

Joonas Anttila

Tarkastuslista: Ilmanvaihdon mittaus- ja säätö- työt

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK) -tutkinto

Rakennusalan työnjohto, LVI

Opinnäytetyö

6.11.2012

Tekijä(t) Otsikko	Joonas Anttila Tarkastuslista: Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöyt
Sivumäärä Aika	31 sivua + 4 liitettä 6.11.2012
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikan työnjohto
Ohjaaja(t)	lehtori Jyrki Viranko talotekniikkayksikön johtaja Tapani Nousiainen
<p>Opinnäytetyön aiheeksi valittiin ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista. Työ toteutettiin toimeksiantona SRV Rakennus Oy:lle.</p> <p>Opinnäytetyössä käsitellään ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöihin vaikuttavia tekijöitä alkaen järjestelmän mitoitusvaiheesta päättyen mittaus- ja säätöpöytäkirjan täyttöön. Työssä pohditaan myös sekä suunnittelun että materiaali- ja laitevalintojen merkitystä lakisääteisiin mittauksiin ja säätöihin. Laatuja ja siisteyttä edistävien mittaus- ja säätötöissä käytettyjen toimintatapojen lisäksi esittelen yleisimmät mittalaitteet ja ilmanvaihtotavat Suomessa. Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden yleisimpiin ongelmiin on esitetty ratkaisuja ja mahdollisia ennaltaehkäisykeinoja.</p> <p>Varsinainen tarkastuslista ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöistä laadittiin opinnäytetyön pohdinnan perusteella. Tarkastuslista etenee kronologisesti, kuvitteellisen rakennushankkeen aikataulua mukaillen suunnitteluvaiheesta mittauksien dokumentointiin. Havaittiin, että kaikissa hankkeen vaiheissa on mahdollista vaikuttaa tai olla vaikuttamatta mittaus- ja säätötöiden lopulliseen sujuvuuteen. Tarkastuslista on tarkoitus liittää osaksi SRV:n laatu-järjestelmää.</p> <p>Osana opinnäytetyötäni haastattelin ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden ammattilaisia. Haastattelukysymykseni painottuivat töissä esiintyviin yleisimpiin ongelmiin sekä modernin, entistä teknisemmän järjestelmän perussäädettävyyteen.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, ilmanvaihto, mittaus, säätö, tarkastuslista,

Author(s) Title Number of Pages Date	Joonas Anttila A checklist for measuring and adjusting of a ventilation system 31 pages + 4 appendices 6 September 2012
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor(s)	Jyrki Viranko, Principal Lecturer Tapani Nousiainen, Head of Building Services Department
<p>The main goal of this thesis was to create a checklist for measuring and adjusting a ventilation system. Factors in the process of construction that affect the tasks were introduced. Furthermore, one objective was to propose possible solutions to common problems encountered during measuring and adjustment tasks.</p> <p>Information about the subject was gathered through research, i.e. by comparing legal documents, manuals, and literature to commonly used practical methods in ventilation measuring and adjusting tasks. As a part of this thesis, professionals in the field of ventilation measurement and adjustment were interviewed. The main focus of the interview questions was on the most common problems encountered during work.</p> <p>The product of the thesis was a hand-out checklist aimed to facilitate the carrying out of measuring and ventilation tasks. Through co-operation it is possible to prevent many common problems throughout the entire duration of a construction project, from planning to documentation.</p> <p>It was noticed, that it is possible to influence the outcome of measuring and adjustment tasks, either positively and negatively at all stages during a construction project. The checklist created in the project is to be integrated in the quality system of the company.</p>	
Keywords	building services, air, ventilation, measurement, adjustment, checklist

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritysesittely	2
3	Suunnitteluvaihe	3
3.1	Mitoittaminen ja dokumentointi	3
3.1.1	Painehäviölaskelmat	3
3.1.2	Äänitekninen mitoittaminen	4
3.2	Huollettavuus	5
3.3	Tasapainotussuunnittelu	6
4	Ilmanvaihtotavat	8
4.1	Painovoimainen ilmanvaihto	8
4.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	8
4.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	9
5	Järjestelmän osat	10
5.1	Kanavat	10
5.2	Säätöpellit ja ilmavirtasäätimet	10
5.3	Päätelaitteet	11
5.4	Ilmanvaihtokoneet	13
6	Ilmanvaihtojärjestelmän mittaustyöt	16
6.1	Mittausmenetelmät ja laitteet	16
6.2	Yleisimmät mittaukseen käytettävät laitteet	17
6.2.1	Mikromanometri	17
6.2.2	Siipipyöräänemometri	17
6.2.3	Kuumalanka-anemometri	18
6.2.4	Äänitasomittari	18
7	Ilmanvaihtojärjestelmän säätötyöt	19
7.1	Tasapainotusmenetelmä	20
7.2	Siisteys	20
7.3	Turvallisuus	21

8	Yleisimmät ongelmat mittaus- ja säätötöissä	22
8.1	Paineista johtuvat ongelmat	22
8.2	Suunnitelmat ja muutokset	22
8.3	Aikataulutus ja muut työt	22
9	Dokumentointi	24
9.1	Mittaustulosten esittäminen	24
9.1.1	Mittaus- ja säätötyöt	24
9.1.2	Äänimittaukset	25
9.2	Kalibrointitodistus	26
10	Yhteenveto	27
11	Tarkastuslistan käyttö	28
	Lähteet	29
	Kuvat	31
	Liitteet	
	Liite 1. Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista, uusi järjestelmä, ohjeet.	
	Liite 2. Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista, uusi järjestelmä.	
	Liite 3. Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista, vanha järjestelmä, ohjeet.	
	Liite 4. Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista, vanha järjestelmä.	

1 Johdanto

Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkoituksena on mitata ja säätää ilmamäärät ja turvata riittävä ilman vaihtuvuus tilassa. Moderni talotekniikka mahdollistaa sisäilman hallitsemisen ja sen muuttamisen vastaamaan käyttäjän tarpeita. Puhdas ja riittävä sisäilma eivät ole itsestäänselvyyksiä, mutta niille asetettuihin kriteereihin voidaan päästä määräysten mukaisella huolellisesti alusta loppuun toteutetulla ilmanvaihtojärjestelmällä.

Pelkästään oikea asennustapa sekä hyväksytyt materiaalit eivät takaa järjestelmän oikeaa toimintatapaa, vaan järjestelmän tulee olla myös tasapainossa toimiakseen suunnitellulla tavalla. Määräysten mukaan tehtyjen suunnitelmien ohjeistamana tasapainotettu järjestelmä luo perustan laadukkaalle sisäilmastolle. Laadukas sisäilmasto lisää viihtyvyyttä sekä hyvinvointia. Oikein mitoitettu ja säädetty talotekninen järjestelmä pidentää myös rakennuksen elinkaarta ehkäisten esimerkiksi kosteudesta ja lämpötilavaihtelusta johtuvia ongelmia.

LVI-alan rakennusmestarityössäni käsittelen ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden suunnitteluun, valmisteluun, suorittamiseen sekä dokumentointiin vaikuttavia asioita, jotka valvontatehtäviä suorittavan tulisi huomioida. Mestarityöni tuotteena luotu tarkastuslista kattaa ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden valmistelujen, suorittamisen ja viimeistelyn valvonnan pääkohdat. Tarkastuslista liitetään osaksi SRV:n laatuja järjestelmää ja otetaan käyttöön osana talotekniikkatöiden valvontaa. SRV Rakennus Oy:n talotekniikkaosaston johtaja, Tapani Nousiainen, ehdotti opinnäytetyön aiheeksi ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslistaa.

Tuotteeni, ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslistan, tarkoitus on antaa laadunvalvontaan helppokäyttöinen työkalu, jonka avulla ilmanvaihdon mittaus- ja säätöihin vaikuttavat tekijät huomataan oikeaan aikaan. Laatimani ohjeet ja tarkastuslista etenevät suunnitteluvaiheesta mittauspöytäkirjan laatimiseen.

2 Yritysesittely

Opinnäytetyöni toimeksiantaja SRV Rakennus Oy on SRV:n konsernin emoyhtiön SRV Yhtiöt Oyj:n kotimaan liiketoiminnasta vastaava yhtiö. SRV Rakennuksen alueyksiköitä ovat SRV Pirkanmaa, SRV Keski-Suomi, SRV Pohjois-Suomi, SRV Kaakkois-Suomi, SRV Lounais-Suomi ja Rakennusliike Purmonen. Kotimaan liiketoiminta koostuu asunto-, toimitila- ja infrarakentamisesta.

SRV on rakennushankkeiden innovatiivinen kokonaistoteuttaja. Se vastaa asiakaslähteisesti hankkeiden kehittämisestä, kaupallistamisesta ja rakentamisesta. SRV-konsernin liikevaihto oli 672,2 miljoonaa euroa vuonna 2011. SRV:n palveluksessa on noin 930 henkilöä.

Yritys perustettiin vuonna 1987 nimellä SRV Viitoset. Yritys nimettiin viiden perustajajäsenen mukaan, ja lyhenne SRV tulee sanoista Suomen Rakennusvientti. Ensimmäinen projekti alkoi perustamisvuonna Viron Rakveressä, jonne rakennettiin lihakombinaatti. Helsingin pörssiin SRV listautui vuonna 2007.

3 Suunnitteluvaihe

Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötoihin vaikuttaminen alkaa jo suunnitteluvaiheessa. Rakennuksen käyttötarkoitus, tyyppi ja käyttö määrittelevät lähtökohdat ilmamäärien mitoitukselle. Suomen rakentamismääräysten mukaan huoneistojen riittävällä ilmanvaihdolla ja ulkoilmavirralla varmistutaan siitä, että sisäilman laatu on käyttöaikana turvallinen, terveellinen ja sisäilmasto viihtyisä. [8, s. 5.] Terveellinen, turvallinen sisäilma ja viihtyisä sisäilmasto viimeistellään mittaus- ja säätövaiheessa, jolloin rakennettu järjestelmä viritetään toimimaan suunnitellulla tavalla. Ilmanvaihtojärjestelmä vaatii huoltoa ylläpitääkseen sisäilmanlaadulle asetetut tavoitteet, joten mittaus- ja säätötöitä tehdään myös valmiille järjestelmille. Mittaus- ja säätötöitä suoritetaan laitteille koko niiden käyttöajan ajan, mikä lisää ilmanlaatua ja vähentää kuluja.

3.1 Mitoittaminen ja dokumentointi

3.1.1 Painehäviölaskelmat

Ilmanvaihtojärjestelmä mitoitetaan lievästi alipaineiseksi kosteusteknisistä syistä. Tilan liiallinen alipaineistaminen voi aiheuttaa epäpuhtauksien ja hajuhaittojen kulkeutumisen alipaineiseen tilaan esimerkiksi rakennuksen ulkokuoren läpi tai viereisistä asunnoista. Alipaineistus on riittävä, jos poistoilmavirta on noin 10 % suurempi kuin tuloilmavirta, mutta kuitenkin vähintään 4 dm³/s. [6.]

Ilmanvaihtosuunnittelija laatii laskelmat järjestelmän painehäviöistä ja dokumentoi ne. Niiden avulla voidaan todeta järjestelmän toimivuus laskennallisesti suunnitteluvaiheessa eli teoriatasolla. Laittevalintojen muuttuessa on laskelmia tarkistettava, esimerkiksi lopullisten laittevalintojen yhteydessä. Ilmanvaihtojärjestelmän painehäviölaskelmat tehdään mitoittamalla kanaviston pisin haara, mistä saadaan selville tarvittava painetaso.

Mittaus- ja säätötöitä helpotetaan uudisrakennus- ja ilmanvaihtosaneeraussuunnittelussa tekemällä painehäviölaskelmat kaikille haaroille ja muutoksille. Lisäksi säätötaakkaa voidaan keventää laskemalla kaikille säädettäville laitteille esisäätöarvot. Se millainen laitteen toimintaperiaate on, vaikuttaa laskelmiin perustuviin arvoihin. Arvot merki-

tään suunnitelmiin. Näitä ovat mitoitusilmamäärä, minimi- ja/tai maksimipainetasot, vähimmäiskanavapaine, laitteen painehäviö sekä säätöpellin tai venttiilin asento. [15, s. 35]

3.1.2 Äänitekkinen mitoittaminen

Ääniongelmia ovat yksi yleisimmistä ongelmista, jopa korkeatasoisissakin suunnitelluissa ilmanvaihtojärjestelmissä. Ilmanvaihtosuunnittelija tekee samalla äänitekkinen tarkastelut ja dokumentoi tuloksensa esimerkiksi raporttina. Ilmanvaihtokonehuoneen äänitekkinisessä mitoituksessa tulee huomioida Suomen rakentamismääräyskokoelman ja LVI-työselityksen vaatimusten täyttyminen varaamalla tarpeen mukaan riittävät tärinäeristimet, koteloinnit ja äänenvaimentimet.

Kanavien ja päätelaitteiden äänimitoitusta voidaan tehdä niiden tilojen osalta, jotka sijaitsevat epäedukkaimmin ilmanvaihtokoneeseen nähden. Nämä ovat tiloja, joihin kanaviston ilmanvaihtokonetta lähinnä oleva venttiili sijoittuu, tai tiloja, jotka vaativat erityistä tarkastelua äänitekkinesti. Erityisesti huomioonotettavia tiloja ovat esimerkiksi makuuhuoneet ja hiljaisiksi tai lepotiloiksi suunnitellut tilat. Kriittisiin tarkkailupisteisiin lukeutuvat myös suurien ilmamäärien säätöpellit ja painehäviöltään merkittävimmät laitteet.

Mitoitus tehdään siten, että tulokset kirjataan laitekohtaisesti oktaavikaistoittain. Ilmanvaihtojärjestelmään mahdollisesti kuuluvat puhallinkonvektorit ja palkkilaitteistot tulee huomioida äänilaskelmissa. Etenkin raskaasti liikennöityjen reittien varrella ulkomelun vaikutus on kartoitettava ja varmistettava, ettei häiritsevä melu pääse kulkeutumaan sisätiloihin ilmanvaihtojärjestelmän kautta. [15, s. 37.]

Riittävän huolellisesti sekä oikein laittein ja perustein suunnitellut äänitasot pienentävät ääniongelmia. Mittaus- ja säätötöiden yhteydessä tehdyt äänenvaimentimien ja kanaväänieristeiden lisääminen tuo lisäkustannuksia. Markkinoilla on tarjolla erilaisia jälkiasenteisia, esimerkiksi kanavan sisään upotettavia äänenvaimentimia. Lähtökohtana tulisi kuitenkin niiden sijaan pitää huolellista äänitekkinistä suunnittelua ja laskelmia ennen järjestelmän toteuttamista. On muistettava, että kalusteet ja pinnat heijastavat ja vaimentavat ääntä eri tavoin.

3.2 Huollettavuus

Järjestelmän tasapainotusta ajatellen tulisi suunnitteluvaiheessa varmistaa säätölaitteille, kuten venttiileille ja säätöpelleille, esteetön pääsy. Näkymättömiin asennettuihin säätölaitteisiin, kuten alas lasketun katon yläpuolella sijaitseviin laitteisiin, tulee varata pääsy esimerkiksi huoltoluukun kautta. Esimerkiksi alas lasketussa katossa huoltoluuku ja säätölaite tulee merkitä suunnitelmiin sekä niiden paikka osoittaa tarroin (kuva 1) tai kyltein. Merkitseminen helpottaa laitteiden paikantamista, vaikka ne olisivatkin suunnitelmiin piirretty.



Kuva 1. Tarramerkinä on siisti tapa merkitä piiloon asennettu säätölaite alaslaskettuun kattoon. Tarramerkinä nopeuttaa säätölaitteiden paikantamista.

Suunnittelijan tulee ottaa huomioon muut järjestelmät ja niiden vaikutus ilmanvaihtokanaviston ja sen osien huollettavuuteen. Ristiriidat järjestelmien risteilyissä ja sijainnissa kiinteisiin rakenteisiin nähden voivat ilmanvaihdon kannalta aiheuttaa ongelmia, kuten heittokuvioden rikkonaisuutta tai säätöpellin säätövaran loppumista kiinteään esteen vuoksi.

3.3 Tasapainotussuunnittelu

Vaikka tasapainotustyön suorittaa fyysisesti säätö- ja mittamies, kantaa LVI-suunnittelija vastuun siitä, että hänen suunnittelemansa kanavisto on tasapainotettavissa määräysten mukaisesti.

Kanavistossa on oltava riittävä määrä säätöpeltejä ja niiden kuristustarve tulisi mitoittaa jo suunnitteluvaiheessa. Säätöpeltien lisääminen kanavistoon on mahdollista jälkikäteen, mutta se tuo lisäkustannuksia. On otettava myös huomioon, ettei kaikkiin paikkoihin välttämättä mahdu asentamaan pienikokoistakaan säätöpeltiä jälkikäteen, esimerkiksi muiden järjestelmien takia. Kuristamisessa tulee kiinnittää huomiota viimeiseen tulo- tai poistoilmaventtiiliä lähimmäisenä olevaan säätöpeltiin.

Tulo- ja poistoilmaventtiileiden sijoittaminen haarakanavoittain mahdollisimman symmetrisesti samankaltaisia venttiileitä käyttäen helpottaa myös tasapainotustyötä. Haarojen etäisyydellä toisistaan on merkitystä virtausteknisesti. Siksi pääkanavassa sijaitsevien peräkkäisten haarojen välin on oltava vähintään kaksi kertaa pääkanavan halkaisijan mitta. Pyörteiden, kuolleiden kohtien ja muiden virtaushäiriöiden välttämiseksi tulisi haarojen välin olla neljä kertaa pääkanavan halkaisijan mitta.

Ilmavirtamittaukset on voitava tehdä pääkanavista sekä jokaisesta tulo- ja poistoilmalimestä. Suunnittelijan tulee huomioida laitevalmistajien määrittelemät suojaetäisyydet taatakseen mahdollisimman häiriöttömän virtauksen mittapisteelle. Käytännössä häiriötön ilmavirta toteutetaan varaamalla riittävä pituus suoraa haaratonta ilmanvaihtokanavaa molemmin puolin mittauspistettä. Nyrkkisääntönä riittävästä suojaetäisyydestä voidaan pitää pyöreässä kanavassa neljää kanavan halkaisijan mitta ennen mittauspistettä ja puolitoista kanavan halkaisijan mitta jälkeen mittauspisteen. Näin mahdollisesta haarasta syntyvät pyörteet ehtivät tasaantua. Suorakaidekanavalla vastaavat suojaetäisyysuhteet ovat viisi ennen ja kaksi jälkeen mittauspisteen. Pituuskerroin saadaan jakamalla kanavan leveyden ja korkeuden summa kahdella. [9.] Suojaetäisyydet määräytyvät standardin SFS 5512:n mukaan [11.], ja ne merkitään suunnitelmiin samalla kun mittaustavatkin.

Pyöreä kanava: $L = N_i D$ (1)

Suorakaidekanava: $L = N_i \frac{a+b}{2}$ (2)

L on etäisyys mittauskohdan ja häiriökohdan välillä

D on kanavan halkaisija

a ja b on suorakaidekanavan sivujen mitat

N_1 on suojaetäisyyskerroin mittauskohtaa ennen, virtaussuunnassa.

N_2 on suojaetäisyyskerroin mittauskohdan jälkeen, virtaussuunnassa.

Puhtausaluekohtainen ja kerroskohtainen säätötarve kartoitetaan suunnitteluvaiheessa. Eri säätöalueet rajataan tarvittaessa sulkupeltejä käyttämällä. Silloin voidaan säätää esimerkiksi valmista kerroskanavistoa, vaikka toisen kerroksen kanavisto on vielä asennusvaiheessa. [15, s. 16.]

Oikeaoppisesti suunnitellussa ja säädetyssä järjestelmässä epäedullisimmin sijaitsevalle venttiilille katsotaan kuristamaton reitti. Käyttämällä suhteellista tasapainotusmenetelmää järjestelmä saadaan tasapainoon. Ilmavirrat säädetään kohdilleen mekaanisesti venttiileillä ja säätöpelleillä sekä puhaltimen välityksiä muuttamalla. Puhaltimen säätimiä tai taajuusmuuntajia voidaan mallista riippuen säätää myös elektronisesti.

4 Ilmanvaihtotavat

Suomessa ilmanvaihtototeutustavat voidaan jakaa painovoimaiseen ja koneellisiin järjestelmiin. Ilmastoinnista on kyse, kun ilmanvaihtoon liitetään ilman käsittelyä, kuten kostutusta tai jäähdytystä. [1, s. 4.]

4.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto on yleisin ilmanvaihtotapa Suomessa. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin sisä- ja ulkoilman välisiin paineeroihin. Sääolosuhteiden vaihtelu aiheuttaa täten järjestelmässä ilmavirtojen vaihtelua, joten riittävää ilmanvaihtoa kaikkiin tiloihin ei voida taata. Järjestelmässä voi olla lisäksi erillinen liesituuletin tehostamassa likaisen ilman poistoa.

Koska Suomessa lämpötila- ja sääolosuhdevaihtelu on vuoden sisällä laajaa, se aiheuttaa ongelmia painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä. Kylmällä säällä vallitsevat paine-erot saavat ilmavirrat suurimmilleen, kun taas kesähelteillä ilmanvaihto on olematonta. Perussäätö on tehtävissä pääosin kosteisiin tiloihin sijoitetuille poistoventtiileille. Korvausilma saadaan tuotua tilaan ikkunan karmeihin, seinään ikkunoiden läheisyyteen tai pattereiden taakse asennetuilla korvausilmaventtiileillä. Mikäli korvausilmajärjestelyjä ei ole hoidettu venttiileiden avulla, kuten vanhoissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihtosaneerauksia ei ole tehty, korvausilma tulee rakennuksen väljän ulkovaipan läpi, ovi- ja ikkunaraoista sekä muista avoimista paikoista. [5.]

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirtoihin on mahdollista vaikuttaa säädetävien korvausilmaventtiileiden avulla. Korvausilmaventtiileiden avausta on mahdollista muuttaa riittävän korvausilman takaamiseksi esimerkiksi liesituuletinta käytettäessä tai vuodenajan mukaan. Yleinen korvausilmaventtiileiden käyttöön liittyvä ongelma asuinrakennuksissa on se, ettei niitä pidetä riittävän auki. Venttiileitä pidetään täysin suljettuina tai ne tukitaan. Tällöin painovoimainen ilmanvaihto ei toimi suunnitellulla tavalla tai lainkaan.

4.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä yleistyi Suomessa pääosin yhteiskanavatoetuksina 1960-luvulta lähtien [5]. Siirtyminen koneelliseen ilmanvaihtotapaan oli mer-

kittävä, sillä sääolosuhteiden vaikutukset ilmavirtoihin eivät enää olleet merkittävät koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä.

Poistoilmaventtiilit on pääosin sijoitettu kosteisiin tiloihin, vaatehuoneeseen sekä keittiöön, jolloin siirtoilman mukana kulkeutuvien kosteuden ja epäpuhtauksien leviäminen saadaan minimoitua. Perussäädön lisäksi ilmavirtoja on mahdollista muuttaa poistopuhaltimen pyörimisnopeutta säätämällä. Esimerkiksi omakoti- ja rivitaloissa poistopuhaltimen ohjaus on yleensä liesikuvun yhteydessä.

Korvausilmajärjestelyjen tärkeys korostuu koneellisessa poistoilmanvaihdossa. Mikäli korvausilmaa ei ole saatavilla venttiiliteitse, saa pyörivä poistopuhallin aikaan suositeltua suuremman alipaineen tilaan. Se aiheuttaa mahdollisten epäpuhtauksien ja hajuhaittojen siirtymisen hallitsemattomana vuotona rakennuksen vaipan läpi tilaan.

4.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellinen tuloilmanvaihto otettiin käyttöön Suomessa 1970-luvulla. Koneellinen tulo- ja poistoilma toimivat alkuun keskitettyinä järjestelminä, kunnes huoneistokohtaiset tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet yleistyivät 1990-luvulla asuintaloissa.

Nykyrakentamisen ilmanvaihtojärjestelmänä voidaan pitää kokonaisuutta, jossa tulo- ja poistoilma hoidetaan koneellisesti: osa poistoilman lämmöstä siirretään tuloilmaan lämmöntalteenottojärjestelmän avulla ja tuloilma suodatetaan. Kun tulo- ja poistoilma koneistetaan, saavutetaan helpoiten ilman laadulle asetetut tavoitteet sekä paras energiatehokkuus. [14, s. 16.] Asuintaloissa toteutetaan nykyisin sekä keskitettyjä että huoneistokohtaisia järjestelmiä. Toimitilakohteissa yksittäiset tilat – ja täten ilmamäärät – ovat yleensä suurempia kuin asunnoissa, joten keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä, jossa on yksittäisiä huippuimureita, mahdollistaa tehokkaimman ilmanvaihdon.

Asuintaloissa on periaatteena, että tuloilmaa tuodaan makuuhuoneisiin ja olohuoneisiin rinnastettaviin tiloihin. Poisto tapahtuu kosteista ja ”likaisista” tiloista. Jälkimmäisiin kuuluvat mm. vaatehuoneet ja keittiöt, joissa haju- ja pölykuormat ovat muita tiloja suuremmat.

5 Järjestelmän osat

5.1 Kanavat

Nykyään ilmanvaihtokanavat toteutetaan pääsääntöisesti kierresaumatulla teräsputkella tai muoviputkella. Mittauksen ja säädön kannalta ajatellen teräsputken ja muoviputken tuottamat painehäviöerot ovat marginaaliset toisiinsa verrattuna. Käytännössä muoviputkea on saatavilla pienempiin järjestelmiin, kuten pientalo- ja huoneistokohtaisten ilmanvaihtojärjestelmien ko'oisissa. Teräksestä voidaan työstää isojakin pyöreitä kanavia sekä etenkin suuremmissa ilmanvaihtojärjestelmissä käytettäviä suorakaidekanavia. [13.]

Muovin käyttöä rajoittaa toistaiseksi palonkestävyys. Suomen rakentamismääräyskoelma E1:ssä on esitetty ilmanvaihtolaitosta koskevat palotekniset määräykset. Muovikanava ei vielä sovellu paloteknisistä syistä esim. liesikuvun ilmanvaihtokanavaksi. [19.] Siinä on käytettävä peltiä kanavamateriaalina.

Kanavasta suoritettuna mittauksen kohta merkitään piirustukseen ja itse kanavaan, esimerkiksi kanavan pintaan tai eristeeseen. Merkintänä on MP (n), eli ”mittapiste” ja juokseva numero mittauksen mukaan. Mikäli kanavassa ei ole valmista mittalaitetta ja mittausta varten porataan kanavaan reikä, tulee se asianmukaisesti tulpata, kun työ on suoritettu. Reikiä varten on olemassa muovitulppia, joita tulisi käyttää teippaamisen sijaan. Silloin paikkaus pysyy paremmin.

5.2 Säätopellit ja ilmavirtasäätimet

Ilmavirtojen hallintajärjestelmillä saadaan säädettyä rakennuksen vyöhykekohtaiset ilmavirrat oikeiksi. Säätopeltien, mittauslaitteiden ja säädinten tilantarve on selvitettävä mallikohtaisesti säätömahdollisuuksien sekä toiminnan varmistamiseksi.

Säädettäessä säätopelti on hyvä lukita haluttuun asentoon, jos vain pellissä on lukitusominaisuus. Silloin ei pelti pääse kosketuksesta tai jostain muusta syystä vahingossa löystymään. Lukitsematon tai löystynyt pelti saattaa liikkua säädetyistä arvosta.

Säätoarvo tai -asento kannattaa varmuudeksi merkitä permanenttitussilla joko säätopellin asteikolle tai sen lähettyville kanavan kylkeen. Selkeä asennon tai arvon merkit-

seminen säätöpeltiin tai sen lähetyville viimeisimmän mittauskerran yhteydessä nopeuttaa huoltotoimenpiteitä ja mahdollisesti helpottaa paikallisen ilmanvaihto-ongelman diagnosointia.

Ilmamääräsäätimet asetetaan suunnitelmien mukaisiin arvoihin joko manuaalisen käsi- pyörän, potentiometrin tai mekaanisen pysäyttimen avulla. Potentiometrillä tai muulla sähköisellä säätimellä varustetun laitteen tulee olla toiminnassa ja säätövalmiudessa ennen mittaus- ja säätötöitä, eli laiteen tulee olla kytkettynä energialähteeseensä. Sähköisen laitteen toiminnan voi todeta näytöltä. Sen voi myös havaita irrottamalla säätölaitteesta mittapisteelle kulkeva yhde, jolloin säätöpellin tulisi liikkua. Jousitoimisten säätimien, esimerkiksi vakioilmamääräsäätimien, asetusarvot on hyvä säätöpeltien tavoin merkitä säätimeen ja lukita lopulliseen asentonsa. Jäähdytyspalkkien ja matalanopeuslaitteiden yhteyteen asennettavien säätöpeltien tulee olla riittävän tarkasti säädettäviä. [2;16.]

5.3 Päätelaitteet

Ennen säädön aloittamista on kanaviston oltava valmis ja puhdistettu. Lisäksi tilojen tulee olla puhtaat. Suunniteltujen osien tulisi olla paikoillaan ja oikein asennettuina. Asentajan tulee säätää laitteet mahdollisiin suunnittelijan ilmoittamiin esisäätöarvoihin. Jos esisäätöarvot puuttuvat, säätöpellit voidaan esimerkiksi asettaa määrättyyn ääri- tai keskiasentoon säätötöiden helpottamiseksi. [15, s. 35.]

Päätelaitteiden mitattavuus ja säädettävyys vaihtelee valmistaja- ja mallikohtaisesti, minkä vuoksi mittaus- ja säätömahdollisuudet tulisi myös kartoittaa ennen laitehankintoja. Uudelleenmitoitustarve on syytä tehdä, jos suunnitelluista päätelaitemalleista poiketaan. Etenkin asuntokohteissa tulisi venttiilimallin olla asentoon lukittava, jottei venttiili pääse vahingossa pois säädöstä. Lukittava venttiilimalli suurentaa myös käyttäjän kynnystä lähteä omatoimisesti yrittämään säätämistä. Tämä pienentää ilmanvaihdon tasapaino-ongelmien riskiä.

Käytössä olevan ilmanvaihtojärjestelmän säätötyön yhteydessä tarkistetaan venttiileiden tiivisteet. Vaurioituneet, likaiset tai kasaan painuneet tiivisteet vaihdetaan uusiin venttiilille sopiviin malleihin. Poistoilmapuolen venttiileitä irrotettaessa tulee varoa tiivisteiden imeytymistä kanavistoon.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan ennen mittaus- ja säätötoita on tarkastettava kanaviston puhtaus. [8, s. 25.] Puhtaus mitataan puhtausluokitusjärjestelmällä, jossa pölynkertymää tarkkaillaan visuaalisesti tai pölynkertymämittauksin [6]. Venttiileihin – ja kanavistoon – kerääntynyt pöly lisää painehäviötä ja voi vaikuttaa venttiilin heittokuvioon.



Kuva 2. KSO-125-venttiili irrotettuna ja lukittuna säätöasentoonsa. Tämä keittiön venttiili olisi pölynpoiston ja tiivisteenvaihdon tarpeessa.

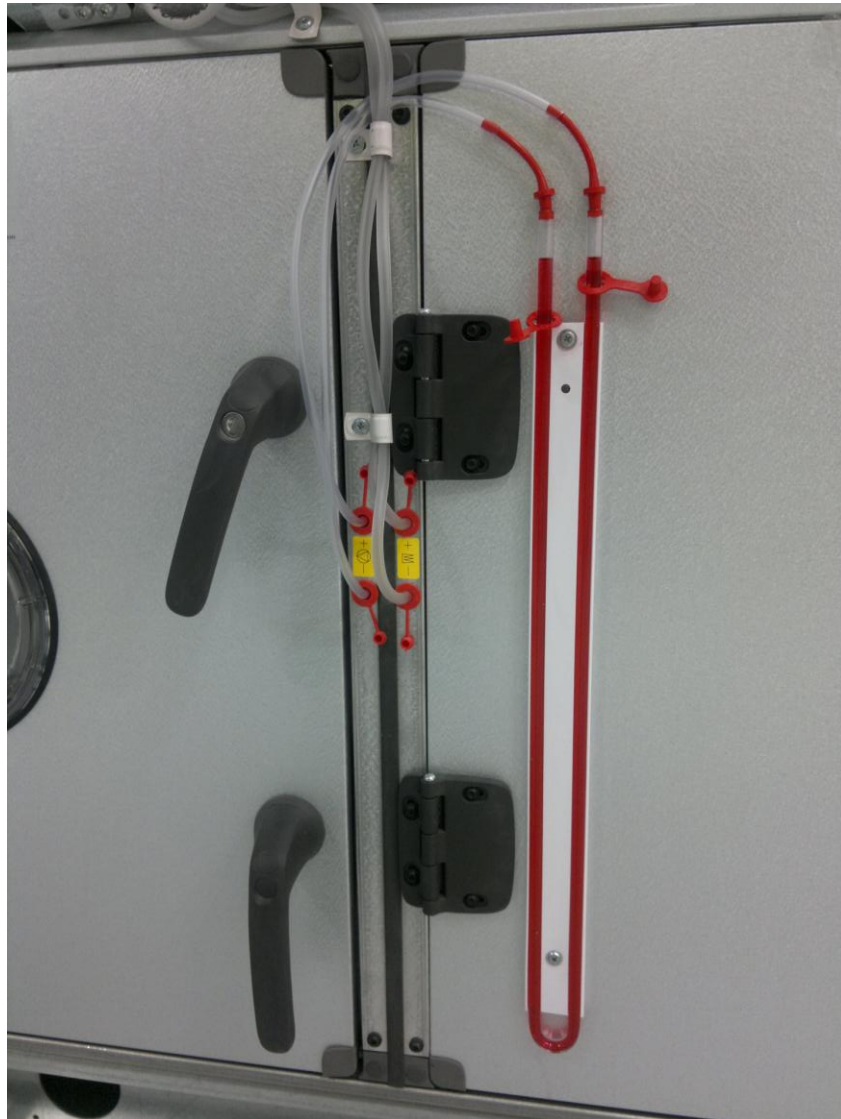
Venttiiliä irrotettaessa on varottava maalipinnan repeytymistä ja sotkeentumista. Yleisimpiä syitä repeytymisille ovat maalauksen ajaksi paikoilleen jätetty tai märän maalin päälle kiinnitetty venttiili. Katkoteräveitsi on hyödyllinen apuväline mahdollisten maali-kiinnikkeiden varovaiseen katkaisemiseen venttiin ja pinnan välillä.

Venttiileiden säätöoppaat on saatavilla valmistajilta. Vanhojen venttiileiden säätöoppaita on arkistoitu sähköiseen muotoon. [20.] Etenkin vanhoissa kiinteistöissä törmätään vielä nykyisin merkittämiin venttiileihin, joista ei ole saatavilla säätöohjeita tai tietoja. Tunnistamatonta vanhaa päätelaitetta säädettäessä käytetään mahdollisimman hyvin vastaavan mallin säätöopasta. Vanhojen venttiileiden säätöoppaita ja tietoja kuitenkin löytyy useimmiten alan veteraaneilta. Nämä tiedot ovat kuitenkin paperiversioina tai muistinvaraisia. Tuntemattomien venttiilien mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi anemometritorvella tai pussimenetelmällä, kun tarvittavia kv-arvoja ei ole tiedossa. [11, s. 7]

5.4 Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihtokoneet mitoitetaan ja valitaan siten, että sisäilmastolle asetetut tavoitteet saadaan täytettyä energiatehokkaasti aiheuttamatta ääni- tai tasapainotusongelmia. Tehostus- ja poissaoloilmavirtojen toteuttamiseen sekä säädettävyyteen tulee kiinnittää huomiota laite- ja ohjausjärjestelmiä valikoitaessa. Ilmanvirtaa on pystyttävä ohjaamaan vastaamaan tilan käyttötarvetta ilman laadun ja kuormituksen mukaan. [3, s. 28; 8, s. 10.]

Ilmanvaihtokoneisiin on kiinnitettävä kiinteät ilmavirran mittauslaitteet, mikäli ilmavirta alittaa D2-määräyksen arvon 0,5 m³/s. Arvon alle jäävien ilmavirtojen mittaukseen hyväksytään siirrettäville laitteille soveltuvat mittausyhteet. Kiinteitä mittauslaitteita ovat esimerkiksi ilmanvaihtokoneeseen asennetut paine-ero- ja ilmavirta-anturit, joiden mitatut tulokset näkyvät koneeseen kiinnitetyillä digitaalinäytöillä. Analogiset mittarit, kuten nestemanometrit, vaativat nesteentäytön ja mitta-asteikon kiinnityksen yhteydessä kalibroinnin.



Kuva 3. Kalibroimaton U-putkimanometri. Mitta-asteikko on kiinnittämättä ja väriainestettä on liian paljon.

Nestekäyttöisen manometrin väriainetaso ei saa ylittää suositeltua määrää, ja se tulee kalibroida valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 3 esitetyn U-putkimanometrin väriainesteet imeytyvät osittain ilmanvaihtokoneeseen käynnistettäessä, sillä nestettä on liikaa. U-putkimanometrissä puuttuu myös mitta-asteikko, joka kiinnitetään kalibrointivaiheessa. Muita nestekäyttöisiä kiinteitä mittalaitteita ovat esimerkiksi suodatinvahteina käytetyt vinoputkimanometrit sekä paine-eromittareina käytettävät pystyputkimanometrit. Ilmanvaihtokoneen paine-eroantureita – digitaalisine näyttöineen – on saatavilla automaattisesti kalibroituina, jolloin fyysisten tarkistus- ja kalibrointimittausten määrää voidaan vähentää. [17.]

Taajuusmuuntajaohjattujen koneiden kylkeen merkitään lyijykynällä tai tarralla hertsilukema, jolla suunniteltu kokonaisilmamäärä saavutetaan. Tämä tehdään tasapainotustyön jälkeen, ennen kuin kone poistetaan käsikäytöltä ja asetetaan automaatio-ohjaukseen. Pienemmissä, huoneistokohtaisissa ilmanvaihtokoneissa, joissa ohjaus tapahtuu kytkimellä, merkitään säätöarvo kytkimen läheisyyteen.

6 Ilmanvaihtojärjestelmän mittaustyöt

Ilmanvaihtojärjestelmän mittaustöitä tehdään säädön yhteydessä. Niitä voidaan tehdä myös pistokoeluontoisesti, kun arvioidaan säätötarvetta tai tarkastetaan yksittäisen laitteen toimintaa.

6.1 Mittausmenetelmät ja laitteet

Standardissa SFS 5512 [11] on selostettu ilmavirtojen ja painesuhteiden mittauksia ilmastointilaitoksissa. LVI-kortissa 014-10290 [4] käsitellään LVI-laitosten LVI-tekniisiä mittauksia. Mittausmenetelmä ja laitteet valitaan mitattavan kohteen mukaan. Oikeilla mittausmenetelmillä ja -laitteilla varmistetaan mahdollisimman täsmällinen ja totuudenmukainen mittaustulos. Ilmamäärä- ja paine-eromittaukset, sekä äänimittaukset suoritetaan tehtävään tarkoitetuilla kalibroituilla välineillä.

Lämpötilan vaikutus mittauksiin tulee huomioida mittaustilanteen ja paikan mukaan. Ilman tiheyteen vaikuttavat vallitseva paine, kosteus, lämpötila sekä korkeus. Standarditiheytenä pidetään $\rho_o = 1,2 \text{ kg/m}^3$. Jos ilman tiheys poikkeaa standardista yli 2 % mitaushetkellä, korjataan ilmavirran arvoa seuraavalla kaavalla:

$$q_v = q_{vo} \frac{\rho_m}{\rho_o}$$

jossa

q_v on todellinen ilmavirta

q_{vo} on mitattu ilmavirta

ρ_m on ilman tiheys mittaussijakohtana

[21.]

2 % poikkeamaa standardista voi havainnoida kaavamuodossa seuraavasti:

$$\Delta\rho = (1 \pm 0,02) \times 1,2 \text{ kg/m}^3 = 1,176 \dots 1,224 \text{ kg/m}^3 \text{ (ilman lämpötila } \sim 24 \text{ }^\circ\text{C} \dots \sim 15 \text{ }^\circ\text{C}).$$

[21; 22.]

6.2 Yleisimmät mittaukseen käytettävät laitteet

6.2.1 Mikromanometri

Mikromanometri mahdollistaa paine-eron sekä staattisen paineen mittaamisen. Mikromanometrin mitta-apuvälineinä käytetään mittaletkuja, sondia sekä pitot-putkea. Mittalaitteen lailla myös apuvälineiden tulee olla ehjiä, puhtaita ja käyttöön tarkoitettuja mahdollisimman tarkan mittaustuloksen saamiseksi. Digitaaliset mikromanometrit ovat korvanneet kenttäkäytössä nesteellä toimivat mittarit. Ne pystyvät tarkkaan erotuskykyyn laajalla mittaskaalalla, rekisteröimään muistiinsa mittaustuloksia ja ovat helposti liikuteltavissa.

Mittaletkut tulee tarkistaa reikien, halkeamien ja tukosten varalta ennen mittausten aloittamista. Virheellisten ja epätarkkojen tulosten riskit kasvavat vaurioituneita sondeja ja pitot-putkia käytettäessä. Ilmanvaihtomittauksissa käytetty sondi on ohuen putkikenteensa vuoksi altis vaurioille. Etenkin sondin mittaletkuun kiinnitettävään päähän muodostuu helposti väljyyttä. Raskasrakenteisempi pitot-putki on tarkistettava tukosten varalta ennen mittauksia.

6.2.2 Siipipyöranemometri

Siipipyöranemometri on oikea työväline ilmannopeuksien ja ilmamäärien laitteen pinnasta mittaamiseen. Suuri mittauspää helpottaa etenkin säleikköjen ja hajottajien pinnasta tehtäviä ilmannopeusmittauksia. Mittapähän on saatavilla erilaisiin päätelaitteisiin yhteensopivia mittauskartioita ja sovitussyhteitä. Ne sopivat sekä pyöreille että neliskanttisille laitteille.

Mittattaessa siipipyöranemometrillä suuria pintoja, esimerkiksi ilmanvaihtokoneen tuloilmakammion säleikköä, tulee mittavirheiden minimoimiseksi ja tarkan mittaustuloksen saamiseksi käyttää oikeaa menetelmää. Suorakaidemenetelmä soveltuu suurien pintojen menetelmäksi.

Mittarin laakeristo ja siipipyörä ovat herkkiä keräämään epäpuhtauksia, joten niiden kunto on tarkistettava ennen mittauksia. Vaikka laakeristo on useimmissa malleissa pölyltä suojattu, voi siipipyörän akselin väliin kerääntyä pölyä, karvoja tai hiuksia, jotka kitkaa aiheuttaessaan väärentävät mittatulosta. Siipipyörän siivet on tarkastettava epämuodostumien varalta ennen mittausta. Pyörän tulee olla tasapainoinen.

6.2.3 Kuumalanka-anemometri

Kuumalanka-anemometrin mittaus perustuu metallijohtoon, joka reagoi lämpötilaan. Kuumalankaa hyödyntäviä mittalaitteita on saatavilla ohuina kanavamittauksiin soveltuvina puikkomalleina sekä kanavamallisina, kun tehdään pintamittauksia.

Mittauspään johto, kuumalanka, on paksuudeltaan muutamia mikrometrejä ja täten todella hauras. Kuumalankamittarit on tämän vuoksi kalibroitava usein ja niiden kunto on tarkistettava huolella.

6.2.4 Äänitasomittari

Mittaus ja säätötöihin lukeutuvat äänimittaukset suoritetaan äänitasomittarilla, joka täyttää standardeissa SFS 2877-1980 2. P./IEC 651 ja IEC 804 asetetut vaatimukset. Äänitasoille asetetut vaatimukset selviävät Suomen rakentamismääräyskokoelman C1- ja D2-osista.

7 Ilmanvaihtojärjestelmän säätötyöt

Ennen rakennuksen käyttöönottoa kanavistojen ilmavirrat on saatava suunnitelmanmukaisiksi ja tasapainoon. Tasapainoon saamisen edellytyksiä ovat vaadittuun puhtausluokkaan yltävä valmis kanavisto osineen sekä toimiva ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtojärjestelmän säädölle on varattava riittävästi aikaa. Jos muut työvaiheet myöhästyvät, mittaus- ja säätötyöt saadaan silti tehtyä huolellisesti. [15, s. 19.]

Ilmanvaihtojärjestelmän perussäätö tehdään ilmavirralla, joka vastaa yleisintä käyttötilannetta. Tämä tarkoittaa laskennallisesti mitoitettua ilmavirtaa silloin, kun tila on normaalissa käytössä. [8, s. 26.] Paineiden suunnitelmanmukaisuus todetaan ilmavirta- ja paine-eromittauksin tai savukokein. Järjestelmän säätötyöt helpottuvat, mikäli ilmanvaihtosuunnittelija on merkinnyt suunnitelmiin, millä ilmanvaihtokoneen säätöasennolla normaalikäytön ilmavirrat saavutetaan.

Myös käytössä olevia kanavistoja tasapainotetaan tarvittaessa. Tasapainotus tulee tehdä, jos

- ilmavirtoja ei ole hyväksyttävästi säädetty ennen ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönottoa
- kanavistoon tehdään muutoksia käytön aikana
- ilmavirtoja muutetaan esimerkiksi tilan käyttötarkoituksen muuttuessa
- kanavistot puhdistetaan tai nuohotaan
- tilakohtaiset ilmamäärät poikkeavat yli ± 20 % suunnitelluista
- konekohtaiset ilmamäärät poikkeavat yli ± 10 % suunnitelluista.

[6; 8, s. 26.]

Ilmavirtojen lisäksi tarkastellaan lämpötilaa, ääntä, tilan käyttötarkoitusta sekä tilan kuormitusta, kun arvioidaan uudelleentasapainotustarvetta.

Kun kanaviston nuohouksen yhteydessä säätöelimiä ja palopeltejä suljetaan tai tuki-taan, ilmanvaihdon säätö on tarpeellinen [14, s. 29]. Nuohouksen jälkeen on tarkistettava, ettei palopeltejä ja säätöelimiä ole jäänyt kiinni eikä päätelaitteita ole peitetty. Sen jälkeen vasta tehdään mittaus- ja säätötyöt. LVI-kortissa 03-10429 on esitelty ilman-

vaihtojärjestelmän puhdistus- ja säätötyön työselostuksen laadintamalli esimerkkien avulla.

7.1 Tasapainotusmenetelmä

Suhteellinen tasapainotusmenetelmä on yleisin ilmavirtojen perussäädössä käytetty säätömenetelmä. Menetelmä perustuu kanavisto-osissa sijaitsevien yksiköiden säätämiseen toisiinsa nähden suhteelliseksi vertaamalla niitä ns. referenssiyksikköön. Menetelmä on nopea, sillä kukin venttiili ja säätöelin säädetään työn aikana vain kerran. Lisäksi säätöä edellyttävät mittaukset voidaan tehdä mittaamalla ilmavirtoja tai virtausnopeuksia.

Referenssiyksiköksi valitaan yleensä pisimmän ja mutkikkaimman reitin päässä ilmanvaihtokoneelta sijaitseva päätelaite. Referenssiyksikkö on käytännössä tasapainotettavan kanaviston päätelaite, jonne ilman on tehtävä ”eniten töitä” päästäkseen. On muistettava kuitenkin, ettei pisin reitti ole aina vaikein kuljettava, vaan myös käyrä- ja haaraosat sekä säätölaitteet tuottavat painehäviötä.

Oikein suunnitellussa kanavistossa kaikki puhaltimen ja epäedullisimmin sijaitsevan venttiilin välillä olevat säätöpellit ovat säädön jälkeen täysin auki. Tällöin ilmalle järjestetään esteettömin kulku vaikeimmalle reitille. Säätöpeltien käyttäminen kokonaisilmavirran säätelyssä aiheuttaa helposti ääniongelmia liiallisten kuristusten vuoksi. [9, s. 2.] Se laskee myös järjestelmän energiatehokkuutta.

7.2 Siisteys

Mittaus- ja säätötöissä tulee ottaa huomioon työmaan siisteysvaatimukset etenkin kun työ suoritetaan sisärakennusvaiheiden ollessa pitkällä. Erityisen ongelmallisia ovat helposti tahriintuvat alakatot ja huoltoluukut, joita käsitellessä tulee välttää likaisilla käsillä tai hanskoilla työskentelemistä. Hyvä ratkaisu on käyttää puhtaita valkoisia puuvillahanskoja.

Kaikille mittauspisteille ei välttämättä ole suoraa pääsyä. Esimerkiksi suoraan kanavasta pitot-putkella suoritettavat mittaukset edellyttävät mahdollisen eristyskerroksen avaamista ja kanavaan poraamista. Tarvittaessa eristeeseen leikataan luukku siihen

soveltuvien välinein. Luukku myös paikataan asianmukaisesti valmista eristekerrosta mahdollisimman vähän vaurioittaen.

Päätelaitteissa, joissa mittaamiseen käytetään laitteeseen kiinnitettyjä tai integroituja mittayhteitä, tulee yhteydet tulpatata tai asetella siististi piiloon työn jälkeen. Myös päätelaitteiden säätönarut piilotetaan väärinkäytösten riskin pienentämiseksi ja siistin työjäljen jättämiseksi. Päätelaitteiden mittayhteiden ja säätönarujen näkymistä voidaan myös pitää säätämättömyyden tai mittaustöiden keskeneräisyyden merkinä (kuva 4).



Kuva 4. Roikkumaan jätetyt tuloilmalaitteen mittayhteet näyttävät epäsiisteiltä.

7.3 Turvallisuus

Etenkin teollisuusrakennuksissa ilmanvaihdon päätelaitteet voivat sijaita epäedullisesti. Kun työvara tikkaissa ei riitä, esimerkiksi hallin katon rajaan asennetuille päätelaitteille pääsy vaatii henkilönostokäyttöön tarkoitetun nostimen tai käyttöön soveltuvat telineet. Nostin ja telineet tulee olla asianmukaisesti tarkastettu, huollettu ja telinekorttien ajan tasalla. [16.] Henkilökohtaisten suojavälineiden osalta noudatetaan työmaavaihe- tai kohdekohtaista arviointia ja ohjeistusta.

8 Yleisimmät ongelmat mittaus- ja säätötöissä

Osana opinnäytetyötäni haastattelin ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden ammattilaisia. Haastattelukysymykseni painottuivat töissä eteen tuleviin ongelmiin sekä alan tulevaisuuteen, jossa tekniikan kehitys on nopeaa.

8.1 Paineista johtuvat ongelmat

Käyttämällä järjestelmässä matalia paineita pienennetään paineen aiheuttamaa ääntä. Kääntöpuolena äänettömyydelle on kuitenkin matalille paineille suunnitellun järjestelmän tasapainotus. Matalilla paineilla mittausvirheen todennäköisyys kasvaa ja ilman huojuntaa voi esiintyä. Se vaikeuttaa tasapainotustyötä. Mittausten vääristymät heijastuvat suoraan säätötöihin. Laadukkaan tasapainotustyön varmistamiseksi tulisikin tarkastaa, että päätelaitteet toimivat suunnilleen samalla säätöpaineella. [18.]

8.2 Suunnitelmat ja muutokset

Tietokoneen avulla tehtävät suunnittelu ja mitoitus ovat nopeuttaneet suunnittelutyötä. Yksinkertaisimmillaan laitevalmistajan lisäosa suunnitteluohjelmaan mitoittaa järjestelmän sille annettujen ohjearvojen perusteella. Myös valmiiksi luotujen järjestelmäpohjien kopiointi, esimerkiksi kerrostalosuunnittelussa, on suunnitteluohjelmalla helppoa. Tässä piilee riski, että mahdolliset virheet kopioituvat, jos tarkastusta ei suoriteta huolellisesti.

Suunnitelmapäivitysten myötä muutokset tulisi huolellisesti tarkistaa ja arvioida niiden vaikutus mittaus- ja säätötöihin. Esimerkiksi laitteille mitoitettujen esisäätöarvojen tulee laitemallin tai -valmistajan vaihdon myötä laskea uudelleen. Niin kauan kuin järjestelmä muuttuu rakennusprosessin aikana, on vaikeaa päästä mitoitusohjelmalla lopullisiin säätöarvoihin. [18.]

8.3 Aikataulutus ja muut työt

Töille tulee varata riittävästi aikaa. Muiden urakoiden valmiusaste heijastuu suoraan mittaus- ja säätötöiden suoritettavuuteen. Koska moderni ilmanvaihtojärjestelmä voi olla teknisesti hyvinkin automatisoitu, on kytkentöjen oltava valmiit säätötöiden alkaes-

sa. Aikataulua laadittaessa tulee mittaus- ja säätötoita ajatellen huomioida myös sähkö- ja automaatiotöiden vaikutus järjestelmän toimivuuteen.

Keskeneräiset tai puutteellisesti suoritettut toimintakokeet ovat entistä enemmän automatiikan varaan tukeutuvien järjestelmien ongelma. Etenkin monimutkaiset ja ennestään vieraat laitteistot, jotka ovat ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden ja säädettävyyden kannalta kriittisiä, tulisi koekäyttää hyvissä ajoin. [18.]

9 Dokumentointi

Ilmanvaihtojärjestelmää säädettäessä on looginen eteneminen tarpeellista, sillä tasapainotus tapahtuu kanavahaarottain. Mittaus- ja säätötulokset on hyvä kirjata piirustuksiin selkeästi mitatun tai säädetyt laitteen viereen. Selkeät poikkeamat sekä puutteet merkitään piirustuksiin oikeisiin kohtiin. Niistä ilmoitetaan myös työn tilaajalle.

9.1 Mittaustulosten esittäminen

9.1.1 Mittaus- ja säätötyöt

Mittaus- ja säätötyötä tekevä laatii mittaustuloksistaan pöytäkirjan, joka liitetään osaksi luovutusaineistoa. Mittaustulosten esittäminen taulukkomuodossa (kuva 5) on yleisimmin käytetty varsinaisten mittaustulosten esitysmuoto pöytäkirjassa. Pöytäkirjaan merkitään mitatun laitteen valmistaja, malli ja koko sekä mittausarvot, ilmavirtatiedot ja tarpeen mukaan poikkeamat sekä huomautukset.

Lisäksi pöytäkirjaan tai sen liitteeksi voidaan lisätä mittavirhelaskelmat, jotka liittyvät mittari- ja mittaustapavirheisiin. Mitattujen kohteiden paikantamisessa voidaan viitata suunnitelmiin, esimerkiksi huonetilan, piirustuksen tai laitetunnuksen nimellä.

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA										Sivu:	
Kohde:	Kohde, Espoo					Päivä:		09.11.11			
Mittaajat:	JA, AL					Työ nro:		1			
Mittarit:	Airflow EDM 2500										
Tiedosto:	IV-mittauspöytäkirja3ll.ods										
Huone tai kanava	Tulo- tai poistoilmalin (T/P)			Mittausarvot		Ilmavirta		Poikkeamat			
	T/P	Valmistaja	Malli ja koko	Asento	Mittaus-tulos	Mitattu dm ³ /s	Suunn. dm ³ /s	Mitattu %	Virheet %	Yht. %	Sallittu %
Työh.	P	Halton	KSO-100	(+)12	40kPa	17,7	25	-29,2	7,5	-29,68	±20
Työh.	T	Halton	THC-125 + PRH-125	K=6.4	6kPa	15,7	25	-37,2	7,5	-37,58	±20
Luokkah.	P	Halton	KSO-160	(+)5	114kPa	47,0	43	9,3	7,5	10,71	±20
Luokkah.	P	Halton	KSO-160	(+)5	114kPa	47,0	43	9,3	7,5	10,71	±20
Luokkah.	P	Halton	KSO-160	(+)5	114kPa	47,0	43	9,3	7,5	10,71	±20
Luokkah.	T	Halton	TS-HV300x150+PRG	K=20.08	4kPa	40,2	64,5	-37,7	7,5	-38,07	±20
Luokkah.	T	Halton	TS-HV300x150+PRG	K=20.08	12kPa	69,6	64,5	7,9	7,5	9,522	±20
TF8	P	Halton	PRA-200	4	55kPa	134,2	-			10,16	±20
TF8	T	Halton	PRA-200	4	94kPa	175,5	-			10,16	±20

Kuva 5. Huolella täytetty taulukkomuotoinen mittauspöytäkirja on helppolukuinen [21].

Mittauspöytäkirjassa esitetään seuraavat tiedot:

- Mittausajankohta
- Mittauskohde
- Mittaaja ja mittauksen valvoja
- Käytetyt mittausmenetelmät ja -laitteet
- Selvitys mittauslaitteiden kalibroinnista
- Mittaushetken sääolosuhteet
- Mitattavan ilmavirran lämpötila ja tarvittaessa kosteus
- Selvitys mittaukseen vaikuttavista häiriöistä
- Varsinaiset mittaustulokset.

Kokonaisvirhe saadaan laskettua kaavalla:

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}$$

m on kokonaisvirhe %

m_1 on mittauslaitteen virhe %

m_2 on menetelmävirhe %

m_3 on lukemavirhe %

[22.]

9.1.2 Äänimittaukset

Vastaanottomittauspöytäkirjaan kirjataan äänimittausten osalta seuraavat asiat:

- Mittausajankohta
- Mittauskohde
- Mittaaja
- Mittarin valmistaja ja malli
- Mitattujen pisteiden sijainnit
- Mittaustulokset mitatuissa pisteissä
- Kokonaisäänitaso tilassa (huoneessa)
- Taustäänitaso tilassa (huoneessa), tarvittaessa
- Ilmanvaihtojärjestelmän tuottama laskettu äänitaso, tarvittaessa

9.2 Kalibroitodistus

Voimassaoleva kalibroitodistus tulee esittää mittaus- ja säätöitä valvovalle taholle. Todistuksen kopio on hyvä liittää osaksi mittauspöytäkirjaa. Mitta- ja säätömiehen tulee huolehtia, että työvälineet kalibroidaan. Tarvittaessa hän ilmoittaa puutteista esimiehelleen tai käyttää laitetta kalibroitavana.

Laitteet kalibroidaan valmistajan tarkastusaikavälin mukaisesti tai jos laite vaurioituu. Päällisin puolin kunnossa oleva, mutta esimerkiksi lattialle pudonnut tai seinään kolah-
tanut mittari voi antaa virheellisiä tuloksia. Sallitut virhemarginaalit ovat pieniä. Kalib-
roinnin teettäminen laitteen maahantuojalla tai kalibrointiin hyväksytyssä laitoksessa on
pienempi vaiva kuin virheellisten mittaustulosten perusteella säädetyn järjestelmän
uudelleensäätö.

10 Yhteenveto

Mittaus- ja säätötöiden laatuun ja suoritettavuuteen on mahdollista vaikuttaa koko rakennushankkeen ajan alkaen järjestelmän mitoituksesta. Tunnistamalla mittaus- ja säätöihin vaikuttavat tekijät voidaan vaikuttaa työn sujuvuuteen kaikissa työvaiheissa.

Suunnittelu ja sen ohjaus ovat vaikuttavat paljon loppuvaiheen töiden sujuvuuteen. Etenkin teknisten järjestelmien risteilyt ja sijoittamiset rakenteisiin nähden tulisi huomioida ennen asennustöitä. Myös laitevalinnoilla on suuri merkitys käytännön säätöihin, sillä päätelaitemalli määrittelee mittaustavan. Tämän vuoksi myös muutosten vaikutusten kartoittaminen on tarpeellista, koska alkuperäiset painehäviö- ja äänilaskelmat pitää ottaa huomioon.

Perinteiset mittaus- ja säätötyöt ovat saaneet väistyä entistä teknisempien laitteiden tieltä. Automaation varassa toimivat järjestelmät ovat kehittyneet paljon perinteisistä kertasäätöpelleistä. [18.] Mittaus- ja säätötyöt kehittyvät laitteiden ja järjestelmien ohella, mutta vanhempien järjestelmien tuntemus on katoavaa kansanperinnettä. Tiedot vanhoista laitteista ja niiden säädöistä kulkevat mittaajalta toiselle. ”Hiljaisen tiedon” kirjaaminen olisi vanhojen järjestelmien säilyvyyden kannalta erittäin tärkeää. Kynnys uudistaa olemassa oleva järjestelmä kasvaa, jos tiedot sen säädettävyydestä tai toiminnasta ylipäätään ovat puutteellisia.

11 Tarkastuslistan käyttö

Opinnäytetyön tuotteena laadin tarkastuslistan ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöissä huomioitavista asioista. Tarkastuslistaan on koottu mittaus- ja säätötöihin vaikuttavia tekijöitä. Tarkastuslistan tarkoitus on auttaa mittaus- ja säätöitä valvovaa osapuolta ottamaan huomioon töihin vaikuttavat asiat. Sekä uusille että käytössä oleville järjestelmille on omat listat.

Uuden ilmanvaihtojärjestelmän tarkastuslistaa käytetään uudisrakennuksissa ja uusia järjestelmiä rakennettaessa. Käytössä olevien järjestelmien tarkastuslistaa voidaan hyödyntää esimerkiksi nuohouksen jälkeisessä tai olemassa olevan osittaisen kanaviston säätötyössä.

Tarkastuslistaa käytetään ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluvaiheessa uudisrakennuksissa. Sitä voi myös käyttää ilmanvaihtotyön suunnitteluvaiheessa käytössä olevan järjestelmän osalta. Tarkastuslistan käyttö päättyy, kun mittaus- ja säätöpöytäkirja on laadittu hyväksytysti. Tarkastuslistan järjestys ei ole sitova, ja siinä mainittuja kohtia voidaan soveltaa.

Lähteet

- 1 Ruotsalainen, Risto; Forss, Pertti; Puhakka, Eija; Seppänen, Olli; Säteri, Jorma. Hengitysliitto Heli Ry. 2006. Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. Hengitysliitto Heli Ry:n opas. Sosiaali- ja terveysministeriö.
- 2 Halton Oy, tuotteet. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.halton.fi/halton/fi/cms.nsf/www/tuotteet>>. Luettu 20.7.2012
- 3 Säteri, Jorma; Airaksinen, Miimu; Matilainen, Veijo. 2008. Asuntoilmanvaihto, asuinrakennuksen sisäilmaston ja ilmanvaihdon suunnittelu ja toteutus. Ympäristöministeriö.
- 4 LVI-laitosten mittaukset. LVI 014-10290. 1999. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 5 Ilmanvaihto. 2003. Verkkodokumentti. Tampereen kaupunki, ympäristövalvonta. <<http://www.tampere.fi/tiedostot/4QQEag1XP/ilmanv.pdf>>. Luettu 7.8.2012.
- 6 Säteri, Jorma. 2010. Asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmät. Ilmastointiteknikka 2. Kurssin opetusmateriaali. Metropolia AMK.
- 7 ETS Nord As, puhdistusluukut. 2010. Verkkodokumentti. <http://www.ilmastointitukku.fi/Doc/2010/Ilmastointikanavisto/Puhdistusluukut_17_06_2010.pdf>. Luettu 8.8.2012.
- 8 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Rakentamismääräyskokoelman osa D2. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 9 Ilmanvaihtokanaviston tasapainotussuunnittelu, LVI 32-10118. 1988. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 10 Uponor Oy. Ilmanvaihto. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.uponor.fi/fi-FI/Ratkaisut/Talotekniikka/Ilmanvaihto.aspx>>. Luettu 28.8.2012.
- 11 SFS 5512, Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. 1992. Suomen Standardoimisliitto SFS Ry.
- 12 Fläktwoods Oy. 2008. Veloduct, Ekoduct, Veloflex, pyöreä kanavajärjestelmä. Tuoteluettelo. Verkkodokumentti. <<http://www.flaktwoods.fi/e265175a-cd30-47c2-bbe5-14e9d1cb5f37>>. Luettu 28.8.2012.
- 13 Uponor ilmanvaihtojärjestelmä. Suunnittelu- ja asennusohje. Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa. Uudis- ja saneerausrakentaminen. 2011. Uponor Suomi Oy. Suunnittelutieto-Team Oy.
- 14 Angelvuo, Marko. 2011. Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistus toimistorakennuksessa. University of Eastern Finland. Aducate Reports and Books.
- 15 Terveen talon kriteerit, toimisto- ja liikerakennukset. 2003. Tekes. Verkkodokumentti. <<http://www.iv-puhtaak->

- si.fi/tietopankki/Ohjeita/Terveen_talon_kriteerit_(toimisto_ja_liikerakennukset).pdf
>.Päivitetty 7.3.2003. Luettu 16.8.2012.
- 16 Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403. Valtioneuvosto.
 - 17 HK Instruments. Tuotteet. 2012. Verkkodokumentti. <http://www.hkinstruments.fi/r8_fi>. Luettu 9.9.2012.
 - 18 Sara, Ari. 2012. Toimitusjohtaja, Ilmastointimittaus Ari Sara Oy, Helsinki. Haastattelu 20.9.2012.
 - 19 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuusopas. 2012. SuLVI Ry. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134352&lan=FI>>. Luettu 24.9.2012.
 - 20 Halton säätöpaskokoelma 1972-. Halton Oy. Verkkodokumentti. <[http://www.halton.fi/halton/images.nsf/files/A13330B765CF5AE0C22577180037B995/\\$file/Historia_guide_2010.pdf](http://www.halton.fi/halton/images.nsf/files/A13330B765CF5AE0C22577180037B995/$file/Historia_guide_2010.pdf)>. Luettu 30.9.2012
 - 21 Sainio, Erkki. 2011. Ilmavirtojen mittaukset. Valvonta, vastaanotto ja luovutus. Kurssin opetusmateriaali. Metropolia AMK.
 - 22 Properties of the atmosphere. International Standard Atmosphere. 2012. Verkkodokumentti. <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/aerothermal_dvd_only/aero/atmos/atmos.html>. Luettu 26.9.2012.

Kuvat

Kuva 1, Joonas Anttila kuva 4.10.2012, Espoo

Kuva 2, Joonas Anttila kuva 2.10.2012, Vantaa

Kuva 3, Joonas Anttila kuva 18.7.2011, Espoo

Kuva 4, Joonas Anttila kuva 11.9.2012, Espoo

Kuva 5, Ilmanvaihtolaitoksen mittausharjoitustehtävä 9.11.2011. Sainio, Erkki. Ilmavirtojen mittaukset. Valvonta, vastaanotto ja luovutus -kurssi.

Ilmanvaihdon mittaus- ja säätötöiden tarkastuslista, ohjeet

Tarkastuskohdat, uusi järjestelmä

Suunnitteluvaihe


Ilmamäärät	Mitoitusperiaatteet: Suomen rakentamismääräyskokoelma D2.
Kanavakoot	Ilmanopeudet, äänet ja paineet laskettu.
Pääsy säätölaitteille	Risteilyt muiden järjestelmien ja rakenteiden suhteen. Huoltoluukkujen määrä ja paikat.
Venttiilivalinnat	Venttiilin ominaisuudet: Heittokuvio, äänet , paineet, mitattavuus.
Säätöpellit / IMS	Tarpeellisuusselvitys: Määrät, sijainnit, säädettävyys, mitattavuus.

Asennusvaihe

Suunnitelmanmukaisuus	Varoetäisyydet mittapisteille. Materiaalit ja osat oikeat.
Asennuksen laatu	Suomen rakentamismääräyskokoelma, RYL 2002: Hyvän rakennustavan mukainen.
Pääsy säätölaitteille	Huoltoluukut, leikkaukset eristyksiin tarvittavilta osin. Puutteista ilmoittaminen.

Mittaus- ja säätötö

Valmis järjestelmä	Mittaus- ja säätötyön aikataulutus. Kanavat, venttiilit, IMS ja SP (PP) asennettu.
Puhtaus	Kanavisto puhdas, työmaa puhtas.
Ilmavaihtokoneet	Kytetty, puhtaat.
Looginen eteneminen	Suhteellinen tasapainotusmenetelmä.
Mittaustapa	Mittatavavirheen arviointi, mittaustavan soveltuvuus.
Mittausvälineet	Kalibrointitodistus voimassa ja esitetty, välineet ehjät.
Siisteys	Tulppaukset ja yhteiden / säätönarujen piilotus. Omat roskat pois. Välikattohanskojen tarve.
Laadunvarmistus	Pistokokeet mittauksista, säätömerkinnät.
Dokumentointi	Mittaus - ja säätöpöytäkirja, raportit ja kalibrointitodistukset.

				
Ilmanvaihdon mittaus- ja säätöiden tarkastuslista				
Kohde: Uusi järjestelmä				
Kohteen tyyppi:				
Tarkastuskohta	Päivämäärä	Tarkastaja	Kunnossa	Huomautukset
Suunnitteluvaihe				
Ilmamäärät				
Kanavakoot				
Pääsy säätölaitteille				
Venttiilivalinnat				
Säätöpellit / IMS				
Asennusvaihe				
Suunnitelmanmukaisuus				
Asennuksen laatu				
Pääsy säätölaitteille				
Mittaus- ja säätötyö				
Valmis järjestelmä				
Puhtaus				
Ilmavaihtokoneet				
Looginen eteneminen				
Mittaustapa				
Mittausvälineet				
Siisteys				
Laadunvarmistus				
Dokumentointi				

Ilmanvaihdon mittaus- ja säätöiden tarkastuslista, ohjeet

Tarkastuskohdat, käytössä oleva järjestelmä

Mittaus- ja säätöön valmistelu

Suunnitelmien paikkaansapitävyys	Verrataan suunnitelmia järjestelmään.
Aikataulukus	Rakennuksen ja tilojen yhtäaikaisten käyttö.
Ilmoittaminen	Tiedote tilan käyttäjille.
Valmistelevat toimenpiteet	Etukäteen siirrettävät kalusteet ja esineet, kotieläimet.
Pääsy säätölaitteille	Risteilyt muiden järjestelmien ja rakenteiden suhteen. Huoltoluukkujen paikat.
Resurssit	Aikataulun kiireellisyys: Riittävän miehityksen ja laitteiston varaaminen.
Kanaviston / laitteiston puhtaus	Mahdollinen kanaviston nuohous tai nuohouksen jälkeinen säätö. Suodattimien vaihto.

Mittaus- ja säätötyö	
Looginen eteneminen	Suhteellinen tasapainotusmenetelmä.
Mittaustapa	Mittatapavirheen arviointi, mittaustavan soveltuvuus.
Mittausvälineet	Kalibrointitodistus voimassa ja esitetty, ehjät.
Siisteys	Tulppaukset ja yhteiden / säätönarujen piilotus. Omat roskat pois. Välikattohanskojen tarve.
Laadunvarmistus	Pistokekkeet mittauksista, säätömerkinnät.
Dokumentointi	Mittaus- ja säätöpöytäkirja, raportit ja kalibrointitodistukset.

