

# HTK-KONEPAJA OY:N ILMANVAIHDON KARTOITUS

Ahola Juha-Matti

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Juha-Matti Ahola	Vuosi	2018
<b>Ohjaaja</b>	DI Ari Pikkarainen		
<b>Toimeksiantaja</b>	HTK-konepaja Oy		
<b>Työn nimi</b>	HTK-konepajan Oy:n ilmanvaihdon kartoitus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	36 + 17		

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi HTK-konepaja Oy. Työn tarkoituksena oli tarkastella ja löytää ilmanvaihdolliset ongelmakohdat. Toimitiloissa oli ollut erinäisiä ilmanvaihdollisia ongelmia jo pidemmän aikaa ja näille haluttiin tehdä kartoitus, jotta varsinainen LVI-suunnitelma voisi alkaa. Tuotantohallin lämmitystä tarkasteltiin vain IV-koneen osalta ja muu lämmitys rajattiin ulkopuolelle.

Opinnäytetyössä kartoitettiin ja tuotiin esille mahdolliset ongelmakohdat konepajan ilmanvaihdossa. Tuotantohallista oli rakennusaikaiset kuvat, mutta ilmanvaihtoon liittyviä kuvia ei löytynyt lainkaan. Saatavilla olevat tiedot ilmanvaihtokoneesta olivat ainoastaan kaksi tyyppikilpeä moottoreissa ja lämmityspatterin kyljessä sekä sanalliset tiedot koneen toiminnasta. Tiedonhaku ja materiaali tulivat pääasiassa HTK-konepajalla paikan päällä tehtyjen havaintojen, kolmen opinnäytetyön, rakennusmääräysten, konsultaatioiden ja internetin kautta.

Ongelmien esilletuonnin yhteydessä löytyi selkeitä syitä, miksi jokin oli toiminut, kuten oli toiminut. Laskennallisia säästöjä ilmanvaihdon parantamisella saataisiin, mutta tarkkoihin laskelmiin ei päästy tietojen ollen vajavaisia. Ilmanlaadun parantaminen olisi kuitenkin välttämätön teko konepajalla.

Avainsanat: teollisuus, ilmanvaihto, sisäilmasto

Technology, Communication and  
Transport  
Mechanical and Production  
Engineering  
Bachelor of Engineering

---

Key words: industrial, ventilation, indoor climate

---

<b>Author</b>	Juha-Matti Ahola	Year	2018
<b>Supervisor</b>	Ari Pikkarainen M.Sc. (mech.eng.)		
<b>Commissioned by</b>	HTK-konepaja Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Ventilation mapping at HTK-konepaja Oy		
<b>Number of pages</b>	36 + 17		

---

This thesis was commissioned by HTK-konepaja Oy. The aim of the thesis was to look into the ventilation problems and find them. There had been many ventilation problems in the premises for a long time and they wanted to do a survey so that the actual HVAC plan could begin. The heating of the production line was examined only for the ventilation machine and the rest of the heating was excluded.

In the thesis work, the problems in the ventilation of the workshop were identified and discussed. The original construction drawings were available but no ventilation drawings. The available air compressor information included only two nameplates on the engines and on the side of the heating coil, as well as verbal information on the operation of the machine. The information retrieval and material came mainly through the HTK machine shop through on-site observations, three theses, building regulations, consultations and the internet.

When the problems were raised, there were clear reasons why something had worked, as it had been. Computational savings by improving ventilation would be achieved, but no accurate data were available for accurate calculations. Improving air quality would, however, be a necessary action at the workshop.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Konepaja lyhyesti.....	5
1.2	Työn tarkoitus .....	5
2	HTK-KONEPAJA OY .....	6
2.1	Yritys.....	6
2.2	Toimeksianto .....	7
3	ILMANVAIHTO .....	8
3.1	Ilmanvaihto konepajalla .....	8
3.2	Sisäilmaston tavoitteet .....	9
3.3	Ilmanvaihdon tyypit .....	9
3.4	Ilmanjako .....	10
3.5	Liike ja veto.....	12
3.6	Sisäilman aiheuttamia terveystaakkoja.....	13
4	HTK- KONEPAJAN ILMANVAIHDON KARTOITUS.....	15
4.1	HTK-konepajan yleistilanne .....	15
4.2	Ilmanvaihtokoneet ja niiden toiminta.....	15
5	ILMANVAIHDON KARTOITUS.....	20
5.1	Konepajan ongelmien paikantaminen .....	20
5.2	Sosiaalitulot.....	22
5.3	Kohdepoistot.....	23
5.4	Ilmanvaihtokone.....	25
5.5	Kanavisto .....	30
5.6	Kustannukset .....	31
6	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET .....	34
	LIITTEET .....	36

## 1 JOHDANTO

Insinööriyön tarkoituksena on toimia näyttönä opituista opinnoista. Tämä opin-  
näytetyö on tehty toimeksiantona haukiputaalaiselle metallialan yritykselle, HTK-  
konepajalle ilmanvaihdon kartoitustyönä.

### 1.1 Konepaja lyhyesti

HTK-konepaja Oy on metallialan yritys Oulussa. Se sijaitsee entisen Haukiputaan  
kunnan alueella Kellon kaupunginosassa. Konepaja on perustettu vuonna 1985.  
Sen perustivat Halonen, Takalo-Kastari ja Kulmala, joiden sukunimistä tulee kir-  
jainlyhenne HTK. Konepaja perustettiin rakentajien kumppaniksi rakenneterästen  
maailmaan, ja se tulevaisuudessa kysynnän myötä laajentui teollisuuden puo-  
lelle.

Konepajan tilat tulivat ahtaiksi ja laajennuspaineen myötä hallia on laajennettu  
vastaamaan paremmin tuotannon tarpeita. Laajennuksen kiireisen aikataulun  
vuoksi ilmanvaihto jäi tiloihin entiselleen, vain ilmanvaihtoputkia jatkettiin. Kone-  
pajan käyttöönoton jälkeen olikin huomattu ilmanvaihdossa puutteita, ja nämä  
puutteet ovat edelleen jokapäiväisen työn kiusana. Ajan saatossa konepajalla on  
tehty muutoksia kohdepoistoissa, mutta kohdepoistot ovat edelleen jäljessä vii-  
meisen layout-muutoksen jälkeen.

### 1.2 Työn tarkoitus

Tämä opinnäytetyö tehdään siis HTK-konepajan tilauksesta selvittämään ilman-  
vaihdon ongelmia konepajassa, jossa ilmanvaihto on jäänyt jälkeen niin mitoitus-  
sen kuin tekniikankin osalta. Samalla tarkastellaan laitteiden uusinnan kustan-  
nuspuolta sekä tutkien lämmöntalteenoton vaikutusta vuosittaisiin lämmityskus-  
tannuksiin.

## 2 HTK-KONEPAJA OY

Konepaja on toiminut jo 33 vuoden ajan. Tähän aikaväliin mahtuu paljon osaamista ja suuriakin hankkeita. On selvää, että tuotantohallin läpi on virrannut satojatuhansia kiloja terästä, ja samalla työtaito on noussut yrityksessä ammattimaiselle tasolle.

### 2.1 Yritys

HTK-konepaja on Haukiputaalla Kellon Holstinmäellä toimiva metallialan konepaja. Konepaja toimittaa niin kantavia kuin täydentäviä teräsrakenteita teollisuuden ja rakentamisen tarpeisiin. Referensseistä voitaisiin mainita Konecranes:n nostopuomit, Virpiniemen hyppyrämäki ja lisäksi esimerkiksi Oulun teknologiakylän Smarthouse, joka rakentui HTK-konepajan toimittamiin teräsrakenteisiin. (Partanen 2012, 7.)

Yrityksen toimitusjohtajana toimii tällä hetkellä Matti Juhani Heikkilä. Konepaja työllistää jatkuvasti noin 15 henkilöä. Yritys perustettiin vuonna 1985 kolmen omistajan johdosta: Pentti Halonen, Juha Takalo-Kastari sekä Jaakko Kulmala. JARRCO Oy osti HTK-Konepaja Oy:n koko liiketoiminnan vuonna 2006. Kauppaan sisältyivät sekä toimitilat että henkilöstö. Yrityksen toimitilat koostuvat kolmesta erillisestä rakennuksesta, jotka sijaitsevat samalla tontilla Siika-ahontien varressa. (Partanen 2012, 7.) Yrityksen liikevaihto on 0,4 – 1,4 milj. euroa (Asiakastieto, 2018).

Yritys perustettiin Sipolan konepajan tiloihin, jotka siirrettiin nykyiselle paikalleen osoitteeseen Siika-ahontie 12. Konepajalla on kolme hallitilaa, jotka kaikki sijaitsevat Siika-ahontiellä. Tässä opinnäytetyössä tarkastelen ilmanvaihdon osalta HTK-konepajan alkuperäistä ja suurinta hallia (Kuva 1), jota on laajennettu vuonna 2011. Laajennuksen jälkeen hallin koko on 836 m<sup>2</sup> ja hallin rinnalle on rakennettu sosiaalitulat ja toimisto varastotiloihin. Nämä ovat yhteensä 148,2 m<sup>2</sup>, yhteensä koko rakennus on tiloiltaan 984,2 m<sup>2</sup>. (Partanen 2012, 7.)



Kuva 1. HTK-konepajan iso halli ja etualalla sosiaalityilat

## 2.2 Toimeksianto

HTK-konepajalta lähestyttiin heidän jokapäiväisen ongelmansa kanssa. He halusivat tietoa siitä, kuinka konepajan sisäilmastoa voidaan parantaa. He pyysivät myös ongelmapaikkojen kartoittamista. Konepajalla on ollut pitkään ilmanvaihdollisia ongelmia tuotannon ollessa käynnissä. Hajuhaitat ja epäpuhtaudet sekä näkyvät että tuntuvat hallissa vietetyn ajan jälkeen ihan konkreettisesti ja ovat olleet työntekijöiden haittana jo pidempään. Sosiaalityilat, joissa työntekijät esimerkiksi syövät ja viettävät lepohetkensä, on ollut hajuhaittojen ja epäpuhtauksien vallassa. Tässä työssä on tavoitteena etsiä vaihtoehtoja konepajan sisäilmaston parantamiseen, mutta muistaen kustannuspuolen ja takaisinmaksuajan, jotta investointi saadaan kannattavaksi sijoitukseksi yrityksen kannalta.

### 3 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihto on jokaisessa rakennuksessa. Ilman ilmanvaihtoa ei rakennuksessa pystyisi oleskelemaan, eikä rakennus pysyisi terveenä. Oikeanlaisen ilmanvaihdon toimivuus on ihmisen hyvinvoinnin kannalta erittäin oleellinen asia. Ilma vaihtuu rakennuksissa joko painovoimaisesti tai koneellisen ilmanvaihdon avustuksella.

#### 3.1 Ilmanvaihto konepajalla

Teollisuuden ilmanvaihto eroaa muiden tilojen ilmanvaihdossa siten, että teollisuusilmanvaihdossa mitoittavat tekijät ovat muut kuin tavanomaiset rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien päästöt ja ihmisperäiset päästöt. Mitoituksen pääperiaatteet painottuvatkin prosessin ominaisuuksien mukaan. Tämän vuoksi vaatimukset teollisessa ilmanvaihdossa ovatkin tekniikaltaan huomattavasti vaativampia kuin tavanomaisien tilojen ilmanvaihdossa. (Pekonen 2013, 20.) Olisikin kätevää, jos ilmanvaihto voitaisiin suunnitella vain normien mukaan, mutta teollisuudessa ilmanvaihto on aina tapauskohtainen. Sisäilmasto konepajalla on aivan erilainen kuin esimerkiksi sisäilmasto leipomossa.

Sisäilmaston merkitystä työhyvinvoinnissa on alettu vasta nykyään arvostaa ja tutkia enemmän. Ihminen viettää usein suurimman osan ajastaan sisällä, joten epäpuhtaudet ilmassa korostuvat ja vaikuttavat merkittävästi jaksamiseen, hyvinvointiin ja terveyteen. Vireystaso työtä tehdessä tulisi olla vähintäänkin hyvällä tasolla, mikä palvelee sekä työnantajaa että työntekijää itseään. Vireydellä, tai työterveydellä, millä sitä kutsutaankin, on suuri merkitys sekä tuotteen laadulle, yrityksen kannattavuudelle (esimerkiksi. sairauslomat) että työntekijän omalle jaksamiselle. Näin ollen sisäilmasto näyttelee todella merkittävää osaa meidän jokapäiväisessä elämässä. Sisäilmasto vaikuttaa ihmisen kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin niin psyykkisesti, fyysisesti kuin sosiaalisestikin, koska sillä on merkittävä roolin ihmisen jaksamisessa ja energiatasossa. (Heiskanen 2010, 8; Pekonen 2013, 20.)



### 3.2 Sisäilmaston tavoitteet

Sisäilmaston tavoitteena on luoda halliin terveellinen, viihtyisä ja tehokas työympäristö. Sisäilmasto on suuri osa työviihtyvyyttä, työterveyttä, jaksamista ja tuotetun materiaalin laatua eli kaikkea mikä liittyy siihen. (Heiskanen 2010, 8.)

Työturvallisuuslaissa sanotaan sisäilmaston tavoitteellisuudesta:

#### 33§

Työpaikalla tulee olla riittävästi kelpollista hengitysilmaa. Työpaikan ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen.

#### 37§

Työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä, työntekijää vahingoittavassa tai häiritsevässä määrin, on niiden leviäminen mahdollisuuksien mukaan estettävä eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen. Ilman epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava ja poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla.

(Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.)

### 3.3 Ilmanvaihdon tyypit

Yleisilmankäsittelyjärjestelmän pääasiallinen tavoite teollisuudessa on poistaa epäpuhtaudet ilmasta ja tuoda tilalle raitista ilmaa. Järjestelmän ollessa toiminnassa sen tulee luoda hyvä sisäilmasto, mikä viittaa siihen, että järjestelmä luo tasaisen lämpötilan ilman suuria lämpötilaeroja. Järjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ilman epäpuhtauksien määrä, sekä termiset ja akustisetvaatimukset. Tästä voidaankin päätellä jokaisen tilan olevan yksilöllinen tapaus ja vaatien tarkan tapauskohtaisen suunnitelman. Konepajan tuotantotiloissa ei akustiikalla niinkään ole vaikutusta, vaan ilmanvaihtojärjestelmä perustuu pääosin epäpuhtauksien poistoon. Järjestelmän oikeinvalinnalla pystytään

siis vaikuttamaan suurelta osin ilmanvaihdon kokonaisvaltaiseen toimivuuteen. (Pekonen 2013, 21.)

Ilmavirtojen mitoitus tulee perustua seuraaviin tavoitteisiin hyvän sisäilmaston aikaansaamiseksi:

- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin epäpuhtauksien ja kuormitustekijöiden (pölyt, kaasut, kosteus ja ylikäyttö) hallitseminen vaatii.
- Ilmaa tuodaan sisälle niin paljon kuin poistot tai prosessi sitä vie pois
- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin määräykset edellyttävät
- ilmaa vaihdetaan niin paljon, että sen raikkaus on tyydyttävä”

(Pekonen 2013, 24.)

### 3.4 Ilmanjako

Tuloilmasuulakkeet vaikuttavat ympärilleen voimakkaasti. Virtaukset saavat aikaan ympärillä vedontunteen ja näin ilmavirta liikkuu laajoillakin aloilla. Poistoilmasuulakkeet vaikuttavat ainoastaan välittömään läheisyyteen, eivätkä ne vaikuta laajasti. Poistosuulakkeiden asettelu ei ole aivan samantekevää, vaan poiston suunnittelussa täytyy ottaa huomioon kokonaisvaltaisesti koko tilan ilmanvaihto. (Pekonen 2013, 22.)

”Ilmanjako ratkaisee viimekädessä ilmastointilaitoksen toiminnan. Ilmanjaon ja virtausten hallinta on keskeisin haaste myös teollisuushallien ilmastoinnissa. Ilmanjaon teknisiä haasteita ovat:

- virtaukset hallitaan kaikilla halutuilla alueilla
- ei ylitetä vetokriteerien nopeuksia
- ei kiihdytetä emissiota, esim. haihtumista
- ei häiritä kohdepoistoja
- ei nostateta pölyä ilmaan”

(Pekonen 2013, 22.)

Teollisuuden ilmanjakojärjestelmät voidaan luokitella kahteen perusjärjestelmään joita ovat:

Sekoitus- eli laimennusmenetelmässä pyritään voimakkaalla puhalluksella sekoittamaan olosuhteet joka puolella toimitiloja siten, että puhalluksella taataan voimakas tuloilman sekoittuminen tilojen jokaisella alalla. Näin taataan puhdas ilma kaikkialla tiloissa. Sekoittavan järjestelmän tuloilmalaitteilta vaaditaan hyvää sekoitussuhdetta (induktio) sekä suurta impulssia, jotta ilma saavuttaa tilan kaikki paikat. Sekoituseriaatetta käytetäänkin yleensä, jos tilat ovat osavuotiossa käytössä tai pienillä lämpökuormilla. Tämän järjestelmän tarkoitus on pyrkiä poistamaan epäpuhtauksien haittavaikutukset sekoittaen puhdasta tuloilmaa ja näin laimentamalla epäpuhtauksien pitoisuudet riittävän alhaisiksi ja pitämällä lämpöolosuhteet vakiona koko huonetilavuudessa. Tiloissa, joissa on suuria pistemäisiä lämpö- tai epäpuhtauslähteitä, ei sekoittava ilmanvaihto anna parhainta toivottua tulosta. (Pekonen 2013, 22.)

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa hyödynnetään tilassa olevia lämmönlähteitä, kuten ihmisten aiheuttamia pystysuoria konvektiovirtauksia. Kun johdetaan alilämpöinen tuloilma hallin alaosaan, saadaan aikaan ilmanoste, joka nostaa epäpuhtaudet lämpimän ilman mukana ylös, mistä ne poistetaan. Syrjäyttävällä ilmanjakoilla saadaan aikaan sekoitettavaa ilmanjakoa huomattavasti tehokkaampi ilmanvaihto tiloissa, joissa on lämpimiä epäpuhtauslähteitä. Silloin oleskelualueella on alhaisempi lämpötila kuin sekoittavassa ilmanjaossa samalla tuloilmavirralla. Aikaan saatu terminen rajakerros estää puhtaan ja likaisen ilman sekoittumisen keskenään ja työskentelyvyöhykkeelle muodostuu näin puhtaan ilman vyöhyke. Mahdolliset lattialle sijoitettavat syrjäyttävät ilmanjakolaitteet vievät tilaa ja rajoittavat jonkin verran prosessilaitteiden sijoittelua ja muutosmahdollisuuksia. (Pekonen 2013, 23.)

## Epäpuhtaudet

Tehokkain tapa ilman epäpuhtauksien poistamiseen ilmastoitavasta työtilasta on yleensä kohdepoistoratkaisut. Tuotannosta tai materiaalista tulevat epäpuhtaudet poistetaan hallitusti ja tehokkaasti suoraan työpisteiltä. Yleisilmastoinnilla ei voida poistaa yksittäisiä epäpuhtauksia, vaan ne tulee poistaa suoraan työpisteellä. Esimerkiksi hitsaukset, voimakkaat pintakäsittelyt, polttoleikkaus ym. tarvitsevat kohdepoiston tehokkaan ilmanvaihdon toteuttamiseksi. (Pekonen 2013, 23.)

### 3.5 Liike ja veto

Vetokysymykset ovat teollisuusilmastoinnin hankalimpia ongelmia. Aina kun ilmaa vaihdetaan lämpötilan tai epäpuhtauksien hallitsemiseksi, on ilman liikuttava. Tästä seuraa aina vedon tunnetta. Vedon tunne tulee, kun ilman liikenopeus kasvaa ja lämpötilaerot ovat tarpeeksi suuret. Vedon tunnetta aiheuttavalle teholliselle alilämpötilalle on raskaassa työssä annettu raja-arvoksi 3 °C. (Pekonen 2013, 24.)

Ilmasuihkut voivat käytännössä yhtyä toisiinsa, ahtautua ahtaissa paikoissa ja vaihtua esteen tullen väärään suuntaan. Ne ovatkin näin ollen hankalasti hallittavia. Hyvällä ilmanvaihdon suunnittelulla pystytään tähän vaikuttamaan. Esimerkiksi konepajoilla suurta vedon tunnetta tuovat suurten halliovien aukaisu, joka monesti sotkee koko hallin ilmanvaihdon hetkellisesti. Tuotantoprosessista riippuen tällä voi olla jopa kohtalokkaat vaikutukset itse prosessiin taikka työntekijän terveyteen. Kun ilman nopeus kasvaa, lämmön siirtyminen tehostuu ja näin ollen vedon tunne kasvaa. Samaan tapaan vaikuttaa myös ilman liikkuminen. Mitä enemmän ilman liikehdintää on, sitä helpommin tulee vedon tunnetta. Ilman virtaukset saattavat häiritä tehdashallin prosessin osia eli yksikköoperaatioita. Tällaisia tekijöitä ovat suojakaasuhitsaus, juotosliekit sekä kohdepoistot. (Pekonen 2013, 24.)

### 3.6 Sisäilman aiheuttamia terveysvaikutuksia

Sisäilma vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen, terveyteen ja tuottavuuteen. Terveystahaittojen syntyyn vaikuttavat altisteen laatu ja pitoisuus sekä altistumisajan pituus.

Sisäilman aiheuttamia terveysvaikutuksia ovat mm.:

- allergiaoireet
- silmien, nenän, kurkun tai nielun ärsytysoireet
- nenän kuivuus tukkoisuus tai nuha
- päänsärky ja pahoinvointi
- väsymys
- sairaudet. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

### 3.7. ”Sairas rakennus” -oireyhtymä

Hyvän sisäilmaston laatukriteeri on, ettei käyttäjä koe ympäristössä oireita. Sisäilmaongelmaan liitetään usein erityisesti kosteus ja homevaurio, vaikka sisäilmaongelmalla voi olla muitakin syitä, kuten konepajalla ilman muut epäpuhtaudet. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

”Sairas rakennus” -oireyhtymä (SBS; sick building syndrome) tarkoittaa joukkoa erilaisia rakennuksessa koettuja oireita, jotka kehittyvät vähitellen ja häviävät tai lievenevät muualla. Tämän oireyhtymän tyypillisiä oireita ovat:

- silmien, nenän ja kurkun ärsytysoireet
- ihon ja limakalvojen kuivuus
- ihottuma
- väsymys
- päänsärky
- ylähengitysteiden lisääntyneet infektiot

- yskä
- kuorsaus
- hengityksen vinkuminen
- pahoinvointi
- huimaus. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

Herkkyys sisäilman epäpuhtauksille on aina yksilöllistä. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

Sisäilman altisteet aiheuttavat monia keuhkosairauksia, kuten esimerkiksi astmaa, homepölykeuhkoa, toistuvia hengitystietulehduksia ja keuhkokuumeita. Hyvin tavallisia ovat sisäilmaan liittyvät nenän ja silmän sidekalvon allergia- ja ärsytysoireet. Myös erilaiset iho-oireet ja atooppisen ihottuman paheneminen ovat yleisiä. Keskushermoston oireet, kuten päänsärky, väsyminen, voimattomuus sekä lihas- ja nivelsäryt ilmenevät usein yhdessä edellä mainittujen oireiden kanssa, mutta voivat ilmetä myös ilman niitä. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

Sisäilma aiheuttaa paljon lievää ja ajoittaista oireilua, joka huonontaa elämänlaatua, vähentää työkykyä, aiheuttaa työstä poissaoloja ja lisää terveydenhuollon palvelujen käyttöä sekä lääkekuluja. Vaikeat sairaudet voivat johtaa suorituskyvyn huononemiseen, työkyvyttömyyteen ja sairaalahoitoihin. (Sisäilmayhdistys, 2018.)

## 4 HTK- KONEPAJAN ILMANVAIHDON KARTOITUS

Konepajaa kartoittaessa ei ollut mitään ennakko-odotuksia. Kartoitus tapahtui sekä havaintojen perusteella että työntekijöiden suullisen kertoman avulla. Halliesittelyn jälkeen oli mielenkiintoista lähteä kartoittamaan tilannetta.

### 4.1 HTK-konepajan yleistilanne

Kuten jo aiemmin on mainittu, lähtötilanne HTK-konepajalla on ilmanvaihdollisesti huono. Vuonna 2011 tehdyn laajennuksen myötä on tilojen neliömäärä tuplaantunut ja sama ilmanvaihtokone hoitaa edelleen hallin ilmanvaihtoa. Laajennusta edeltävällä ajalla konepajan ilmanvaihto toimi paremmin, vaikkakin mittareita tälle ei ole. Yleisesti aistittava ilma sisäilmastossa tuntui puhtaammalta, eikä työpäivän jälkeen ollut niin ”tukkoinen” olo. (Vainio 2018)

Yleisilmanvaihto on tärkeä. Se kuljettaa ilmasta epäpuhtaudet pois sekä huolehtii riittävästä raittiista ilmasta kohteessa. Tämä on nykyisellään hieman haastavaa tuotannon ollessa käynnissä. Työntekijän lausuman mukaan hallissa käsiteltäessä voimakkaan hajuisia kemikaaleja, kemikaalituoksut tulevat jopa työntekijöiden taukotilaan saakka. Kohdepoistot, joita konepajoilla käytetään haitallisten kaasujen poistoon, suoraan työpisteeltä, on toteutettu huonosti, tai jopa jätetty toteuttamatta kokonaan. Kohdepoistopisteet kyllä hallista löytyvät, mutta osa poistoputkista ei johda mihinkään, vaan ne ovat ikään kuin muodon vuoksi hallissa. (Vainio 2018) Tuotantotiloihin edellytetään kuitenkin jo työturvallisuuslaissa riittävää ilmanvaihtoa, jotta työntekijöillä on turvallista työskennellä. Toimivan ilmanvaihdon vaikutukset ovat mittavat, myös työiihtyvyyttä ajatellen, kun asiaan paneudutaan ja saadaan aikaan toimivia muutoksia ja parannuksia.

### 4.2 Ilmanvaihtokoneet ja niiden toiminta

Ilmanvaihtokone (Kuva 3) ja sen hallintapaneeli (Kuva 2) sijaitsevat tuotantotilojen alkupäässä, jossa näille rakennettu tilat hallin yläosaan.



Kuva 2. Ilmanvaihtokoneen hallintapaneeli

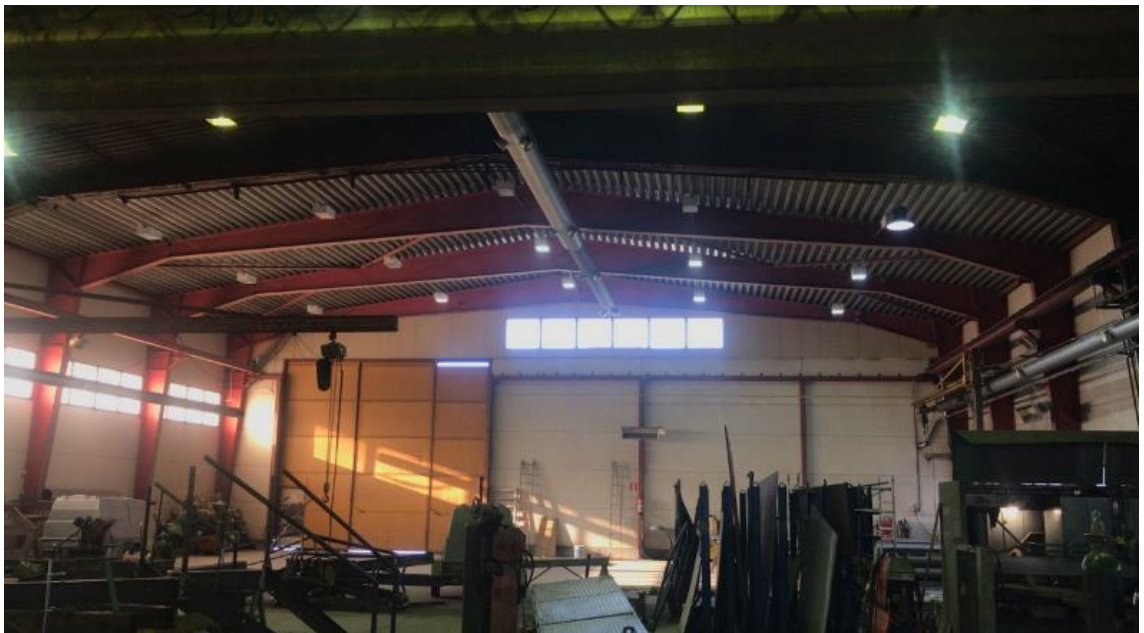
Hallintapaneeli löytyy suoraan IV-koneen alapuolelta seinästä, jossa se on hyvin hallittavalla paikalla koneen välittömässä läheisyydessä. Korvausilma otetaan suoraan seinän läpi ulkoa.



Kuva 3. Ilmanvaihtokone varastohallin katossa



HTK-konepajalla on käytössä sekoittava ilmanvaihto, joka näkyy selkeästi kuvasta 4. Kuvan molemmissa reunoissa katon rajassa näkyy raitisilmaputket, joista tiloihin johdetaan paineella raitis tuloilma. Keskellä katossa on poistoputki. Johtamalla sivuilta esilämmitettyä ilmaa hallin lattiatiloihin, saadaan aikaan konvektiopyörre, joka pakottaa saastuneen ilman ylöspäin kohti poistoputkea. Näin saadaan aikaan terve ilmanvaihto, kun ilmanvaihto on mitoitettu tiloihin riittäväksi. Poistopuhaltimien tulisi olla toiminnassa ja viedä myrkyllisimmät kaasut suoraan työpisteiltä pois.



Kuva 4. Tuotantohalli alkupäästä kuvattuna. Keskellä katossa näkyy poistoputki ja molemmin puolin reunoilla tuloilmaputket

Tuotantohallin alkupäässä sijaitsee ilmanvaihtokone ja varastotilat. Tilat ovat välikaton vuoksi matalammat (Kuva 5). Siellä IV-kone sijaitsee. Tiloissa on myös ruuvikompressori lämpöä tuottamassa sekä siellä on myös lämmin varasto. Tämä onkin hallin lämpimin paikka, jossa on monia lämmönlähteitä.



Kuva 5. Kuvassa tuotantohallin alkuosa, jossa katon alaslasku

Tuotantohallissa on ennen laajennusta ollut pienet tilat konepajatoimintaan. Laajennus on tehty tarpeeseen, koska suurten kappaleiden työstö on ollut jokseenkin vaikeaa pienissä tiloissa. Tuotantohallin lattiapinta-ala tuplattiin tuotannon helpottamiseksi. Hallissa ei käytännössä ollut juurikaan vapaata lattiatilaa ennen laajennusta. Laajennus näkyy (Kuva 6) ulospäin ilmanvaihtoputkistossa supistuksena ja putken jatkamisella.



Kuva 6. Kuvassa hallin jatko-osan liitos poistoputkessa

Talvella konepajoilla on usein viileä työympäristö työskentelylämpötilan ollessa vain noin +5 - +10 celsiusta. Tiloissa ei ole juurikaan eristyksiä ja ovetkin ovat raollaan yläosasta kesäisen lintuongelman takia. Työpisteelle enemmän lämpöä halutessa käynnistetään kaasulla toimivat säteilylämmittimet (Kuva 7) seinältä. Säteilylämmittimillä saadaan lämpöä tietyille työpisteille, eikä tarvitse lämmittää koko hallitilaa. Kuvassa 7 näkyy myös hyvin, ettei ilmanvaihtoputkistoja ole lainkaan eristetty.



Kuva 7. Kuvassa hallin yksi useasta kaasusäteilylämmittimestä. Kuvassa on myös raitistuloilmaputki

## 5 ILMANVAIHDON KARTOITUS

Ilmanvaihdon kartoitus tehtiin paikantamaan ongelmakohtia ilmanvaihdossa, jotta varsinainen LVI-suunnittelu pääsee alkamaan. Ongelmien kartoitus oli hyvä tehdä tässä vaiheessa, jotta LVI-suunnittelija on heti tilanteen tasalla suunnittelemaan laatiessaan. Kartoitus myös toimii ongelmien esille tuojana toimihenkilöille ja tätä kautta saa aikaan tarvittavat toimenpiteet.

### 5.1 Konepajan ongelmien paikantaminen

HTK-konepajalla on selkeitä epäpuhtauslähteitä, joiden aiheuttama kuormitus on ilmastoinnin mitoituksen kannalta oleellista. Epäpuhtauslähteitä pyritään hallitsemaan paikallispoistojen avulla, kun yleisilmastoinnilla laimennetaan tilaan pääsevien epäpuhtauksien pitoisuus riittävän alhaiselle tasolle. Yleisilmastoinnin toteutusperiaate pyritään valitsemaan kustannustehokkaasti siten, että oleskeluvyöhykkeelle saadaan mahdollisimman hyvät olosuhteet niin termisesti kuin epäpuhtauksienkin osalta. Kohdetta lähdetään tarkastelemaan jo olemassa olevan sekoittavan ilmanvaihdon näkökulmasta ja pyritään hyödyntämään tilaan syntyvää pitoisuus- ja lämpötilakerrostumaa parantaen näin ilmastoinnin tehokkuutta. Yleisilmanvaihdossa tulo- eli raitisilma puhalletaan voimakkaasti hallin katosta työskentelyvyöhykkeelle. Lämmitysjärjestelmän ollessa samalla korkeudella katossa ilmat sekoittuvat ja puhallettava ilma on lämmintä, mikä ei näin saa aikaan vedontunnetta. Myös lämmitys tehostuu, kun lämmittimien ei tarvitse säteillä niin kaukaa lämpöä työskentelyalueelle sekä ilmanvaihtokoneen oma lämmitys pääsee oikeuksiinsa.

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan (Taulukko 1) keskiraskaan tehdastyön minimimitoitettava ilmavirta on  $1,5 \text{ (l/s) /m}^2$  (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738). Tämä virtaus riittää sekä varaston että tuotantotilojen tuloilmavirraksi. Kokonaisneliömäärä on tuotantotilassa  $751 \text{ m}^2$  ja varastotiloissa  $85 \text{ m}^2$ . Kokonaisneliömäärä tilassa on  $836 \text{ m}^2$ .



Taulukko 1. Rakennusmääräys D2 (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Tehdastyö: –Kevyt –Keskiraskas	10 10	1,5, #4 1,5, #4			0,20 / 0,30 0,25 / 0,50	
Laboratoriot (kemian)	8	1		38 / 43	0,20 / 0,40	#E, T
Autokorjaamo, katsastustilat		7, #5	3	43 / 48	0,25	
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Rakennukseen kuuluvissa toimistotiloissa sovelletaan toimistorakennuksen ohjeita.					
#3	Poistoilmavirtaa ja vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja/tai epäpuhtauksien hallitsemisen edellyttämällä määrällä.					
#4	Ilmanvaihtolaitos mitoitetaan vähintään ko. ilmavirralla. Laitosta voidaan käyttää pienemmällä ilmavirralla työtavoista yms. tehtävän selvityksen epäpuhtauspäästöjen ja lämpökuormien perusteella. Ilman nopeudet ovat esimerkkejä. Työn luonne ratkaisee lämpötilatason ja ilman nopeuden tapauskohtaisesti.					
#5	Edellyttää paikallista pakokaasun poistoa, jonka suuruus on vähintään 100 dm <sup>3</sup> /s henkilöautoille ja 300 dm <sup>3</sup> /s kuorma-autoille. Mikäli käytetään pakokaasunpoistokiskoa, joihin ajoneuvot ovat liitettyinä koko ajan, voi ilmavirta olla 2 (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup> . Poistoilmavirta mitoitetaan ottaen huomioon pakokaasunpoisto siten, ettei tila ole alipaineinen, ks. myös standardi SFS 3352.					
#E	Tapauskohtainen suunnittelu.					
#T	Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön oltava mahdollista.					

Hallialueen kokonaisilmanvaihtotarve saadaan kaavasta

$$q_v = q_u \times A \quad (1)$$

missä

$q_v$  = ulkoilmavirta, l/s

$q_u$  = ulkoilmavirta lattianeliötä kohden, (l/s) /m<sup>2</sup>

A = tuotantoalueen / osaston pinta-ala m<sup>2</sup>

Tuotantotilat  $q_v = 1,5 \text{ (l/s) / m}^2 \times 751 \text{ m}^2 = 1\,126,5 \text{ l/s}$

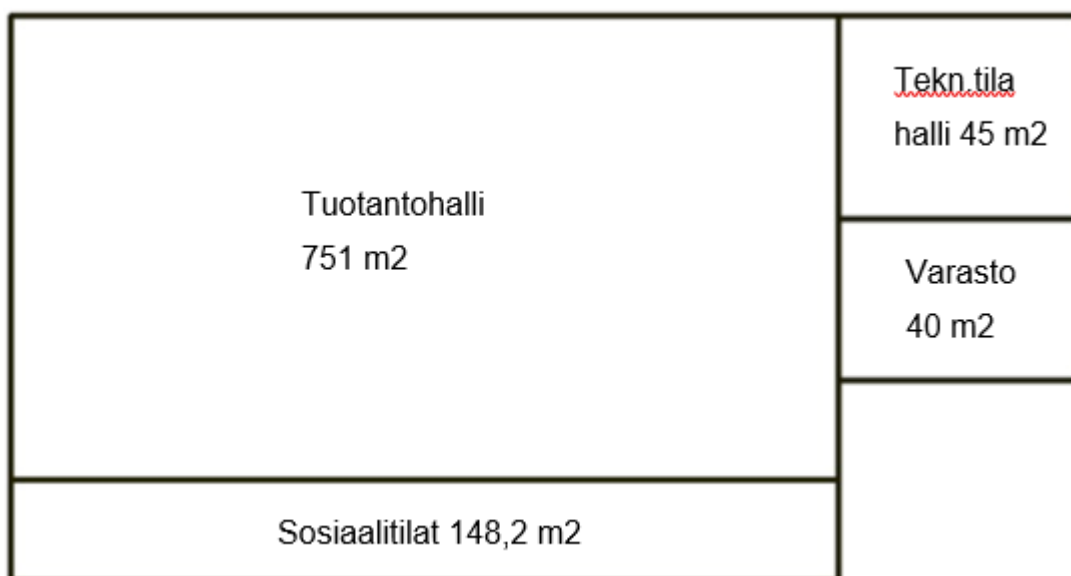
Varasto / halli  $q_v = 1,5 \text{ (l/s) / m}^2 \times 85 \text{ m}^2 = 127,5 \text{ l/s}$

Hallin kokonaistuloilmavirta = 1 254 l/s

Poistoilmavirralla mitoitetaan hieman suurempi ilmamäärä kuin tulopuolelle. Poistoilmaa laskiessa tulee kuitenkin huomioida kohdepoistojen ilmavirta. Halli tehdään tarkoituksella hieman alipaineiseksi.

## 5.2 Sosiaalilat

Hallin yhteyteen (Kuva 8) on tehty myöhemmin sosiaalilat, jotka ovat yhteensä 148,2 m<sup>2</sup>. Sosiaalilat sisältävät konttorin toimihenkilöille, koko henkilöstön tauko- ja ruokailutilat, pukuhuoneen sekä pesuhuoneen.



Kuva 8. Sosiaalilat sijaitsevat heti tuotantohallin vieressä seinän takana

Ilmanvaihto on toteutettu omilla tulo- ja poistopuhaltimilla. Tiloissa on ollut ongelmana riittämätön ilmanvaihto sekä haitallisten kaasujen pääsy tiloihin tuotannon ollessa käynnissä. Asiaan tarkemmin perehdyttyä selvisi, että hallin ja sosiaalilojen välissä oleva ovi on tullut käyttöikänsä loppuun. Ovea ei saanut enää tiukasti kiinni, vaan ovi jäi auki reunoilta ja näin ollen ilmavuoto sosiaalitiloihin päin oli suuri.

Ilmanvaihdon toimintaa tarkasteltaessa huomio kiinnittyi ulkona tuloilman voimakkaaseen ääneen. Äänen tuloa tarkasteltaessa näkyi tuloilman ulkoritilässä sääskiverkko, joka oli tukossa. Ääni kuului siis tukkeutuneesta putken päästä, josta ilma ei enää päässyt kunnolla läpi. Näitä verkkoja ei ole asennettu enää viimeiseen kahteenkymmeneen vuoteen paikalleen juuri tukkiutumisen vuoksi. Tuloilma on siis ollut hyvin rajoitettua, eikä sitä ole ollut saatavilla. Poistoputki on tilan toisella reunalla ja se toimii omalla moottorilla. Poisto on toiminut moitteettomasti.

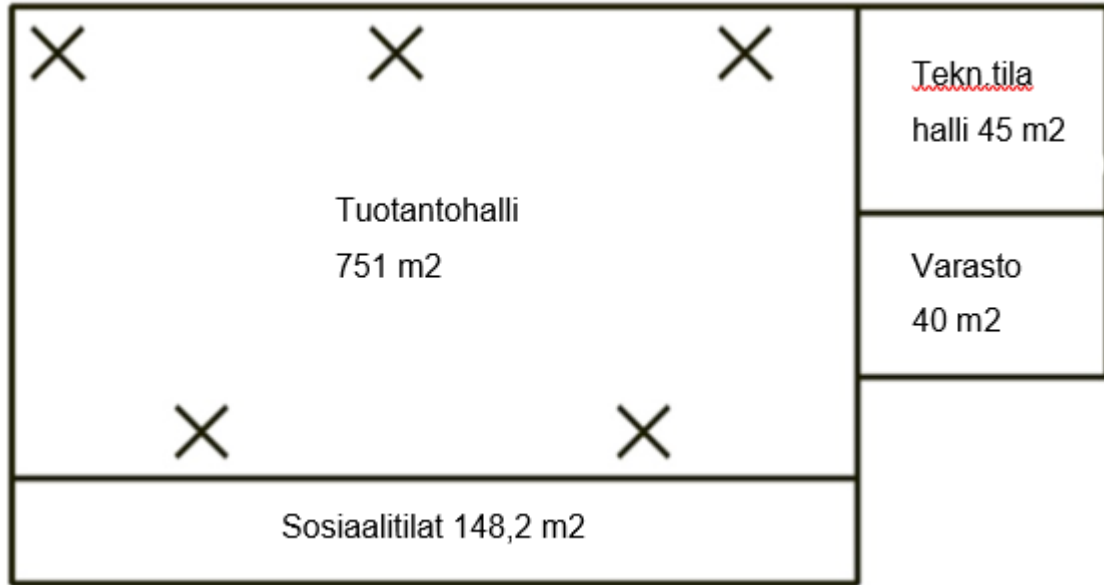
Sosiaalitulojen osalta voisikin todeta, että tilojen ilmanvaihdon toimimattomuus voisi olla seuraus riittämättömästä korvausilmasta. Poistopuhallin on toiminut koko ajan moitteettomasti ja aiheuttanut alipaineen tiloihin. Kun tilasta on poistettu koneellisesti ilmaa, on korvausilma todennäköisesti tullut tuotantohallin rikinäisestä ovesta epäpuhtauksineen, tasapainottamaan alipainetta.

### 5.3 Kohdepoistot

Kohdepoistot ovat olleet käytännössä käyttämättöminä, koska joko ne eivät toimi tai ne ovat sijoitukseltaan väärässä paikassa. Hallin tuotannossa on tapahtunut muutoksia työstöpisteiden osalta ja kohdepoistot ovat jääneet vanhoille paikoilleen. Muutokset ovat jääneet tekemättä toimintojen muuttuessa.

Kohdepoistojen asettelussa haastateltiin HTK-konepajan tuotantopäällikkö Jussi Immosta. Kohdepoistojen asettelu tulisi olla lähellä niitä pisteitä, joissa ollaan tekemisissä kaasuuntuvien aineiden kanssa. Esimerkiksi tällä hetkellä hitsauskaasut jäävät leijumaan hallin ilmaan, mikä talvella on selvästi havaittavissa höyryntymisen vuoksi. (Immonen 2018.)

Epäpuhtaudet tulisi poistaa hallista jo suoraan työvaiheessa, jotta ne eivät jäisi yleisilmanvaihdon poistettavaksi. Yleisilmanvaihto poistaa epäpuhtaudet ilmasta, mutta toiminta on huomattavasti hitaampaa kuin kohdepoistolla suoraan työpisteeltä. Kohdepoistojen uudelleenjärjestämisellä (Kuva 9) sekä kohdepoistojen toimintaan laittamisella niin, että ne ovat helposti saatavilla ja käytössä, saadaan jo tuotantohallin ilmanvaihtoa huomattavasti parannettua. Näin poistuu suuri osa epäpuhtauskuormasta pois jo ennen kuin siitä on tullut ongelma tuotantohallissa. Työntekijät huomaavat nämä kaasut ensimmäisenä ja päivän niissä oleskeltuaan kaasut ovat muodostuneet jo merkittäväksi terveysriskiksi. Työntekijöitä tulisi myös ohjeistaa käyttämään kohdepoistoja, kun ne on muutettu toimiviksi ja oikeille paikoilleen jo työturvallisuuden myötä.



Kuva 9. Kohdepoistojen uudelleen asettelu merkitty x-kirjaimella (Immonen, 2018)

Kohdepoistot sijoitetaan vanhoja poistopisteitä uudelleen hyväksikäyttäen hallin takaseinälle. Kaksi kohdepoistoa jää omalle paikalleen, kuten laserleikkauspisteen viereen. Takaseinällä on tällä hetkellä yksi kohdepoisto valmiina ja sinne siirretään lisäksi yksi kohdepoisto toiselta seinältä. Suunnitelmissa oli myös saada keskelle hallia oma poistopiste, mutta hallinosturin kulkiessa katossa ei ole mahdollista tuoda poistoputkea katon kautta keskelle hallia. Keskimäinen kohdepoisto takaseinällä varustetaan pitemmällä ulottuvuudella, jotta se saadaan yltämään keskelle tuotantohallia (Kuva 10). Näin saadaan aikaan kattava poistopisteiden sarja ja työstöstä aiheutuneet epäpuhtaudet hallintaan.

Kohdepoistoja löytyy tällä hetkellä hallista kolme kappaletta. Hankkimalla kaksi uutta kohdepoistoa 9 metrin ulottuvuudella ja entisten uudelleen järjestämisellä, saavutetaan tuotantohallissa kattava poistopuhallus. Kustannukset jäävät kohdepoistojen parannuksessa kohtalaiselle tasolle, verraten poistojen tärkeyteen ja hyötyyn mikä niistä saadaan. Kohdepoistojen käyttöönotto-opastus on erittäin tärkeä osa HTK-konepajan sisäilmaston parannustyötä, koska tällä hetkellä ne eivät toimi lainkaan.





Kuva 10. Kohdepoisto 9m (verkkokauppa. masino.fi. 21.4.2018)

#### 5.4 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokone on tällä hetkellä 80- luvulla itse suunniteltu malli. LTO on toteutettu mielenkiintoisella, mutta jokseenkin toimivalla tavalla. Koneessa on tulo- ja poistopuhallin, sekä ilmanakanavat tulevat ulkoa koneelle hallin molemmilta reunoilta. Molemmat kanavat ovat lähes identtiset ja sisältävät ”terästiiliä”. Ilma ohjataan magneettiventtiileillä vaihtumaan vuorotellen viiden minuutin välein eri kanavaan. Kun poistoilma poistetaan kanavaa myöten, tiilirykelmä lämpenee kanavassa ja kun venttiili käännetään toiseen suuntaan ilmavirran kääntyessä liikkuu toiseen suuntaan, tiilirykelmä luovuttaa lämmön tuloilmalle. Yksinkertainen toiminto, mutta käytännössä todettu toimivaksi. Lämmöntalteenoton tehokkuutta ei tiedetä, mutta se on luultavasti paljon heikompi kuin markkinoilla olevissa uusissa. Ilmanvaihtokone sisältää myös lämpövastuspatterin 43 kW. Kanavistoissa on lämpömittarit tulo- ja poistoilmalle. Talviaikaan HTK-konepajalla on seurattu lämpömittareita kovilla pakkasilla ja mittari on näyttänyt aina tuloilmaksi noin 20 asteista ilmaa. LTO:n vaikutusta tuloilmaan ei voida laskea, eli ilman lämmittämiseen käytetään suurimmaksi osaksi IV-koneen lämpöpatteria. Lämpöpatteri todennäköisesti on kovilla pakkasilla koko ajan päällä. Näin ollen se on suuri energian syöjä. Sähkönkulutus on myös hankala laskea, koska saman sähkötaulun takana toimivat kolme hallia ja jokaisessa niissä on oma ilmanvaihto, lämmitys ja tuotantokulutus. Lisäksi kaikki sosiaalitulat, työntekijöiden autonlämmitykset,

ruuan valmistus ja kurottajan lataaminen ovat kaikki saman sähkötaulun takana. Laskelmia pystyy tekemään, mutta ne ovat ainoastaan suuntaa-antavia.

Ilmanvaihtokoneessa on kaksi 2 kW kaksitoimimoottoria (Kuva 11), jotka voitaisiin laskea toimimaan 70 % teholla ympäri vuoden. Tällä laskulla saadaan selville moottoreiden tehon tarpeen.

Moottoreiden teho	2 kW / kpl
Moottorin oletettu 70% teho	1,4 kW
Vuorokauden kulutus / moottori	24h x 1,4 kW = 33,6 kW/h
Vuodessa	33,6 kW/h x 365 = 12 264 kW/h
Kaksi moottoria	2 x 12 264 kW/h = 24 528 kW/h



Kuva 11. Tyypikilpi IV-koneen moottorin kyljestä

Lämmityksenä IV-koneessa on 43 kW lämpövastus (Kuva 12). Tällä vastuksella lämmitetään koko tuotantohalli pienestä lämmöntarpeesta suureen.



Kuva 12. Tyyppikilpi IV-koneen lämpöpatterin kyljestä

Oletuksena voitaisiin laskea tuon 43 kW olevan koko ajan päällä 3 kuukauden ajan. Konepajan sisäilmasto on noin + 7 asteen tienoilla kylmänä aikana, joten oletuksena 3 kuukautta voisi olla realistinen kulutus siitä, mitä lämmitys on toiminnassa. Tuolloin sähkönkulutus olisi:

Lämmityksen teho	43 kW
Vuorokauden kulutus	24h x 43 kW = 1032 kW/h
Kuukauden kulutus	30d x 1032 kW/h = 30 960 kW/h
Kolmessa kuukaudessa	3 x 30 960 kW/h = 92 880 kW/h

Tämä oletettava sähkönkulutuksen tulos ilmanvaihtokoneessa on:

Moottoreiden teho vuodessa	24 528 kW/h
Lämmityksen teho vuodessa	92 880 kW/h
yhteensä	117 408 kW/h

Kartoittaessa konepajan tilannetta otettiin yhteyttä Onninen Oy:ssä toimivaan LVI- alan insinööriin Ville Isoniemeen sekä Jaakko Laurilaan, joka on LVI-alan insinööri Rakennusteho Oy:ssä. Heitä konsultoimalla ja pyytämällä ammattimaista apua, saatiin ohjausta hakemaan kokonaan vaihtoehtoista konetta tarjouspyynnöllä, vertaamiseksi vanhaan iv-koneeseen. Pyydettiin tarjous Isoniemen ohjauksesta HTK-konepajan spekseillä uudesta ilmanvaihtokoneesta Vekair Oy:stä, Kumpumäeltä. (Isoniemi, 2018; Laurila, 2018.)

Vekair Oy:n palvelu oli esimerkillistä ja tarjous tuli nopealla toimituksella ja ammattitaidolla. Tarjouksessa oli kaksi vaihtoehtoa: levysiirrinkone tai glykolipatterikone. Konepajoissa poistopuolen suodatin lämmöntalteenotossa tukkeutuu helposti hitsaussavusta. Glykolipatterikoneessa on Cu/Al 3mm lamellipatteri, joka on tarvittaessa vesipestävä, kun taas levysiirrinpatteri on vaikeampi pestävä syvemmän lamellirakenteen vuoksi. (Kumpumäki 2018.)

Tulevissa laskuissa käytetään esimerkkinä glykolipatterikone (Liite 2). Uuden ilmanvaihtokoneen tarkemmat speksit ovat liitteessä, mutta osa olennaisista löytyy myös alta (Taulukko 2, 3 ja 4). Tarjouksen kone on laskettu ylläpitämään konepajan työskentelylämpö tuotantotiloissa samana, kuten aiempikin kone on toiminut.

Taulukko 2. Uuden iv-koneen puhaltimen teho-ominaisuudet

<b>PUHALLIN Ø400</b>		
Virtalaji	400V/3-v/50Hz	
Moottorin akseliteho	0.85	kW
Nimellisteho	1.50	kW
Nimellisvirta	3.68	A
Nimellinen pyörimisnopeus (50 Hz)	1450	1/min
Hyötysuhde	83	%
Moottorin verkosta ottama sähköteho toimintapisteessä	1.09	kW
Moottorin taajuus toimintapisteessä	72	Hz
Moottorin sallittu maksimitaajuus	86	Hz
Tarkastusikkuna vakiovarusteena		
<b>Valaisin IP 44</b>		
<b>Kytkin ja johdotus valaisimelle</b>		
<b>Turvakytkin asennettuna</b>		
<b>Näytöllinen mittari</b>		

Taulukko 3. Uuden IV-koneen lämmityspatterin ominaisuudet

<b>LÄMMITYSPATTERI VESI 3C TV3</b>		
Ilmavirta	1.3	m <sup>3</sup> /s
Lämmitysteho	34.0	kW
Putkirivit / lamellijako	2 / 2.0	mm
Otsapintanopeus / painehäviö	1.8 m/s / 21	Pa
Ilman lämpötila, tuleva / lähtevä	-7.8 / 14.0	°C
Lämmönsiirtoneste	Vesi	
Tuleva / lähtevä neste	60.0 / 40.0	°C
Nestevirta / nopeus / painehäviö	0.41 l/s / 0.83 m/s / 6.5	kPa
Nestetilavuus	5	l
Putkiyhteet, kierreltiitos	DN25	
--		

## Taulukko 4. Uuden IV-koneen lämmöntalteenoton ominaisuudet

**LÄMMÖNTALTEENOTTO-OSA 3D Z=16 TULO**

Ilmavirta	1.3	m <sup>3</sup> /s
Lämmitysteho	61.2	kW
Tuloilman lämpötilahyötysuhde	76	%
Putkirivit / lamellijako	16 / 2.0	mm
Otsapintanopeus / painehäviö	1.5 m/s / 142	Pa
Tuleva ilma: lämpötila / kosteus / entalpia	-32.0 °C / 90 % / -31.6	kJ/kg
Lähtevä ilma: lämpötila / kosteus / entalpia	7.2 °C / 4 % / 7.8	kJ/kg
Lämmönsiirtoneste	Etyleeniglykoli 30	%
Tuleva / lähtevä neste	8.8 / -13.9	°C
Nestevirta / nopeus / painehäviö	0.70 l/s / 0.82 m/s / 83.6	kPa
Nestetilavuus	52	l
Putkiyhteet, laippaliitos	DN25	

Uuden IV-koneen lämmöntalteenotto toimii huomattavasti paremmin kuin vanhan. Toimintaperiaate on aivan täysin eri, mutta ikävä kyllä täytyy todeta, ettei vanhan arvoja päästä laskemaan muuten kuin purkamalla kone. Ja mikä tuskin kannattaa. Aiempi laskutoimitus perustui olettamukseen, kuten oletetaan seuraavassa laskussa. Uudessa IV-koneessa LTO toimii huomattavasti paremmin kuin vanhassa, mutta uuden lämpöpatteri on 9 kW pienempi kuin vanhan. Joten oletetaan uuden koneen lämmöntalteenotto toimii niin paljon paremmin, että voidaan jättää se huomiotta teho erot ja sijoitetaan vain arvot suoraan samaan kaavaan lämmöntalteenottoa huomioimatta.

Moottoreiden teho	1,1 kW / kpl
Vuorokauden kulutus / moottori	24h x 1,1 kW = 26,4 kW/h
Vuodessa	26,4 kW/h x 365 = 9 636 kW/h
Kaksi moottoria	2 x 9 636 kW/h = 19 272 kW/h
Lämmityksen teho	34 kW
Vuorokauden kulutus	24h x 34 kW = 816 kW/h
Kuukauden kulutus	30d x 816 kW/h = 24 480 kW/h
Kolmessa kuukaudessa	3 x 24 480 kW/h = 73 440 kW/h
Moottoreiden teho vuodessa	19 272 kW/h
Lämmityksen teho vuodessa	73 440 kW/h
yhteensä	92 712 kW/h

Uuden ja vanhan vertailu sähkönkulutuksessa vuodessa

Vanha yhteensä	117 408 kW/h
<u>Uusi yhteensä</u>	<u>92 712 kW/h</u>
erotus	24 696 kW/h

$$24\,696 \text{ kW/h} \times 0,1 \text{ €} = 2\,469,6 \text{ € (sis. sähkösiirron)}$$

Uuden ilmanvaihtokoneen hankintahinta tarjouksen mukaan on 17 500 €

Takaisinmaksuaika koneella on tuolloin  $17\,500,00 \text{ €} / 2\,469,6 \text{ €} = 7$  vuotta

Asennukselle ei ole tässä vaiheessa laskettu hintaa. HTK-konepajalla löytyy omastakin henkilökunnasta asiantuntevaa LVI-asennustaitoa ja näin ollen osa työstä menisikin omakustannehintaan, joten tätä ei kannata laskea selvitykseen. Lisäksi jo olemassa oleva putkisto / kanavisto on todennäköisesti hyödynnettävissä myös uuden koneen tullessa. Lopullinen työmäärä selviää LVI-suunnitelman myötä.

## 5.5 Kanavisto

Teollisuushallien ilmanvaihdon kanavistot toteutetaan samalla tavalla kuin mikä tahansa muukin ilmanvaihdollinen kohde. Kanavistot pyritään tekemään mahdollisimman tasapainoisesti, jotta ne voidaan toteuttaa paineita korottamatta. Kanavat sijoitetaan prosessi- ja rakennusvaatimuksien mukaan mahdollisimman suotuisaan paikkaan. Kanavistona käytetään normaalia teräskanavaa ja mitoitus tapahtuu rakennusmääräysten mukaan.

HTK-konepaja Oy:llä kanaviston mitoitus on vähintäänkin riittävä. Putkisto on oikeassa paikassa, mutta puhdistuksen ja säätämisen tarpeessa. Sekoittava yleisilmanvaihto on toiminnaltaan vielä nykypäivänä samanlainen kuin jo aiemmin konepajalla suunniteltu putkisto. Tämä on edelleen käytössä. Syrjäyttävää ilmanvaihtoa ei tällä hetkellä pystyisi toteuttamaan, koska se vaatisi lattiapinta-alaa,

eikä sitä ole ilman layout-muutosta mahdollista saada. Putkiston paikkaa ei kannata lähteä muuttamaan, koska siitä saatavaa hyötyä ei saada siirron kustannukset huomioiden. Putkisto tulisi kuitenkin eristää, ettei lämpö karkaa lämmittämään hallin yläosaa, jossa lämpöä ei kaivata. Eristyksen vahvuus on 25 millimetrin solukumieriste. (Mäläskä 2018). Putkisto on sinällään toimiva ratkaisu, kunhan vaadittavat huoltotoimenpiteet eristyksineen suoritetaan välittömästi.

## 5.6 Kustannukset

Kustannukset tulevat olemaan kohtuulliset, jos ajatellaan suhteessa hallin koon. Seuraavassa laskelmassa ei ole otettu huomioon työn osuutta. HTK-konepajalla on mahdollista käyttää omaa työosaamista ilmanvaihdon parantamisessa, jolla saadaan aikaan suurehkot säästöt loppusummaan.

Ilmanvaihtokoneen tarjous (Liite 1) alv 0%                    17 500,00€

Kohdepoistojen muutostyö + 2 kpl uutta poistopuhallinta läpivienteineen.

Materiaalin kokonais hinta-arvio yhteensä n.            5 000,00€

Putkistoeristys 400 mm putki 25 mm solukumi    22,90 € / 1m

Tuotantohallissa yhteensä noin 130m kanavaa

Putkistoeristysmateriaalin hinta n.                    3 000,00€

## 6 POHDINTA

Työ oli vähintäänkin tarpeellinen HTK-konepajalle. Kartoituksen tavoitteena oli löytää ja havainnoida hallitilan olemassa olevia ongelmia. Työntekijöiden kertomukset osoittautuivat paikkaansa pitäviksi ja tuotantohallin epäpuhdas ilma on tosi asia. Toivonkin tämän kartoituksen saavan huomiota toimihenkilöiden parissa ja saavan aikaan konkreettista muutosta. Tässä kartoituksessa havainnoidut viat / puutteet tulisi vastaanottaa, sillä vakavuudella, jota ne pahimmassa tapauksessa esittävät. Työntekijöiden työviihtyvyys, sairaslomat, jaksaminen ja moni muu tärkeä asia todennäköisesti tulisi paranemaan merkittävästi. Toteutuessaan tässä olisikin hyvä opinnäytetyön aihe seuraavalle opiskelijalle: "ilmanvaihdon saneerauksen merkitys työhyvinvointiin".

Ilmanvaihdon saneeraustyön karkea hinta-arvio on aika maltillinen. Vastaava hyöty on laadullisesti ja työmäärällisesti verrattuna hintaan jopa kohtuullinen. Kalleimman laitteen takaisinmaksuajan jäädessä seitsemään vuoteen, kun verrokina on pelkkä sähkönhinta ilman muita hyödykkeitä, on melko maltillinen. Sisäilmaston parantuessa positiiviset vaikutukset vaikuttavat myös tuotteen laatuun, työhyvinvointiin ja sitä myötä tehokkuuteen. Toisin sanoen hyvästä sisäilmastosta hyötyisivät kaikki, sen ollessa todellinen Kaikki voittavat -ratkaisu.

Tämä työ on avannut silmiäni jo tiedossa olevalle asialle. Monet välttämättömät huollot jäävät liian usein tällaisissa organisaatioissa vähemmälle huomiolle. Autossakin on öljyn vaihtoväli ja yleensä ihmiset sitä noudattavat, koska kojetaulu sen muistuttaa kilometrien / ajan tullessa täyteen. Rakennuksissakin on nykyään huoltokirjat, jotka opastavat huolto-ohjelmaa noudattaen pitämään rakennuksesta huolta, esimerkiksi suodattimien vaihto. Konepaja oli hyvä esimerkki näyttämään, ettei kyseistä huolto-ohjelmaa välttämättä noudateta monissakaan rakennuksissa. HTK-konepajan ilmanvaihtoputkissa voi olla "jonkin verran" epäpuhtautta sisällä, mitä nyt putken päältäpäin katonrajaan saakka ei näe. Putkistoilla / kanavistoilla huolto-ohjelmaa ei ole noudatettu.

Opinnäytetyön tarkoitus oli olla kartoittava esityö, kartoittaen todelliset ongelmatkohdat ennen LVI-suunnitelmaa. Toisinaan oli hankalaa olla kartoittajan roolissa,



kun ratkaisu näkyi jo selvästi edessä. Tämä loi työlle erinäisen jännitteen, koska en voi olla LVI-alan suunnittelija konetekniikan opiskelijana. Uskon kuitenkin tässä onnistuneeni. Pysyin roolissani ongelmien kartoittajana.

Työ herätti mielenkiinnon HTK-konepaja Oy:tä kohtaan ja haluaisinkin olla tietoinen siitä, mitä tulevina kuukausina / vuosina konepajalle tehdään ilmanvaihdon osalta. Myös mahdolliset jatkotutkimukset jäävät kiinnostamaan.

## LÄHTEET

Asiakastieto 2018. Asiakastiedot. Viitattu 8.5.2018 <https://www.asiakastieto.fi/yri-tykset/fi/htk-konepaja-oy/05994366/taloustiedot>.

Heikkilä, M. 2018. HTK-konepaja Oy. Toimitusjohtajan haastattelu 16.4.2018

Heiskanen, P. 2010. Teollisuushallin ilmanvaihto. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Opinnäytetyö.

Immonen, J. 2018. HTK-konepaja Oy. Tuotantopäällikön haastattelu 16.4.2018

Isoniemi, V. 2018. Onninen Oy. LVI-insinöörin haastattelu. 11.4.2018

Kumpumäki, M. 2018, Vekair Oy, Ilmanvaihtokone. Sähköposti juha-matti.ahola@gmail.com. Tulostettu 19.4.2018

Laurila, J. 2018. Rakennusteho Oy. LVI-insinöörin haastattelu 9.4.2018

Masino 2018. Kohdepoistopuomi Plymex flexi 9m. Viitattu 21.4.2018 <https://verk-kokauppa.masino.fi/tuote/v53030/p-044/kohdepoistopuomi-plymex-flexi-9-m/5555803/1>.

Mäläskä, M. 2018. Kymppi Group Oy. Tarjouslaskijan haastattelu 23.4.2018

Partanen, M. 2012. HTK-konepajan layoutin tarkastelu ja kehittäminen. Kemi Tornion ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Insinöörityö

Pekonen, M. 2013. Konepajan ilmanvaihdon ja lämmityksen saneerauksen suunnittelu. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Energiatekniikka. Opinnäytetyö.

Sisäilmayhdistys 2018. Sisäilma oireet. Viitattu 21.4.2018 <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>.

Työturvallisuuslaki 738/2002

Vainio. J 2018. HTK-konepaja Oy. Työntekijän haastattelu 15.3.2018

**LIITTEET**

Liite 1. Vekair Oy, tarjous

Liite 2. Vekair Oy, tuotetiedot