään vanhaa tuloilmakanavistoa ja poistoilmakanavisto rakennetaan kokonaan uudelleen (kuvat 10 ja 11). Kohteelle tullaan rakentamaan uusi pulpettikatto, johon tehdään uudet läpiviennit IV-kanaville. Raitisilma tuodaan sisälle ja jäteilma viedään ulos katolla sijaitsevan yhdistelmäkatoksen kautta.

Tilan kokonaisilmamäärää mitoitettaessa huomioidaan nykyisen asiakkaan tarpeet. Varastomyymälän myyntipisteelle eli oleskelualueelle tuodaan 2 dm^3/m^2. Oleskelualue on noin 60 m^2 ja loput tilasta on myymälävarastoa, joka mitoitetaan 1 dm^3/m^2. Tästä saadaan kokonaisilmamäärä 275 dm^3/m^2. Uusi IV-kone mitoitetaan muuntojoustavasti siten, että koko tilaan voidaan tuoda 2 dm^3/m^2 esimerkiksi tilan käyttötarkoituksen muuttuessa.



KUVA 10. Tila 1 IV-muutokset



KUVA 11. Kanavien selostukset

Uudeksi ilmanvaihtokoneeksi valittiin Kair ECoRotor 2080 (kuva 12). Kyseisessä koneessa on pyörivä lämmöntalteenotto ja koneen poistoilman LTO:n vuosihyötysuhde on 64 %. Osa vanhoista tuloilmakanavista säilytetään kuvan 10 mukaisesti ja poistoilma hoidetaan kahden imukartion avulla, jonka runkokanavaan liitetään myös wc:n poistoilmakanava. Ilmanottoa ja jäteilmaa varten katolle sijoitetaan Lindabin HKOMR-yhdistelmäkatos (kuva 13), josta kanavat viedään suoraan koneelle.

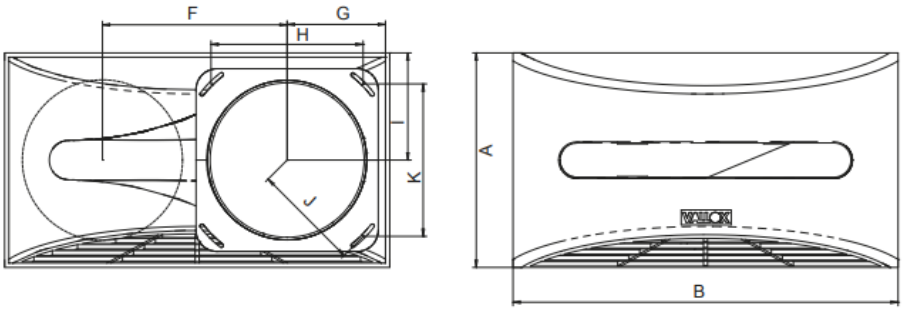
KUVA 12. Tilaan valittu ilmanvaihtokone (10)

KUVA 13. Vesikatolle sijoitettava yhdistelmäkatos (11)

6.2 Tila 2 (toimisto/varastotila)

Rakennuksen tilassa 2 on tällä hetkellä toimisto ja varastotilaa. Toimiston pinta-ala on 51 m^2 ja varastotilan pinta-ala on 97 m^2. Toimistotilaan on saneerattu aiemmin oma tulo-poistoilmanvaihtokone, jossa on ristivirtalevylämmönsiirrin. Varasto-osassa on tällä hetkellä vanha tulokone sekä huippuimuri katolla.

Suunnittelun lähtökohtana on säilyttää olemassa oleva toimiston IV-järjestelmä ennallaan. Varastotilan nykyinen tuloilmakone ja erillispoisto uusitaan nykyaikaisella tulo-poistoilmanvaihtokoneella. Kanavistosta käytetään hyväksi nykyinen tuloilmakanavisto. Vanha huippuimuri sekä poistoilmakanavisto poistetaan käytöstä. Raitisilma tuodaan varastotilaan ja jäteilma viedään tilasta ulos seinään asennettavan In/out-seinäpuhallus- ja ilmanottolaitteen kautta (kuva 14). Ilmanottoelementti asennetaan nykyisen tulokoneen raittiin ilmanottoaukon kohdalle.



KUVA 14. Vallox Out/In Seinäpuhallus- ja ilmanottolaite (12, s. 2.)

Varastotilaan valitaan Swegonin CASA R9 Smart, jossa on pyörivä lämmönsiirrin. Koneen LTO:n poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 72 %. Tilan ilmamäärä mitoitettiin 2 dm^3/m^2, koska tilaa käytetään tavaran varastoimisen lisäksi ajoittain myös yleiseen työskentelyyn. Tilassa olevia nykyisiä tuloilmakanavia hyödynnetään sellaisenaan ja tilan poistoilma toteutetaan imukartion avulla IV-koneen läheisyydestä.

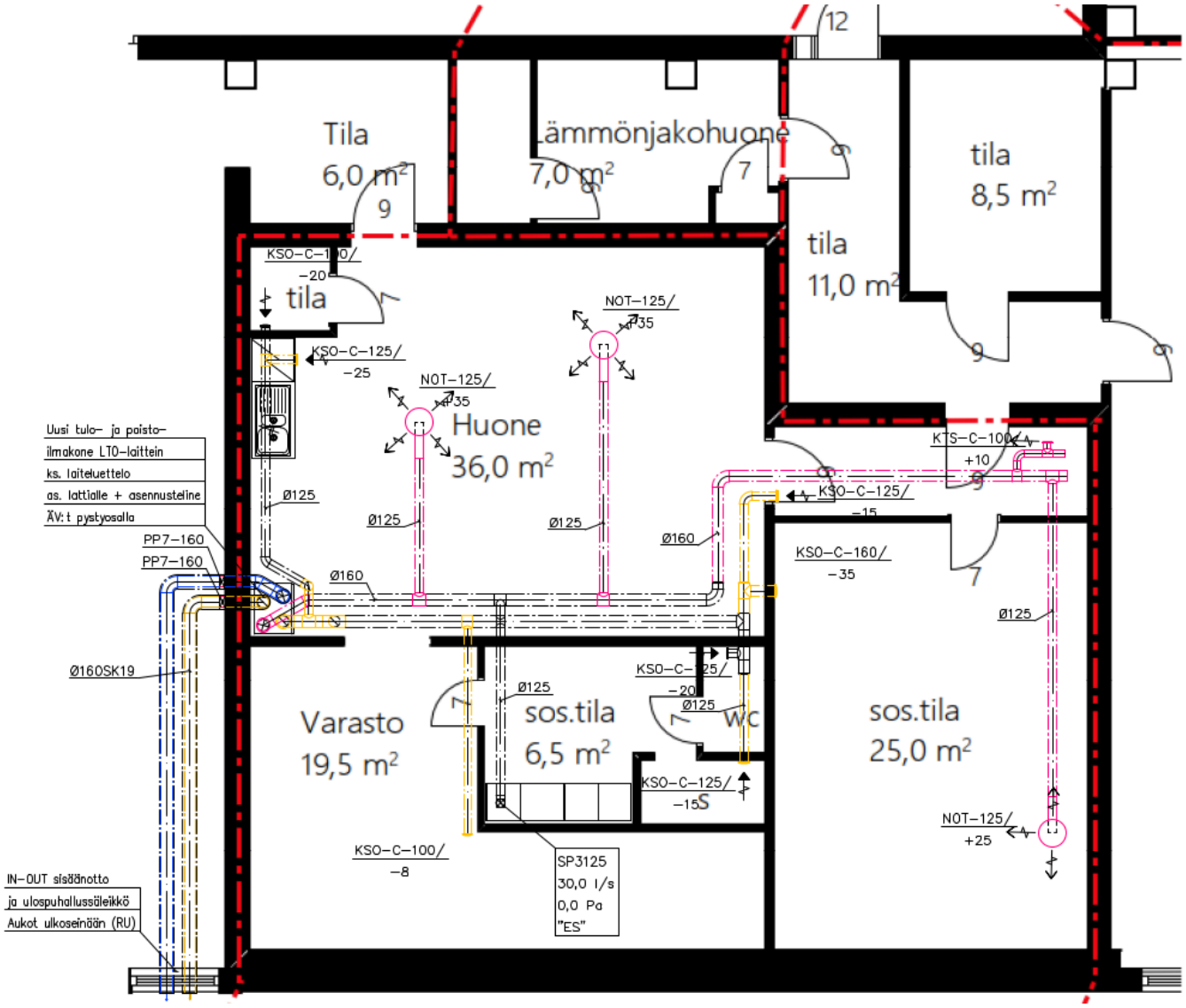
6.3 Tila 3 (sosiaalitilat väestönsuojassa)

Rakennuksessa on väestönsuoja, jonka pinta-ala on 90 m^2. Väestönsuojassa on muun muassa pukuhuonetiloja, joissa on wc, pieni keittiö ja varastotilaa. Tällä hetkellä tilaa palvelee huippuimuri, jonka avulla poistoilma johdetaan katolle. Tuloilma tilaan saadaan siirtoilmana väestönsuojan viereisistä tiloista (tila 1 ja tila 2).

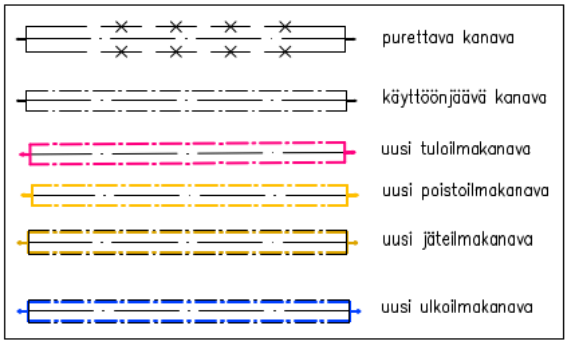
Käyttäjän toiveesta tilaan tullaan tekemään muutoksia. Osa sosiaalitiloista poistetaan, jotta nykyinen taukotila saadaan tilavammaksi. Tällöin vähällä käytöllä olleet neliöt saadaan hyötykäyttöön pienillä muutoksilla. Tilamuutokset näkyvät kuvassa 15.

Suunnittelun lähtökohtana on asentaa tilaan pieni tulo-poistokone, joka asennetaan väestönsuojan nykyisten sisäseinäläpivientien läheisyyteen. Raitisilma tuodaan ja jäteilma viedään tilasta ulos seinään asennettavan In/out-seinäpuhallus- ja ilmanottolaitteen kautta. Sekä raitisilmakanava että jäteilmakanava paloeristetään koneelta seinälle saakka.

Tällä hetkellä tilassa ei ole tuloilmakanavistoa, joten se täytyy rakentaa tilaan. Nykyisiä kanavarakenteita pyritään hyötykäyttämään mahdollisuuksien mukaan. Väestönsuojaan valitaan Valloxin MyVallox 119 CFi -ilmanvaihtokone, jossa on ristivirtalämmöntalteenotto. Koneen LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde on 70 %. Alla olevissa kuvissa (kuvat 15 ja 16) esitetään tilan ilmanvaihdon esisuunnitelma.



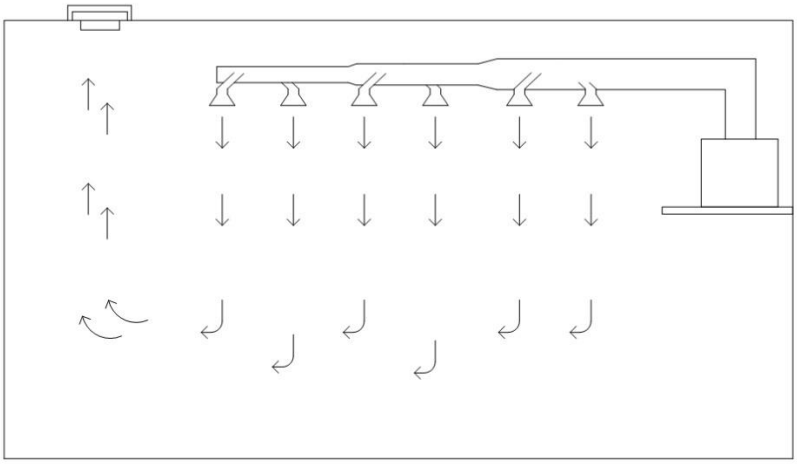
KUVA 15. Tila 3 IV-muutokset päivitetyssä pohjakuvassa



KUVA 16. Kanavien selostukset

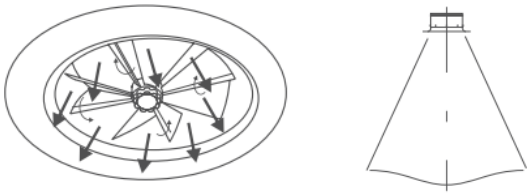
6.4 Tila 4 (metallityöhalli)

Tilassa 4 toimii tällä hetkellä metallialan yritys. Tämän halliosan pinta-alan on 360 m^2 ja korkeutta on 5,8 m. Hallin tilavuus on 2088 m^3. Tilaa palvelee hallin kulmassa oleva tuloilmakone, josta tuloilmakanaviston kautta ilmaa jaetaan tasaisesti hallin yläosassa olevien kuuden tuloilmapäätelaitteen avulla. Ilmanvaihtokoneesta katsottuna hallin vastakkaisessa päädyssä katolla on huippuimuri, josta jäteilma johdetaan ulos. Hallin ilmanjakotapana toimii osittainen mäntäperiaate. Ilma laskeutuu päätelaitteiden avulla katosta lattiaa kohti, jonka jälkeen ilma liikkuu kohti poistoilmalaitetta kuvan 17 mukaisesti.



KUVA 17. Metallihallin ilmanjakotapa

Nykyisten tuloilmapäätelaitteiden tilalle vaihdetaan uudet Fläkt Groupin ODZA pyörrehajottimet (kuva 18), joiden avulla ilma saadaan levittymään tasaisesti hallin alaosaan asti nykyiseen tilanteeseen verrattuna.

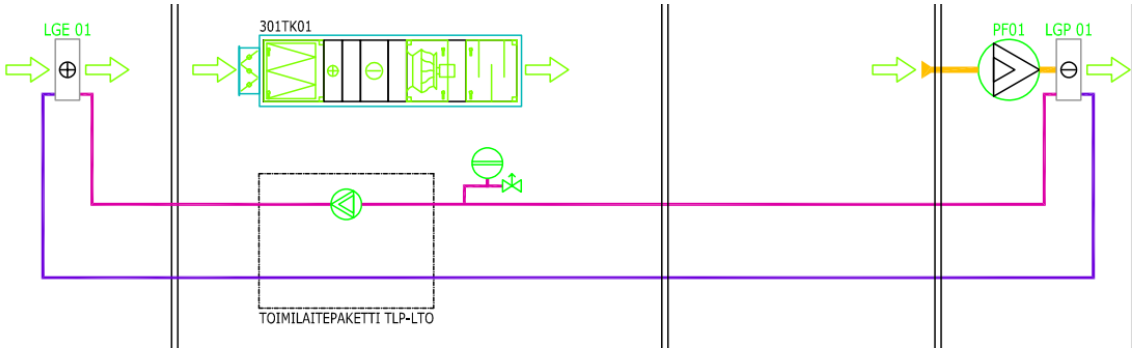


KUVA 18. Vasemmalla uusi pyörrehajotin ja oikealla sen heittokuvio (13)

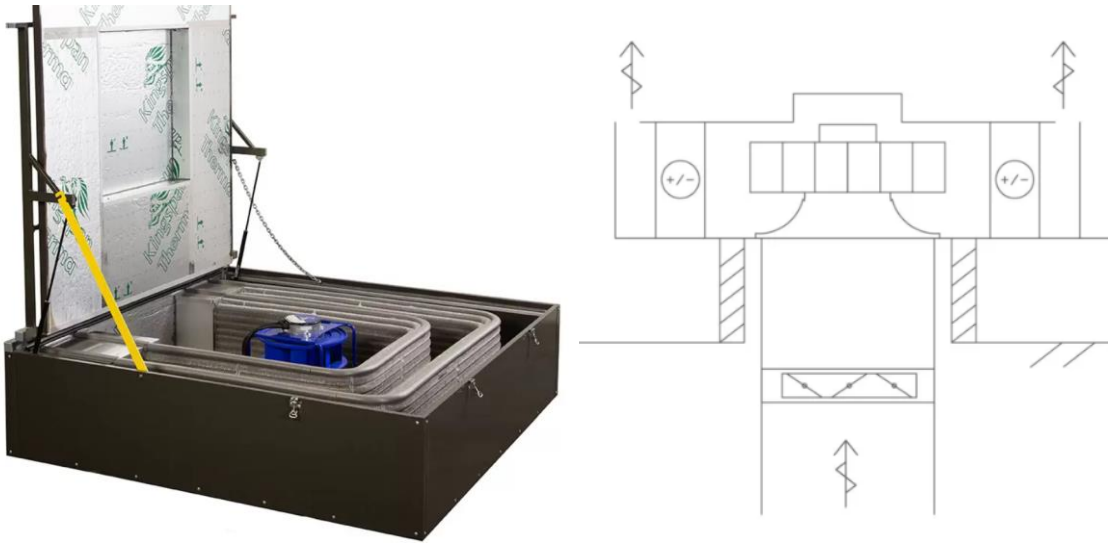
Hallissa olevat kohdepoistoratkaisut ovat käyttäjän vastuulla, minkä vuoksi niitä ei käsitellä tässä työssä. Tilan kohdepoistojen käyttö on satunnaista, joten niiden vaikutus ilmanvaihtoon on kohtuullisen vähäinen.

Suunnittelun lähtökohtana on säilyttää vanha tuloilmakone, johon integroidaan ulkoyksikkö, johon on sijoitettu neulalämmönsiirtimeltä tuleva lämmitysputkisto. Tällä esilämmitetään IV-koneelle menevää raitista ulkoilmaa. Nykyisen poistopuhaltimen tilalle hankitaan uusi huippuimuri, joka varustetaan neulalämmönsiirtimellä, jonka avulla poistoilmasta saadaan lämpöä talteen. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto on lähtökohtaisesti hyvä vaihtoehto kyseiseen tilaan, jossa työn aikana ilmaan muodostuu enemmän epäpuhtauksia, kuin normaalikäytössä olevissa tiloissa.

Tulopatteri (LGE) (kuva 19) sijoitetaan raitisilmanottoon rakennuksen ulkoseinälle nykyisen raitisilmasäleikön kohdalle. Poistoilmakoneena toimiva LTO-huippuimuri (LGP) (kuva 20) sijoitetaan vesikatolle nykyisen huippuimurin tilalle. Toimilaitepaketti TLP-LTO sisältää LTO-toiminnon moottoriventtiilin, pumpun sekä virtausmittarin. Lisäksi nykyisen tuloilmakoneen hihnavetoisen puhaltimen tilalle vaihdetaan uusi EC-puhallin.

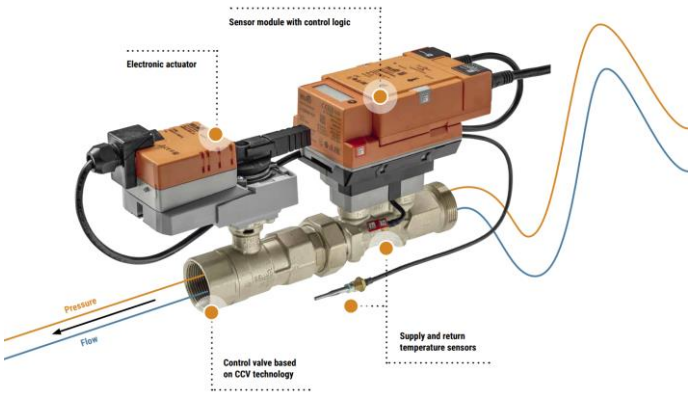


KUVA 19. Tulo- ja poistoilmakonekohtainen Retermia LTO-ratkaisu (14)



KUVA 20. Vasemmalla yhden puhaltimen LTO-huippuimuri ja oikealla huippuimurin leikkauskuva vesikatolta (14)

Kiinteistön omistajan toiveena on saada metallihallin ilmanvaihtokoneelle sen käyttämän lämpöenergian mittaus. Yksi vaihtoehto mittauksen toteuttamiselle on energiaventtiili. Yksi esimerkki tästä on Belimon energiaventtiili, joka mittaa sekä virtausta että tulo- ja paluulämpötiloja. Venttiilin logiikka ylläpitää halutun lämpötilaeron ja säätää virtausta tavoitellun tehon saavuttamiseksi. Venttiilin avulla voidaan korvata IV-koneen perinteinen säätöventtiili ja venttiilin avulla lämmityskustannuksia voidaan jakaa tasaisemmin kiinteistön käyttäjien kesken. (15)



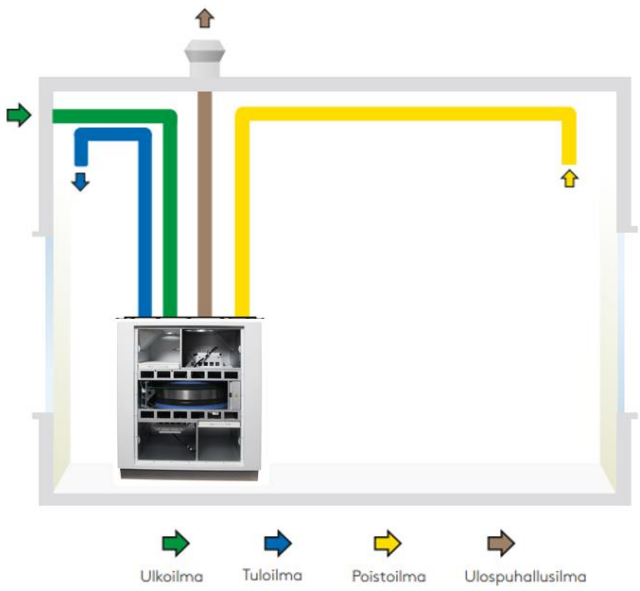
KUVA 21. Belimon energiaventtiili (15)

6.5 Tila 5 (huoltotila)

Huoltotilaa käytetään tällä hetkellä asennustilana, josta huoneilmaan ei synny huomattavia määriä epäpuhtauksia. Tila kuuluu korkeampaan hallinosaan ja sen huonekorkeus on 5,8 m. Pinta-ala on 75 m^2 ja tilavuus 435 m^3. Tällä hetkellä tilaa palvelee tuloilmakone ja erillispoisto.

Suunnittelun lähtökohtana on uusia olemassa oleva IV-järjestelmä kokonaan. Nykyinen tuloilmakone sekä huippuimuri poistetaan. Myös tulo- ja poistoilmakanavistot rakennetaan kokonaan uudestaan. Raitisilma tuodaan ja jäteilma viedään samoista seinä- ja kattoläpivienneistä, kuin vanhassa järjestelmässä.

Tilaan valittiin Swegonin CASA R9 Smart ilmanvaihtokone (kuva 22). Ilmamäärän mitoitusperusteena käytettiin normaalin työtilan ohjeistusta 2 dm^3/m^2. Koneessa on pyörivä lämmöntalteenotto ja poistoilman LTO:n vuosihyötysuhde on 72 %.



KUVA 22. Periaatekuva tilan ilmanvaihtojärjestelmästä (16)

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ratkaisuja yrityskiinteistön ilmanvaihdon energiatehokkuuden parantamiselle. Kiinteistön energiakustannukset ovat nousseet viime vuosina korkeiksi, ja tämän takia ilmanvaihtojärjestelmän uusimiselle on tarvetta. Tilaajan tavoitteena oli saada alustava suunnitelma rakennuksen ilmanvaihtosaneeraukselle, jota voidaan käyttää lopullisten suunnitelmien pohjana.

Rakennukseen haluttiin valita saneerauskustannuksiltaan järkevä ja helposti toteutettava ilmanvaihtojärjestelmäratkaisu tinkimättä ilmanvaihtokoneiden laadusta. Eri vaihtoehtoja tutkimalla kyettiin valitsemaan rakennusta parhaiten palveleva järjestelmä myös muuntojoustavuutta ajatellen.

Kohteen laitevalinnat tehtiin yhteistyössä tilaajan, asiantuntijoiden sekä käyttäjien kanssa. Ratkaisuja ohjasi osaksi kohteen alkuperäiset ilmanvaihtosuunnitelmat sekä erityyppiset palvelualueet. Palvelualueiden käyttötarkoitukset eroavat toisistaan ja siksi järjestelmävalinnat valittiin tilakohtaisesti.

Työn tuloksena saatiin alustava suunnitelma laitehankintojen ja lopullisten suunnitelmien tekemistä varten. Saneeraus tullaan toteuttamaan keväällä 2026 ja laitehankinnat voidaan kilpailuttaa alkuvuoden aikana. Lopputuloksena seuraava talvikausi päästään aloittamaan alhaisemmilla energiakuluilla uusien tilakohtaisten ilmanvaihtojärjestelmien myötä.

LÄHTEET

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

9. Tähti, E. 2000. Teollisuusilmastoinnin opas. Suomen talotekniikan kehityskeskus Oy (TAKE). Helsinki.

3. Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Tampere.

2. Jaakkola, T., Lindstedt, T. & Junnonen, J.-M. 2010. Energiatehokas asuinkerrostalojen talotekniikkakorjaus. Suomen Rakennusmedia Oy. Tampere.

4. Ympäristöministeriö 2017. Tasauslaskentaopas 2018, Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. Ympäristöministeriö. Luettavissa:https://ym.fi/documents/1410903/35099218/Tasauslaskentaopas+2018+310317+181217.pdf/24732e51-c23e-77bd-5877-c8ad9acc7cf7/Tasauslaskentaopas+2018+310317+181217.pdf?t=1680607919662. Luettu: 5.10.2025.

5. Meriläinen, J. 2025. EC-puhaltimet ilmanvaihdossa - kaikesta lyhyesti. Buildwise Group Oy. Luettavissa:https://www.buildwise.fi/ec-puhaltimet-mita-ne-ovat/. Luettu: 9.10.2025.

6. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry 2024. SFP-opas, Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen. 4. painos. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. Luettavissa:https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/2024-06/SFP-opas%2C%20p%C3%A4ivitetty%20kes%C3%A4kuu%202024.pdf. Luettu: 10.10.2025.

8. FINVAC ry 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Luettavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-

asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252. Luettu: 2.11.2025.

7. Valimo Center 2025. Mitä teknisiä vaatimuksia toimitilassa tulee ottaa huomioon. Luettavissa: https://valimocenter.fi/mita-teknisia-vaatimuksia-toimitilassa-tulee-ottaa-huomioon/. Luettu: 12.11.2025.

11. Lindab. Yhdistelmäkatokset. Luettavissa: https://www.lindab.fi/Tuotteet/ilmanvaihto/ulospuhallushajottajat-ja-ilman-sisaanotto/yhdistelmakatokset/hkomr/?sort=popularity&display=16&page=1. Luettu: 15.11.2025.

12. Vallox s.a. Vallox Out/In. Luettavissa: https://www.vallox.com/esitteet-ja-oppaat/. Luettu: 15.11.2025.

13. Fläkt Group. Odza pyörrehajoitin. Luettavissa: https://www.flaktgroup.com/fi/products/ilman-hallinta-ja-huonelaitteet/hajottimet/pyorrehajottimet/odza-saadettava-pyorrehajotin/?code=ODZA-63-4-1. Luettu: 15.11.2025.

14. Retermia. Tuotteet. Luettavissa: https://retermia.fi/. Luettu: 18.11.2025.

15. Belimo s.a. Belimo Energy Valve. Luettavissa: https://www.belimo.com/fi/fi_FI/energy-valve?utm_source=chatgpt.com. Luettu: 21.11.2025.

16. Swegon. 2025. CASA R9. Luettavissa: https://www.swegon.com/globalassets/digizuite/9991-en-casar9_technicalcatalogue_fi.pdf. Luettu: 10.11.2025.

10. Pamon s.a. KAIR ECoRotor 2080. Luettavissa: https://pamon.fi/produkter/kair-ecorotor-2080/. Luettu: 10.11.2025.