

Jouko Riihimäki

Keskuskonttorin sisäilmaongelmat

Nykytilanteen selvitys ja korjaustapaehdotus

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennusmestari (AMK)

Tekijä: Jouko Riihimäki

Työn nimi: Keskuskonttorin sisäilmaongelmat

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 52 Liitteiden lukumäärä:1

UPM Pietarsaaren vanhassa keskuskonttorissa työskentelevät ovat olleet huolissaan rakennuksen heikosta sisäilman laadusta. Asia on noussut esille useaan otteeseen, ja vuosi 2018 oli erityisen vaikea lämpimän kesän johdosta. Työterveyshuolto on myös kehottanut tutkimaan tilojen sisäilman laadun.

Opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää keskuskonttorin nykyinen sisäilman laatu ja ilmanvaihdon tilanne. Sisälsikö sisäilma joitakin haitallisia aineita ja onko nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä toimintakuntoinen? Tulosten, tutkimusten ja selvitysten perusteella laadittiin toimintasuunnitelma paremman sisäilman saavuttamiseksi tiloihin. Selvitettiin, että onko olemassa olevilla laitteilla mahdollista saada tilanne korjattua. Selvitysosuudessa etsittiin myös teoretietoa voimassa olevista sisäilmavaa- timuksista toimistotiloihin sekä ilmanvaihtoon.

Keskeisimpänä tehtävänä opinnäytetyössä oli johtaa työ alusta loppuun yhdessä eri osapuolten kanssa. Osapuolina työhön kuuluivat tiloissa työskentelevät työntekijät, tilojen iv-huollosta vastaava toimittaja, sisäilmatutkimuksen toimittaja, iv-suunnittelija, useat eri iv-asennuksia tekevät toimittajat sekä UPM:n paikallinen johto. Työ sisälsi lähtötietojen keräämistä olemassa olevista rakenteista ja laitteista sekä sisäilmatutkimusten teettäminen ja niihin perustuvien uusien ilmanvaihtosuunnitelmien suunnitteluttaminen. Työn lopputuloksena oli asioiden yhteen kokoaminen ja korjausehdotuksen laatiminen. Korjausehdotus sisälsi tarvittavat suunnitelmat ja dokumentit ilmanvaihtojärjestelmän saneerauksesta uuteen nykytilanteeseen soveltu- vaksi sekä ohjeistuksia järjestelmän toimintakunnon ylläpitämiseksi.

Avainsanat: sisäilma, ilmanvaihto, paine, suodatus, säätö

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Management

Specialisation: Building Construction

Author: Jouko Riihimäki

Title of thesis: Central office indoor air problems

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2019 Number of pages: 52 Number of appendices: 1

There are employees at UPM Pietarsaari's old central office, who are worried about the poor quality of the indoor climate in the office. The issue has been on display many times, and 2018 was particularly difficult because the weather was very warm. The occupational health services have also urged to study indoor climate quality.

The thesis studied the current indoor air quality and ventilation situation in the central office. Was there any harmful contamination in the indoor air? Was the current ventilation system operational? Based on the results and studies, an action plan was developed to provide better indoor air. It was also examined whether modern equipment would work better if it were adjusted and maintained. The thesis also looked for information on indoor air requirements and ventilation requirements in office premises.

Leading the work from start to finish with different parties was a key task in the thesis. The parties included the employees, a ventilation maintenance supplier, a ventilation designer, many ventilation installers and the local management at UPM Pietarsaari. The collection of starting data, indoor air surveys and new ventilation plans were the subjects of the thesis. The result was to assemble the subjects together and make a correction proposal. The repair proposal included the necessary plans and documents for the renovation of the ventilation system to suit the current situation, as well as guidelines for maintaining the system in working order.

Keywords: indoor air, ventilation, pressure, filtering, adjustment

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO	8
1.1 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus	8
1.2 Toimeksiantaja.....	9
2 SISÄILMASTO	11
2.1 Sisäilma yleisesti.....	11
2.2 Sisäilmanvaatimukset toimistotiloissa	13
2.3 Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi.....	15
2.4 Ilmanvaihto yleisesti toimistotiloissa.....	17
2.5 Ilmanvaihtovaatimukset toimistotiloissa	19
2.6 Ilmansuodatus.....	21
2.7 Paine-erot ja vaipan tiiveys	25
3 SISÄILMASTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	27
3.1 Sisäilman laadun ylläpito.....	27
3.2 Huolto ja kunnossapito.....	27
3.3 Ilmanvaihtokanavien puhdistus	29
3.4 Ilmansuodattimien vaihto	30
3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän säätö.....	31
4 CASE: KESKUSKONTTORI	34
4.1 Kohteen kuvaus	34
4.2 Ongelman kartoitus	35
4.3 Lähtötietojen kerääminen.....	36
4.4 Huoltoyhtiön ja IV-suunnittelijan esitutkimukset	37
4.5 Sisäilmatutkimukset	38
4.6 Sisäilmatutkimustulokset.....	39
5 KORJAUSTAPAEHDOTUS	43
5.1 Huolto- ja kunnossapito.....	43
5.2 Ilmanvaihto.....	43

5.3 Korjauksen laajuus.....	44
5.4 Korjauksen kustannukset.....	45
6 YHTEENVETO.....	47
LÄHTEET.....	49
LIITTEET.....	52

Käytetyt termit ja lyhenteet

Emissiovapaa	Emissiovapaa on aine, joka ei vapauta huoneilmaan VOC:ta, formaldehydejä, ammoniakkaa tms.
VOC	VOC on lyhenne sanoista Volatile organic compound. Se tarkoittaa haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Niiden kiehumispiste on alle 250 °C ja niiden höyrynpaine lämpötilassa 20 °C on 0,01 kPa tai enemmän. (Syrjänen, Rautio, Siponkoski, Säkkinen & Mäki 2016, 9.)
Otsonointi	Otsonointi on tapa poistaa hajuja ja allergianaiheuttajia. Tällöisiä hajuja ovat tupakan, eläinten, homeen, viemärin ja kalman hajut sekä ummehtuneisuus. Otsoni sisältää ainoastaan happea eikä käsittelystä jää mitään kemikaalijäämiä. (Syrjänen, Rautio, Siponkoski, Säkkinen & Mäki 2016, 9.)
Hiukkasilla PM10	Termi kuvaa hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä;
Huonelämpötila	Huonelämpötilalla kuvataan yleensä ilman lämpötilaa oleskeluvyöhykkeellä. Kun huoneessa on laajoja pintoja, joiden lämpötila poikkeaa ilman lämpötilasta, käytetään huonelämpötilana operatiivista lämpötilaa.
Operatiivinen lämpötila	Operatiivinen lämpötila kuvaa sisäilman lämpötilasta poikkeavien pintalämpötilojen vaikutusta ihmisen lämmöntunteeseen.
Ilmanvaihtokerroin	Ilmanvaihtokerroinilla kuvataan tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti, $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$.
VAK	Valvonta-alakeskus. Valvonta-alakeskuksen avulla voidaan keskitetysti seurata eri kohteiden tilaa, esimerkiksi

lämpötiloja ja muita kiinteistön kannalta oleellisia tietoja. Valvomon kautta on myös mahdollista muuttaa parametreja tarvittaessa. Ohjelmallisesti on mahdollista asettaa hälytysrajat esimerkiksi lämpötiloille, puhaltimien nopeuksilla, ilmanpaineille ja paine-eroille jne.

M1-luokka

Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1. Merkki kertoo materiaalin vähäpäästöisyydestä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on selvittää UPM Pietarsaaren vanhan keskuskonttorin 1. kerroksen sisäilman laatu ja ilmanvaihdon tilanne. Sisäilmaston parantamisesta tehdään projekti ja hoidetaan kokonaisuudessaan tässä opinnäytetyössä. Rakennus on valmistunut alkuperäisen sellutehtaan valmistumisen yhteydessä ja siinä on toiminut elinkaarensa aikana useita eri toimijoita. Tällä hetkellä rakennus on osittain vuokrattuna ulkopuolisille toimijoille. Rakennuksen 1. kerroksessa työskentelee noin 10 henkilöä, jotka ovat pääosin UPM Metsän henkilökuntaa.

UPM ehdotti tätä opinnäytetyöksi, koska tiloissa työskenteleviltä on tullut palautetta huonosta sisäilman laadusta. Kesä 2018 oli Pietarsaaressakin hyvin lämmin. Rakennuksessa olevat jäähdytyslaitteet eivät toimineet riittävästi ja näin ollen huoneilman lämpötila pääsi kohoamaan aika korkeaksi. Samalla ilmanvaihtoa ei käyttäjien mukaan ole ollut riittävästi, ilma ikään kuin ”seisoi paikoillaan”. Useat työntekijät ovat huomautelleet tunkkaisesta sisäilmasta. Työskentely tiloissa on aiheuttanut mm. väsymystä.

1.1 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on organisoida tehtävä niin, että selvitetään keskuskonttorin 1. kerroksen tilojen tämän hetkisen ilmanvaihdon tila. Onko se mahdollista saada nykyisillä laitteilla niin hyväksi, että siellä voidaan työskennellä turvallisesti raikkaassa sisäilmassa ympäri vuoden?

Opinnäytetyöhän kuuluvat seuraavat asiat:

- huollattaa nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä ja selvittää huoltohistoria
- selvittää yhdessä IV-suunnittelijan kanssa nykyisen järjestelmän tämän hetkisen toiminta ja mahdollisuus tehostaa ja parantaa sitä
- teettää tiloissa sisäilman tutkimukset

- sisäilmatutkimusten perusteella teettää tiloihin uudet IV-suunnitelmat kustannusarvioineen ja toimintaselostuksineen valmiiksi paketiksi hankintoja varten.

1.2 Toimeksiantaja

UPM-Kymmene Oyj on bio- ja metsäteollisuusyhtiö. Yritys valmistaa uusiutuvista ja kierrätettävistä raaka-aineista omat tuotteensa: sellu, paperi, sahatavara, sähkö, ja biopolttoaineita. Toimintaa yrityksellä on 12 maassa ja työntekijöitä kaiken kaikkiaan noin 19 100. Liikevaihto vuonna 2017 oli yhteensä noin 10 miljardia euroa. (UPM numeroina 2018.)

UPM-Kymmene on syntynyt eri yhtiöiden yhdistymisen seurauksena vuonna 1995. Yhdistymisessä olivat mukana Kymmene Oy, Repola Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy. UPM aloitti varsinaisen toimintansa vuonna 1996. UPM-konserni aloitti sellunvalmistuksen 1880-luvulla, paperinjalostuksen 1920-luvulla ja vanerin valmistuksen 1930-luvulla. (UPM Pietarsaari 2018.)

Pietarsaaren Alholmassa sijaitsevat UPM:n Pietarsaaren sellutehdas, Alholman saha ja Metsän Pohjanmaan aluekonttori. Tehdasalueemme on monipuolinen bio-metsäteollisuuden keskittymä, jossa lähialueiden puu jalostetaan sahatavaraksi, selluksi, paperiksi, paperijalosteiksi ja energiaksi. Kuvassa 1 nähdään tehdasalue kokonaisuudessaan. (UPM Pietarsaari 2018.)

Sellutehdas käyttää raaka-aineenaan lähialueen kuitupuuta. Se valmistaa siitä koivu- ja havusellua. Tehtaan kapasiteetti on reilut 800 000 tonnia vuodessa. Havu- ja koivusellusta jalostetaan tarra-, erikois- ja pehmopapereita sekä kartonkia. Suurin osa sellusta kuljetetaan valmistajille eri puolille maailmaa tehtaan läheisyydessä sijaitsevan Alholman sataman kautta. Sellutehtaalla työskentelee n. 300 henkilöä. (UPM Pietarsaari 2018.)

Alholman saha kuuluu myös UPM:n omistukseen Pietarsaarella. Sahalla valmistetaan sertifioitua mänty- ja kuusisahatavaraa rakentamiseen sekä ikkuna-, ovi-, ja

huonekaluteollisuudelle. Tuotantokapasiteetti on 280 000 kuutiota vuodessa ja sahatavaran päämarkkinat sijaitsevat Suomessa ja Aasiassa. Pietarsaaren sataman kautta sahalla on suora yhteys vientiin maailman markkinoille. Alholman sahalla työskentelee n. 60 henkilöä. (UPM Pietarsaari 2018.)

UPM:llä on oma puunhankintaorganisaatio. Se on Pietarsaassa UPM Metsä Pohjanmaa. Organisaatio hankkii lähialueelta sellutehtaalla ja sahalla käytettävän puun. Puu käytetään sataprosenttisesti sahatavaran, sellun, paperin ja energian valmistuksessa. (UPM Pietarsaari 2018.)



Kuva 1. UPM Pietarsaaren tehdasalue. (UPM Pietarsaari 2018.)

2 SISÄILMASTO

2.1 Sisäilma yleisesti

Sisäilmasto ja työskentelyilmasto vaikuttavat ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen. Se vaikuttaa myös terveyden ja viihtyvyyden kautta myös työn tekemisen tehokkuuteen. Ihmiset tuntevat sisäilman laadun erilaisena. Osa on hyvinkin herkkä huonolle sisäilmalle ja näin ollen sen laatu vaikuttaa hyvin nopeasti terveyteen ja viihtyvyyteen. Sisäilmaan kuuluvat esimerkiksi rakennukseen vaikuttavat fyysiset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. (Säteri & Koskela 2014, 76–77.)

Lämpötilan, ilman virtausten, sekä tilojen pintojen lämpösäteilyn yhteisvaikutusta voidaan kutsua lämpöoloiksi. Niillä on suuri vaikutus ihmisten vireystilaan ja tehokkuuteen. Koska kaikki ihmiset ovat yksilöitä, niin lämpöoloja on käytännössä mahdoton saada sellaisiksi, että ne olisivat kaikille miellyttävät. On liian lämmintä tai kylmää, vetää kovasti, jne. Yleensä olosuhteet ovat aika hyvällä tasolla, kun ei osata kertoa, onko tarvetta muuttaa mitään. Lämpöviihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä on tutkittu jo hyvinkin kauan, mutta kuitenkin ei ole löydetty yksiselitteisiä olosuhteita, joita voidaan pitää suunnitteluvaatimuksina. Myös nykyisillä ilmastointitekniikoilla toteutetuissa kohteissa voidaan olla tyytymättömiä olosuhteisiin ja hyvin usein saateen tuntea vetoa. (Säteri & Koskela 2014, 76.)

Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys rakennuksissa on toimistotiloissa 2,5-5 % kokonaiskerrosalasta. Näissä tiloissa työskentelee kymmeniätuhansia käyttäjiä. Terveydensuojelulaki (L 763/1994) sanoo, että asunnon ja muun sisätilan sisäilman olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa. Terveyshaitta kuvataan laissa niin, että se on elinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuva sairaus tai sen oire. Altistuminen terveydelle vaaralliselle aineelle tai tekijälle siinä määrin, että sairauden tai sen oireiden syntyminen on mahdollista. (L 19.8.1994/ 763; Riejula, Ahonen, Alenius, Holopainen, Lappalainen, Palomäki, & Reiman 2012, 11.)

Työturvallisuuslaissa (L 738/2002) on kerrottu työnantajan velvollisuudet. Työnantajan tulee olla velvollinen huolehtimaan työntekijöilleen sellaiset olosuhteet, että

heillä on turvallista ja terveellistä työskennellä. Tässä tarkoituksessa työnantajan on otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön samoin kuin työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. Työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava ja seurattava työympäristöä, työyhteisön tilaa ja työtapojen turvallisuutta. Työnantajan on tarkkailtava myös toteutettujen toimenpiteiden vaikutusta työn turvallisuuteen ja terveellisyteen. (L 23.8.2002/ 738.)

Ympäristöministeriö on laatinut asetuksen, jossa kerrotaan ohjearvoja sisäilmaston laadulle. Niissä ohjeissa on sisäilman epäpuhtauksien sallittuja enimmäisarvoja rakennuksen sisäilmaston suunnitteluun ja toteutukseen. Sisäilman lämpötila ja kosteus sekä ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan liittyvät ohjeet, suositukset ja määräykset ovat myös kirjattu asetukseen. Sisäilman kosteuden on pysyttävä niissä rajoissa, joihin tilat on suunniteltu käytettäväksi, ettei kosteudesta aiheudu kosteusvaurioita, mikrobien kasvua tai terveydellistä haittaa ihmisille. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja. (Ympäristöministeriön asetus 2017/1009, 3-4.)

Sisäilmasto on luokiteltu kolmeen luokkaan. (Pietarinen, 27.)

- S1: Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja sekä valaistusta. Tila ei pääse ylikuumenemaan.
- S2: Tiloissa on hyvä sisäilmasto, eikä siellä ole häiritseviä hajuja tai muita ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Ylikuumenemistä saattaa esiintyä kesäpäivinä.
- S3: täyttää rakentamismääräyksien vähimmäisvaatimukset.

Kaikki rakennusmateriaalit sisältävät erilaisia kemiallisia yhdisteitä, jotka voivat haihtua ja emittoitua sisäilmaan. Käytännössä lasia, tiiltä ja terästä voidaan pitää emissiovapaina materiaaleina. Orgaaniset haihtuvat yhdisteet, joita kutsutaan VOC-yhdisteiksi, koostuvat kemiallisesti eri yhdisteryhmistä ja tyypillisesti emissiot lisääntyvät, kun kosteus ja lämpötila kasvavat. (Järnström, Koivusaari & Saari 2017, 21.)

Tavallisesti emissio-ongelmia aiheuttavat rakennuksissa: (Järnström, Koivusaari & Saari 2017, 21.)

- muovipinnoitteisen lattiarakenteen rikkoutuminen liiallisen kosteuden vaikutuksesta
- mineraalivillat kastuvat. Villojen sideaineet hajoavat
- vanhat materiaalit korjauskohteissa, kemiallisesti poikkeavia nykyisiin materiaaleihin verrattuna
- valmistusprosessin virheet ja virhearvioinnit
- tasoitteen kaseiinin hajoaminen kosteuden vaikutuksesta
- otsonoinnin aiheuttamat emissioauriot
- huonekalut, kalusteet, jotka ovat usein tuotu EU:n ulkopuolelta eivät tavallisesti ole vähäpäästöisiä
- muut kuluttajatuotteet, esim. patjat.

2.2 Sisäilmanvaatimukset toimistotiloissa

Toimisto on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että sen kaikissa normaaleissa sääoloissa ja käyttötilanteissa sisäilmasto on terveellinen, turvallinen ja viihtyisä. Tämä on otettava huomioon myös sellaisissa tilanteissa, joissa olosuhteet saattavat muuttua laajastikin. Tällöinen tilanne on esimerkiksi silloin, kun tilan käyttäjien määrä vaihtelee säännöllisesti. Päivällä voi olla muutamia käyttäjiä ja illalla kymmeniä tai ei sitten ollenkaan. (Ympäristöministeriön asetus 2017/-1009, 3-4.)

Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttamiseksi on otettava yleensä huomioon seuraavat rakennukseen vaikuttavat tekijät: (Ympäristöministeriön asetus 2017/-1009, 3-4.)

- sisäiset kuormitustekijät kuten lämpö- ja kosteuskuormitus, henkilökuormat, prosessit sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt
- ulkoiset kuormitustekijät kuten sää- ja ääniolot, ulkoilman laatu ja muut ympäristötekijät
- Sijainti ja rakennuspaikka.

Lämpötilalla on myös olennainen merkitys sisäilmastoon. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa 21 °C. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan kesäkauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa 23 °C. Hyvän sisäilmaston edellytys on, että rakenteet ovat toimivia ja ilmanvaihto on riittävä. Näillä asioilla voidaan vaikuttaa useimpiin sisäilmatekijöihin: (Sisäilman tekijät 2008.)

- kaasumaiset yhdisteet: Ammoniakki, Formaldehydi, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, materiaalien kemialliset yhdisteet, otsoni ja tupakka
- sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet, joita ovat huonepöly, liikenteen tai teollisuuden aiheuttamat epäpuhtaudet, mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet, ihmisten vaatteissaan kantamat sekä eläimistä irtoava hilse, tupakan savu ja asbesti
- fysikaalisia sisäilmatekijöitä ovat mm. ilman kosteus, lämpötila ja pintojen lämpötilaerot. Fysikaalisiin tekijöihin kuuluvat myös ilman liike, säteily (radon), valaistus ja melu.

Rakennuksen sijainti, rakennuksen rakentamistapa, rakennusmateriaalit, ilmanvaihtoratkaisut, käyttö ja sääolosuhteet vaikuttavat sisäilman laatuun. Sisäilman laatuun vaikuttaa myös se, miten tiloja käytetään ja huolletaan. Ihmisten hengitys kuluttaa aina happea ja tuottaa hiilidioksidia. Riittäväällä ilmanvaihdolla saadaan poistettua hiilidioksidi ilmasta ja tuomalla raikasta ilmaa tilalle. Asumisessa yleisesti on mukana mm. ruuan valmistaminen. Se synnyttää kosteutta ja hajuja sisäilmaan. Ihmisten vaatteista ja kodin tekstiileistä irtoaa hiukkasmaisia ja kemiallisia epäpuhtauksia. Nykyään ihmisillä on entistä enemmän lemmikkieläimiä. Ne lisäävät ärsyt-

täviä ja allergisoivia epäpuhtauksia sisäilmassa. Osa ihmisistä voi olla hyvinkin herkkiä eläinten hajuille ja niistä leviävillä epäpuhtauksille. Eläinten rehuissa ja kuivikkeissa voi olla mm. punkkeja ja muita mikrobeja, jotka myös voivat levitä sisäilmaan. Huonekasvit voivat myös aiheuttaa allergiaa ihmisille. (Sisäilman tekijät 2008.)

Rakennusten siivouksella voidaan vaikuttaa oleellisesti sisäilman laatuun. Sisäilman laatu paranee, kun pölyn määrä vähenee. Pölyn vähentämiseksi valitaan oikea siivous määrä ja – menetelmät. Siivousaineet sisältävät usein liuottimia ja hajusteita, jotka usein myös huonontavat sisäilman laatua. Tämänkin asia kannattaa ottaa huomioon valittaessa puhdistusaineita. Liiallinen vedenkäyttö kuivien tilojen siivouksessa voi johtaa myös rakenteiden kosteusvaurioihin. (Sisäilman tekijät 2008.)

Huonelämpötilalla on keskeinen vaikutus viihtyvyyteen. Korkea lämpötila laskee talvella sisäilman suhteellista kosteutta. Hyvin helposti liian korkea lämpötila aiheuttaa sisäilman tunkkaisuutta. Viileä lämpötila tuntuu helposti raikkaalta. Sisäilman kuivuessa, kuivattaa se myös mm. ihoa ja rasittaa hengityselimiä. Korkea lämpötila myös irrottaa materiaaleista enemmän haitallisia epäpuhtauksia. Rakennuksen suunnitelman mukaisella oikealla käytöllä voidaan estää rakenteiden vaurioituminen ja siitä aiheutuva sisäilman laadun huononeminen. (Sisäilman tekijät 2008.)

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy niissä raja-arvoissa, joihin se on suunniteltu. Kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin. Lämpötila ja ilmanvaihto tulee olla sellaiset, ettei kosteus tiivisty pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään niin, että se voisi aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa. (Opas ilmanvaihdosta 2016, 10.)

2.3 Sisäilmaongelman ratkaisuprosessi

Sisäilmaongelmien ratkaisu käynnistyy yleensä tilan käyttäjien kokeman haitan tai oireilun perusteella. Sen jälkeen tavallisesti on tarvetta tutkia ja selvittää tilan kuntoa kriittisesti. Onhan kyseessä ihmisten terveyteen liittyvä asia. Rakennuksesta tai tilasta on voitu tehdä myös haittailmoitus. Se edellyttää jo teknistä perusselvitystä tilanteesta. Jos näissä selvityksissä havaitaan jotain poikkeavaa, vaatii se usein tar-

kempia tutkimuksia. Tässä vaiheessa tavallisesti käynnistetään sisäilmatutkimukset. Sisäilmaongelmien ratkaisuprosessissa otetaan huomioon myös tilojen käyttö ja kunnossapito. On erittäin tärkeää, että tiloja käytetään niiden käyttötarkoitusten mukaisesti ja huolletaan suunnitellusti talotekniikka ja muut rakenteet. (Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille 2015, 4.)

Haittailmoituksen voi tehdä käyttäjät itse. Sen voi tehdä myös työterveyshuolto tai työnsuojelu. Ennen haittailmoituksen tekemistä on hyvä tiedostaa, millainen ongelma on kyseessä. Onko kyseessä tekninen vika, joka saadaan kuntoon kiinteistön huolto ja korjaustoimenpiteillä vai onko kyseessä sisäilmaan liittyvä haitta tai ongelma? Normaalitilanteista huolto- ja kunnossapitoon kuuluvat tekniset viat hoidetaan kiinteistöhuollon toimesta. (Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille 2015, 4.)

Sisäilmaongelman ratkaisu voidaan kuvata prosessina, joka etenee esimerkiksi seuraavasti: (Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille 2015, 4.)

- haittailmoitus
- tekninen perusselvitys
- arviointikäynti tilassa
- sisäilmatutkimukset ja -tulokset
- mahdolliset lisätutkimukset
- korjaussuunnittelu
- tarvittaessa väistötilat otettava käyttöön
- purkutyöt
- korjaustyöt suunnitelmien mukaisesti
- tilojen käyttöönotto ja seuranta.

Tutkimusvaiheen tuloksena saadaan tutkimustulokset, joiden perusteella käynnistetään tavallisesti korjaussuunnittelu. Mahdollisten korjaustöiden jälkeen tilat voidaan ottaa jälleen käyttöön. Usein korjaustöiden onnistumista seurataan usean vuoden ajan korjaustöiden päätyttyä. Ratkaisuprosessissa on tärkeää, että prosessin jokaisesta vaiheesta tiedotetaan rehdisti ja avoimesti sekä riittävän usein. Sisäilmaan liittyvät mielipiteet ja ajatukset voivat vaihdella hyvinkin laajasti eri käyttäjien kokemuksiin pohjautuen. (Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille 2015, 8.)

2.4 Ilmanvaihto yleisesti toimistotiloissa

Ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa suunniteltuun käyttötarkoitukseen, että se luo edellytykset normaaleissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle. Ilmanvaihtojärjestelmä on hyvin keskeinen osa-alue laadukkaan sisäilman saavuttamiseksi.

Hyvä sisäilmanlaatu on edellytys, että rakennusta ja sen laitteita käytetään oikein ja huolletaan säännöllisesti. Ilmanvaihdon tulee olla jatkuvasti toiminnassa myös silloin, kun tiloissa ei oleskella. On ollut vallitseva käytäntö, että tilojen ilmanvaihto on otettu pois päältä energian säästämiseksi silloin, kun siellä ei ole käyttäjiä. Nykyään on kuitenkin pahojen virheiden kautta havaittu, että puhaltimien tulee olla aina käynnissä ja venttiilien tulee olla aina auki. Näin estetään epäpuhtauspitoisuuksien ja kosteuden haitallinen kohoaminen huoneilmassa. (Opas ilmanvaihdosta 2016, 8.)

Tarkastelun kohteena olevassa rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Se yleistyi 1960-luvulla. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilma poistetaan puhaltimien avulla, joka on rakennuksessa yleensä katolla oleva huippuimuri. Korvausilma otetaan usein tuloilmaventtiilien avulla seinistä. Koneellisen poistoilmanvaihdon ilmavirtojen suuruus ei riipu sääolosuhteista, vaan ilmavirtoja voidaan lisätä tai vähentää muuttamalla poistoilmapuhaltimen kierrosnopeutta. (Ympäristöministeriön asetus 2017/1009, 16.)

Yleinen ongelma poistoilmanvaihdossa on riittävän korvausilman saaminen. Usein tuloilmaventtiilejä on liian vähän tai niitä ei ole lainkaan ja ilma vedetään sisään ra-

kenteiden kautta. Ilma kulkee sieltä, mistä se helpoiten pääsee menemään. Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä ei ole myöskään energiatehokas. Ilmavirrat voivat aiheuttaa vetoa, koska sisään tulevaa ilmaa ei lämmitetä. Markkinoilla on olemassa kyllä korvausilmaa lämmittäviä tuloilmaventtiileitä, joilla tämä ongelma voidaan poistaa. (Opas ilmanvaihdosta 2016, 6.)

Ilmanvaihtojärjestelmä ja sisäilman laatu ovat usein riippuvaisia toisistaan. Ilmanvaihdolla poistetaan ilmasta ylimääräinen kosteus, hajut ja haitalliset kemialliset epäpuhtaudet riippumatta mistä ne ovat peräisin. Järjestelmän suunnitteluvaiheessa voidaan tehdä virheitä tai tehdä sellaisia päätöksiä tai riskiratkaisuja, jotka heikentävät ilmanvaihdon toimintaedellytyksiä laadukkaan sisäilman varmistamiseksi, jos ei ole riittävästi tietoa. On myös huomioitava, että rakennuksen sisätiloihin ulkoa tuotu ilma sisältää myös haitallisia epäpuhtauksia. Virheellinen mitoitus ja säätö eivät välttämättä täytä käytön edellyttämää riittävästä ilmanvaihtoa kokonaisesta. Tämä kokonaisvaltainen ilmanvaihdon suunnittelu luo edellytykset, että sisäilma on kaikissa eri suunnitelluissa käyttötilanteissa laadukas. Ilmanvaihto aiheuttaa paine-eroja, joiden vaikutuksesta rakennukseen tulee myös haitallisia epäpuhtauksia ja ne leviävät rakennuksen sisällä. (Järnström, Koivusaari & Saari 2017, 28.)

Ilmanvaihtojärjestelmän ja etenkin ulkoilman sisäänottoratkaisujen puutteellisen suunnittelun ja toteutuksen takia sisään puhallettava ilma voi sisältää paljon epäpuhtauksia ja aiheuttaa ongelmia. Tämän opinnäytetyön kohteena olevan keskuskonttorin välittömässä läheisyydessä ulkopuolella varastoidaan isoja hiilikasoja. Tuloilmaventtiileistä nähtiin hyvin, että hiilenpöly on kulkeutunut venttiileihin ja osittain niiden kautta myös rakennuksen sisätiloihin.

Oleskelutiloihin johdettava ulkoilmavirta on myös merkittävä asia, että saadaan luotua hyvä sisäilmasto. Ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 l/s henkilöä kohti suunniteltuna käyttöaikana. Tätä määrää voidaan joutua kuitenkin kasvattamaan, jos jokin erityinen käyttötarkoitus sitä vaatii. Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava kuitenkin vähintään 0,35 (l/s) / m² lattia pinta-alaa kohden suunniteltuna käyttöaikana. (Seppänen 2017, 5-7.)

2.5 Ilmanvaihtovaatimukset toimistotiloissa

Tuloilmavirran suuruus määritetään tavallisesti henkilömäärän perusteella. Jos henkilömäärä ei ole tiedossa suunnitteluvaiheessa, voidaan käyttää myös huonekohtaista, pinta-alaan, laitteiden tai kalusteiden määrään perustuvaa mitoitusta.

Vähimmäistuloilmavirta tulee olla 6 l/s, hlö. Jos rakennuksessa tai tilassa on käyttötarkoituksesta johtuvaa lisäilmavirran tarvetta, voi silloin tuloilman määrä olla suurempi kuin tuo 6 l/s, hlö. Esimerkiksi epäpuhtauksien määrä tiloissa voivat aiheuttaa lisäilmantarvetta. (Seppänen 2017, 4.)

Tavallisesti rakennuksen tai sen osan kokonaistulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi siten, ettei rakennusvaipan yli synny haitallisia paine-eroja. Alipaineinen sisäilma ottaa korvausilmansa sieltä, mistä se helpoiten tulee. Usein vanhoissa rakennuksissa se tulee ulkoa rakenteiden kautta, ikkunoiden ja ovien tiivistyksistä. Ylipaineinen sisäilma taas painaa mahdollisen kosteuden rakenteisiin. Tämä voi aiheuttaa vahinkoa, jos rakenne ei pääse kuivumaan. (Seppänen 2017, 4.)

Alueen sisällä tulo- ja poistoilmavirtojen suuruus määritetään niin, että ilma virtaa aina puhtaammista tiloista likaisempiin tiloihin päin. Se on hyvä tiedostaa, että vaikka lisätään ilmanvaihtoa, ei se välttämättä paranna ilmanlaatua. Talvella erityisesti sisäilma kuivuu ilmanvaihdon kasvaessa. Suuri ilmanvaihto lisää myös vedon tunnetta iholla varsinkin silloin, kun huonelämpötila on matala. On myös huomiotava, että ilmanvaihdon lisääminen kasvattaa energian kulutusta. Jottei ilmaa vaihdettaisi tarpeettomasti, tulisi ilmanvaihto olla ohjattavissa tilan käytön ja tarpeen mukaisesti. Ilmanvaihdon ohjaaminen tilan käytön mukaan on aina tärkeämpää ja taloudellisempaa mitä suuremmasta ilmavirrasta, henkilömäärästä ja sen vaihtelusta on kyse. Nykyään lähes poikkeuksetta kaikissa julkisissa rakennuksissa ja toimitoissa ilmanvaihdon ohjaus tapahtuu automaattisesti. (Seppänen 2017, 5.)

Muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihto suunnitellaan ja toteutetaan, että suunnitellun käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on keskimäärin vähintään 0,15 l/s, m². On myös huolehdittava, että ilma vaihtuu rakennuksen kaikissa tiloissa. (Seppänen 2017, 5.)

Vedon tunne johtuu ihon paikallisesta jäähtymisestä. Ilmanvaihdon aiheuttamaan vetoon vaikuttavat ilman nopeus, lämpötila ja ilman liikenopeuden vaihtelu. Vedon tunne on hyvin yksilöllistä. Ihmisten oma fyysinen aktiivisuus, vaatetus, herkkyys vedon tunteelle vaikuttavat siihen tunteeseen. Myös ihmisten perussairaudet, kuten reuma aiheuttaa hyvin helposti vedon tunnetta iholla. Ilmanvaihtoon liittyy myös hyvin usein tilan jäähdytys varsinkin julkisissa ja toimistorakennuksissa. Ilmanvirtausnopeudet kasvavat ja vedontunne lisääntyy jäähdystehon tarpeen kasvaessa. Ilmanjakolaitteiden valinta ja niiden sijoittelu kannattaa tehdä erityisen huolellisesti juurikin vedon tunteen hallitsemiseksi. Yleensä ilmanvaihto ja -jako tulee suunnitella niin, että tuloilmasuihkun nopeus laskee riittävästi ennen oleskeluvyöhykkeelle saapumista. (Seppänen 2017, 5.)

Taulukko 1. Veto. Ilman suurimmat sallitut nopeudet. (Seppänen 2017, 6.)

Tilan kuvaus	Ilman suurin sallittu keskinopeus (+20°C)	Ilman suurin sallittu keskinopeus jäähdystilanteessa
Kevyt työ tai vastaava Kiinteät työpisteet, toimisto, kevyt liikunta, koululuokka, päiväkotit, aula, paikallaan oleva seisomatyö, asuinhuoneet	0,2	0,3
Keskiraskas työ tai liike esim. käytävä, jossa ei oleskella ja/ tai istuta	0,25	0,35
Raskas työ tai liike esim. urheiluhallit	0,3	0,4

Ilmanvaihdon määrälle on määritetty vähimmäisarvot eri rakennus- ja tilatyypeittäin. Jäähdytys ja lämmitystarve saattavat johtaa huomattavasti suurempiin ilmavirtoihin. Jos tiloista pitää poistaa normaalia enemmän kosteutta, lisää se myös ilmanvaihdon määrää. Esimerkiksi uima- ja urheiluhallit täytyy varustaa erityisen tehokkaalla ilmanvaihdolla.

Toimistotilojen käyttö ja henkilömäärä tavallisesti vaihtelevat jonkin verran. Nykyään yhä yleisempiä toimistotiloja ovat avokonttorit. Niissä ilmanvaihto on mitoitettava tilaa käyttävien tai siellä työskentelevien ihmisten kokonaismäärän mukaisesti. Yleisesti ilmanvaihto määritetään henkilömäärän perusteella, kuitenkin siten, että ulkoilmavirta on vähintään 1 l/s / m². Tällöin voidaan varmistaa, että huoneilmaan saadaan myös raitista ilmaa. (Seppänen 2017, 7.)

Hyvin usein toimistorakennuksissa ulko- ja tuloilmavirrat määräytyvät vähimmäisarvoja suuremmiksi. Yleensä reilu ilmanvaihto lisää myös työtehokkuutta ja viihtyvyyttä. Tällöin ihmiset kokevat ilman helposti raikkaammaksi. Erilaiset lämpöolosuhteet ja niiden hallitseminen voivat edellyttää myös suurempaa ilmanvaihtoa tai jäähdytystä. Tiloissa vaihtuvat henkilömäärät yms. muuttuvat tekijät edellyttävät myös ilmanvaihdolta, että se tulee olla hyvin ohjattavissa muuttuneisiin olosuhteisiin. (Seppänen 2017, 7.)

Taulukko 2. Toimistorakennusten ilmanvaihdon vähimmäisarvot. (Seppänen 2017, 7.)

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

2.6 Ilmansuodatus

Ilmansuodatuksen taso suunnitellaan ulkoilman laadun ja sisäilman laadulle asetettujen tavoitteiden perusteella. Suunnittelijan on otettava huomioon ilmansuodatus-tarve, kun valitsee ilmanvaihtojärjestelmää. Järjestelmä tulee olla kapasiteetiltaan riittävä vaatimuksiin nähden. (Ilmansuodatus 2019.)

Ilmansuodattimen valinta voidaan tehdä kolmessa vaiheessa:

1. arvioidaan ulkoilman olemassa olevaa laatua
2. määritetään tuloilmalle riittävä laatutaso, että sen perusteella sisäilmavaatimukset toteutuvat

3. valitaan suodatin sen mukaan, että tuloilman laatutaso toteutuu.

Mikäli ulkoilmassa hiukkaspitoisuus on korkea, kun verrataan sisäilman tavoiteltua hiukkaspitoisuutta, täytyy ilmanvaihtojärjestelmään rakentaa ilmansuodatus tai muita puhdistusratkaisuja, joiden toiminta ja ominaisuudet tunnetaan. (Ilmansuodatus 2019.)

Ensimmäisessä kohdassa olevaan ulkoilman laatutason arvioimiseen löytyy erilaisia ohjeistuksia. On löydettävissä myös reaaliaikaista ilman laatutietoa ilmanlaatuportaalista (www.ilmanlaatu.fi). Sosiaali ja Terveysministeriön asumisterveysasetus määrittelee toimenpidearvot sisäilman 24 tunnin pitoisuuksille. Kun hiukkaskoko on PM10, on raja-arvo 50 µg/m³ ja hiukkaskoon ollessa PM2,5 on raja-arvo 25 µg/m³. Normaali ulkoilma täyttää nämä arvot vain luokassa ODA 1. Luokissa ODA 2 ja ODA 3 on arvioitava, onko tarvetta käyttää ilmansuodatusta tai muita ilmanpuhdistusratkaisuja. Taulukosta 3 voidaan nähdä ilmanluokituksen eri luokat. (Ilmansuodatus 2019.)

Taulukko 3. Ulkoilman luokitus, SFS- EN 16798-3:2017. (Ilmansuodatus 2019.)

Luokka	Kuvaus ja esimerkki	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot (24 tunnin keskiarvo ja vuosikeskiarvo)	
		PM 2,5	PM10
ODA 1 (P) *)	Ulkoilma, jossa on pölyä ainoastaan tilapäisesti (esim. siitepölyä kesäisin). Esim. maaseudun ulkoilmaa	25 µg/m ³	50 µg/m ³ (24h) 40 µg/m ³ (vuosi)
ODA 2 (P)	Ulkoilma, jossa on suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia.	37,5 µg/m ³	75 µg/m ³ (24h) 60 µg/m ³ (vuosi)
ODA 3 (P)	Ulkoilma, jossa on erittäin suuria hiukkasmaisia ja/tai kaasumaisia epäpuhtauspitoisuuksia. Esim. Suuri osa isompien kaupunkien keskusta-alueista sekä teollisuusalueiden ympäristöistä	Yli 37,5 µg/m ³	Yli 75 µg/m ³ (24h) Yli 60 µg/m ³ (vuosi)

*) luokan ODA1 luokassa hiukkaspitoisuus vastaa valtioneuvoston ilmanlaadusta antaman asetuksen raja-arvoja.

Kun suunnitellaan tuloilman suodatusta, on otettava huomioon ulkoilmavirran lisäksi myös kaikki muut ilmavirrat, koska niiden kautta voi päästä myös epäpuhtauksia

tuloilmaan. Muita ilmavirtoja ovat esimerkiksi suodattimien ohivuodot, lämmöntalteenoton vuodot ja mahdollinen palautusilmavirta. Tuloilman laatuluokat on esitetty taulukossa 4. Vain tuloilmaluokassa SUP 1 hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvo alittaa sisäilmaluokituksen luokkien S1 ja S2 mukaiset rajat. Sisäilmaluokat S1 ja S2 edellyttävät suodatusta, koska niissä on määritelty vaatimus sisäilmassa ja ulkoilmassa olevien PM2.5- pienhiukkasten suhteelle. (Ilmansuodatus 2019.)

Taulukko 4 Tuloilman (SUP) luokitus, SFS- EN 16798-3:2017. (Ilmansuodatus 2019.)

Luokka	Kuvaus	Hiukkasmaisten epäpuhtauksien raja-arvot	
		PM 2,5	PM10
SUP 1	Tuloilma - erittäin pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	6 µg/m ³	12,5 µg/m ³
SUP 2	Tuloilma - pienet hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	12,5 µg/m ³	25 µg/m ³
SUP 3	Tuloilma - keskimääräiset hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	18 µg/m ³	37,5 µg/m ³
SUP 4	Tuloilma - suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	25 µg/m ³	50 µg/m ³
SUP 5	Tuloilma - erittäin suuret hiukkasmaiset (ja/tai kaasumaiset) epäpuhtauspitoisuudet	32,5 µg/m ³	75 µg/m ³

Ilmansuodatuksen tavoiteltava taso voidaan saada käyttämällä joko yksi- tai useampivaiheista suodatusratkaisua. Yleensä hiukkassuodatus toteutetaan korkeintaan kaksivaiheisena. Sen lisäksi mahdolliset lisävaiheet liittyvät kaasusuodatuksen. (Ilmansuodatus 2019.)

Kaksivaiheisessa suodatuksessa ulkoilmasuodatin sijaitsee yleensä ulkoilmalaitteen läheisyydessä. Sen päätehtävä on poistaa ulkoilmasta isommat hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja roskat sekä suojata tuloilmakonetta tarpeettomalta likaantumiselta. Omakotitalojen ilmanvaihtokoneissakin on yleensä sekä karkea ilmansuodatin että hienosuodatin. Karkeaan suodattimeen kerääntyy isoja roskia ja paljon esimerkiksi

liikenteen nostattamaa pölyä. Varsinainen tuloilmasuodatin sijaitsee ilmankäsittelykoneen painepuolella yleensä viimeisenä toimintona ja sen tarkoituksena on puhdistaa tuloilma haluttua tasoa vastaavaksi. Yksiportaisessa suodatusratkaisussa tuloilmasuodatin sijoitetaan yleensä ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilmalaitteen jälkeen ulkoilmasuodattimeksi. (Ilmansuodatus 2019.)

Suodatinluokitukset ovat muuttuneet 2018. Tavallisesti, kun suunnitellaan uusia suodatusratkaisuja, niin lähtökohtana on usein, että olemassa oleva sisäilman laatu ei saa heiketä. Tavoitellaan puhtaampaa sisäilmaa, joka tavallisesti edellyttää myös tiiviimpiä suodattimiakin. Taulukossa 5 esitetään ulko- ja tuloilmasuodattimien suositeltavat minimisuodatusluokat. Suunniteltu suodatustaso voidaan saavuttaa useilla erilaisilla suodatinyhdistelmillä, joista taulukossa on esitetty yhdet mahdolliset esimerkit kullekin ulkoilma/tuloilma- yhdistelmälle. (Ilmansuodatus 2019.)

Taulukko 5. Suodattimien minimisuodatusluokat eri ulko- ja tuloilmaluokissa. (Ilmansuodatus 2019.)

Ulkoilmaluokka	Tuloilmaluokka				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1 (P)	ePM10 50% + ePM1 50%	ePM1 50%	ePM1 50%	ePM1 50%	
ODA 2 (P)	ePM2.5 65% + ePM1 50%	ePM10 50% + ePM1 50%	ePM1 50%	ePM1 50%	*)
ODA 3 (P)	ePM2.5 65% + ePM1 80% **)	ePM2.5 65% + ePM1 50%	ePM10 50% + ePM1 50%	ePM1 50%	*)

*) SUP 5 tuloilmaluokan hiukkaspitoisuus on suurempi kuin asumisterveysasetuksen toimenpideraja huoneilmalle.

Palautus-, siirto- ja kierrätysilman suodattamisessa periaatteet ovat ihan samat, kuin tuloilman suodattamisessa. Tuloilmaa suodatetaan sen mukaan, että sisäilman laatutavoitteet saavutetaan. Suodattimien valintaan vaikuttavat kohteen käyttöaika, epäpuhtauskuormat kohteessa ja mahdolliset kohteeseen vaikuttavat erilaiset kuormitustilanteet. Esimerkiksi rakennuksessa voi olla päiväsaikaan töissä useita henkilöitä ja illalla ei ketään. Päivällä on siis kuormitushuippu ja se on otettava huomioon suodatin ratkaisuissa, vaikka keskimääräinen taso saavutettaisiin. Valinnassa on hyvä kiinnittää huomiota ilmansuodattimien painehäviöihin ja ilmavirtoihin. Nämä

asiat vaikuttavat merkittävästi puhaltimien sähköenergian kulutukseen ja samalla ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoon. Näillä on myös vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmän äänekkyteen. (Ilmansuodatus 2019.)

2.7 Paine-erot ja vaipan tiiveys

Ilmanvaihdon toiminta perustuu eri tilojen välisiin paine-eroihin. Ilma virtaa suuremmasta paineesta aina pienempään. Paine-ero saadaan aikaan joko puhaltimilla (koneellinen ilmanvaihto) tai lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella (painovoimainen ilmanvaihto). Kun tuloilma puhalletaan koneellisesti tilaan, on kyseessä tulo- ja poistoilmanvaihto. Muissa tapauksissa vain poistoilmanvaihto. Ilmastoinnista puhutaan silloin, kun tuloilmaa kostutetaan ja jäähdytetään. Poistoilmanvaihdon toteutuksessa on tärkeää huomioida korvausilman saanti hallitusti esimerkiksi tuloilma-venttiilien kautta. Koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään voidaan asentaa ilmansuodattimet sisäilman laadun parantamiseksi. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

Rakennuksen vaipan tiiviys on keskeinen rakenteiden kosteudensiirtoon ja ilmanvaihdon toimintaan vaikuttava tekijä. Suomen kylmässä ilmastossa seinän sisään pääsevä sisäilman kosteus tiivistyy herkästi. Kosteudensiirtyminen seinän sisään voidaan estää tiiviillä höyrysululla. Ilmanvaihto pystytään helpoimmin hallitsemaan tiiviissä rakennuksessa, jossa lähes kaikki ilma kulkee ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Hallitsemattomat ilmavuodot aiheutuvat usein rakennusvaiheessa tehdyistä virheistä ja huolimattomuuksista. Asennuksissa on jotenkin voitu vioittaa höyrysulua ja käytössä rakennusosat ovat voineet kulua niin, että syntyy ilmavuotoja. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

Rakennuksen ollessa epätiivis, virtaa ulkoilma hallitsemattomasti sisäilmaan. Se tulee silloin muualtakin kuin kanavien kautta. Näissä epätiivisissä kohdissa ilma virtaa helposti ja sillä on myös paljon nopeutta. Tämä ilman liike aiheuttaa ihmisen iholla vedon tunnetta. Kun sisäilman ja ulkoilman välillä on iso paine-ero, niin ilma virtaa silloin ehkä tarpeettoman paljonkin rakenteiden lävitse kuljettaen sisäilmaan epäpuhtauksia. Väärät painesuhteet aiheuttavat ilman virtausta, jolloin epäpuhtaudet

saattavat siirtyvät eri tilojen välillä hallitsemattomasti. Kerrostaloissa havaitaan savupiippu ilmiö ilmanvaihdossa. Niissä on yleistä, että ilma virtaa sisään alakerran asuntoihin. Alakerran asunnoista ilma pääsee porraskäytävän kautta yläkerrokseen ja sieltä poistuu ylipaineisena seinissä olevien rakojen kautta ulos. Epätiivin rakennuksen ilmanvaihtoa on lähes mahdotonta hallita koneellisesti. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

Yleensä rakennuksen sisäilma on alipaineinen ulkoilmaan verrattuna. Paine-eron suuruus riippuu vaipan tiiveydestä sekä ulkoilma- ja jäteilmavirtojen erosta. Mikäli ilmanvaihdon ilmavirtojen ero on suuri, voi tiiviissäkin rakennuksessa syntyä epäpuhtauksien kulkeutumisen kannalta haitallisen suuria paine-eroja, jopa 30– 100 Pa. Sopiva suunnittelualipaine yleensä rakennuksessa on muutamia prosentteja, jos rakennuksen paine-erojen hallinta tai ilmanvaihtojärjestelmä eivät edellytä suurempaa alipainetta. (Saari 2016.)

Ylipaineisissa rakennuksissa voi käydä joskus niin, että konvektiovirtauksien mukana kulkeva kosteus tiivistyy rakenteisiin ja aiheuttaa kosteusvaurion. Tällaisissakin tapauksissa ylipaineisuus on oikeastaan vain osasyynä ongelmiin. Rakenteissa täytyy olla ilmapuotopaikkoja, että virtauksia pääsee syntymään. Näiden lisäksi myös kosteustuotto ja ilmanvaihdon teho ovat usein myös virheellisiä. Rakennuksessa olevista vääristä painesuhteista aiheutuvat ongelmia ovat veto, hajuhaitat, rakenteiden likaantuminen ja erilaisten epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan rakennuksen ulkopuolelta tai rakenteista. Näitä sisäilmaan kulkeutuvia epäpuhtauksia ovat esim. radon, pienhiukkaset, homeiden itiöt ja niiden aineenvaihduntatuotteet ja teolliset mineraalikuidut. (Seppänen 2010, 38.)

3 SISÄILMASTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Sisäilman laadun ylläpito

Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin epäpuhtauksia. Epäpuhtauksia voivat olla erilaiset kaasumaiset yhdisteet, mm. ammoniakki, formaldehydi, otsoni ja tupakka. Erilaiset hiukkasmaiset epäpuhtaudet, kuten huonepöly, vaatteista irtoava hilse ovat myös epäpuhtautta, jota ei sisäilmassa ei saisi olla. Mitkään muutkaan hajut eivät saisi olla jatkuvasti heikentämässä viihtyvyyttä. (Sisäilmanlaatu 2019.)

Sisäilman laatua ylläpidetään:

- käyttämällä sellaisia rakennusmateriaaleja, jotka ovat vähä päästöisiä, M1-luokka sekä välttämällä sellaisia asioita, jotka päästävät epäpuhtauksia huoneilmaan.
- estämällä epäpuhtauksien leviäminen sisäilmaan
- siivoamalla tilat riittävän usein
- oikein toteutetulla ilmanvaihdolla
- huoltamalla ilmanvaihtolaitteistoa käyttö- ja huolto-ohjeiden mukaisesti. Se tarkoittaa, mm. ilmanvaihtolaitteiston suodattimien vaihtamista vähintään kuuden kuukauden välein ja tulo- ja poistoilmakanaviston puhdistamista vähintään viiden vuoden välein. (Sisäilmanlaatu 2019.)

3.2 Huolto ja kunnossapito

Ilmanvaihdon toimintatarkastuksessa tarkastetaan ilmanvaihtojärjestelmän yleinen kunto, puhtaus ja tekninen taso. Hyvin usein nykyään ilmanvaihtojärjestelmässä olisi korjaustarvetta, jos se on ainoastaan painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto. Alle kymmenen vuoden ikäiset koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihtojär-

jestelmät ovat lähtökohtaisesti hyvässä kunnossa, jos niiden huolto on ollut asianmukaista. Niistä tulee lähinnä tarkistaa, että toimivat suunnitellulla tavalla. Mahdollisiin mineraalikuitulähteisiin on kiinnitettävä huomiota. Vanhemmat koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmät vaativat perusteellisempaa tarkastusta, jotta järjestelmän kunto, ilmavirtojen riittävyys ja mahdolliset korjaustarpeet saadaan selvitettyä. (Asikainen 2008, 12.)

Tarkastuksessa tarkastetaan kaikki puhaltimet, suodattimet, äänenvaimentimet ja kammiot sekä ilmanvaihtokoneiden yleinen kunto ja puhtaus. Kanavat voidaan tarkastaa tarkastus- ja puhdistusluukuista silmämääräisesti. Päätelaitteissa olevien äänenvaimennusmateriaalien kuntoon tulee kiinnittää huomiota, koska rikkoutu-neista äänenvaimennusmateriaaleista voi irrota kuituja, jotka leviävät sisäilmaan. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainoisuutta voidaan selvittää paine-eromittauksilla. Ilmanvaihdon riittävyttä mitataan hiilidioksidipitoisuuden määrällä. Ilmanvaihdon tulee poistaa ihmisten tuottama hiilidioksidi sisäilmasta. Tarkastuksessa mitataan myös huonelämpötilat sekä tarkastetaan lämmityspattereiden termostaatit ja niiden kunto. (Asikainen 2008, 12.)

Toimintatarkastuksessa havainnoidaan sisäilman laatupoikkeamia. Arviointi tehdään aistinvaraisesti etsimällä eri hajuja sekä niiden lähteitä. Yleinen tunkkaisuus on tärkeä kirjata ylös, vaikka sen lähdeä ei löytyisikään. Aistinvaraisessa sisäilman laadun arvioinnissa havainnoidaan myös yleistä siisteystasoa, pölyjen määrää pinoilla. Arvioidaan myös, onko tarvetta jatkotutkimuksille.

Ilmanvaihtojärjestelmän tiiveys on asia, jota tulee tarkastaa ja tarvittaessa mitata, jotta sen toimintakunto voidaan varmistaa. Tiiveys mitataan standardin SFS 3542 mukaisella tiiveyskokeella. Kanaviston puhtaus on myös tärkeää. Kanavat ovat tarvittaessa puhdistettava ennen ilmavirtojen mittausta ja mahdollista säätöä. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

3.3 Ilmanvaihtokanavien puhdistus

Ilmanvaihtojärjestelmä poistaa syntyvät epäpuhtaudet ja tuo ulkoilmaa korvausilmaksi. Epäpuhtaudet johtuvat ihmisten aineenvaihdunnasta ja toiminnoista, asumisesta, rakennus- ja sisustusmateriaaleista sekä ulkoilmasta ja joskus myös tietyillä maantieteellisillä alueilla maaperän radonista.

Ilmanvaihtokanavien puhdistustöillä on tarkoitus varmistaa ilmanvaihdon toimivuus. Koneellisesti toimivissa kiinteistöissä on tärkeää puhdistaa ilmanvaihtokanavat riittävän usein, jotta sisäilman laatu pysyy hyvänä. Puhtaus pitää tarkistaa ja tarvittaessa puhdistaa ennen rakennuksen käyttöönottoa ja vähintään 10 vuoden välein. Puhdistustyön jälkeen ilmapirrat tulee säätää. (Opas ilmanvaihdosta 2016, 9.)

Poistoilmaventtiilit tulisi puhdistaa pari kertaa vuodessa. Pölyiset venttiilit heikentävät ilmanvaihtoa. Venttiilit irrotetaan, jonka jälkeen ne voidaan pyyhkiä tai pestä. Venttiilien säätöasentoa ei tule muuttaa. Puhdistus on rakennuksen perushuoltoon kuuluva työ. Sopiva huoltoväli riippuu mm. käytössä olevasta ilmanvaihtojärjestelmästä ja rakennuksen sijainnista. Ilmanvaihtokanavien puhdistuksen yhteydessä on hyvä ja helppo tarkistaa myös koko järjestelmän toiminta mukaan luettuina ilmanvaihtokone. (Ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmanvaihdon huolto.)

Ilmanvaihtokanavien puhdistustyön vaiheet: (Ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmanvaihdon huolto.)

- ilmanvaihtojärjestelmä alipaineistetaan siihen soveltuvilla laitteilla
- kaikki venttiilit otetaan pois ja tulpataan siten, että imu saadaan yhteen kanavaan kerrallaan
- kanavisto puhdistetaan yksitellen kahteen kertaan pyörivällä harjalla, jonka jälkeen irronnut lika ja pöly johdetaan alipainelaitteiden kautta talteen
- tarvittaessa ilmanvaihtokanavat voidaan desifioida. Tällöinen tilanne saattaa olla esim. isojen kosteusvaurioiden jäljiltä
- kaikki venttiilit pestään ja tiivisteet tarkistetaan kanavien harjausten jälkeen

- ilmanvaihtokone puhdistetaan, kotelo pestään sekä lämmönvaihdinkennot irrotetaan ja pestään. Ilmanvaihtokoneen moottorit (siivekkeet) puhdistetaan ja tarkistetaan. Samalla tarkistetaan mm. mahdolliset korroosioauriot, laakerien kunto sekä kondensiovesiputken toimivuus
- ilmanvaihtokoneen suodattimet vaihdetaan
- Ilmavirrat mitataan ja säädetään. Mitataan myös rakennuksen sisäinen paine-ero
- Puhdistustyöstä tehdään pöytäkirja, josta ilmenee informaatio työstä ja ilmamäärät sekä paine-ero.

Ilmanvaihtokanaviston likaisuus voidaan havaita silmämääräisesti ja mm. tuloilman tunkkaisesta hajusta. Haju voi olla lähtöisin laitteisiin ja kanaviin kertynyt ja kiinnittynyt pöly ja ulkoilmasta siirtyneet epäpuhtaudet. Eniten likaa kertyy suodattimelle. Tällöin on tärkeää, että suodattimet vaihdetaan riittävän usein eikä kosteus tiivisty suodattimiin tai kanaviston pintaan. Kostunut suodatin ja kanaviston pinta antaa otolliset kasvuolosuhteet epäpuhtauksille. Suodattimelle kertynyt lika alkaa tuottaa hajua jo muutamassa kuukaudessa. Vaihtotarve on erilainen eri ympäristöissä. Kaupunkialueilla vaihtoväli voi olla esimerkiksi 3-6 kuukautta. Käyttämällä esisuodatinta voidaan suodatinkustannuksia pienentää, sillä vaihtamalla esisuodatin 3-6 kuukauden välein säilyy varsinainen suodatin pidempään puhtaana ja hajuttomana. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

Jos tilojen käyttötarpeet muuttuvat, tulee niiden ilmanvaihto myös muuttua uuden tilanteen mukaiseksi. On tärkeää, että ilmavirrat tarkistetaan koko rakennuksen eri osissa, jotta tasapaino säilyy. Rakennuksen käyttäjät on myös opastettava ja koulutettava käyttämään ilmanvaihto suunnitellun mukaisesti.

3.4 Ilmansuodattimien vaihto

Ilmansuodattimet on vaihdettava säännöllisesti vähintään kaksi kertaa vuodessa. Ne tulisi vaihtaa keväällä ennen katu- ja siitepölykauden alkua. Toinen sopiva ajan-

kohta on syksyllä, jotta suodattimiin kerääntynyt lika ja pöly eivät haittaisi ilmanvaihtoa. Silminnähdyn likaantuneet suodattimet on aina vaihdettava. Ilmansuodattimet puhdistavat sisälle tulevaa hengitysilmaa, mutta likaisina ja tukkeutuneina niistä saattaa tulla epäpuhtauksien lähde. Tukkeutuneet suodattimet vähentävät ilmanvaihtoa ja lisäävät ilman virtaamista rakenteiden läpi. Tukkeutuneesta suodattimesta saattaa myös itsessään tulla epäpuhtauksien lähde, mikä ilmenee usein pahana hajuna. (Ilmansuodattimet on huollettava säännöllisesti 2019.)

Ilmanvaihtokoneessa on tavallisesti kolme suodatinta. Sisään tulevaa ilmaa suodatetaan ensin karkealla suodattimella ja sen jälkeen hienosuodattimella. Poistuvan ilman puolella on myös usein karkeasuodatin. Näitä karkeasuodattimia kannattaa vaihtaa myös varsinaisten pääsuodattimien lisäksi, koska ne pitävät pääsuodattimet paremmin puhtaina. Mikäli vaihdettujen suodattimien ilmanläpäisyvastus poikkeaa alkuperäisten suodattimien arvoista, on ilmanvaihtolaitteisto tasapainotettava (venttiilien ilmamäärät säädettävä) uudelleen. (LTO ilmanvaihtokoneen huolto 2013.)

Kaupungeissa on usein pölyä ja nokea tai muita epäpuhtauksia ilmassa. Tällöin ilmanvaihtokone tulee puhdistaa ja suodattimet vaihtaa jopa neljä kertaa vuodessa. Puhtaassa ympäristössä huollon tarve on pari kertaa vuodessa. Nykyaikaisissa ilmanvaihtokoneissa on usein paine-eroihin perustuva suodattimien vaihtotarpeen ilmaisins. Se ei kuitenkaan aina kerro koko totuutta suodattimien vaihtotarpeesta. Parhaan kuvan vaihtotarpeesta saa avaamalla koneen ja katsomalla, ovatko suodattimet likaiset. Tarkastaminen kannattaa, vaikka mitään merkkivaloja ei edes palaisi. Vaikka suodattimia vaihdetaan kuinka tiheään, voi kanavistoon mahdollisesti pesiytynyt itiökasvusto saastuttaa sisäilman. (LTO ilmanvaihtokoneen huolto 2013.)

3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän säätö

Ilmanvaihdon oikean toiminnan edellytyksenä on se, että kanavisto on suunnitelmien mukaan säädetty. On siis tärkeää, että aina kanavien puhdistusten yhteydessä myös järjestelmä säädetään. Kun ilmavirrat on säädetty suunnitelmien mukaan, niin eri tilojen väliset paine-erot ovat hallinnassa. Tällöin myös ilmassa olevien epäpuhtauksien siirtyminen eri tilasta toiseen on hallittua. Ilma kulkee aina sieltä, mistä se

helpoiten pääsee menemään. Huonosti ja epätarkasti säädetty ilmanvaihto voi aiheuttaa myös tarpeetonta melua ja vedon tunnetta iholla. Normaalityönteissä, kun käytössä ei ole tullut muutoksia, ilmanvaihtoon ei tarvitse tehdä muutoksia. Toki aina esimerkiksi likaantuneissa kanavissa ilmanvirtauksetkin muuttuvat. Siihen perustuu tarve puhdistaa kanavat säännöllisesti. Tuloilmakanaviston puhtaudesta tulee huolehtia valvomalla suodattimien kuntoa säännöllisesti. Poistoventtiilit tulee puhdistaa normaalien suursiivousten yhteydessä. Poistokanaviston puhdistamisessa on otettava huomioon myös palomääräykset. (Ilmanvaihdon perusteet 2018.)

Kun ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja suodattimien kunto tarkistettu, voidaan se säätää suunnitelmien ja määräysten mukaisiin arvoihin. Säätyö alkaa järjestelmän tarkastuksesta, jossa varmistetaan, että ilmanvaihtokoneet toimivat, ohjausautomaattikka ja kanavisto ovat kunnossa ja puhdistettu sekä venttiilit ja säätöpellit paikoillaan. Myös rakennuksen tiiveys tulee havainnoida siten, että ikkunoiden ja ulkovoivien tiiveydessä ei ole havaittavissa merkittäviä puutteita. Tämän vaiheen jälkeen kaikki päätelaitteet ja säätimet asennetaan auki asentoon, jonka jälkeen mitataan kaikkien venttiilien ilmavirrat. Tällä kokeella saadaan selville kokonaisilmavirta. (Asuinkerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätö 1998.)

Usein varsinainen säätötyö tehdään ns. suhteellisella säätömenetelmällä, missä järjestelmän säätö aloitetaan puhaltimesta kauimmaisen pisteen (koko kanaviston referenssiventtiili) vieressä olevan venttiilin ilmavirran mittauksella, minkä jälkeen lasketaan tästä saadun mittaustuloksen ja suunnitelmassa olevan ilmavirran suhde. Kanaviston referenssiventtiiliin ja puhaltimelta kauimmaisen venttiiliin suhteelliset tilavuusvirrat säädetään yhtä suuriksi. Tämän jälkeen siirrytään kolmanneksi kauimmaisen venttiiliin mittaukseen ja säädetään siihen sama suhteellinen tilavuusvirta kuin kahteen aikaisempaan. Näin edetään koko kanaviston haara loppuun asti. Jokaisella haaralla viimeinen venttiili on ko. haaran referenssiventtiili. Haaran jokaisen venttiilin säädön jälkeen tulee tarkistaa, että kyseisen haaran referenssiventtiiliin suhteellinen tilavuusvirta on pysynyt muuttumattomana. Kun taas seuraavaksi puhallinta lähempänä olevan haaran referenssiventtiiliä säädetään, tarkistetaan, että koko kanaviston referenssiventtiiliin suhteellinen tilavuusvirta pysyy samana. (Holopainen, Pasanen, Säteri, Railio & Virranta 2008, 120.)

Normaalisti ilmanvaihtokone käy säätöjen aikana täydellä teholla, jotta mittaustulos olisi tarkempi ja mahdollisten ulkoisten häiriötekijöiden vaikutus olisi pienempi. Kun kaikkiin venttiileihin on säädetty sama suhteellinen tilavuusvirta, säädetään koko kanaviston referenssiventtiilin ilmavirta oikean suuruiseksi säätämällä puhaltimen kokonaisilmavirtaa koneen asteikolla. Säädön jälkeen suhteellisen tilavuusvirran tulisi olla koko kanaviston referenssiventtiilissä yksi (1). (Holopainen, Pasanen, Säteri, Railio & Virranta 2008, 120.)

Ilmanvaihtojärjestelmän säätöjen ongelmakohdat ovat hyvin usein samoissa kohdin kuin ne ovat suunnitelmissakin hieman ongelmallisia. Usein suunnitelmissa ei ole otettu riittävän hyvin huomioon järjestelmän säätötyötä. Säättötyötä helpottaakseen ilmanvaihtosuunnitelmissa olisi hyvä ottaa huomioon seuraavat seikat: (Holopainen, Pasanen, Säteri, Railio & Virranta 2008, 121.)

- säätöpeltejä tulee olla riittävästi
- samassa haarakanavassa on oltava mahdollisimman samanlaisia venttiilejä ja symmetrisesti sijoitettuna
- venttiilejä ei tule asentaa suoraan kanavan kylkeen (venttiilin ja kanavan välissä oltava vähintään 2 x venttiilin pituuden mittainen haara)
- peräkkäisten haarojen etäisyys toisistaan on oltava vähintään 2 x kanavan halkaisija
- ilmavirrat tulee olla mitattavissa jokaisesta venttiilistä ja pääkanavasta (ennen ja jälkeen mittauskohtaa on oltava häiriötön kanavaosuus) huonekohtaisesti
- mittauspaikkojen ja -menetelmien tulee olla merkitty piirustuksiin.

4 CASE: KESKUSKONTTORI

4.1 Kohteen kuvaus

Opinnäytetyön kohteena on vanha teollisuusalueen keskuskonttorin alakerran sisäilma. Keskuskonttori on kaksi-kerroksinen ja molemmissa kerroksissa on toimistokonttoreita. Rakennuksen tarpeet ja käyttöasteet ovat muuttuneet vuosien saatossa. Tällä hetkellä tilat ovat aktiivisessa käytössä. Yläkerran ilmanvaihto on saaneerattu muutamia vuosia sitten ja kokemukset ovat hyviä. Nyt ongelmia on alkanut esiintymään alakerrassa ja siellä työskentelevät henkilöt ovat kertoneet heikosta ja tunkkaisesta sisäilmasta. Alakerrassa on pelkästään koneellinen poistoilmanvaihto.



Kuva 2. Keskuskonttori tehdasalueeltapäin.

4.2 Ongelman kartoitus

Tiloissa työskenteleviltä henkilöitä on tullut palautetta heikosta ja tunkkaisesta sisäilmasta. Työterveyshuollosta on myös kehoitettu tutkimaan sisäilman todellinen tilanne ja laatu. Asia on noussut erityisesti esille kesän 2018 jälkeen, jolloin saatiin nauttia poikkeuksellisen lämpimästä kesästä.

Asiaa lähdettiin selvittämään aktiivisesti syksyllä 2018. Tiloissa työskentelevien henkilöiden kanssa keskusteltiin aiheesta. Keskustelun pohjalta kartoitettiin heidän kokemuksiaan ja pyrittiin saamaan selville kokonaistilanne.

Keskusteluiden aihealueet:

- milloin ongelmat ovat alkaneet ilmetä?
- kuinka laaja ongelma on? Kärsiikö ongelmista yksi vai useampi työntekijä?
- koskeeko ongelmat kerroksen kaikkia tiloja?
- havainnoinnit ja kokemukset ilmanvaihdosta
- mikä vaikutus vuodenajoilla on tilanteeseen?

Keskusteluiden pohjalta päätettiin toteuttaa seuraavat toimenpiteet:

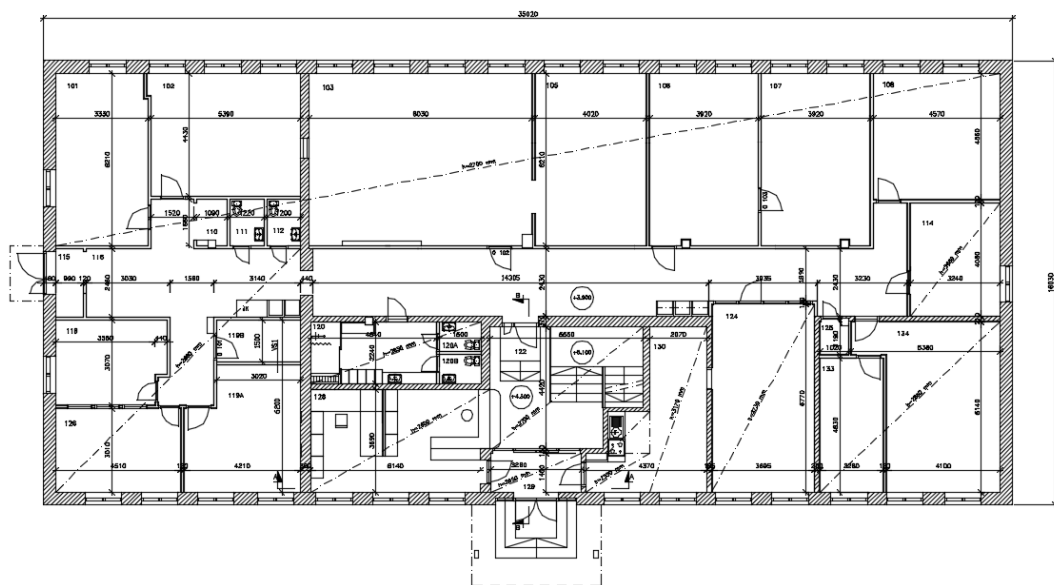
- selvitetään nykyisen ilmanvaihdon toiminta
- puhdistetaan ilmanvaihtokanavat ja huolletaan laitteet
- teetetään sisäilmatutkimukset
- tutkimustulosten perusteella tiloihin tehdään uudet ilmanvaihtosuunnitelmat, jotka soveltuvat paremmin nykyiseen käyttötilanteeseen
- ilmanvaihto saneerataan sopivana ajankohtana uusien suunnitelmien mukaiseksi.

4.3 Lähtötietojen kerääminen

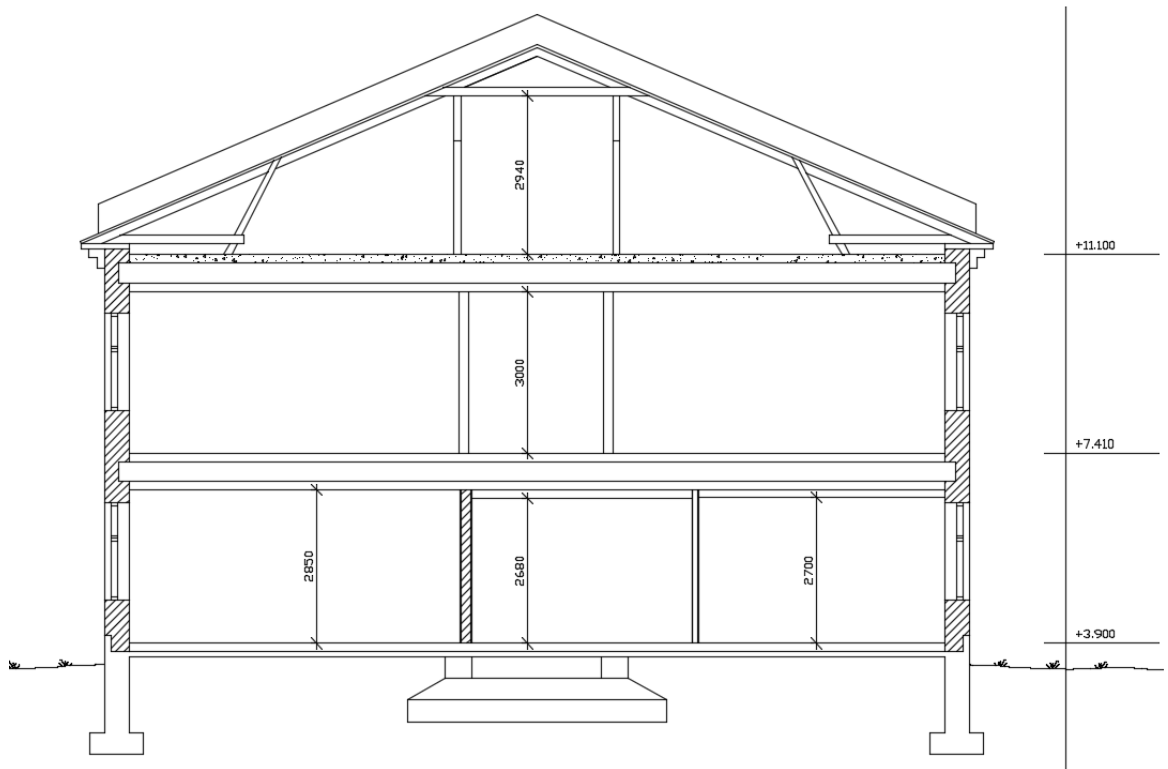
Ennen varsinaisiin toimenpiteisiin ryhtymistä täytyi rakennuksesta ja sen tehdyistä huolloista etsiä taustatietoja. Näitä tietoja tarvitaan koko projektin eri vaiheissa ja mitä tarkemmin ne saadaan selville, sen paremmin hyvä lopputulos voidaan suunnitella. Seuraavat asiat tulee selvittää ennen kuin varsinaisia sisäilmatutkimuksia ja uusia ilmanvaihtosuunnitelmia voidaan tehdä:

- pohjakuvat, rakennetyyppikuvaukset, rakennuksen leikkauskuvat
- aikaisemmat tutkimukset, kuntoarviot, mittaustulokset, sisäilmakyselyt ym.
- selvitys ilmanvaihtojärjestelmän tämän hetken toiminnasta. Tilakohtaiset ilmamäärät, suunnitteluarvot, mittauspöytäkirjat, aikaisemmat tutkimukset
- järjestelmälle tehdyt huolto ja muut korjaustoimenpiteet
- yleiskuva talotekniikkajärjestelmien kunnosta ja jäljellä olevasta käyttöiästä.

Rakennus on vanha eikä sen rakennusaikaisia dokumentteja löydetty. Ainoastaan rakennuksen rakennuslupapiirustukset löytyivät ja heikohkot iv-suunnitelmat. Huolto ja korjaushistoriaa ei myöskään ole kirjattu ylös elinkaaren aikana. Tiedetään, että töitä on tehty, mutta niiden dokumentaatio on jäänyt kuitenkin tekemättä.



Kuva 3. Keskuskonttorin 1. kerroksen pohja. Kerroksen pinta-ala on noin 560 m².



Kuva 4. Keskuskonttorin poikkileikkaus.

4.4 Huoltoyhtiön ja IV-suunnittelijan esitutkimukset

Huoltoyhtiö ja iv-suunnittelija tekivät kohteeseen esitutkimuksia lähtö- ja taustatie-tojen täydentämiseksi. Merkittävänä havaintona oli ulkoseinissä olevat tuloilmaventtiilit. Kuvasta 5 näemme, että tuloilmaventtiilit olivat täynnä hiilipölyä ja muita epäpuhtauksia. Osa näistä venttiileistä oli suljettu ilmeisesti vedontunteen vähentämiseksi. Auki olevat venttiilit olivat täynnä ulkoa kulkeutunutta hiilipölyä. Tukossa olevat tuloilmaventtiilit eivät päästä ilmaa lävitse, joten ilma kulkeutuu rakenteiden lävitse huoneilmaan. Vaurioituneiden rakenteiden läpi tullut korvausilma likaantuu ja näin likainen ilma leviää sisäilmaan. Likaantunut sisäilma oli kulkeutunut myös poistoilmakanaviin, jotka olivat puhdistuksen tarpeessa.



Kuva 5. Osa tuloilmaventtiileistä oli täysin tukkeutuneet hiilipölystä.

4.5 Sisäilmatutkimukset

Sisäilman tutkimisella etsitään sisäilmasto-ongelmien syitä erityisesti tapauksissa, joissa esimerkiksi kosteusvaurioita ei ole havaittu tai ne eivät selitä sisäilmasto-ongelmien syitä. Tutkimuksissa tutkitaan niitä tietoja, jotka on saatu kosteusvauriotutkimuksen materiaalinäytteiden mikrobitutkimuksissa. Tutkimukset tehdään jokaisessa kohteessa aina erikseen. (Asikainen 2008, 16.)

Tällä kertaa päädyimme huoltoyhtiön suosituksesta käyttämään Camfil CityCheck mittausmenetelmää. Se on yksi tapa mitata huonetilassa esiintyviä kaasumaisia epäpuhtauksia. Mittauksessa saadaan selville jopa 30 erilaista VOC-yhdistettä (mm. bentseeni, tetrakloroetyleni, xyleenit, tolueeni, jne.). Tämän lisäksi sillä voidaan havaita myös yhdeksän eri aldehydiä. Aldehydejä ovat esimerkiksi formaldehydi ja asetaldehydi.

CityCheck mittauspaketti sisältää kaksi eri näytteenotinta, joista toinen on VOC-yhdisteille (Volatile Organic Compounds) ja toinen on aldehydeille. Näytteenottoaika on yksi viikko, jonka jälkeen näytteenottimet analysoidaan laboratoriossa. Analyysin tuloksena saadaan mittausraportti. Kaasukohtaisia mittaustuloksia verrataan WHO:n raja-arvoihin. Mittausraportin mukana saadaan myös tiedot mahdollisista epäpuhtauslähteistä sekä mahdolliset altistumisoireet ja terveysvaikutukset. Tässä

mittausmenetelmässä sisäilman laatu jaetaan neljään eri laatuluokkaan: (Analysis Report 2019, 3.)

- A+: Erittäin hyvä sisäilma. Epäpuhtauksia ei havaita sisäilmassa. Niiden pitoisuus on pienempi kuin vähimmäismäärä, joka on mitattavissa käytetyillä analyysitekniikoilla (kvantitoinnin raja LOQ).
- A: Hyvä sisäilma. Sisäilmassa havaittujen epäpuhtauksien pitoisuus on pienempi kuin MAV (Maximum Acceptable Value). Tämä laatuluokka ei aiheuta muutostarvetta.
- B: Tyydyttävä sisäilma. Sisäilmassa havaitut epäpuhtaudet ovat suurimman sallitun raja-arvon ja välittömän toiminta-arvon välillä. Tässä laatuluokassa oltaessa tulisi jo suunnitella, että miten saadaan laadukkaampaa sisäilmaa.
- C: Huono sisäilma. Sisäilmassa havaittu epäpuhtauksien pitoisuus on suurempi kuin IAV (Immediate action value). Välittömästi pitäisi tarvita parempaa sisäilmaa.

4.6 Sisäilmatutkimustulokset

Kohteen poistoilmanvaihtokanavat puhdistettiin ennen ilmanäytteiden ottamista. Sisäilmanäytteet otettiin ohjeistuksien mukaan pakkaskaudella. Näytteenottoaikana ulkoilman lämpötila oli noin -15 astetta.

- näytteen tyyppi: Ilma-näyte
- näytteenoton aloituspäivä ja -aika: 24.1.2019 klo 08:05
- näytteenoton päättymispäivä ja -aika: 1.2.2019 klo 08:10
- päivä, jolloin näyte vastaanotettiin laboratoriossa: 4.2.2019
- näytteen analyysin päivämäärä: 13.2.2019

- näytteenottolaitteet: SKC Umex-100 aldehydien näytteenottoa varten ja Tecora G.A.B.I.E haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) näytteenottoa varten
- laboratorio: Institut de Recherche et d'Expertise Scientifique (IRES) - Euro-parc Meinau - 2, Rue de la Durance - 67100 STRASBOURG – France
- analysointimenetelmä: VOC-näyte analysoitiin GC-MS:llä ja aldehydinäyte analysoitiin LC-UV-MS:llä.

Taulukossa 6. on esitetty Camfill CityCheck mittausmenetelmän tulokset. (Analysis Report 2019, 4-5.)

HAITTA-AINE	MITATTU PITOISUUS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	LUOKKA
Aldehydit		
Formaldehydi	12.5	B
Asetaldehydi	<3.5	A+
Hexanaldehydi	<8.9	A+
Butyraldehydi ja isobutyraldehydi	<10.0	A+
Isovalerialdehydi	<6.4	A+
Valeraldehydi	<6.4	A+
Bentsaldehydi	<5.9	A+
Akroleiini	<8.6	A+
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet VOC		
Bentseeni	<1.4	A+
Tolueeni	<5.4	A+
Trikloorietyleeni	<0.5	A+
Tetrakloorietyleeni	<0.6	A+
Lindaani	<15.9	A+
Ksyleeni (3 molekyyliä)	<2.9	A+
1,2,4- Trimetylibentseeni	<6.5	A+
1,4- Diklooribentseeni	<0.6	A+
Alfapineeniä	9.2	A
Etylibentseeni	<2.9	A+
Limonene	5.1	A
n-dekaania	<7.7	A+
n-undekaani	<14.6	A+
Butyyliasetaatti	<3.1	A+
1-Metoksi-2-propanoli	<5.2	A+
2-Etyyli-1-heksanoli	<12.2	A+
2-Butoksietanoli	<6.2	A+
Styreeni	<2.7	A+
2-Etoksietyyliasettaatti	<5.8	A+
2-Metoksietanoli	<6.9	A+
2-Metoksietyyliasettaatti	<5.8	A+
2-Etoksietanolia	<5.2	A+
1,1,1-Trikloorietaani	<0.6	A+
Naftaliini	<0.6	A+
Metyleenikloridi	<4.7	A+
Kloroformi	<4.9	A+
1,2-Diklooribentseeniä	<0.6	A+
Hiilitetrakloridi	<0.5	A+

Taulukossa olevien tulosten perusteella koko haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) arvo on laskettuna **30.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Tämän tuloksen perusteella sisäilman yleinen laatuindeksi on **B**. B-luokka on keskimääräinen ilman laatu, joka kertoo, että sisäilman epäpuhtauksien konsentraatit ovat sen verran korkealla, että ne edellyttävät suunnitelmia paremman sisäilman saavuttamiseksi. On kuitenkin huomattava, että vaikka tutkittavia yhdisteitä on määrällisesti aika paljon, ei tämä tutkimus kuitenkaan sulje pois, että ilmassa voisi olla vielä jotakin muitakin haitallisia aineita.

Formaldehydi oli aine, joka pudotti sisäilman laatuluokan B-tasolle. Formaldehydiä oli keskuskonttorin sisäilmasta mitattuna $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Formaldehydipäästöjen ollessa tällä tasolla, on terveydelliset vaikutukset mahdollisia. Määrällisen määrityksen raja on $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja suurin sallittu arvo $10.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Raja-arvo, että toimenpiteisiin ryhdyttävä välittömästi, on $50.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Analysis Report 2019, 7.)

Formaldehydi on yhdiste, joka voi ärsyttää silmien ja nenän limakalvoja sekä hengityselimiä. Krooninen altistus voi vaikuttaa keuhkojen kapasiteettiin. Formaldehydin nauttiminen voi aiheuttaa myös ruuansulatushäiriöitä. Aine saattaa myös aiheuttaa hermoston käyttäytymishäiriöitä sekä karsinogeenisena aineena edistää syöpien syntymistä. (Analysis Report 2019, 8.)

Formaldehydi on yksi yleisimmin käytetyistä orgaanisista yhdisteistä eri aloilla ja materiaaleilla. Sitä käytetään usein liimojen, hartsien ja lakkojen valmistuksessa, vanerin, kuitulevyjen ja lastulevyjen (melamiini) tuotannossa sekä huonekalujen ja muiden puutuotteiden tuotannossa. (Analysis Report 2019, 8.)

Puolet sisäpuolisista päästöistä tulee pintakäsittelyistä ja rakennusmateriaaleista. Yksi näistä yhdisteistä on formaldehydi. (Weberin ratkaisut sisäilmakorjauksiin 2018, 39.)

5 KORJAUSTAPAHDOTUS

5.1 Huolto- ja kunnossapito

Kanaviston ja koko ilmanvaihtokoneiston huolto- ja kunnossapito on jäänyt vuosien saatossa heikolle tasolle. Ensimmäinen toimenpide paremman sisäilman saavuttamiseksi on puhdistaa jäljelle jäävä poistoilmakanavisto. Kanavistossa havaittiin epäpuhtauksia jo esiselvityksissä.

Kanavat puhdistettiin tammikuussa ennen varsinaisten sisäilmatutkimusten tekemistä. Puhdistuksen suoritti paikallinen urakoitsija, jolla on siihen soveltuvat työvälineet sekä osaaminen ja kokemus.

Ilmanvaihdon mahdollisessa korjauksessa tulisi järjestelmä liittää valvonta-alakeskukseen, jotta sen toimintaa voidaan valvoa etänä ja saadaan keskitettyyn tehtaan ennakkohuoltojärjestelmään. Tällöin kanavien puhdistukset, ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihdot sekä puhdistukset tulevat suoritettua systemaattisesti ja sopivilla huoltoväleillä. Tämä on ehdoton, että järjestelmä tulee toimimaan suunnitellusti vuosia.

5.2 Ilmanvaihto

Keskuskonttorissa tehtyjen sisäilmatutkimusten perusteella sisäilman laatu todettiin keskinkertaiseksi. Tulosten perusteella on kuitenkin syytä alkaa toimenpiteisiin paremman sisäilman saavuttamiseksi.

Yhdessä IV-suunnittelijan kanssa päätettiin, että tiloihin on järkevää toteuttaa ilmanvaihdon saneeraus sisäilman laadun parantamiseksi ja raittiin sisäilman saavuttamiseksi. Tämä edellyttää uuden tuloilman saattamista tiloihin kanaviston kautta. Koneellisella tulo- ja poistoilmavaihdolla saadaan ilmavirtojen määriä ja ilmanjakoa sekä -poistoa hallittua systemaattisesti.

Nykyinen järjestelmä on koneellinen poistoilmanvaihto, jolloin korvausilma on suunniteltu tulevaksi seinissä olevien tuloilmaventtiilien kautta. Venttiilit voivat olla tukossa ulkona olevasta hiilipölystä johtuen tai tilan käyttäjät ovat voineet sulkea niitä vedontunteen pienentämiseksi tietämättään tai ajattelemattaan vaikutuksia. Venttiilien ollessa tukossa, tulee korvausilma silloin rakenteiden lävitse ja näin ollen saattaa olla likaantunutta.

Koska kyseessä on vanha tila, sen korjauskustannukset ovat hyvin kriittisessä seurannassa. Ilmanvaihto on toteutettava ylipaineisena sen vuoksi, että tällöin rakenteiden läpi ei johdeta tuloilmaa. Se johdetaan hallitusti kanavien kautta. Poistoilma palautuu talteenottoon ja ulos poistoilmakanavien kautta.

Ylipaineisen ilmanvaihdon huonopuoli on siinä, että kostunut ilma saattaa ylipaineen seurauksena osittain tunkeutua rakenteisiin. Ongelma voi syntyä siinä, jos rakenne ei pääse kuivumaan. Suunnitelmat on tehty niin, että kerrokseen tuotetaan riittävä määrä tuloilmaa. Riittävämäärä määräytyy henkilöiden, tilavuuden ja käyttötarkoituksen mukaan. Näissä suunnitelmissa tuloilmaa tuodaan kerrokseen 356 l/s. Poistoilman määrä on 344 l/s, jolloin ilmanvaihto on noin 3 % ylipaineinen. Suunnitelmat ovat liitteessä 1.

5.3 Korjauksen laajuus

Ilmanvaihdon saneeraus aiheuttaa ilmanvaihtokanavien ja tuloilmakoneen lisäksi monia muitakin tehtäviä. Laajuus on kuvattuna tarjouspyyntöä ja kokonaiskustannuksia varten.

Ilmanvaihto:

- iv-suunnitelmien mukaisen ilmanvaihtokoneen asennus
- ilmanvaihtokoneen ohjaus omalla automatiikalla ja mahdollisuus liittää myös valvonta-alakeskukseen
- suunnitelmien mukainen ilmanvaihtokanavisto asennettuna
- ilmamäärien mittaus ja säätö.

Vesi ja viemäri:

- ilmanvaihtokoneen viemäröinti.

Sähkö:

- sähkösaatto ilmanvaihtokoneen ympärille
- ilmanvaihtokoneelle sähkönsyöttö sähkökeskuksesta
- 32 A:n lisäys sähkökeskukseen
- toimistotilojen käytävän valaistuksen uusiminen led- valaisimilla.

Rakennustyöt:

- seinissä olevien vanhojen tuloilmaventtiilien tulppaus
- vanhan alaslasketun katon purku käytävän osalta
- uuden alakaton rakentaminen siinä tapauksessa, että vanhaa kattoa ei saada ehjänä purettua
- läpivientien tekeminen kanaville. Palokatkojen teko eri palo-osastojen välissä
- tarvittavat työtasot ja telineet sekä työmaa-aikainen valaistus
- työmaa-aikainen siivous.

5.4 Korjauksen kustannukset

Saneerauksesta on pyydetty kokonaistarjoukset kolmelta eri toimittajalta. Tarjoukset pyydettiin iv-suunnitelmien ja yllä olevan ”työn laajuus” kuvauksen mukaisesti. Tarjouksen jättämisen edellytyksenä oli, että toimittaja tutustuu kohteeseen paikan päällä ennen tarjouksen jättämistä.

Kohtuullisen tarkasta tarjouspyynnöstä huolimatta tarjoukset eivät olleet täysin vertailukelpoisia. Niitä pyydettiin tarkentamaan. Tarkennusten perusteella saneerauk-

sen kokonaiskustannuksiksi tulee muodostumaan noin 45 000 €. Tämä summa sisältää uuden sisäkaton rakentamisen. Uuden sisäkaton rakentamisen lopullinen päätös tehdään sen jälkeen, kun vanha katto on purettu ja tiedetään, onko se mahdollista asentaa takaisin ehjänä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö opetti projektin hoitamista. Usein projektin suuruudesta riippumatta siihen kuuluvat lähes aina samat toimenpiteet, jotka ovat huomioitava onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Niitä ovat turvallisuus, tavoitteet, laatu, kustannukset ja aikataulu.

Tässä tapauksessa tehtävä lähti liikkeelle käyttäjien havainnoista ja kokemuksista. Ne täytyi huomioida ja ryhtyä toimenpiteisiin, kun kyseessä on terveyteen vaikuttavia asioita. Viestinnällä on paljon merkitystä, kun keskustellaan ihmisten terveyteen vaikuttavista asioista. On helpompaa toimia ja saada käyttäjiltä rehellistä palautetta, kun asioista viestitään avoimesti ja riittävän selkeästi. Käyttäjät yleensä ymmärtävät tilanteen, kun ovat tietoisia meneillään olevista toimenpiteistä. Tässäkin tapauksessa tilankäyttäjille järjestettiin yhteinen kokoontuminen, jossa esiteltiin sisäilmatutkimuksen tulokset ja niiden perusteella laaditut uudet ilmanvaihtosuunnitelmat sekä saneerauksen aikataulu. Viestinnän positiivinen vaikutus saatiin selkeästi huomata hankkeessa.

Projektissa tuotetut suunnitelmat ja asiakirjat mahdollistavat ilmanvaihdon saneerauksen totuttamisen kokonaisurakkana. Tarjousten perusteella myös muutosten kustannukset ovat jo tässä vaiheessa kohtuullisen tarkasti selvillä. Toki laajuus hieman riippuu siitä, kuinka vanhat rakenteet saadaan purettua ja onnistuuko mahdollinen takaisin laitto. Nämä olivat myös toimeksiantajan tavoitteita.

Sisäilmanlaatu on nykyaikana hyvin tunnettu asia. Aiheesta löytyy todella paljon tietoa ja erilaisia tutkimuksia. On vain pystyttävä jotenkin soveltamaan niitä aina sopivasti eri kohteisiin. Sisäilmaa tutkitaan myös monenlaisilla tavoilla. Tässä tapauksessa käytettiin Camfill- menetelmää ulkopuolisen toimijan suosituksesta. Se kertoi selkeästi sisäilman laadun arvioimalla useimpien yleisimpien päästöjen määrän ilmassa. Jos heikon sisäilmanlaadun syitä halutaan tutkia, on suoritettava yleensä rakenteita rikkovia tutkimuksia. Tässä tapauksessa rakennuksen ikä huomioon ottaen nähtiin tärkeämpänä saada sisäilmakuntoon kohtuullisilla kustannuksilla ja tiiloissa työskenteleville henkilöille terveellinen työskentely-ympäristö.

Projektin lopullista onnistumista voidaan arvioida vielä ilmanvaihdon saneerauksen jälkeen teettämällä uudet sisäilmatutkimukset vastaavalla menetelmällä. Nämä uudet tutkimukset on luvattu työntekijöille tehtäväksi asennustöiden jälkeen. Aikataulut huomioon ottaen sopiva tutkimusaika lienee talvella 2019-2020. Kun tehdään vertailu tilanteen muuttumisesta, on olennaista, että ulkoiset olosuhteet ja tutkimusmenetelmä on sama kuin alun perin.

LÄHTEET

A 27.12.2017/-1009. Ympäristöministeriön asetus. Uuden rakennuksen sisäilmasto ja ilmavaihto.

Analysis Report. Volatile Organic Compounds & Aldehydes in the indoor air. 2019. CFI-00342_v1. Camfil.

Asikainen, V. 2008. Kiinteistön omistajan opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnan tutkimiseen ja korjaushankkeisiin. Osa 1. Helsinki: Opetushallitus.

Asuinkerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätö, LVI 39-10283. 1998. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.

Holopainen, R., Pasanen, P., Säteri, J., Railio, J. & Virranta, P. 2008. Ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus ja puhdistus, tavoitteena hyvä ja energiataloudellinen sisäilmasto. Opetushallitus.

Ilmansuodattimet on huollettava säännöllisesti. 2019. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Hengitysliitto. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmansuodattimen-vaihto>

Ilmansuodatus. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas. [Verkkajulkaisu]. Talotekniikkateollisuus. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/12-ss-ilmansuodatuksen-tarve>

Ilmanvaihdon perusteet. 2018. [Verkkajulkaisu]. Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <http://www.freshtec.fi/sisailmayhdistys-ilmanvaihdon-perusteet>

Ilmanvaihdon perusteet. [Verkkajulkaisu]. Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>

Ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmanvaihdon huolto. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Nokia. [Viitattu 3.3.2019]. Saatavana: <https://www.repair-ilmastointi.fi/ilmanvaihdon-puhdistus>

Järnström, H., Koivusaari, R & Saari, M. 2017. Sisäilman laadun hallinta rakennushankkeen eri vaiheissa. Raportti VTT-S-06675-17. Rakennusteollisuus RT ry.

L 19.8.1994/ 763. Terveysuojelulaki.

L 23.8.2002/ 738. Työturvallisuuslaki.

- LTO ilmanvaihtokoneen huolto. 2013. [Verkkajulkaisu]. Rakennusmaailma. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <https://rakennusmaailma.fi/lto-ilmanvaihtokoneen-huolto>
- Opas ilmanvaihdosta. 2016. Helsinki: Hengitysliitto.
- Pietarinen, V-M. Sisäilmastoon liittyvät määräykset sekä tavoite- ja toimenpidearvot. Opetusmateriaali sisäilma-asioita opiskelevien ammattilaisten käyttöön. Osa 1/9. Savonia Ammattikorkeakoulu.
- Riejula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E. & Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012.
- Saari, M. 2016. Hallitsemattomat paine-erot voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <https://www.sisailmautiset.fi/tutkimus/hallitsemattomat-paine-erot-voivat-aiheuttaa-sisailmaongelmia>
- Seppänen, K. 2010. Painesuhteet rakennuksen ulkovaipan yli. [Verkkajulkaisu]. Kuopio: Itä-Suomen Yliopisto. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0056-2/urn_isbn_978-952-61-0056-2.pdf
- Seppänen, O. 2017. Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muussa kuin asuinrakennuksissa. FINVAC ry, Suomen LVI-liitto SuLVI ry, VVS Föreningen i Finland rf, Sisäilmayhdistys ry & Lämpöinsinööriyhdistys ry.
- Sisäilmanlaatu. 2019. Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas. 2019. [Verkkajulkaisu]. Talotekniikkateollisuus. [Viitattu 15.3.2019]. Saatavana: <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/5-ss-sisailman-laatu>
- Sisäilman tekijät. 2008. [Verkkajulkaisu]. Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu 24.3.2019]. Saatavana: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Sisailman-tekijat>
- Syrjänen, T., Rautio, H., Siponkoski, T., Säkkinen, K. & Mäki, S. 2016. Opas sisäilmasta. Hengitysliitto.
- Säteri, J. & Koskela, H. 2014. Sisäilmasto. Teoksessa: E. Sandberg. (toim.) Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Tietopaketti sisäilmatoiminnasta konsulteille. 2015. Sisäilmakäsikirja. Suomen Yliopistokiinteistöt Oy.
- UPM numeroina. 2018. Suomalainen Bio- ja metsäteollisuusyhtiö UPM-Kymmene Oyj. [Verkkajulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 22.2.2019]. Saatavana: <http://www.upm.fi/UPM/Pages/default.aspx>.

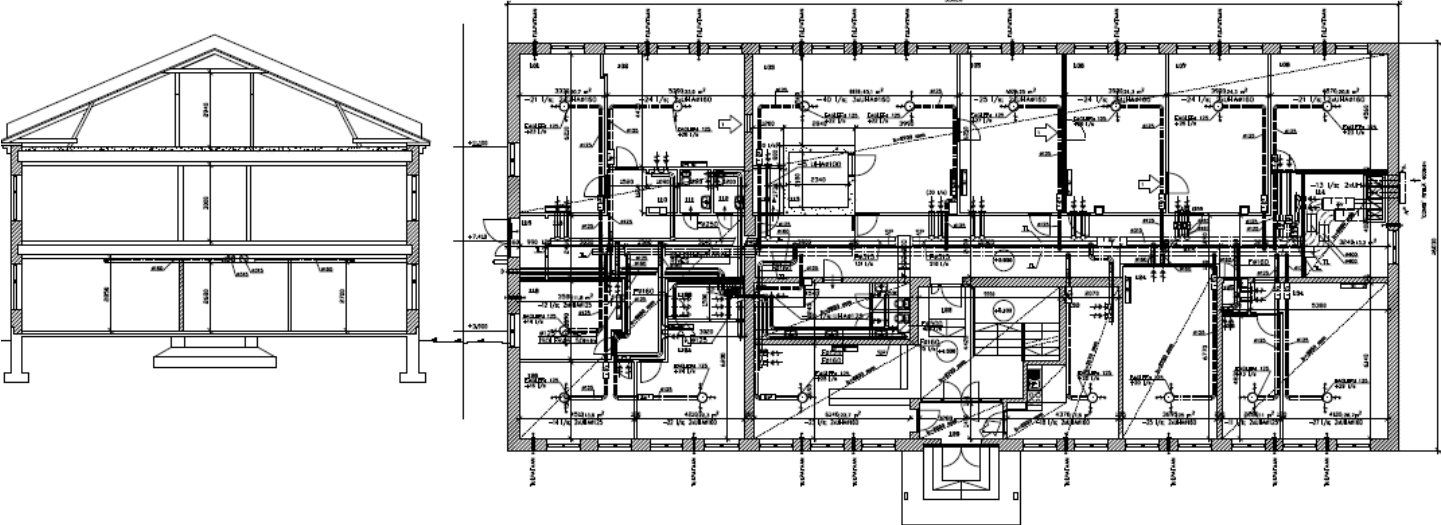
UPM Pietarsaari. 2018. Suomalainen Bio- ja metsäteollisuusyhtiö UPM-Kymmene Oyj. [Verkojulkaisu]. Helsinki. [Viitattu 20.2.2019]. Saatavana: <https://www.upmpulp.com/fi/upm-pietarsaari>

Weberin ratkaisut sisäilmakorjauksiin. 2018. Turku: Weber Saint-Gobain.

LIITTEET

Liite 1. Ilmanvaihtosuunnitelmat

Liite 1. Ilmanvaihtosuunnitelmat



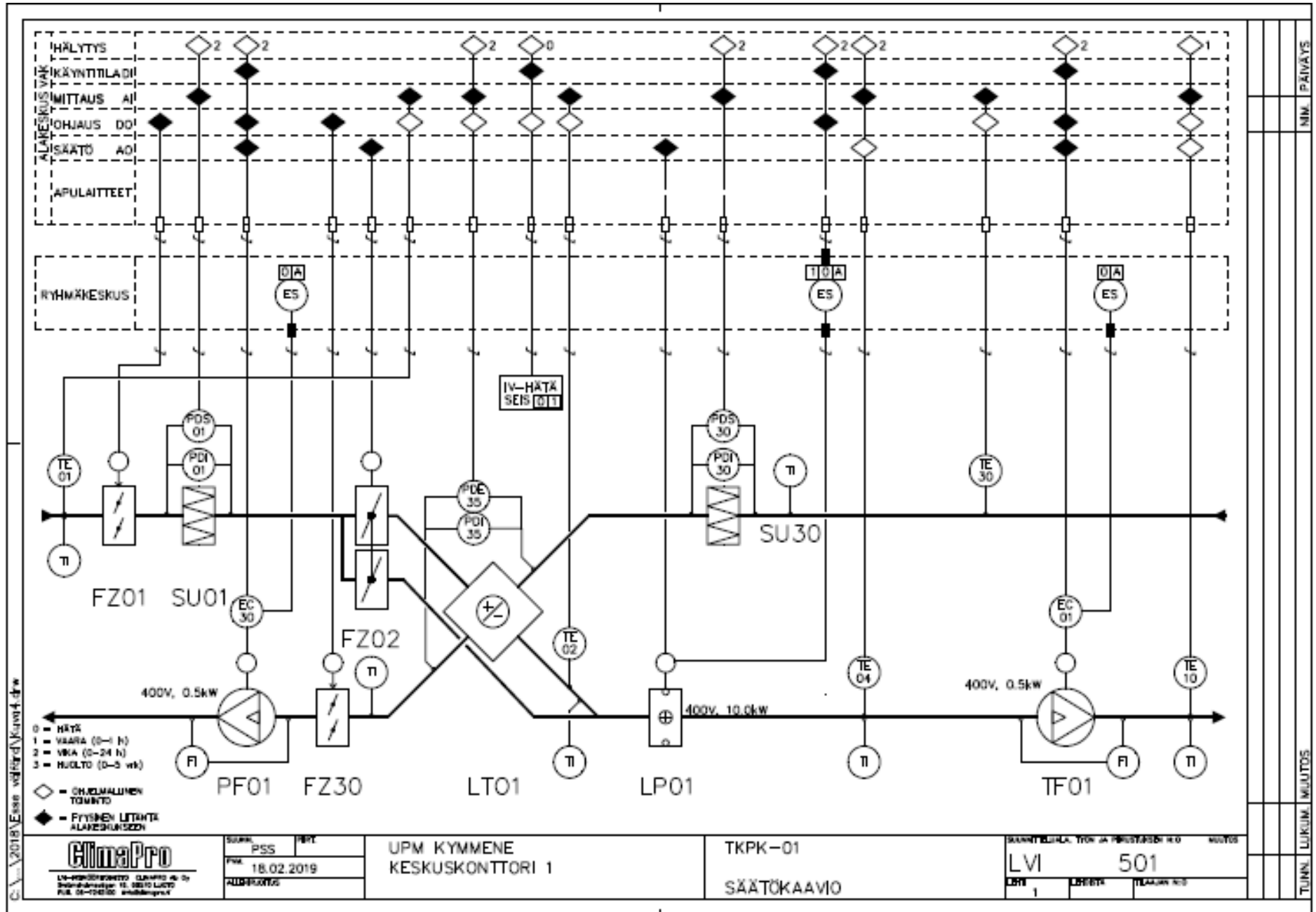
Proj.	1001	1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001	1001	1001

CL-301-G	
1001	1001
1001	1001
1001	1001

— VENTILATIONEN 100 (3) ANVÄNDAR
 KLIMATISERINGEN
 ANVÄNDAR ENHETEN 100 (3) ANVÄNDAR
 KLIMATISERINGEN

1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001

1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001
1001	1001	1001	1001



TOIMINTASELOSTUS

1. RYHMÄKESKUSLUKITUKSET

2. OHJELMALLISET LUKITUKSET

TULOILMAPUHALLIN TF01 JA POISTOILMAPUHALLIN PF01 KÄYVÄT RINNAN.

PUHALTIMEN TF01 KÄYDESSÄ PELTI FG01 ON AUKI.
PUHALTIMEN PF01 KÄYDESSÄ PELTI FG30 ON AUKI.

3. OHJAUKSET

KÖJEEN VUOROKAUTISIA KÄYNTIAIKOJA OHJATAAN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN AKAOHJELMAN MUKAAN.

4. TOIMINTA KÖJEEN KÄYDESSÄ

PELLIT FZ01 JA FZ30 OVAT AUKI.
TULOILMAN LÄMPÖTILAN TE10 MITTAUKSEN PERUSTEELLA SÄÄDETÄÄN SARJASSA LÄMMITYSPATTERI, LTO-OHITUSPELTIÄ FZ02
, SITEN ETTÄ TE10 ASETUSARVO SAAVUTETAAN.

PAINELÄHETTIMIEN PE10 JA PE30 MITTAUKSIEN PERUSTEELLA PIDETÄÄN PAINA ASETUSARVOSSAAN TULO- JA POISTOILMAKANAVASSA.

TULOILMAN LÄMPÖTILAA TE10 ASETUSARVOA MUUTETAAN OHJELMALLISESTI POISTOILMAN LÄMPÖTILAN TE30 MITTAUKSEN PERUSTEELLA SITEN, ETTÄ POISTOILMAN LÄMPÖTILA PYSY ASETUSARVOSSAAN.
TE10 TOIMII SAMALLA TULOILMAN LÄMPÖTILAN MINIMI- JA MAKSIMIRAJOITUSANTURINA.

PAINA-EROLÄHETTIMIEN PE05 MITTAUKSEN PERUSTEELLA OHJATAAN OHITUSPELLUSTOÄ FZ02 SUHTEELLISESTI AUKI LÄHESTYTTÄESSÄ HUURTUMISENESTON PAINA-ERON ASETUSARVOA.

5. TOIMINTA KÖJEEN SEISONTA-AIKANA

UUKOILMAPELTI FZ01 JA POISTOILMAPELTI FZ30 OVAT KIINNI.

6. VARTOIMINNOT

SÄHKÖKATKON AIKANA PELIT FZ01 JA FZ30 SULKEUTUVAT JOUSIVOIMALLA KIINNI.

LÄMPÖTILAN TE10 YLITÄESSÄ (PALOVAARA-ASETUS +50°C) ASETUSARVON PYSÄHTYVÄT PUHALTIMET TF01 JA PF01 JA TAPAHTUU HÄLYTYS.

PAINETTAESSA IV-HÄTÄ-SEIS -PAINIKETTA PYSÄHTYVÄT KAIKKI PUHALTIMET JA LISÄKSI TAPAHTUU HÄLYTYS.

NIM. PÄIVÄYS

TUUN. LUKUM. MUUTOS

G:\...2018\Esse_välihuone_kuva4.dwg

GlimaPro

LI-ALUEOHJAINTEKO (Lämpö ja il-
mankäyttö) ja -OHJAINTEKO
Puh. 02-34500000

PROJEKTI
PSS
PSS
18.02.2019
ALUEOHJAINTEKO

UPM KYMMENE
KESKUSKONTTORI 1

TKPK-01
SÄÄTÖKAAVIO

OHJAINTEKO, TULOILMA JA POISTOILMA TULOILMA

LVI 501

OHJAINTEKO LUKUM. MUUTOS

LAITELUETTELO		REV -		ClimaPro Industrial HVAC systems	
Projekti: UPM-Kymmene Pietarsaaren Tehtaat CK 1		Ver.18.02.19 Käs: P.Slussnäs (PSS)			
E/A-tunnus	Konetunnus	Nimi	Sijainti	Tekniset tiedot	Urakoitsija
	TK01	Tuloilmakone	IV-tila		IU
		Puhallin		0.4m ³ /s, >200Pa	IU
		Moottori 1		400V, 0.5kW	IU
EC		EC-moottori			IU
FZ 0.1		Ulkoilmapelti		Eristetty, tiivis	IU
Su 01		Suodatin		EU7, pussisuodatin	IU
PDS 01		Suodatinvahti		0-500Pa	IU
FZ 0.2		LTO-pelti		Eristetty, tiivis	IU
LTO 0.1		LTO-vastavirta		Vastavirta	IU
PDS 35		Huurtumissuoja		0-500Pa	IU
LP 1.1		Lämmityspatteri sähkö		Tilma=+0/+20°C, sähkö 10kW	IU
	PK01	Poistoilmakone	IV-tila		IU
FZ 30		Poistoilmapelti		Eristetty, tiivis	IU
		Puhallin		0.4m ³ /s, >200Pa ,	IU
		Moottori 2		400V, 0.5kW	IU
EC		EC-moottori			IU
LTO 1.1		LTO-roottori		Vastavirta	IU
Su 30		Suodatin		M5, pussisuodatin	IU
PDS 30		Suodatinvahti		0-500Pa	IU
TxE 45		Jäätymissuoja		24V	IU
FG 1.1		Peltimoottori, TK01		24V, JP	IU
FG 1.2		Peltimoottori, PK01		24V, JP	IU
TE01		Kanavaanturi		24V	IU
TE02		Kanavaanturi		24V	IU
TE04		Kanavaanturi		24V	IU
TE10		Kanavaanturi		24V	IU
TE30		Kanavaanturi		24V	IU

