



Jani Seppä

LVI-laboratorion ilmanvaihtokana- viston suunnittelu opetuskäyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

24.4.2021

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Jani Seppä
Otsikko:	LVI-laboratorion ilmanvaihtokanaviston suunnittelu opetus- käyttöön
Sivumäärä:	24 sivua + 2 liitettä
Aika:	24.4.2021
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	LVI-urakointi
Ohjaaja:	laboratorioinsinööri Ari Hokkanen

Metropolia-ammattikorkeakoulun Myllypuron kampuksella on uudenkarhea LVI-laboratorio, johon pääsin suunnittelemaan opetuskäyttöä varten ilmanvaihtokanaviston. Metropolian uudella kampuksella on käytetty uusinta teknologiaa aina ilmanvaihtojärjestelmää myöten. Opiskelijoilla on siis loistava tilaisuus tutustua ilmanvaihtojärjestelmien uusimpiin kehitysaskeliin.

A-siiven K-kerroksessa sijaitsevaan LVI-laboratorioon lähdettiin suunnittelemaan opetuskäyttöä varten kompakti ilmanvaihtojärjestelmä. Tarkoituksena on havainnollistaa opiskelijoille ilmanvaihtojärjestelmien toimintaperiaate yksinkertaisuudessaan sekä tietysti päästää opiskelijat tutustumaan järjestelmään käytännönläheisten tehtävien avulla. Opiskelijat pääsevät siis mittailemaan sekä säätämään kanaviston osia. Mikä parasta, opiskelijat pääsevät tutustumaan ilmanvaihtokoneeseen sekä sen komponentteihin ja toimintaperiaatteeseen lähietäisyydeltä.

Ilmanvaihtokanavistoista tehdään mittakaavassa 1:50 suunnitelmat, jotka sisältävät muutamia leikkauskuvia kanavistosta.

Avainsanat: ilmanvaihto, ilmanvaihdon suunnittelu

Abstract

Author(s): Jani Seppä
Title: Design of Ventilation Ductwork in HVAC Laboratory for Teaching Purposes
Number of Pages: 24 pages + 2 appendices
Date: 24 April 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building services Engineering
Specialisation option: HVAC Contracting
Instructor: Ari Hokkanen, Laboratory Engineer

The final year project comprised the design of the ventilation ductwork of the brand new HVAC laboratory at the Helsinki Myllypuro campus of Metropolia University of Applied Sciences for teaching purposes. The latest technology was to be used to give the students an opportunity to get familiar with the most up to date system updates.

The design began with measuring the laboratory. Second, the ductwork was drafted on paper. After check measurements the design was finalised. The design was done in a scale of 1:50, with some cutaway drawings of the completed ductwork.

The designed system demonstrates the operating principles of a ventilation system, as well as offers the students hands-on experience with the system and its functions. They can adjust the operational settings and measure the output. The students will be able to engage with the ventilation system interface, components, and operating principles on a practical level, from up close.

Keywords: ventilation, ventilation design

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Suunnitteluvaihe	2
2.1	Kanavisto	3
2.2	Päätelaitteet	4
2.2.1	Tulolaitteet	4
2.2.2	Poistolaitteet	8
2.3	Pohjakuvat	11
3	Järjestelmän hyödyntäminen opetuksessa	12
3.1	Mittaustyöt ja mittarit	13
3.1.1	Ilmavirta- ja painemittari	13
3.1.2	Äänimittari	14
3.1.3	Hiilidioksidipitoisuuden mittari	15
3.1.4	Suhteellisen kosteuden mittari	15
3.1.5	Lämpötilamittari	15
3.2	Säätötyöt	16
3.2.1	Säätöpellit	16
3.2.2	Sulkupellit	17
3.2.3	Päätelaitteet	17
4	Työohjeet	18
4.1	Ilmavirta- ja paine-eromittaus	18
4.2	Hiilidioksidipitoisuuden mittaukset	19
4.3	Suhteellisen kosteuden mittaus	19
4.4	Lämpötilan mittaus	20
4.5	Äänimittaus	21
5	Yhteenveto	22
	Lähteet	24
	Liitteet	25
	Ilmanvaihdon pohjakuva	25
	Detaljikuvat	26

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Metropolian ammattikorkeakoulun kanssa, ja sen tarkoituksena oli suunnitella Myllypuron kampuksen LVI-laboratorioon ilmanvaihtojärjestelmä opetuskäyttöön. Tarkoituksena oli ideoida paikka, jossa opiskelijat pääsevät itse suorittamaan mittauksia ja säätöjä ilmanvaihtojärjestelmän komponenteilla. Opiskelijoille harvoin pystyy opettamaan ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa niin hyvissä olosuhteissa kuin Myllypuron kampuksen LVI-laboratoriossa. Laboratoriossa pystyy loistavasti yhdistämään teorian ja käytännölläheisyyden, mikä mahdollistaa opiskelijoille hyvän oppimisympäristön.

Ilmanvaihto on tärkeimpiä talotekniikan osa-alueita. Ilmanvaihdon tarkoitus on pitää sisäilma ihmiselle terveellisenä, viihtyisänä ja mahdollisimman raikkaana. Ilmanvaihdon avulla poistetaan ilmasta epäpuhtauksia ja tuodaan tilalle raikasta ja puhdasta ilmaa. Suunnittelu onkin tärkeää tehdä huolellisesti ja aikaa määrittämättä, jotta lopputulos olisi miellyttävä.

Myllypuron kampuksen LVI-laboratorion ilmanvaihtojärjestelmän tarkoitus on havainnollistaa ilmanvaihtolaitteiston toimintaa. Ilmanvaihtokone ei ole siis suunniteltu minkään erityisen tilan ilmanvaihtoon. Tarkoitus on opettaa opiskelijoita tulkitsemaan pohjakuvia sekä tekemään mittauksia ja säätöjä järjestelmään. Laboratoriosta luodaan pohjakuvat, jota voidaan hyödyntää laitteiston tulkitsemisessa. Järjestelmästä luodaan erilaisia tehtäviä, joita opiskelijat tekevät, kuten ilmamäärän ja paine-erojen mittaamista, erilaisia laskemistehtäviä sekä säätöön liittyviä tehtäviä. Kanavistoon asennetaan erilaisia tulo- ja poistolaitteita sekä kanaviston teknisiä osia, jotta tehtävistä saadaan mahdollisimman monipuolisia.

2 Suunnitteluvaihe

Projektia lähdettiin suunnittelemaan yhdessä ohjaavan opettajan Ari Hokkasen ja lehtori Markku Leinon kanssa. Tarkoituksena oli suunnitella Myllypuron kampuksen LVI-laboratorioon ilmanvaihtojärjestelmä, jonka avulla opiskelijat tutustuvat ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteeseen. Opiskelijoilla olisi tilaisuus päästä itse mittailemaan sekä säätämään järjestelmää.

Projektia oli sikäli jo aloitettu, että kohteeseen oli hankittu ilmanvaihtokone, joka on asennettu kolme metriä korkean huoltotason päälle. Koneen ulkoilmakanava sekä jäteilmakanava olivat kytkettyinä. Tässä tapauksessa, kun kyse on oppimistarkoitukseen suunnitellusta koneesta eikä kone palvele mitään tiettyä aluetta, sen kanavat on johdettu seinästä ulos, kuitenkin huomioiden turvaetäisyydet. Normaalistihan jäteilmakanava nousisi katolle. Tulo- ja poistokanaviston suunnittelu oli projektin tarkoitus. Kone oli alun perin suunniteltu olemaan lattialla, mutta suurehkon koneen sekä rajallisen tilan vuoksi se päätettiin nostaa huoltotasolle. Huoltotaso on leveydeltään noin kuusi metriä ja pituudeltaan noin yhdeksän metriä. Tulo- ja poistokanavisto on tarkoitus suunnitella huoltotason alapuolelle ja siten, että päätelaitteisiin olisi mahdollista päästä käsiksi ilman korkeita tikkaita.

Hokkanen ja Leino kertoivat toiveitaan, mutta pääasiassa he antoivat hyvinkin vapaat kädet. Kanavistosta oli tarkoitus tulla symmetrinen ja visuaalisesti silmää miellyttävä. Toiveena oli, että kanavistoon voisi suunnitella erilaisia pääte-elimisiä sekä suutinkanavan. Hokkanen pitää koululla mittauskursseja ja on huomannut, että säleiköistä mittaaminen on tuottanut oppilaille ongelmia, joten niitä olisi hyvä olla valittujen päätelaitteiden joukossa. Suutinkanavia on käytetty Myllypuron kampuksella opetustilojen ilmanvaihdossa, joten niiden mittaamista ja säätämistä olisi hyvä päästä harjoittelemaan laboratoriossa.

Projektin aluksi mittailin laboratoriossa etäisyyksiä sekä suunnittelin kanaviston reititystä. Huoltotason alapuolelle on asennettu vesiputkia, paisuntasäiliö ja va-

laisinkiskoja sekä sähköarina. Huoltotaso on kannatettu 14 mm:n paksuisilla teräspalkeilla. Kaikki mahdolliset esteet korkeussuunnassa sekä sivuttaissuunnassa otettiin huomioon. Kanaviston suunnitelmaa lähdin aluksi hahmottelemaan paperille. Tarkoituksena oli saada kaikki runko- sekä haarakanavat asennettua mahdollisimman ylös. Kyt kentäkanavilla olisi tarkoitus tuoda laitteet noin kahden metrin korkeudelle, josta pääsisi helposti päätelaitteisiin käsiksi.

Piirsin kohteesta paperisena luonnoksen, joka on tämän työn liitteissä. Kuva on mittakaavassa 1:50, ja siitä on tehty muutamia leikkauskuvia. Näitä kuvia on tulevaisuudessa helppo siirtää, vaikka MagiCadiin ja sitä kautta 3D-malliin.

2.1 Kanavisto

Tulo- ja poistokanavat on suunniteltu toteutettavaksi pyöreistä kierresumakanavista ja osittain kanttisista peltikanavista. Ilmanvaihtojärjestelmissä eniten käytetty kanavamateriaali on sinkitystä teräksestä valmistettu kierresaumakanava. Kierresaumakanavat ovat hinta-laatusuhteeltaan erinomaisia, kestäviä sekä paloturvallisia.

Tulo- ja poistokytkennät tehdään 500 mm:n kanavilla ilmanvaihtokoneeseen. Kanavistoa suunniteltaessa pyrittiin välttämään turhia alituksia tai ylityksiä. Kanaviston visuaalinen ilme pyrittiin pitämään mahdollisimman suoraviivaisena sekä yksinkertaisena lukuun ottamatta yhtä kanavan haaraa, jonka tarkoitus on havainnollistaa kanavistossa tapahtuvaa painehäviötä, kun asennetaan paljon erilaisia supistavia osia sekä käyriä. Kanaviston kytkentähaarat varustetaan säätöpelleillä. Kanaviston yhteen tulo- sekä poistohaaraan suunniteltiin sulkupellit, jotta kanaviston paineita olisi helpompi säädellä. Näin pystyy helposti havainnollistamaan, mitä tapahtuu, kun kanavistossa oleva paine kasvaa.

Kaikki kanaviston päätelaitteet on tarkoitus asentaa kahden metrin korkeudelle lattiapinnasta. Runkokanavista otetaan haarat alaspäin, jolla tuodaan päätelaitteiden kytkentäkanavat halutulle korkeudelle.

2.2 Päätelaitteet

Valintaa tehdessä pyrin valitsemaan hyvin paljon erilaisia laitteita, jotta mittauksia sekä säätöjä tehdessä oppimistulos olisi monipuolinen. Laitteiden toimittajaksi ja valmistajaksi valitsin Oy Lindab AB:n. Yhtiö tuottaa paikallisesti muun muassa korkealuokkaisia ilmanvaihtokanavia ja -osia, äänenvaimentimia sekä katto- ja seinäprofiileita. Ainut poikkeus oli suutinkanavan toimittajaa ja valmistajaa valittaessa. Myllypuron kampuksella on käytetty Fläktwoodsien suutinkanavia, joten laboratorioon haluttiin tuoda saman laitevalmistajan tuote.

Päätelaitteita valittaessa on tärkeää huomioida rakennuksen käyttötarkoitus, määräykset sekä vaatimukset. Laitteiden tekniset ominaisuudet eroavat toisistaan suurella skaalalla, vaikka laitteita on nykyään melkoinen liuta valittavissa. Laitteille on myös erilaisia asennustapoja, tulee miettiä, tulevatko laitteet seinään vai kattoon. Lisäksi tulee miettiä, jäävätkö laitteet näkyviin vai asennetaanko esimerkiksi alaslaskettuun kattoon. Valittaessa laitteita opetuskäyttöä varten LVI-laboratorioon ei ole mitään määräyksiä tai vaatimuksia, koska ilmanvaihtojärjestelmä ei palvele mitään tiettyä aluetta. Oli kuitenkin tärkeää järjestelmän käyttötarkoituksen vuoksi valita laitteet tarkkaan ja harkiten.

2.2.1 Tulolaitteet

Tuloilman päätelaitteet tulee valita huolella ja harkiten. Tuloilmasta puhuttaessa otetaan huomioon päätelaitteessa olevat säleet, suuttimet taikka venttiili. Kaikki laitteet eivät sovi jokaiseen kohteeseen tai tilaan. Tuloilmalaitteissa on erilaisia heittokuvioita ja äänitekniisiä eroja. Moniin laitteisiin on nykypäivänä rakennettu integroitu säätöosa, joka helpottaa ilman säätämistä ja mittaamista. Mikäli säätöosaa ei päätelaitteista löydy, voidaan käyttää erikseen myytäviä liitäntälaitteita, joista löytyy säätö- ja mittaosa.

Laboratorioon valitut tuloilmalaitteet sisältävät integroidun säätöosan, liitäntälaitteen tai päätelaitetta ennen kanavaosassa on erillinen säätöpelti. Säleiköt olivat kokemuksen perusteella tuoneet eniten haasteita opiskelijoille mittaustilanteissa, joten kanavistoon suunniteltiin säleikkö, joka ei sisällä mittayhteitä, joita

säädetään erillisellä säätöpellillä. Säleikkönä toimii Oy Lindab Ab:n suunnittelema ja valmistama AD-säleikkö (kuva 1). Tuote on valmistettu alumiinista, ja siinä on säädettävät pysty- sekä vaakasäleet. Säleikkö kiinnitetään kanavistoon MFA-asennuskehyksellä (kuva 2), ja se on helposti irrotettavissa kehyksestä jousikiinnityksen ansiosta.



Kuva 1. AD-säleikkö, jossa on säädettävät pysty sekä vaakasäleet (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 2. MFA-asennuskehys AD-säleikölle (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Pyöreä kattolaite, joka asennetaan näkyviin asennuksiin, oli loistava valinta yhdeksi päätelaitteeksi. Laitteen tarkoituksena on havainnollistaa näkyvän asennuksen periaate ja integroidun säätöosan toiminta. Kyseessä on Oy Lindab AB:n suunnittelema ja valmistama DCS-kattolaite (kuva 3). Laitteessa on sisäänrakennettu säätöpelti ja mittausyhde sekä yksilöllisesti säädettävät suuttimet. Säätöosa on irrotettavissa, mikä helpottaa kanaviston sekä päätelaitteen puhdistusta.



Kuva 3. DCS-kattolaite integroidulla säätöosalla (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Pyöreä kattolaite paineentasauslaatikolla on yleisesti käytetty yhdistelmä monissa rakennuksissa. Vielä enemmän on käytetty alakattoon sopivia neliskanttisia kattolaitteita. Laitteet asennetaan samaan linjaan DCS-kattolaitteen kanssa, joka on muodoltaan myös pyöreä, joten tästä syystä valitsin pyöreät. Kattolaitteet asennetaan vierekkäin, ja silloin on myös helppo varmistaa, että näiden käyttö on visuaalisesti silmää miellyttävä. Valitsin laboratorioon kaksi samanlaista kattolaitetta paineentasauslaatikolla havainnollistamaan asennuseriaatteen tämänlaisessa tavassa. Valitsin Oy Lindab Ab:n suunnittelemat ja valmistamat NC19-kattolaitteet (kuva 4) sekä näihin kuuluvat MB-paineentasauslaatikot (kuva 5). NC19 on pyöreä laite erikseen säädettävillä suuttimilla. MB on paineentasauslaatikko, joka mahdollistaa tasaisen ilmanjaon NC19-laitteeseen. Laatikkoon on valittavissa kahta erityyppistä säätöpeltiä, jotka ovat siis laatikossa integroituina. Laboratoriossa halutaan testata laitteiden toimintaa erisuuruisilla paineilla, joten paras säätöpelti tähän tapaukseen on kartiosäätöpelti, joka mahdollistaa suuren säätöpaineen.

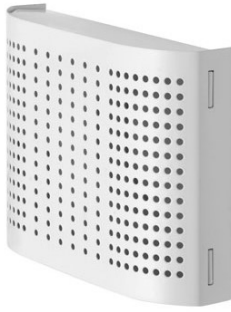


Kuva 4. NC19-kattolaite säädettävillä suuttimilla (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 5. MB-paineentasauslaatikko kattolaitteille (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Lindabin suunnittelema ja valmistama SHH-tuloilmahajotin (kuva 6) on asuinrakennuksissa hyvin yleisesti käytetty tulolaite. Laite on helppo asentaa suoraan kanavaan ilman mitään kehyksiä tai muita lisätarvikkeita. Laitetta käytetään yleisesti ottaen vain seinäasennuksissa.



Kuva 6. SHH tuloilmahajotin seinäasennuksiin (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Tuloilmaventtiileitä käytetään enemmän pienemmissä rakennuskohteissa. Venttiilit tuloilmalle ovat todella helppokäyttöisiä sekä visuaalisesti sieviä. Venttiileitä on helppo säätää, ja niiden mittaaminen on yksinkertaista. Halusin valita tuloilmaventtiiliin yhdeksi päätelaitteeksi, koska kyseessä on hieman vähemmän käytetty päätelaite, mutta on kuitenkin hyvä oppia senkin toimintaperiaate. Valitsin Oy Lindab AB:n suunnitteleman ja valmistaman KIR-venttiiliin (kuva 7) VRGU-kehysellä (kuva 8). KIR on venttiili tuloilmalle kattoasennukseen. VRGU on kumitiivistetty kehys venttiilille. Kehys asennetaan kanavaan ja venttiili pyöritetään kehykseen kiinni, eli se on helppo asentaa.



Kuva 7. KIR-venttiili tuloilmalle (Lindab ilmavaihtolaitteet 2020).



Kuva 8. VRGU kumitiivistetty kehys venttiilille (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Suutinkanavat ovat kasvattaneet suosiotaan huomasti viime vuosien varrella. Myllypuron kampuksen opetustiloissa on käytetty pääasiassa suutinkanavia tuloilman tuomiseen sisätiloihin. Suutinkanavat ovat oikein asennettuina todella tyylikäitä sekä toimivia. Suutinkanavista sanotaan, että ne ovat vedottomia eli toimivat hyvin alhaisillakin virtausnopeuksilla. Jäähdytysteholtaan ne ovat myös kilpailukyisiä muihin päätelaitteisiin verrattuna. Laboratorioon valittiin FläktGroup Oy:n valmistama sekä suunnittelema Activent-ilmanjakojärjestelmä (kuva 9). Activent muodostuu useista pienistä suutinaukoista.



Kuva 9. Activent-suutinkanava (FläktGroup 2020).

2.2.2 Poistolaitteet

Poistoilmalaitteiden pääasiallinen tehtävä on poistaa ilmasta epäpuhtaudet, jotta hengitettävä ilma olisi puhdasta. Poistoilmalaitteissa ei niinkään ole väliä laitteen tai suuttimien muodolla. Tärkeintä poistoilmalaitteissa on laitteen säädettävyys. Poistoilmalaitteita mietittäessä tulee miettiä tarkasti laitteiden sijoitus. Ilman tulisi liikkua jouhevasti tilassa ja siten, ettei ilmassa tunnu vetoa eikä ilma jää seisomaan johonkin osaan huonetta. Äänitekniset vaatimukset koskevat toki myös poistoilmalaitteita, ja näissäkin on huomattavia eroja eri laitteiden välillä.

LVI-laboratorioon pyrin valitsemaan paljon erilaisia poistoilmalaitteita, kuten myös tuloilmalaitteita valittaessa. On säleikköjä, kattolaitteita sekä venttileitä. Jokaista laitetta voi säätää joko erillisellä tai integroidulla säätöpellillä. Tuloilmalaitteita valittaessa valitsin kattolaitteiden muodoksi pyöreän, joten halusin jatkaa poistoilman kattolaitteiden osalta samaa linjaa. Erinomainen vaihtoehto tähän oli Oy Lindab AB:n valmistama ja tuottama PCA-kattolaite (kuva 10). Kattolaite on varustettu pyöreällä rei'itetyllä etulevyllä. Laite asennetaan yhdessä MB-paineentasauslaatikon (kuva 11) kanssa. Laatikossa on erinomainen säädettävyys integroidulla säätöpellillä.



Kuva 10. PCA-kattolaite pyöreällä rei'itetyllä etulevyllä (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 11. MB-paineentasauslaatikko integroidulla säätösalla (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Yhdeksi poistoilmalaitteeksi valitsin samaan sarjaan kuuluvaan kattolaitteen DCS kanssa. Tuloilma puolelle valitsin siis DCS-kattolaitteen, joten halusin saman sarjan laitteen myös poistoilmapuolelle. Laitteessa on sisäänrakennettu säätöosa sekä mittausyhteet. PCS (kuva 12) on Oy Lindab Ab:n valmistama ja suunnittelema pyöreä kattolaite integroidulla laatikolla varustettuna. Laitteessa on rei'itetty etulevy.



Kuva 12. PCS-kattolaite integroidulla säätö- ja mittausosalla (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Säleiköt olivat tuottaneet oppilaille vaikeuksia mittaustilanteissa, joten valitsin myös poistoilmapuolelle säleikön. Loppupeleissä todella yksinkertaisesti mitattavissa oleva säleikkö tuottaa vaikeuksia, koska säleiköllä ei ole erikseen omaa säätö- tai mittausosaa, vaan säleikölle asennetaan kanavaan erillinen säätöpelti. Valitsin poistoilma säleiköksi Oy Lindab Ab:n valmistaman ja suunnitteleman AE-säleikön (kuva 13). Säleikkö on valmistettu alumiinista ja on varustettu kiinteillä

ruutukuvioisilla säleillä. Säleikkö kiinnitetään kanttikanavaan MFA-kehyksellä (kuva 14), joka on helppo ja nopea asentaa. Säleikön pystyy irrottamaan kehyksestä helposti jousikiinnityksen ansiosta.



Kuva 13. AE säleikkö poistoilmalle (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 14. MFA asennuskehys AE säleikölle (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

Poistoilmapäätelaitteina venttiilit ovat todella yleisiä, ja niitä käytetäänkin lähes kaikilla työmailla. Valitsinkin siksi kolmeksi poistoilmapäätelaitteeksi venttiilin, jotta oppilaat pääsevät tutustumaan miltei yleisimpiin ilmanvaihdon päätelaitteisiin. Poistoilmaventtiileitäkin on suuri valikoima, ja valitsin kaksi yleisintä venttiiliä, jotka ovat käytössä. Venttiileille asennetaan omat säätöpellit, jotta säätäminen onnistuu mahdollisimman laajalla painealueella. Venttiileissä on mahdollista tehdä pieniä säätöjä pyörittämällä venttiilin nuppia kiinni tai auki. Laboratorioon asennetaan yksi FläktGroup Oy:n suunnittelema ja valmistama KSO-poistoilma venttiili (kuva 15), joka sopii mainiosti sekä katto, että seinäasennukseen. Kahdeksi muuksi venttiiliksi valitsin Oy Lindab Ab:n suunnitteleman ja valmistaman miltei yleisimmin käytetyn URH-venttiilin (kuva 16), jota käytetään lähinnä kattoasennuksiin, mutta erikoistapauksissa myös seinäasennuksiin. KSO kiinnitetään kanavaan KKT-kiinnityskehyksellä (kuva 17) ja URH kiinnitetään VRGU-kiinnityskehyksellä (kuva 18).



Kuva 15. KSU venttiili poistoilmalle katto- ja seinäasennuksiin (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 16. KKT kiinnityskehys KSU venttiilille (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).



Kuva 17. URH venttiili poistoilmalle kattoasennuksiin (Halton 2021).



Kuva 18. LF asennuskehys (Halton 2021).

2.3 Pohjakuvat

Pohjakuvat on tärkeä suunnitella ja toteuttaa huolella, koska tarkoitus on saada asentajalle työmaalla mahdollisimman selkeä visio asennustavasta. Pohjakuvissa on tärkeää käyttää riittävässä määrin merkintöjä. Pohjakuvista on löydettävä kanavakoot, säätölaitteet tyypitettynä, äänenvaimentimet tyypitettynä, päätelaitteet tyypitettynä ym. Oikeastaan kaikki tarpeellinen info asennuksia ajatellen on löydettävä kuvasta. Selkeät merkinnät ovat aina plussaa.

Kohteesta on pohjakuva järjestelmälle huoltotason alapuolisista asennuksista ja huoltotason asennuksista. Huoltotason alapuolisista asennuksista olen tehnyt

erilaisia leikkauskuvia hahmottamaan mittasuhteita ja asennustapoja. Tarkoituksena luoda kattavat kuvat kohteesta, jotta tulevaisuudessa helppo siirtää CA-Diin. Kuvat on toteutettu ruutupaperille mittakaavassa 1:50. Pohjakuviin on merkitty laitteiden tyypit, jotka olen kohteeseen suunnitellut. Laitteista on myös lisää tietoa tässä raportissa aiemmissa kappaleissa.

3 Järjestelmän hyödyntäminen opetuksessa

Järjestelmästä on tarkoitus kehittää täysin opetuskäyttöön soveltuva oppimisympäristö uusille oppilaille. Metropolialla on erilliset kurssit, jossa pääpainopisteenä on ilmanvaihtojärjestelmien toiminta sekä niiden mittaaminen ja säätäminen. Tällä hetkellä kurssit järjestetään niin, että oppilaat mittailevat koulun järjestelmää pitkin koulua ja opettajan on silloin vaikea olla opastamassa. Myllypuron kampuksen ilmanvaihtojärjestelmä on niin laaja, että sitä on vaikea esitellä oppilaille kokonaisuudessaan. LVI-laboratorioon suunnitellaan ilmanvaihtojärjestelmää pienoismallina, mistä on helppo hahmottaa järjestelmän kokonaisuus. Tärkeintä oppimisen kannalta on hahmottaa kokonaisuus, jolloin järjestelmään on huomattavasti helpompi tehdä mittauksia ja säätöjä. Teoriassahan on helppo käydä läpi ilmanvaihtojärjestelmän toiminta, mutta käytännössä oppii paljon enemmän, kun on kosketuksissa järjestelmään. Paineen käyttäytymistä on vaikea hahmottaa teoriassa, mutta se on olennainen asia ilmanvaihtojärjestelmää. Järjestelmä suunniteltiin niin, että paineita kanavistossa pystyy säätämään helposti, jolloin on helppo havainnoida paineen käyttäytymistä.

Pääasiallinen tehtävä järjestelmällä on opastaa oppilaat tekemään ilmanvaihtojärjestelmien yksinkertaisia säätö- ja mittaustöitä. Ilmanvaihtokoneen puhallin on portaattomasti ohjattavissa, mikä helpottaa säätöjen ja mittausten tekoa sekä antaa mahdollisuuden säädellä paineita kanavistossa. Järjestelmään asennetaan useita säätö- sekä mittauslaitteita. Tarkoituksena on luoda yksinkertaisia tehtäviä oppilaille, ei ole siis tarkoituksena säätää ja mitata koko järjestelmää. Järjestelmässä on monta kanavanhaaraa, ja tarkoituksena on keskittyä yhteen tai kahteen päätelaitteeseen samanaikaisesti.

3.1 Mittaustyöt ja mittarit

Kanavistolle on mahdollista tehdä erilaisia mittauksia. Tarkoituksena on saada oppilaat itse suorittamaan mittaukset ja suorittamaan laskuja. Ilmanvaihtojärjestelmiin yleisesti tehtäviä mittauksia ovat paine-eromittaukset, äänimittaukset sekä hiilidioksidipitoisuuden mittaukset. Laboratorion järjestelmään on mahdollista tehdä kaikkia näitä yleisiä mittauksia. On tärkeää hallita mittalaitteet ja opetella niillä työskentely. Ilmanvaihtoalalla työskennellessä ei voi välttyä ilmanvaihtojärjestelmien mittaamiselta. Jokainen uusi kohde mitataan ja säädetään halutuiksi arvoiksi, ja myös vanhoihin kohteisiin tehdään mittauksia ja säätöjä parantamaan sisäilman laatua. Kyse ei ole vaativasta toimenpiteestä puhuttaessa kanaviston mittaamisesta, mutta tämä vaatii mittaajalta rutkasti kokemusta laitteista ja mittausmenetelmistä.

3.1.1 Ilmavirta- ja painemittari

Koululla on käytössä erillinen ilmavirtamittari sekä painemittari. Venttiilinsäätömittarina käytössä on Pressovac PHM-V1 ja painemittarina TSI_9535_Velocicalc. Painemittarissa on myös lisäominaisuutena nopeuden ja lämpötilan mittaustaus.

Pressovac PHM-V1 on helppokäyttöinen, ja siinä on yli 700 esiohjelmoitua päätelaitetta. Mittariin pystyy myös itse määrittämään uusia päätelaitteita mukana tulevan PC-ohjelman avulla. Esiohjelmoituja päätelaitteita käytettäessä tulee mittaajan ainoastaan katsoa venttiilin avaus, jolloin mittari löytää automaattisesti oikean k-arvon. Myös suoraan k-arvosta tapahtuva mittaustapa on mahdollista ottaa käyttöön. (Pressovac 2021.)



Kuva 19. Pressovac PHM-V1-venttiilinsäätömittari (Pressovac 2021).

Velocicalc 9535 (kuva 20) on niin ikään helppokäyttöinen ja monilla ominaisuuksilla varustettu. Mittarilla voi mitata ilmamääriä, virtausnopeutta ja lämpötilaa. Mittariin on kalibroituvaiheessa syötetty oletus lämpötilaksi 21 astetta ja oletuspaineeksi 1013 hPa. Mittarissa on mahdollista valita mitattava kohde eli pyöreä kanava tai kanttikanava. Kuumalanka-anturin avulla voidaan mitata ilmavirran nopeutta ja lämpötilaa. (Teknocalor 2021.)



Kuva 20. TSI Velocicalc 9535-mittari (Teknocalor 2021).

3.1.2 Äänimittari

Koululla on käytössä Quest-2200-äänimittari. Mittari on tarkoitettu ammattilaiskäyttöön, joka antaa mittarille paljon erilaisia säätöominaisuuksia ja mittaustapoja. Mittarissa on neljä erilaista mittaustapaa, slow eli kaikista yleisin tapa mitata, tässä tapauksessa mittari tallettaa sekunnin välein mittaustuloksia. Slow-mittaustapaa käytetään yleisesti, mikäli äänenpainetaso muuttuu hyvin vähän mittaus ajanjaksolla. Fast-toimintoa käytetään taas, kun äänenpainetaso muuttuu hyvin nopeasti, tässä tapauksessa mittari tallettaa mittaustuloksia 125 millisekunnin välein. Peak-toimintoa käytetään, kun halutaan mitata absoluuttista huippua äänenpainetasossa. Peak toiminnolla mittari tallettaa mittaustuloksia 50 mikrosekunnin välein. Impulsive-toimintoa käytetään, kun halutaan mitata lyhytaikaisesti kestäväää ääntä kuten ohimenevää autoa tms. Impulsive-toiminto tallettaa mittaustuloksia 35 millisekunnin välein. (3M 2013.)

3.1.3 Hiilidioksidipitoisuuden mittari

Koululla on käytössä sisäilmanlaatua mittaava mittari. TSI_IAQ_Calc-7525 (kuva 21) mittaa sisäilman laatua, kuten lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. TSI_IAQ_Calc-7525 on monipuolisuudestaan loistava mittari ja käytöltään helppokäyttöinen. Mittarin mukana tulee LogDat2-ohjelmisto, johon on helppoa purkaa mittaustulokset ja tehdä niistä käyriä. Ohjelmiston avulla mittaustuloksia on helppoa tulkita ja voidaan helposti huomata muutokset. Mittari tallettaa dataa koko mittausajan laitteeseen. (TSI 2021.)



Kuva 21. TSI-IAQ_Calc-7525, sisäilman laadun mittari (TSI 2021).

3.1.4 Suhteellisen kosteuden mittari

Suhteellisen kosteuden mittarina koulussa toimii sama mittari kuin hiilidioksidi pitoisuuden mittauksissa eli TSI_IAQ_Calc-7525. Mittarista tarkemmin hiilidioksidin pitoisuus mittauksen luvussa 3.1.3.

3.1.5 Lämpötilamittari

Lämpötilaa voi mitata kahdella eri laitteella, mutta yleisesti ottaen käytetään sisäilman laatua mittaavaa laitetta enemmän. Mittareina toimii painemittari TSI_9535_Velocicalc sekä sisäilman laadun mittari TSI_IAQ_Calc-7525.

3.2 Säätötyöt

Kanavistoon asennetaan jokaiseen kanavanhaaraan säätöpellit, jotta haaraosuuden ilmavirtoja ja paineita olisi helpompi hallita ja kanavistoon saadaan hyvä säädettävyys. Osassa päätelaitteista on integroituna säätöpelti itse päätelaitteessa, joka huomattavasti lisää säädettävyttä haaraosuudessa. Järjestelmään asennetaan myös kaksi sulkupeltiä sekä tulo puolelle että poistopuolelle, tarkoituksena luoda kanavaan erilaisia paine-eroja.

Oppilaat pääsevät säätämään säätöpeltejä sekä päätelaitteissa olevia säätöosia. Tarkoituksena saada päätelaitteesta tulemaan haluttu ilmavirta. Säätötyöt kuuluvat olennaisesti ilmanvaihtojärjestelmien toimivuuteen. Säätötöiden avulla järjestelmästä saadaan halutut ilmavirrat ja näin ollen rakennuksessa oleskeleville terveellinen ja viihtyisä sisäilma.

3.2.1 Säätöpellit

Järjestelmään valitsin Oy Lindab Ab:n valmistaman ja suunnitteleman DIRU-säätöpellin (kuva 22). Kyseessä on iris-tyyppinen säätöpelti ilmamäärän mittaamiseen ja säätämiseen. Säätöpeltiosa muodostaa mittarenkaan ilmavirran mittaamista varten. Mittaamalla paine-ero mittayhteistä voidaan kaavan avulla laskea ilmavirta [l/s]. Säätöpellin säätöasento ja korjauskerroin (k-arvo) ovat samoja lukuja, joten taulukoita ei tarvita laskentaa varten. (Lindab 2020.)



Kuva 22. DIRU-säätöpelti (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

3.2.2 Sulkupellit

Sulkupellin ansiosta kanaviston paineita on helppo säädellä. Tarkoituksena monipuolistaa järjestelmän hyötyä oppimistarkoituksessa. Valitsin Oy Lindab Ab:n valmistaman ja suunnitteleman DTHU-sulkupellin (kuva 23). Ø 80–630 perustuu DTU-peltiin, johon on asennettu moottorihylly KOMHY. Laitteessa ei ole vääntä ja sen akseli on pidennetty, joten VREDF-jatkovartta ei tarvita. (Lindab 2020.)



Kuva 23. DTHU-sulkupelti (Lindab ilmanvaihtolaitteet 2020).

3.2.3 Päätelaitteet

Osassa päätelaitteista on integroituna oma säätöosa, jonka avulla pystytään säätämään ilmavirtoja itse päätelaitteesta. Jokaista päätelaitetta pystyy kyllä säätämään, mutta säätöalue on huomattavasti pienempi esimerkiksi venttileissä kuin hajottimissa. Valitsemissani kattohajottajissa on oma säätöosansa integroituna tai kytkentälaatikko, jossa on säätöosa. Säleikköihin asennetaan vain oma erillinen säätöpelti kytkentähaaraan, jolla saadaan säädettävyyttä laajemmaksi itse päätelaitteessa. Venttiileille niin ikään asennetaan kytkentähaaraan säätöpellit ja itse venttiilillä pystytään tekemään viimeistelyt säätöjen osalta. Suutinkanavalle on olemassa oma säätöosa, mutta tässä järjestelmässä käytetään erillistä säätöpeltiä, jolla säädetään suutinkanavaosuutta.

4 Työohjeet

4.1 Ilmavirta- ja paine-eromittaus

Paine-ero tarkoittaa kanavan osan aiheuttamaa paine-eroa. Paine-erojen mittaamisesta on monia muotoja, puhutaan hetkellisestä, jatkuvasta ja seurantamittauksesta. Hetkellisellä paine-eromittauksella voidaan määrittää mitattavan tilan ja ulkoilman välinen paine-ero tai kahden huonetilan välinen paine-eromittaus hetkellä. Seurantamittauksella tarkoitetaan tallentavalla mittalaitteella tehtävää mittausta. Seurantamittauksen suositeltu kesto on 1–2 viikkoa ja mittauksen tulisi ulottua viikonlopun yli. Uudisrakennukset ja tiivistyskorjatut rakennukset on suositeltavaa varustaa jatkuvatoimisella paine-eronmittauksella. Mittausten avulla voidaan valvoa paine-eron pysyvyyttä ja niitä voidaan hyödyntää myös ilmavirtoja säädettäessä (tulo- ja poistoilmavirtojen tasapainotus). (Björkroth & Eskola 2019, 23–33.)

Laboratorion ilmanvaihtojärjestelmään tehtäessä mittauksia ja säätöjä keskitytään kerrallaan vain yhteen kanavan haaraan kerrallaan. Tarkoituksena on opettaa pieni osa kerrallaan mittauksen ja säädön alkeet. Mittauksia voitaisiin suorittaa puhaltimen ollessa 50 %:n teholla, 75 %:n teholla sekä 100 %:n teholla. Keskitytään kerrallaan siis yhteen kanavan haaraan ja mahdollisesti vain yhteen päätelaitteeseen kerrallaan. Säätöpellit sekä sulkupellit voisivat olla aluksi auki ja ensimmäisenä mitataan päätelaitteesta saatava tilavuusvirta, virtausnopeus ja paine-ero. Sovitaan päätelaitteesta haluttu tai poistettava ilmamäärä ja lähdetään tavoittelemaan sitä. Jokaisessa kytkentähaarassa on oma säätöpelti, ja tätä säätämällä lähdetään hakemaan päätelaitteeseen haluttua ilmamäärää. Paineita kanavistossa voidaan myös muuttaa sulkemalla sulkupelittejä joko toinen tai kummatkin. Sulkupellit sijaitsevat sekä tulo että poistopuolella.

Poistopuolelle suunniteltiin seinustalla menevä kanavanhaara, jossa on käytetty runsaasti käyriä sekä supistavia osia. Kanavanhaarasta olisi tarkoitus mitata painehäviötä ja paine-eroa eri kohdissa kanavaa.

4.2 Hiilidioksidipitoisuuden mittaukset

Sisäilman hiilidioksidi on pääosin peräisin ulkoilmasta, missä hiilidioksidin pitoisuus on noin 400 ppm. Sisätiloissa tärkein hiilidioksidin lähde on ihmisen hengitysilmä. Hiilidioksidipitoisuus on siten ilmanvaihdon riittävyyden mittari. Hiilidioksidipitoisuutta käytetään tavallisesti ilmanvaihdon mitoituksen perusteena. Mikäli ulkoilmavirtojen säätö tapahtuu sisäilman hiilidioksidipitoisuuden perusteella, säätöarvona käytetään pitoisuutta 800 ppm. (Sisäilmayhdistys ry 2018.)

Sisäilmastoluokituksen mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvot ovat:

- Sisäilmastoluokka S1 350 ppm + ulkoilman pitoisuus
- Sisäilmastoluokka S2 550 ppm + ulkoilman pitoisuus
- Sisäilmastoluokka S3 800 ppm + ulkoilman pitoisuus

(Sisäilmayhdistys ry 2018.)

Hiilidioksidipitoisuuden ohjearvoina toimivat sisäilmastoluokkien S1, S2 ja S3 ohjearvot. Hiilidioksidipitoisuuteen vaikuttavat ihmisten määrä, tilan suuruus ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminta. Ihmiset tuottavat uloshengittäessä hiilidioksidia. Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa hiilidioksidia mahdollisimman tehokkaasti ilmasta, jotta päästään haluttuihin normeihin.

Hiilidioksidipitoisuuden mittaukset voidaan suorittaa laboratoriossa periaatteella, että mittari jää mittaamaan hiilidioksidipitoisuutta ilmasta noin puolen tunnin ajan, jolloin saadaan tarpeeksi kattava mittausdata. Mittauksia suoritettaessa voidaan kokeilla, miten vaikuttaa ilmanvaihtokoneen puhaltimen teho mittauksiin. Puhaltimen tehoa voisi kokeilla aluksi 50 % ja sen jälkeen 100 %, ja kummastakin otetaan noin puolen tunnin mittausdatat.

4.3 Suhteellisen kosteuden mittaus

Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa ulkoilman kosteus ja lämpötila, sisäilman lämpötila, ilmanvaihto sekä sisäpuoliset kosteuslähteet. Yleisesti talvella

sisäilman suhteellinen kosteus on alhaisempi ja kesällä korkeampi. Sisäilman suhteellinen kosteus voi vaihdella voimakkaasti kosteuslähteiden ja ilmanvaihdon mukaan muutaman tunnin aikavälilläkin. Vaihtelun takia sisäilman kosteutta ei voida mitata hetkellisellä mittauksella ja mittauksen vähimmäiskestona tapauksesta riippuen voidaan pitää 1–7:ää päivää. (Sisäilmayhdistys ry 2018.)

Suhteellisen kosteuden määrään ilmassa vaikuttaa monet tekijät, kuten sisäilman lämpötila, ilmanvaihto ja erilaiset kosteudenlähteet yms. Kesäisin kosteusprosentti on luonnollisesti korkeampi kuin talvella kosteudenlähteistä ja lämpötilasta johtuen. Yleisesti ottaen talviaikaan ihanteellinen kosteusprosentti on 25–45 %:n välillä.

Suhteellista kosteutta on mahdollista mitata laboratoriossa, mutta kyseessä on suuri tila, ja tilassa on useita kosteudenlähteitä, joten mittaustulos saattaa poiketa melko paljon esimerkiksi tavallisesta luokkatilasta. Suhteellista kosteutta mitattaessa on syytä jättää mittari mittaamaan yön yli, jotta saadaan riittävä määrä dataa mitattavasta tilasta.

4.4 Lämpötilan mittaus

Lämpötilan mittauksiin ei ole annettu mitään tarkempia mittaushjeita. Tärkein on muistaa lämpötilaa mitattaessa, ettei laite ole kosketuksissa suoraan aurinгон säteiden kanssa ja mittauspisteen tulisi olla tilan oleskeluvyöhykkeellä. Lämpötilan mittauksessa tulee käyttää laitetta, joka täyttää standardin SFS ISO 7726.

Lämpötilan mittaukselle yleisesti käytetty ohjearvo on noin 21 astetta, joka on ihmiselle ihanteellinen oleskeluvyöhykkeen lämpötila sisätiloissa. LVI-laboratoriossa lämpötilat vaihtelevat hyvin paljon, koska huonetilassa on paljon teknisiä laitteita, jotka tuottavat lämpöä ympäristöönsä. Ilmanvaihdon merkitys tilan lämpötilaan näin suuressa tilassa on pieni.

Lämpötilamittaukset tulisi toteuttaa luokkatilassa asettamalla mittari mittaamaan luokkatilan lämpötilaa vähintään kahdeksi tunniksi. Luokkatilassa voi oleskella ihmisiä ajanjaksolla, mutta olisi myös hyvä saada mittausdataa tyhjästä luokkatilasta. Tarkoituksena olisi katsoa, kuinka nopeasti ja hyvin ilmanvaihtojärjestelmä alkaa muuttamaan lämpötilaa kohti ohjearvoa.

4.5 Äänimittaus

Äänimittaukset suoritetaan äänitasomittarilla. Äänitasot tulee mitata kuuloalueella (alkaen 20 Hz). Tarvittaessa äänitasoja voidaan mitata oktaaveittain tai 1/3-oktaaveittain. Normaalisti mittaukset suoritetaan mittalaitteen aikapainotusta "fast" käyttäen. Ei ole olemassa yksityiskohtaisia äänitasomittausohjeita. Tämän takia mittaajalla tulee olla vankka kokemus mittausten suorittamisesta. Mittauksissa voidaan kuitenkin hyödyntää standardia "SFS 5517. Ilmastointi. Ilmastointijärjestelmän vastaanottomittaukset. Äänimittaukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS, 1989". (SuLVI ry 2016, 4.)

Äänimittauksia toteutettaessa olisi syytä käyttää jotain opetustilaa esimerkiksi. Laboratoriossa äänenpainetasot nousevat ja muuttuvat hetkellisesti todella paljon, ja laboratorio itsessään ei ole oleskelutilaa, joten sille ei mitään erityisiä määräyksiä ole annettu. Mikäli halutaan katsoa ilmanvaihtokoneen merkitys äänitasoihin sen ollessa käynnissä, voidaan toteuttaa muutama toiminnallinen mittaus. Mitataan äänitaso koneen ollessa kiinni, seuraavaksi mitataan äänitaso koneen ollessa 50 %:n teholla maksimista ja viimeiseksi mitataan äänitaso koneen ollessa maksimiteholla 100 %.

Parhaimman hyödyn saa irti äänimittauksista mittaamalla jonkin opetustilan äänitasoa tietyllä ajanjaksolla esimerkiksi tunnin ajan. Äänitasoja voisi mitata esimerkiksi niin, että asetetaan mittari puoleksi tunniksi mittaamaan tyhjän luokkahuoneen ääniä ja tämän jälkeen luokkaan voisi mennä muutama opiskelija puoleksi tunniksi tekemään normaalisti tehtäviä ja lopuksi katsotaan miten läsnäolo vaikuttaa äänitasoihin. Opetustilojen äänitason maksimi ohjearvo on 38 dB.

Taulukko 3. Oppilaitokset #1

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Opetustilat	6	3		33 / 38 *	0,20 / 0,30	#4, *C1 ohje
Käytävät / Aulat		4		38 / 43		#2
Liikuntasali:						#3
– liikuntasalikäyttö		2		38 / 43	0,30	
– juhlasalikäyttö		6		33 / 38	0,25	
Luentosali	8	6		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ryhmytötila	8	4		33 / 38	0,20 / 0,30	#4
Ruokala	6	5		33 / 38	0,25	
Varastot			0,35			#S
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat. #2 Kiinteiden työpisteiden ilmannopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa. #3 Sisäilmasto ja ilmanvaihto mitoitetaan vaativimman käytön mukaisesti, oltava ohjattavissa tarpeen mukaan eri käyttötilanteisiin. #4 Tilan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan. #S Voi käyttää siirtoilmaa						

Kuva 24. Oppilaitosten ohjearvoja. (Talotekniikkainfo 2012.)

5 Yhteenveto

Ilmanvaihto on olennainen osa terveellistä sisäilmaa, se pitää rakennukset sekä ihmiset terveinä. Ilmanvaihtojärjestelmä, joka toimii oikein poistaa ilmasta tehokkaasti epäpuhtauksia ja ilma on kohteessa oleskeleville ihmisille raikasta. Ilmanvaihdon suunnittelu on tärkeää tehdä huolella, koska suunnitteluvaiheessa tehdään kaikki tärkeät mitoitukset koneiden, kanavien ja laitteiden osalta, jotta lopputulos olisi mahdollisimman hyvä.

Tärkeä osa projektia on luoda järjestelmä, jota kautta tutustutetaan opiskelijat ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan ja päästetään tekemään käytännönläheisiä mittauksia ja säätöjä. Mittaukset ja säädöt ovat viimeisiä työvaiheita ennen uusien järjestelmien käyttöönottoa. Ne ovat olennainen osa ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta ja on siksi tärkeää hoitaa ammattihenkilöiden tekemänä. Koulun järjestelmällä voi myös demonstroida ilman sekä paineiden käyttäytymistä kanavistossa. Mittauksia ja säätöjä pääsee tekemään koulun käytössä olevilla mittalaitteilla.

Suunnittelua toteutettiin ohjeiden mukaisesti ja kanavistosta suunniteltiin mahdollisimman yksinkertainen ja toimiva järjestelmä. Järjestelmään lisättiin mahdollisimman paljon mittaus- ja säätökomponentteja, jotta järjestelmästä saataisiin enemmän irti.

Kohteesta luotiin luonnostyyppinen kuva ruutupaperille, joka on tämän työn liitteissä. Pohjakuva on piirretty mittakaavassa 1:50 ja kuvasta on tehty myös muutamia leikkauskuvia. Kuvat on pyritty toteuttamaan niin, että tulevaisuudessa ne olisi helppo piirtää CADiin.

Lähteet

Björkroth, Marko. Eskola, Lari. 2019. Rakennusten paine-erojen mittausohjeprojektin loppuraportti. Verkkoaineisto < https://www.talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/rakennusten_paine-erojen_mittausohje_2019-10-11.pdf > Luettu 2.3.2021.

FläktGroup. 2020. Activent-ilmanjakojärjestelmä. Verkkoaineisto. < <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/c958cedf-f4c6-412c-aa5d-0a816bdd4ad0> > Luettu 4.3.2021.

Halton. 2021. Tuotteet. Verkkoaineisto. < <https://www.halton.com/fi/tuotteet/#/feed&groups=Venttiilit> > Luettu 27.4.2021.

Lindab. 2020. Ilmanjakolaitteet. Verkkoaineisto. < <http://www.lindab.com/fi/pro/categories/pages/comfort-air.aspx> > Luettu 23.2.2021.

Pressovac. 2021. PHM-V1 Venttiilinsäätömittari. Verkkoaineisto. < <http://www.pressovac.fi/catalogue/venttiilinsaatomittari-phm-v1/> > Luettu 3.4.2021.

Sisäilmayhdistys ry. 2018. Kemialliset epäpuhtaudet. Verkkoaineisto. < <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuh- taudet> > Luettu 3.3.2021.

SuLVI ry. 2016. Äänitekniset tarkastelut, liite. IVKT 2016 ohje 16.2 Äänitekniset tarkastelut, liite. Verkkoaineisto. < [https://sulvi.fi/wp-con- tent/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-16.2-%C3%84%C3%A4nitekniset-tar- kastelut-liite.pdf](https://sulvi.fi/wp-content/uploads/2017/05/IVKT-2016-Ohje-16.2-%C3%84%C3%A4nitekniset-tar- kastelut-liite.pdf) > Luettu 3.3.2021.

Talotekniikkainfo. 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma Rakennus- ten sisäilmasto ja ilmanvaihto Määräykset ja ohjeet 2012 LIITE 1. Verkkoai- neisto. < https://www.talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/d2-2012_liite1.pdf > Luettu 5.4.2021.

Teknocolor. 2021. TSI Velocicalc 9535 ja 9535 A käyttöohjeet. Verkkoaineisto. < [file:///C:/Users/Jani%20Sepp%C3%A4/Downloads/m3109535_kaytto- ohje_9535_fi%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Jani%20Sepp%C3%A4/Downloads/m3109535_kaytto- ohje_9535_fi%20(2).pdf) > Luettu 3.4.2021.

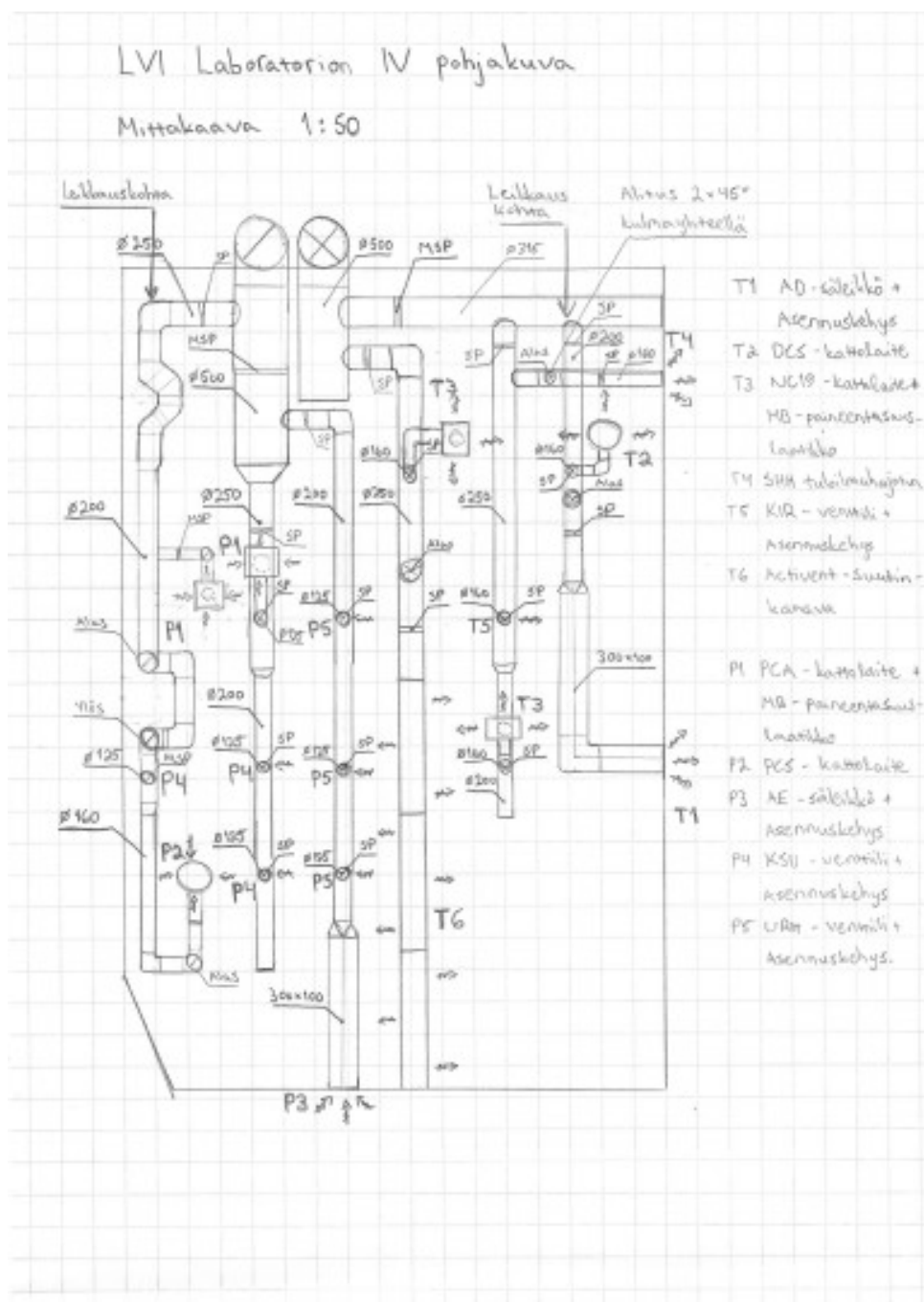
TSI. 2021. IAQ-Calc indoor air quality meters 7525. Verkkoaineisto. < <https://tsi.com/products/indoor-air-quality-meters-instruments/indoor-air-quality- meters/iaq-calc-indoor-air-quality-meters-7525/> > Luettu 3.4.2021.

3M. 2013. 1200/2200 SLM User Manual. 1200-2200 sound level meter user manual. Verkkoaineisto. < <https://multimedia.3m.com/mws/me- dia/7608780/1200-2200-sound-level-meter-user-manual.pdf> > Luettu 3.4.2021.

Liitteet

Ilmanvaihdon pohjakuva

LVI-laboratoriosta piirretty ilmanvaihdon pohjakuva mittakaavassa 1:50.



Detalj kuvat

Kahdesta haarakanavasta detalj kuvat asennustavasta ja -korkeudesta.

