

Simo Mäkinen

# Ilmanvaihdon yhtenäinen laadunvarmistusmenettely

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

10.5.2016

Tekijä Otsikko	Simo Mäkinen Ilmanvaihdon yhtenäinen laadunvarmistusmenettely
Sivumäärä Aika	28 sivua + 8 liitettä 10.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	talotekniikka-asiantuntija Anna-Mari Pukki talotekniikka-asiantuntija Olli Mäkelä lehtori Hanna Sulamäki
<p>Insinööriyön tavoitteena oli kehittää yrityksen ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettelyä. Toimintatavat olivat epäyhtenäisiä henkilöstömäärän kasvun ja erilaisten taustojen vuoksi.</p> <p>Työssä käsitellään laatua käsitteenä, koska se on hyvin monitulkintainen. Laadunvarmistusmenettelyn kehittäminen tehtiin käymällä läpi lain edellyttämät laadunvarmistustoimet ja suhteutettiin ne kovaan kilpailutilanteeseen, joka rakennusalalla vallitsee. Laadunvarmistusmenettely on kustannusten ja asiakastytyväisyyden kamppailua. Kustannukset eivät saa nousta liikaa, mutta myöskään asiakastytyväisyys ei saa kärsiä. Työssä haastateltiin myös kokeneempia kollegoita ja heidän vastauksillaan muokattiin sopusuhtaista laadunvarmistusmenettelyä.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi listaus yrityksen tavasta varmistaa laatu ja sen tueksi valmiita mallidokumentteja. Työn tulisi palvella ilmanvaihdon asiantuntijoita tulevaisuudessa säännöllisesti rakennushankkeesta riippumatta. Työssä käsiteltiin myös asioita, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelun ohjauksessa. Työ auttaa tehostamaan työajan käyttöä ja asiakastytyväisyyttä antamalla laadukkaan ja yhtenäisen kuvan ulospäin rakennusliikkeestä.</p>	
Avainsanat	laatu, laatujärjestelmä, laadunvarmistus

Author Title	Simo Mäkinen Unified quality control procedure for ventilation
Number of Pages Date	28 pages + 8 appendices 10 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Anna-Mari Pukki, HVAC Specialist Olli Mäkelä, HVAC Specialist Hanna Sulamäki, Senior Lecturer
<p>The goal of this final year project was to improve and unify the ventilation quality control procedure at a company. The Bachelor's thesis aimed at giving customer a coherent image of the company, instead of the image given by the fact that every document looked different, although the quality of the ventilation was not a problem.</p> <p>The project studied quality as a concept and established the current situation of the company's ventilation quality control procedure. More experienced colleagues were also interviewed to find out the most cost-efficient procedures to be used in the future.</p> <p>As a result of the project, a reference level for the quality control procedure for ventilation was defined and preliminary drafts of documents were created. With these improvements, the time used by the HVAC specialists to create documents should be reduced, and focus should be shifted to the actual quality control. The reference level will also help the HVAC specialists to give a more unified image of the company to the customers. These improvements will help the HVAC specialists to achieve the company's vision about being unified and giving the customers the best possible quality for their part.</p>	
Keywords	quality, quality system, quality control

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laatu ja laatujärjestelmä	1
2.1	Laatu käsitteenä	2
2.2	Laadun eri näkökulmat	3
2.3	Laadun merkitys	4
2.4	Toiminta- ja laatujärjestelmän ero	5
3	Laatu rakentamisessa	6
3.1	Lakien ja määräysten asettama vähimmäistaso	7
3.1.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma	7
3.1.2	Rakentamiselle asetettavat vaatimukset	7
3.1.3	Rakennustyön tarkastusasiakirja	8
3.1.4	Rakennustuotteen ominaisuudet	9
3.2	Yrityksen asettama vähimmäistaso	9
4	Ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettely	11
4.1	Lakien ja määräysten asettamat vähimmäistarkastukset	11
4.1.1	Tiiviynen varmistaminen	11
4.1.2	Puhtauden varmistaminen	13
4.1.3	Ilmavirtojen varmistaminen	13
4.1.4	Puhaltimen sähkötekniisten arvojen varmistaminen	15
4.1.5	Äänitekniisten arvojen varmistaminen	15
4.2	Yrityksen asettamat vähimmäistarkastukset	16
4.2.1	Tiiviynen varmistaminen	17
4.2.2	Puhtauden varmistaminen	18
4.2.3	Ilmavirtojen varmistaminen	19
4.2.4	Ilman nopeuden varmistaminen	19
4.2.5	Ilman lämpötilan varmistaminen	20
4.2.6	Puhaltimen sähkötekniisten arvojen varmistaminen	21
4.2.7	Äänitekniisten arvojen varmistaminen	21
4.2.8	Mallikatselmukset ja asennustapatarkastukset	21
5	Suunnittelun ohjaus	22

5.1	Lämpöolosuhteet	22
5.2	Ilman laatu	23
5.3	Ääniolosuhteet	23
5.4	Rakennus- ja rakennesuunnittelu	24
6	Yhteenveto	25
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Yhteenveto ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettelystä	

## Lyhenteet

ETA	Eurooppalainen tekninen arviointi
EU	Euroopan unioni
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardoimisliitto
MWB	Must-Win-Battles, Rakennusliikkeen valitsevat kriittiset menestystekijät
RYL	Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset, hyvän rakennus- ja kiinteistönpitotavan kirjallinen kuvaus
TQM	Total Quality Management, kokonaisvaltainen laadunhallinta
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132
RakMk	Suomen rakentamismääräyskokoelma

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on kehittää ja yhtenäistää ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettelyä. Teoriaosassa laatua käsitellään laajasti, jotta lukija saa hyvän käsityksen tästä monimutkaisesta asiasta. Kokonaiskuvan hahmottaminen on tärkeää, jotta lukija näkee asioiden yhteyden toisiinsa. Laatu-käsitteen monimutkaisuudesta johtuen työssä joudutaan useassa kohdassa rajaamaan aihetta edettäessä kohti tutkimusosaa. Tutkimusosassa ilmanvaihdon laadunvarmistusta lähestytään käytännönläheisesti. Tarkoituksena on luoda valmiita laadunvarmistusdokumenteja ja määrittää taso sille, mitä mittauksia ja tarkastuksia tulisi tehdä. Työ tehdään rakennusliikkeelle, joka haluaa pysyä anonyyminä.

Talotekniikan vaatimukset kiristyvät jatkuvasti, kuten rakentamisessa yleisestikin, ja näin ollen asiantuntevia työntekijöitä tarvitaan jatkuvasti lisää. Yritys on lisännyt talotekniikkaosaamistaan viime vuosina huimasti ja uusia työntekijöitä on palkattu talotekniikkapuolelle kiihtyvään tahtiin. Yritys on suuri rakennusliike, ja yrityksellä on pitkälle hiottu toimintajärjestelmä, mutta talotekniikan vaatimuksia toimintajärjestelmässä ei kuitenkaan ole huomioitu parhaalla mahdollisella tavalla. Nopeasti kasvanut talotekniikan asiantuntijoiden määrä ja toimintajärjestelmän puutteet yhdessä ovat johtaneet epäyhtenäiseen linjaan. Laatujärjestelmä on yksi osa toimintajärjestelmää, ja näin ollen myös laadunvarmistusmenettely on epäyhtenäistä.

Laadunvarmistus on yksi tärkeimmistä asioista asiakkaan suuntaan. Mistä asiakas tietää, että hanke on tehty laadukkaasti? Jos jokainen yrityksen talotekniikka-asiantuntija toimii erilailla, tämä antaa automaattisesti asiakkaalle kuvan laaduttomuudesta, vaikka rakentaminen ei sinänsä olisi yhtään laadutonta. Työn arvo yritykselle on siinä, että yhtenäinen linja tehostaa työajan käyttöä ja antaa laadukkaan kuvan ulospäin asiakkaalle.

## 2 Laatu ja laatujärjestelmä

Helsingin Sanomat otsikoi artikkelinsa 9.2.1997 seuraavasti: ”Suomalaisen työn jälki on keskinkertaista, usein ei edes sitä”. Artikkelin käsitteli Helsingin Kauppakorkeakoulun tekemää Kansallinen Laatustrategia -tutkimusta. Tutkimuksen johtopäätökset olivat

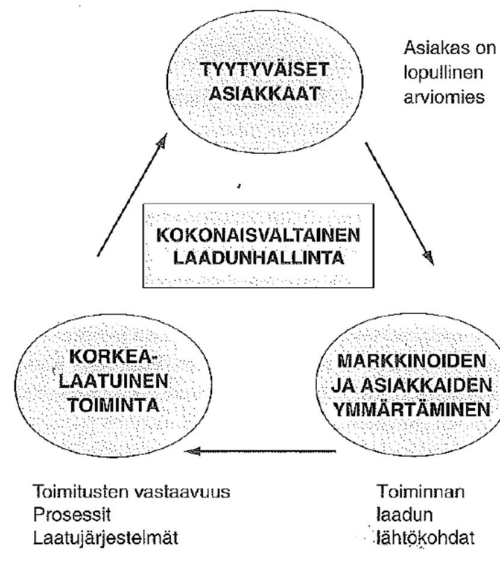
armottomia. Suomessa luullaan tehtävän kunnon laatua, mutta Suomen laatuimago on vain hieman korkeampi kuin Latvian. Eikö silloin työn hinnan ja palkkatason pitäisi olla vain hieman korkeampaa kuin Latviassa? (Lecklin 2006: 9.) Artikkelin on jo 19 vuotta vanha, mutta se antaa osviittaa siitä, miten tärkeästä asiasta laadusta puhuttaessa oikeasti on kyse.

Tuotteiden ja palveluiden laadun lisäksi huomiota on kiinnitettävä myös koko toiminnan laatuun, siihen toimintaketjuun miten tuote tai palvelu syntyy. Laatu on yritysten keskeinen menestystekijä ja se on integroitava kaikkeen toimintaan yrityksessä. Yrityksen koko tai toimiala ei määrittele laadun käyttökelpoisuutta. Laatu ei ole erityisammattilaisten vastuulla, vaan siitä vastaa jokainen yrityksen työntekijä. Tuloksia voidaan saavuttaa vain siirtämällä sovitut asiat systemaattisesti toimivaksi järjestelmäksi. (Lecklin 2006: 9–11.)

## 2.1 Laatu käsitteenä

Laadulla on monia erilaisia näkökulmia ja sen takia se on käsitteenä monimutkainen. Nykyään laadusta puhutaan kokonaisvaltaisena laadunhallintana (Total Quality Management, TQM) (kuva 1). Laatu käsittää tuotteen tai palvelun laadun lisäksi myös johtamisen, strategisen suunnittelun ja organisaation kehittämisen. Laatutoiminnan ensisijainen perusta on asiakaskeskeisyys eli asiakkaan tarpeiden täyttäminen.





**Kuva 1. Kokonaisvaltainen laadunhallinta (Lecklin 2006: 17)**

Asiakkaiden tarpeiden täyttäminen pitää kuitenkin tehdä mahdollisimman kannattavalla ja tehokkaalla tavalla. Asiakastytyvyyteen ei saa pyrkiä hinnalla millä hyvänsä. Jos yrityksen toiminta ei ole kannattavaa, mutta asiakkaat ovat tyytyväisiä, se kertoo tarkalleen ottaen laaduttomuudesta, eikä laadusta. (Lecklin 2006: 17–18.) Yritys voisi esimerkiksi toteuttaa projekteja huonolla katteella ja pitää työn jäljen laadukkaana, mutta toiminta ei olisi siltikään laadukkaasta työn jäljestä huolimatta, koska yrityksen toiminta ei olisi kannattavaa asiakastytyvyyttä ylikorostamalla. Tämän työn tutkimusosassa keskitytään kuitenkin nimenomaan laadukkaaseen tuotteeseen ja sen laadunvarmistamiseen. Johtaminen, strateginen suunnittelu ja organisaation kehittäminen rajataan pois työstä. Laatu on kuitenkin tärkeää käsittää kokonaisuutena.

## 2.2 Laadun eri näkökulmat

Laatuun liittyy useita ominaisuuksia, ja niiden tärkeys vaihtelee näkökulmasta riippuen. Näiden ominaisuuksien on täydennettävä toisiaan, eivätkä ne saa sulkea toisiaan pois. Näkökulmat voidaan esittää kuutena erilaisena tarkastelunäkökulmana.

*Valmistuslaatu* keskittyy valmistusprosessiin ja sen kehittämiseen, pyrkimyksenä vähentää ja ennakoida virheitä tuotteissa.

*Tuotelaatu* korostaa suunnittelun osuutta tuotteen laadun määrittämisessä.

*Arvolaatu* pyrkii parhaaseen kustannus-hyötysuhteeseen eli parhaalle arvolle sijoitetulle pääomalle.

*Kilpailulaatu* tähtää siihen, että laatu on yhtä hyvää kuin kilpailijoilla eikä resursseja tuhjata ylilaatuun.

*Asiakaslaatu* pyrkii täyttämään asiakkaan tarpeet.

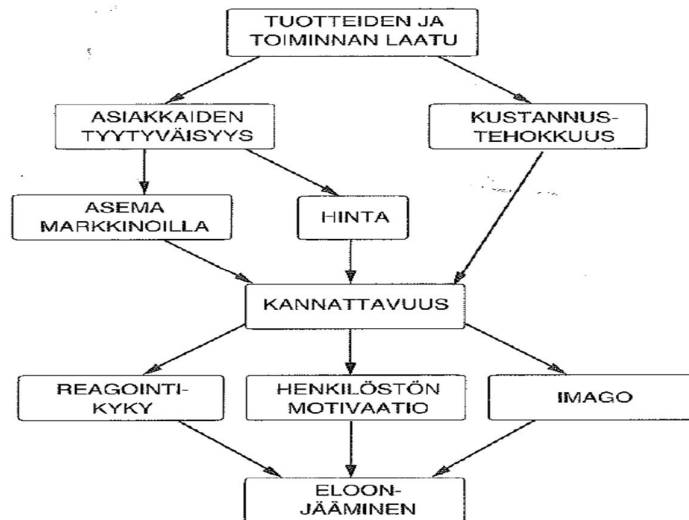
*Ympäristölaatu* ottaa huomioon tuotteen elinkaaren suunnittelusta hävittämiseen asti.

Yrityksen sisällä näkökulmat laatuun vaihtelevat. Esimerkiksi tuotanto-osastoa kiinnostaa valmistus- ja tuotelaatu, markkinointiosastoa asiakas- ja ympäristölaatu ja talousosastoa arvo- ja kilpailulaatu. Asiakaslaatua voidaan pitää tärkeimpänä näkökulmana, koska se pyrkii sovittamaan kaikki muut näkökulmat yhteen. (Lecklin 2006: 20.)

### 2.3 Laadun merkitys

Yrityksillä on monenlaisia tekijöitä, jotka kuvastavat yrityksen menestystä. Jotkin menestystekijät ovat kriittisempiä kuin toiset. Kriittisiä menestystekijöitä on lähes mahdoton korvata muilla menestystekijöillä. Yrityksen tulisi määrittää kerran vuodessa tai aina muutostilanteessa tavoitellut kriittiset menestystekijät uudelleen. Kriittisiä menestystekijöitä voivat olla esimerkiksi ammattitaitoiset työntekijät, alhaiset tuotantokustannukset, nopea tuotekehitys, asiakastyytyväisyys, ympäristöystävällisyys ja tämän insinööriyön kannalta oleellisin eli tuotteiden ja palvelujen laatu.

Hyvä laatu vaikuttaa moniin yrityksen kannalta oleellisiin menestystekijöihin. Pohjimmiltaan yrityksen tärkein tehtävä on eloonjääminen. Eloonjääminen on mahdollista, kun yrityksellä on reagointikykyä, henkilöstö on motivoitunut ja yrityksen imago on kunnossa. Nämä tekijät ovat mahdollisia, kun yritys on kannattava. Kannattavuuteen laadulla on vaikutusta usealla tavalla. Laadukas tuote on kustannustehokas, vakiinnuttaa asemansa markkinoilla ja siitä voidaan pyytää mahdollisesti korkeampaa hintaa. Laatu on helposti rinnastettavissa pitkäjänteiseen menestykseen. (Kuva 2.) (Lecklin 2006: 24–25.)



Kuva 2. Laadun merkitys (Lecklin 2006: 24)

## 2.4 Toiminta- ja laatujärjestelmän ero

Toiminta- ja laatujärjestelmistä puhuttaessa termit sekoittuvat helposti. Toimintajärjestelmä on kiteytetysti yrityksen johtamisen työkalu. Se kattaa toimintaperiaatteet liiketoiminnan, johtamisen, laadun, ympäristön ja turvallisuuden näkökulmista. Laatu on näistä vain yksi näkökulma ja laatujärjestelmällä tarkastellaan laatua tuotannon näkökulmasta. Laatujärjestelmä ei pidä sisällään esimerkiksi ympäristöasioita. Toimintajärjestelmä ohjaa suurta kokonaisuutta, kun taas laatujärjestelmä ohjaa pienempää osakokonaisuutta. (PKY-LAATU Oy 2013.)

Toimintajärjestelmä on yhdessä sovittujen toimintatapojen kooste. Sitä kehitetään tulosvetoisesti jatkuvasti, palautteet ja arvioinnit hyödyntäen. Toimintajärjestelmän tarkoituksena on selkeyttää ja yhtenäistää organisaation toimintaa. Selkeä ja yhtenäinen organisaation vapauttaa resursseja tuottavaan työhön. Toimiva toimintajärjestelmä tukee johtamista sekä avustaa organisaatiota saavuttamaan asetetut tavoitteet ja päämäärät. Toimintajärjestelmällä tuetaan suunniteltua ja tehokasta tekemistä ja asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Toimintajärjestelmä sisältää toiminnan prosessit, mittaamisen, organisaation periaatteet ja kuvaukset siitä, miten toimintaa kehitetään. Toimintajärjestelmään tuodaan siis prosessit, dokumentit, lomakkeet, mallit ja ohjeet. Näiden avulla uudenkin työntekijän on helppo nähdä, mistä laatu syntyy kyseisessä yrityksessä. (Suomen Laatuyhdistys ry 2013.)

Yrityksellä on käytössä integroitu toimintajärjestelmä. Se kattaa toimintaperiaatteet liiketoiminnan, johtamisen, laadun, ympäristön ja turvallisuuden näkökulmista. Toimintajärjestelmä sitoo kaikkien yksiköiden toimintaa ja yritysjohto kehittää sitä aktiivisesti. Yrityksen kaikille alueyksiköille on myönnetty ISO 9000/2000 -laatu järjestelmäsertifikaatti.

### **3 Laatu rakentamisessa**

Kuten aiemmin työssä on mainittu, ei yrityksen koko tai toimiala vaikuta laadun merkitykseen. Tässä luvussa pureudutaan syvemmin rakennusalan piirteisiin laadusta puhuttaessa. Rakentamisen laatu jakaantuu kahteen osaan, rakennuksen laatuun ja rakentamisprosessin laatuun. (Junnonen & Kankainen 2001: 25).

Rakentamisprosessin laatu muodostuu eri osapuolten monivaiheisesta toiminnasta. Oleellimmat osapuolet ovat käyttäjä, omistaja, rakennuttaja, suunnittelija, materiaalinvalmistaja, urakoitsijat ja viranomaiset. Käyttäjä, omistaja ja rakennuttaja voivat olla hankkeesta riippuen sama taho. Rakentamisprosessin laadun muodostumisen kannalta oleellisimpana asiana voidaan pitää tiedon välittymistä eri osapuolille. (Junnonen & Kankainen 2001: 27–28.) Tiedon välityksen kannalta tärkeässä roolissa ovat selkeät vastualueet, jotka liittyvät johtamiseen. Rakennushankkeen johtaminen rajataan kuitenkin pois työstä sen laajuudesta johtuen.

Rakennuksen laatu määräytyy sillä, miten hyvin se täyttää sille asetetut vaatimukset käytettävyyden ja koettavuuden suhteen. Käytettävyys tarkoittaa niitä toiminnallisia ja teknisiä ominaisuuksia, jotka ovat edellytyksiä rakennuksessa tapahtuvalle toiminnalle. Osa käytettävyyteen liittyvistä ominaisuuksista, erityisesti terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät, määräytyvät lakien ja määräysten kautta. Lakien ja määräysten ylittävien tai niihin pohjautumattomien ominaisuuksien suhteen sovitaan hankekohtaisesti tilaajan kanssa. Toiminnalliset ominaisuudet määrittävät joitain teknisiä ominaisuuksia, esimerkiksi huoneen käyttötarkoitus tai julkisivun säilyvyys määrittää tiettyjä teknisiä ominaisuuksia. Koettavuus on erittäin subjektiivinen käsite. Koettavuuden lähtökohtana on ympäristöään havainnoiva käyttäjä. Käyttäjän havainnointi vaikuttaa toiminnallisiin ja teknisiin ominaisuuksiin. (Junnonen & Kankainen 2001: 26–27.) Tässä insinööriyössä syvennytään ilmanvaihdon suhteen toiminnallisten ja teknisten ominaisuuksien laadunvarmistukseen.

### 3.1 Lakien ja määräysten asettama vähimmäistaso

Suomessa rakentamista ohjaa maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Laki sisältää rakentamisen yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettelyn ja viranomaisvalvonnan. Rakentamisen käytännön toteutuksen kannalta lain oleellisia pykäläitä ovat 13 § Suomen rakentamismääräyskokoelma, 117 § rakentamiselle asetettavat vaatimukset, 150f § rakennustyön tarkastusasiakirja ja 152 § rakennustuotteen ominaisuudet.

#### 3.1.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Maankäyttö- ja rakennuslain 13 § määrää seuraavaa:

Ympäristöministeriö ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa, johon koottaan tämän lain nojalla annetut rakentamista koskevat säännökset ja rakentamismääräykset sekä ministeriön ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelmaan voidaan koota myös valtion muiden viranomaisten antamia rakentamista koskevia määräyksiä. (MRL 5.2.1999/132.)

Lyhykäisyydessään rakentamismääräyskokoelmassa on rakentamista koskevat, lähinnä tekniset, määräykset. Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat uuden rakennuksen rakentamista. Korjaus- ja muutostyössä määräyksiä sovelletaan vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttää, ellei määräyksissä ole nimenomaisesti määrätty toisin. (RakMk 2005.)

#### 3.1.2 Rakentamiselle asetettavat vaatimukset

Maankäyttö- ja rakennuslain 117 § määrää seuraavaa:

Rakennuksen tulee soveltua rakennettuun ympäristöön ja maisemaan sekä täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset.

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava ja rakennuksen muutos- ja korjaustyöt tehtävä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutos toteutettava siten, että rakennus täyttää siihen yleisesti ennakoitavissa oleva kuormitus ja rakennuksen käyttötarkoitus huomioon ottaen 117 a–117 g §:ssä tarkoitettuja olennaisia teknisiä vaatimuksia. (21.12.2012/958)

Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä, sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut.

Korjaus- ja muutostyössä tulee ottaa huomioon rakennuksen ominaisuudet ja erityispiirteet sekä rakennuksen soveltuvuus aiottuun käyttöön. Muutosten johdosta rakennuksen käyttäjien turvallisuus ei saa vaarantua eivätkä heidän terveydelliset olonsa heikentyä.

Rakentamisessa tulee lisäksi muutoinkin noudattaa hyvää rakennustapaa. (MRL 5.2.1999/132.)

Pykälän vaatimukset täyttyvät pitkälti noudattamalla Suomen rakentamismääräyskoelmaa. Viimeisessä lauseessa mainittu hyvä rakennustapa on kuitenkin hieman hankalampi määritellä. Suurimmassa osassa rakennushankkeita rakennuttajan ja urakoitsijan välisissä sopimuksissa rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL) sovitaan sitovaksi laatumääritelmäksi hyvälle rakennustavalle. RYL ei kuitenkaan ole virallinen määräys ja juridisessa mielessä sen yläpuolelle sijoittuvat lait, asetukset ja viranomaismääräykset. Myös varsinaiset suunnitelmat nousevat RYL:n yläpuolelle, jos asia on esitetty niissä erilailla. (Rakennustieto 2016.)

### 3.1.3 Rakennustyön tarkastusasiakirja

Maankäyttö- ja rakennuslain 150f § määrää seuraavaa:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennustyömaalla pidetään rakennustyön tarkastusasiakirjaa.

Rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden sekä työvaiheita tarkastaneiden on varmennettava tekemänsä tarkastukset rakennustyön tarkastusasiakirjaan.

Tarkastusasiakirjaan on merkittävä myös perusteltu huomautus, jos rakennustyö poikkeaa rakentamista koskevista säännöksistä.

Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä tarkastusasiakirjan sisällöstä ja siihen tehtävistä merkinnöistä. (MRL 5.2.1999/132.)

Rakennustyön tarkastusasiakirjaan siis määritellään vastuuhenkilöt ja varmennetaan tehdyt tarkastukset. Kohteen vaativuudesta riippuen rakennusviranomainen voi määrätä erilaisia tarkastuksia tehtäväksi rakennusluvassa tai aloituskokouksessa. Nämä tarkastukset voivat olla laajempia kuin lain määräämä vähimmäistaso, jos rakennusviranomainen kokee ne tarpeelliseksi. (MRL 5.2.1999/132.)

### 3.1.4 Rakennustuotteen ominaisuudet

Maankäyttö- ja rakennuslain 152 § määrää seuraavaa:

Rakennustuotteen, joka on tarkoitettu käytettäväksi pysyvänä osana rakennuskohteessa, tulee olla turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää tässä laissa säädettyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella kunnossapidolla taloudellisesti perustellun käyttöajan ajan. (MRL 5.2.1999/132.)

Mikäli tuote kuuluu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan tai sillä on eurooppalainen tekninen arviointi (ETA), sen kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä. Jos rakennustuotteen kelpoisuutta ei voida osoittaa EU:n rakennustuoteasetuksen mukaisesti CE-merkinnällä, valmistaja voi halutessaan osoittaa kelpoisuuden vapaaehtoisella tyyppihyväksynnällä, varmennustodistuksella tai valmistuksen laadunvalvonnalla. (RakMk 2005.)

Vaikka CE-merkintä on pakollinen tietyille tuotteille, ei se kuitenkaan takaa sitä, että tuote soveltuu käytettäväksi tiettyyn rakennuskohteeseen, tietyssä maassa. Suunnittelua, rakennustuotteiden käyttöä sekä rakennuskohdetta säätelevät edelleenkin kansalliset viranomaissäädökset, esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelma. CE-merkintä tuotteessa ei automaattisesti takaa sitä, että esimerkiksi tuotteen pakkasenkestävyys olisi Suomen viranomaisvaatimusten mukainen tai että tuotteen pakkasenkestävyyttä olisi ylipäänsä testattu. Rakennustuotteen käyttäjä on velvollinen tarkistamaan, täyttävätkö tuotteelle CE-merkinnässä ilmoitetut ominaisuuksien arvot ja luokat kansalliset vaatimustasot. (hEN helpdesk 2016.)

## 3.2 Yrityksen asettama vähimmäistaso

Lait ja määräykset asettavat luonnollisesti pakollisen vähimmäistason, eikä yrityksellä ole varsinaista omaa vähimmäistasoaan. Kilpailutilanteessa yritysten täytyy kuitenkin pohtia kysymystä mitä voin tarjota enemmän? Miksi asiakas haluaa valita juuri meidät? Yrityksellä näihin kysymyksiin pyritään vastaamaan yrityksen visiossa ja strategiassa.

Yrityksen visio on uudistaa toimialaansa ja tarjota ylivertaisia, kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja. Rakennusalaa ei yleisesti mielletä välttämättä kovinkaan asiakaslähiseksi, proaktiiviseksi tai kestävien ratkaisujen tuottajaksi. Juuri tähän yrityksen visio ja strategia pyrkii pureutumaan. Vision ensimmäinen osa eli toimialan uudistaminen voi

tarkoittaa monia asioita. Se voi tarkoittaa talojen rakentamista Platform-konseptilla tai vihreitä konsepteja, kuten kierrätystä tai lumensulatuslaittoja. Platform-konsepti tarkoittaa yrityksen tapaa rakentaa ennakkoon valituilla ratkaisuilla. Esimerkiksi talotekniikkaan liittyen Platform ohjeistaa välttämään kupariputkien käyttöä käyttövesiverkostossa korroosio tapauksien takia. Sen sijaan Platform ohjaa käyttämään muovi- tai komposiittiputkia suunnittelun lähtökohtana, kuitenkin niin, että kromattuja kupariputkia saa käyttää kylpyhuoneiden pinta-asennuksissa. Kierrätys taas koskee koko yrityksen toimintaa. Kierrätys pyritään saamaan mahdollisimman tehokkaaksi ja urakoitsijat sitoutetaan siihen mukaan. Lumensulatuslautta on taas loistava esimerkki yksittäisestä, mutta tehokkaasta innovaatiosta. Esimerkiksi Oslon lumi kuljetetaan lumensulatuslautalle ja lumesta poistetaan ensin suuret esineet, kuten polkupyörät. Tämän jälkeen lumi kulkee ritilän läpi, joka erottelee pienemmät roskat. Lumen kulkiessa eteenpäin siihen lisätään vettä suoraan Oslonvuonosta. Viimeinen suodatin poistaa lumesta epäpuhtaudet, kuten sinkin, kuparin ja öljyn. Tämän jälkeen Oslonvuonoon palautuu puhdasta vettä, joka näin jopa puhdistuu alkuperäiseen verrattuna. Uudistuminen koskee myös laatua, työmaiden siisteyttä ja ulkonäköä sekä asiakaslähtöisyyttä. Toinen osa visiota on ylivertaisten kestävien ratkaisuiden tarjoamista. Se tarkoittaa ympäristöllisten, taloudellisten ja sosiaalisten vastuiden kantamista tarjoamalla aina parhaita ratkaisuja näille osa-alueille. Laadunvarmistuksen kannalta vision toteutuminen kulminoituu pitkälti laadunvarmistuksen dokumentointiin. Luonnollisesti laadunvarmistusmenetelmät kehittyvät, mutta miten asiakas vakuutetaan siitä, että hän on saanut sitä mitä on tilannut? Kaikkein paras tilanne on, kun asiat tehdään ennen kuin asiakas niitä pyytää. Se on mahdollista ennalta suunnitellun ja yhtenäisen laadunvarmistusmenettelyn kautta. Tehokas laadunvarmistusmenettely ja laadukas dokumentointi antavat automaattisesti asiakaslähtöisen ja asiantuntevan kuvan yrityksestä.

Yrityksen strategia on päivitetty vuosille 2016–2020. Strategia on tiivistetty kolmeen MWB:hen (Must-Win-Battle). Nämä kolme osaa ovat operatiivinen erinomaisuus, erinomaisuus markkinassa ja investointimahdollisuudet. Näillä alueilla menestymällä yritys pääsee lähemmäksi visiotaan. Investointimahdollisuudet eivät suoranaisesti kosketa tätä insinööriötä, mutta kuten olen työssä aiemmin esittänyt, on laatu ja sen varmistaminen suorassa yhteydessä yrityksen taloudelliseen menestykseen. Operatiivinen erinomaisuus tarkoittaa tehokkuutta ja kannattavuutta. Näihin arvoihin päästään kehittämällä toimintaprosesseja, keskittämällä hankintoja sekä lisäämällä digitaalista tietoa. Erinomaisuus markkinassa voidaan tiivistää yhteen lauseeseen, ”asiakkaan ensimmäinen valinta”. Niin operatiivista erinomaisuutta kuin erinomaisuutta markkinassa voidaan



laadunvarmistuksen kannalta kehittää samalla tavalla kun visionkin suhteen. Yhtenäisen laadunvarmistusmenettely on tehokasta, ja laadukas dokumentointi on asiakasläh- töistä.

## 4 Ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettely

### 4.1 Lakien ja määräysten asettamat vähimmäistarkastukset

Lakien ja määräysten asettamista ilmanvaihdon vähimmäistarkastuksista puhuttaessa tärkeintä osaa näyttelee Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Ilmanvaihtojärjestelmän toimintakunnon varmistamiseksi ja käyttöönottamiseksi on ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys ja puhtaus tarkastettava. Sen lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän virtaus-, ääni-, sähkö- ja lämpötekni- set suorituserot on mitattava vähintään käyttöajan tehostamattomalla mitoit- usilmavirralla. Asunnoissa mit- taukset on tehtävä myös tehostetulla ilmavirralla. (RakMk D2 2012: 22–23.)

Virtaus-, ääni-, sähkö- ja lämpötekni- set suorituserot on mitattava voimassa olevien standardien mukaisesti. Mittalaitteiden kalibrointi on oltava voimassa. Hyväksyttävät poikkeamat mitoituseroista ovat yleensä ilmavirroissa  $\pm 10$  % järjestelmäkohtaisesti ja  $\pm 20$  % huonekohtaisesti, ilman nopeudessa oleskeluvyöhykkeellä  $+0,5$  m/s, sähköte- hossa  $+10$  % ja lämmityste- hossa  $-10$  %. Poikkeamat sisältävät mittaustulosten poik- keamat ja mittausepävarmuudet. Äänitekni- set määräykset esitetään rakentamismää- räyskokoelman osassa C1. (RakMk D2 2012: 23.)

#### 4.1.1 Tiiviyn varmistaminen

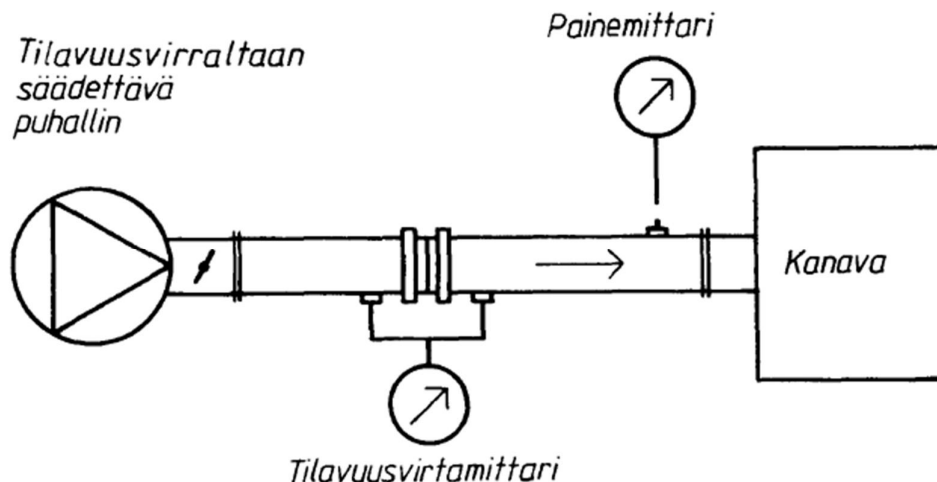
Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys on tarkastettava ja tarvittaessa mitattava. Selvitys tar- kastuksesta ja mittauksesta on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Ilmanvaihtojärjestelmä pyritään toteuttamaan yleensä tiiviysluokkaan B ja tähän päästään nor- maalisti käyttämällä tiiviysluokan C kanavia ja kanavaosia. Ilmanvaihtokoneet toteute- taan yleensä tiiviysluokkaan A. (Kuva 3.) (RakMk D2: 16.)

Tiiviy.luokka	Sallittu vuotoilma $q_{VA}$ $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

**Kuva 3. Tiiviy.luokat ja niiden sallitut vuotoilmamäärät (RakMk D2: 16)**

Jos kanavisto on tehty vähintään tiiviy.luokan C kanavista ja kanavaosista, voidaan tiiviy. mitata pistokokein. Pistokokeiden laajuus on oltava 20 % kanaviston pinta-alasta. Jos kanavisto on tehty paremman tiiviy.luokan kanavista ja kanavaosista kuin tiiviy.luokka C, riittää pistokokeiden osuudeksi 10 % kanaviston pinta-alasta. Jos taas kanavisto on tehty huonomman tiiviy.luokan kanavista ja kanavaosista kuin tiiviy.luokka C, on tiiviy.skoeita kasvatettava niiden kanavien pinta-alan osuudella. Jos tiiviy.luokkaa C:n huonompien kanavien ja kanavaosien pinta-ala ylittää 25 % kanaviston kokonaispinta-alasta, on koko kanaviston tiiviy. mitattava. Tiiviy.skoe voidaan korvata asennustarkastuksella, jos kanavisto palvelee vain yhtä tilaa tai yhtä asuntoa ja se on tehty vähintään tiiviy.luokan C mukaisilla kanavilla ja kanavaosilla. Myrkyllistä, syövyttävää tai muuten terveydelle vaarallista ilmaa kuljettavat kanavat on mitattava kokonaan. Ilmanvaihtokoneita ei tarvitse mitata, jos se on tiiviy.luokan A mukainen ja siihen tehdään korkeintaan kaksi liitos tulo- ja poistopuolelle. Jos tiiviy.skoe on tehtävä, se tehdään pistokokeena, joka kattaa 20 % ilmanvaihtokoneista, kuitenkin niin että mitataan vähintään yhden koneen tiiviy. Tiiviy. on mitattava standardin SFS 3542 mukaisella tiiviy.kokeella. (RakMk D2 2012: 22.)

SFS 3542 -standardissa selostetaan teräslevyistä valmistettujen kanavien lujuuden ja tiiviyden mittaaminen. Standardia voidaan myös soveltaa muistakin materiaaleista valmistetuille kanaville. Kanaviston tiiviy. osoitetaan mittaamalla vuotoilman määrä. Vuotoilman mittaukseen tarvitaan tilavuusvirraltaan säädettävä puhallin sekä tilavuusvirta- ja painemittari. (Kuva 4) (SFS 3542 1987: 1.)



Kuva 4. Vuotoilman määrän mittausperiaate (SFS 3542 1987: 1)

Säädettävän puhaltimen tulee ylittää ilmoitettu koepaine ja suurin sallittu vuotoilman määrän on oltava vähintään 10 %. Tilavuusvirtamittarin mittavirhe saa olla korkeintaan 0,1 dm<sup>3</sup>/s vuotoilmavirran ollessa enintään 2,5 dm<sup>3</sup>/s ja sitä suuremmilla vuotoilmavirroilla  $\pm 4$  %. Painemittarin mittavirhe saa olla enintään 10 Pa koepaineen ollessa korkeintaan 500 Pa. Yli 500 Pa:n koepaineilla mittavirhe saa olla  $\pm 2$  %. (SFS 3542 1987: 4.)

#### 4.1.2 Puhtauden varmistaminen

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus on tarkastettava ja järjestelmä on tarvittaessa puhdistettava ennen mittauksia ja säätöjä. Riittävä puhtaus on todettava vähintään silmämääräisesti ja se varmennetaan rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (RakMk D2 2012: 22–23.)

#### 4.1.3 Ilmavirtojen varmistaminen

Rakentamismääräyskokoelmassa viitataan ilmavirtojen mittaamiseksi standardiin SFS 5512, mutta se on kumottu uudella standardilla SFS-EN 12599. SFS-EN 12599 määrittelee ensisijaisesti ilmastointijärjestelmän tarkastuksia ja testausmenetelmiä käyttöönotossa. Standardin tarkoituksena on ylläpitää viihtyisää sisäilmastoa rakennuksissa. Standardi ei käsittele teollisuus- ja prosessiolosuhteita, mutta standardia voidaan soveltaa niiden käyttöönotossa niiltä osin kuin tekniset ominaisuudet ovat samankaltaisia

kuin standardin varsinaisissa soveltamiskohteissa. Selvitys ilmavirtojen mittauksesta on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (SFS-EN 12599 2013: 10; RakMk D2 2012: 22.)

Ilmavirrat voidaan mitata useilla eri menetelmillä, mutta useimmiten ilmavirta määritetään laskennallisesti mitatun ilman nopeuden ja mittauskohdan poikkipinta-alan tulona. Ilman nopeus mitataan yleensä tarkoitukseen soveltuvalla anemometrillä, pitot-putkella tai paine-erona ilmavirran kuristuslaitteen yli. Ilmavirrat mitataan yleensä kanavan poikkipinnalta. Koska ilman nopeus on harvoin tasainen, se tulee mitata useasta poikkipinnan eri kohdasta ja laskea keskiarvo. Järjestelmäkohtainen kokonaisilmavirta tulee ensisijaisesti mitata ilmanvaihtokoneeseen integroidulla laitteilla. Päätelaitteiden ilmavirrat voidaan mitata pussimenetelmällä, vertailupainemenetelmällä tai suppilomittauksena. Alhaisen painehäviön omaavat poistoilmalaitteet on mitattava kompensointimenetelmällä tai jollain muulla menetelmällä, joka ei aiheuta suurta painehäviötä. (SFS-EN 12599 2013: 24.)

Ilman nopeuden mittauksessa käytetyssä monipistemittauksessa oleellista on mittauspisteiden lukumäärä kanavan poikkipinta-alalla. Mittauspisteiden vähimmäismäärään vaikuttaa haluttu mittausepävarmuus, mittalaitteen epävarmuus ja suhteellinen etäisyys edeltävästä virtauksen häiriölähteestä. Suhteellinen etäisyys määräytyy kanavan hydraulisen halkaisijan ja etäisyydestä edelliseen häiriötekijään suhteesta. (Kuva 5.) (SFS-EN 12599 2013: 68–70.)

Mittauspisteiden määrä			
Suhteellinen etäisyys $a/D_h$	Kokonaisepävarmuus, %/ mittauslaitteen epävarmuus %		
	"10/5"	"15/5"	"15/10"
1,6		30	44
2,0	50	21	30
2,5	34	16	24
3,0	25	12	18
4,0	16	8	12
5,0	12	6	9
6,0	9	4	6

**Kuva 5. Mittauspisteiden määrä (SFS-EN 12599 2013: 68)**

Kun mittauspisteiden lukumäärä on määritetty, jaetaan sen jälkeen kanava yhtä suuriin osiin. Suorakaidekanava jaetaan neljän tai suorakaiteen muotoisiin osiin kanavan sivu-

jen pituuden suhteen. Pyöreä kanava jaetaan yhtä leveisiin renkaisiin, joihin vaikuttaa kanavan halkaisija. (SFS-EN 12599 2013: 70–76.)

Jos ilmavirtaa ei voida mitata kanavasta, se voidaan mitata kuristuslaitteella, kammion tai laiteosan poikkipinnalla tai päätelaitteelta. Kuristuslaitteelta mitattaessa pitää sille pystyä määrittämään selkeä ja määrätty ilmavirran ja paine-eron riippuvuus. Kuristuslaitteita voivat olla esimerkiksi lämmönsiirtimet, äänenvaimentimet tai metalliset reikälevyt edellä mainittujen kriteerien täytyessä. Kammion tai laiteosan poikkipinnalta mitattaessa periaate on sama kuin kanavan poikkipinnalta mitattaessa. Tämä mittaus sallitaan vain, jos mittajaan, mittalaitteen tai mittauspoikkipinnan huonontuminen esimerkiksi jäähdytys- tai lämmityspatterin takia on merkityksetön. Jäähdytys- tai lämmityspatteri ei myöskään saa olla päällä mittauksen ajan, koska epätasainen lämpötila lisää mittavirhettä. Päätelaitteelta ilmavirtaa mitattaessa monipistemittausta ei voida käyttää, koska virtausnopeuden jakautumien päätelaitteella on niin epätasainen. Menetelmää voidaan kuitenkin käyttää geometrialtaan yksinkertaisiin poikkipintoihin, kuten suuttimiin. (SFS-EN 12599 2013: 76–78.)

#### 4.1.4 Puhaltimen sähkötekniisten arvojen varmistaminen

Ilmanvaihtokoneiden puhaltimien moottorien jännite ja niiden ottama sähkövirta on mitattava kunkin vaiheen viimeisen varokkeen jälkeen. Kulutettu sähköteho voidaan mitata joko suoraan tehomittarilla tai lukemalla kulutusmittari ennen ja jälkeen kokeen. Tasavirtamoottorin teho määritetään mittaamalla jännite ja sähkövirta. Vaihtovirtamoottorin teho määritetään tehomittarilla. Mittalaitteen valintaan vaikuttaa onko kyseessä yksi- tai kolmivaihemoottori. Selvitys sähkötekniisten arvojen mittauksista on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (SFS-EN 12599 2013: 94; RakMk D2 2012: 22.)

#### 4.1.5 Äänitekniisten arvojen varmistaminen

Rakentamismääräyskokoelman osassa C1 määrätään, että jos rakennus suunnitellaan ja rakennetaan määräyksessä esitetyllä tavalla, katsotaan ääneneristys- ja meluntorjuntavaatimusten riittävässä määrin täytyneen. Vaatimusten täytyminen voidaan myös osoittaa tapauskohtaisesti. C1 ei suoraan määrää tiettyä standardia vaan toteaa, että vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseen käytetyn menetelmän on täytettävä eu-rooppalainen tai kansainvälinen standardi. (RakMk C1 1998: 3–4.)

Äänitasoissa huomioidaan kaksi eri tasoa, jotka ovat keski- ja enimmäisäänitaso. Keskiäänitaso kuvaa tarkastelujakson äänitason keskiarvoa ja enimmäisäänitaso tarkastelujakson korkeinta äänitasoa. LVIS-laitteiden aiheuttamaa äänitasoa koskevat vaatimukset eivät koske samassa huoneistossa tapahtuvaa vedenlaskua. Jos huoneiston ilmanvaihtoa voidaan tehostaa rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjearvoja suuremmaksi, voidaan äänitasovaatimukset tehostuksen aikana ylittää 10 dB (kuva 6). Rakennuksen ulkopuolella keskiäänitaso saa olla korkeintaan 45 dB saman tai läheisen rakennuksen ikkunan, parvekkeen, pihan tai muun vastaavan melulle herkün paikan lähellä. (RakMk C1 1998: 2–7.)

	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)
– Keittiö	33	38
– Muut asuinhuoneet	28	33

Kuva 6. LVIS-laitteiden sallitut äänitasot (RakMk C1 1998: 7)

#### 4.2 Yrityksen asettamat vähimmäistarkastukset

Yrityksen vähimmäistarkastuksista puhuttaessa tarkoitetaan sitä, mitä yritys on valmis tekemään enemmän tai tarkemmin laadunvarmistuksessa suhteessa lakiin ja määräyksiin. Tämä asia on suoraa seurausta yrityksen visiosta olla ”asiakkaan ensimmäinen valinta”. Asiakas valitsee mielellään yrityksen, joka pystyy selkeästi osoittamaan tekemänsä työn laadun ja tekemään hieman enemmän kuin laki vaatii. Kysymys ei ole kiinni siitä, ettei yritys tee laadukasta työtä, vaan siitä miten se osoitetaan asiakkaalle. On tärkeää ottaa myös huomioon ylilaatu. Ylilaatua on, kun yritys tekee enemmän kuin asiakas on valmis maksamaan. yritys voisi tehdä satoja tunteja tarkastuksia, mistä ei ole mitään arvoa asiakkaalle. Jos asiakas ei ole erikseen tätä työtä tilannut, se on ylilaatua. Laadunvarmistus tulee kohdistaa ennalta harkittuihin asioihin, jotka ovat kokemusten perusteella tärkeitä asiakkaalle tai niissä on ollut ongelmia.

Yrityksellä laadunvarmistuksen tulee perustua aliurakoitsijan laadunvarmistukseen. Yritys valvoo aliurakoitsijan mittauksia ja tarkastuksia. Ennalta sovituista asennuksista tehdään malliasennus, joka on hyväksyttävä ennen töiden jatkamista. Työvaiheita tarkastetaan asennustapatarkastuksin. Materiaalihyväksyntä on myös tärkeä osa laadun-

varmistusta. Kun osat ja materiaalit ovat oikeanlaisia, syntyy laatu pitkälle jo siitä. Tarkastusten ja mittausten kattavuus ja osallistumisveloitteet sovitaan hankekohtaisesti, mutta tässä insinööriyössä pyritään muodostamaan hyvä perustaso, jolla yritys erottuisi edukseen kilpailijoihin nähden, kuitenkin niin että kustannukset pysyvät järkevinä.

Haastattelin kollegoita ilmanvaihdon laadunvarmistuksesta ja vastausten perusteella muodostin tason, johon yrityksen laadunvarmistuksen tulisi pyrkiä ilmanvaihdon suhteen. Lähtökohtaisesti talotekniikka-asiantuntijan tulisi osallistua kaikkiin mittauksiin ja tarkastuksiin, mutta yleensä kiire estää niin aktiivisen osallistumisen. Hyvänä perustasona voidaan pitää sitä, kun talotekniikka-asiantuntija osallistuu aina ensimmäisiin mittauksiin ja tarkastuksiin, joiden perusteella hän varmistuu urakoitsijan menettelyn oikeellisuudesta. Sen lisäksi talotekniikka-asiantuntijan tulee tehdä pistokokeita, joilla varmistutaan tasaisesta laadusta. Kaikista mittauksista ja tarkastuksista on tehtävä pöytäkirjat. Talotekniikka-asiantuntijat voivat käyttää urakoitsijan dokumentteja, mutta erityisesti tilaajan suuntaan raportoitaessa olisi hyvä käyttää yrityksen dokumentteja. Yrityksellä on oltava myös mahdollisuus tarjota dokumenttipohjia urakoitsijan käyttöön. Alla määritellyistä laadunvarmistusmenettelyistä on yhteenveto liitteessä 1 ja esimerkidokumenttipohjia liitteissä 2–8.

#### 4.2.1 Tiiviyden varmistaminen

Tiiviyden varmistaminen on osa-alue, jossa on suhteellisen helppo tehdä kattavaa laadunvarmistusta. Rakentamismääräyskokoelman osa D2 ei suoraan määrää tiettyjä tiiviysluokkia, eikä yrityksen kannatta aktiivisesti pyrkiä niissä johonkin tiettyyn luokkaan. Tiiviysluokat kannattaa sopia hankekohtaisesti. Yrityksen kannattaa kuitenkin tehdä kattavammat tiiviysmittaukset kuin D2 määrää. Ilmanvaihtokoneista tulisi D2:n mukaan tarkastaa vain 20 %, kuitenkin vähintään yksi kone, ja kanavistosta tietty prosenttiosuus, jonka määrittää kanavaosien tiiviysluokka. Myrkyllistä, syövyttävää tai muuten terveydelle haitallista ilmaa kuljettavat kanavistot on mitattava kokonaan. (RakMk D2 2012: 22.)

Yrityksen kohteissa tulisi mitata jokainen ilmanvaihtokone ja niistä tulisi toimittaa jokaisesta oma mittauspöytäkirja. Yrityksen kohteissa tulisi mitata kaikki kuiluissa kulkevat kanavistot ennen kuin kuilu ummistetaan ja kaikki suorakaidekanavat. Jos kuiluissa kulkevat kanavat ja suorakaidekanavat täyttävät 20 % kokonaiskanavapinta-alasta, ei

sen lisäksi tarvitse mitata muita kanavia. Jos taas nuo mittaukset jäävät alle 20 % konnaiskanavapinta-alasta, tulee mittauksia suorittaa niin paljon lisää, että 20 % täyttyy.

#### 4.2.2 Puhtauden varmistaminen

Puhtauden varmistaminen nousi aiheena esiin useassa haastattelussa. Kanavistojen puhtaus vaikuttaa suoraan sisäilman laatuun, ja sisäilman laatu on yksi tärkeimmistä asioista asiakkaille. Puhtaan sisäilman rakentaminen on takuvarma myyntikeino, ja tällä osa-alueella yrityksen kannattaa ehdottomasti pyrkiä korkeaan laatutasoon. Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 puhtauden varmistaminen määritellään erittäin löyhästi. D2:n mukaan silmämääräinen tarkistus riittää, ja kanavisto on tarvittaessa puhdistettava, eikä mitään sen tarkempia standardeja tai arvoja määrätä.

Yrityksen kohteissa tulisi kanavistojen puhtaus määritellä Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan ja tavoitella puhtausluokkaa P1. P1 ohjaa sekä rakentamisen kuin ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta. Rakentamisen puhtauden pitäminen luokassa P1 on haastavaa ja siihen kannattaa pyrkiä vain hankekohtaisesti, jos asiakas niin haluaa. Rakentamisen puhtausluokka P1 vaatii IV-asennusten tekemistä pölyttömissä tiloissa, mikä lisää kustannuksia ja pidentää aikataulua huomattavasti. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden laatutasoksi kannattaa kuitenkin asettaa puhtausluokka P1. Puhtausluokitus P1 asettaa omat vaatimuksensa suunnitteluun, mutta laadunvarmistuksen kannalta materiaalihyväksyntä on tärkeässä roolissa, koska ilmanvaihtotuotteiden on täytettävä puhtausluokituksen vaatimukset (kuva 7). (Sisäilmastoluokitus 2008: 10–18.)

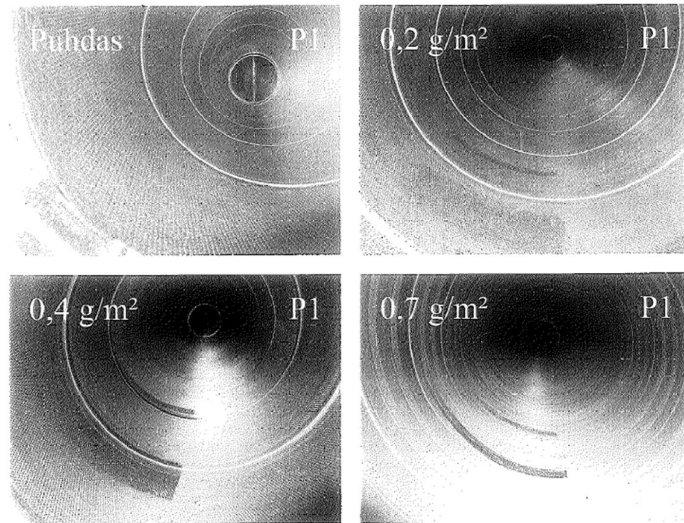
Epäpuhtaus	Luokituskriteeri
Kanavien öljyisyys <sup>1)</sup>	0,05 g/m <sup>2</sup>
Kanavaosien, päätelaitteiden, säätö- ja palopeltien öljyisyys <sup>1)</sup>	
• Leikkaamalla, tavuttamalla tai liittämällä valmistetut osat	0,05 g/m <sup>2</sup>
• Syvävedetyt osat, öljyä vaativat prosessi	0,3 g/m <sup>2</sup>
Ilmavirtaan irtoavat mineraalikuidut (MMVF) <sup>2)</sup>	<0,1 kpl/m <sup>3</sup>
Pintapölyn määrä	<0,5 g/m <sup>2</sup>

**Kuva 7. Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksen vaatimukset (Sisäilmastoluokitus 2008: 18)**

Toinen tärkeä asia ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkaa P1 tavoitellessa on ilmanvaihtotuotteiden varastointi ja asennustekniikka. Kanavien päiden on oltava tulpattuina



koko ajan. Tulpat saa poistaa vain asennusten aikana ja kanavien päät on tulpattava uudelleen heti asennusten päättyessä. Tärkein asia on kuitenkin ilmanvaihtojärjestelmän lopullinen puhtaus. Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykeritymän keskiarvo saa olla enintään  $0,7 \text{ g/m}^2$ . (Sisäilmastoluokitus 2008: 15–16.) Helpoin tapa arvioida kanavien puhtautta on visuaalisesti Sisäilmayhdistyksen ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastusohjeen avulla (kuva 8). Jos kanavistot joudutaan puhdistamaan, on puhdistuksen jälkeen tehtävä uudet puhtaustarkastukset.



**Kuva 8. Visuaalinen puhtausasteikko (Sisäilmastoluokitus 2008: 16)**

#### 4.2.3 Ilmavirtojen varmistaminen

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrää, että ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitattava ja säädettävä. Tähän ei pystytä lisäämään mitään yrityksen taholta. Ilmavirtojen mittauksiin ja säätöihin olisi kuitenkin osallistuttava mahdollisimman paljon talotekniikka-asiantuntijan toimesta, koska ilmavirtojen oikeellisuus on tärkeä viihtyvyystekijä.

#### 4.2.4 Ilman nopeuden varmistaminen

Ilman nopeus ei ole yleinen mittauskohde rakennushankkeissa ja rakentamismääräyskokoelman osa D2 ei edellytä sen mittaamista. Ilman nopeus tiloissa on kuitenkin asiakkaan kannalta tärkeä viihtyvyystekijä ja sen takia yrityksen kannattaa mitata ilman

nopeus pistokokein ennalta valituista tiloista, esimerkiksi toimistohuoneista, joissa oleiltaan säännöllisesti ja pitkiä aikoja. Jos rakennushankkeessa on mallihuone, sitä kannattaa hyödyntää ilman nopeuden mittaamisessa. Mallihuone voidaan kalustaa jollain oletuskalustuksella ja tuottaa tilaan mitoitettu määrä tulo- ja poistoilmaa. Näin tilassa on helppo tehdä mittauksia ja todeta virheitä, jotka voivat helposti toteutua myöhemmin hankkeen aikana.

Ilman nopeuden suuruus ja suunta vaihtelee huoneen sisällä satunnaisesti, mutta yleensä kuitenkin riittää ilmavirtauksen keskinopeuden mittaus huoneessa. Pintalaltaan enintään 20 m<sup>2</sup>:n huoneissa riittää yksi mittauspiste, mutta isommissa tiloissa tarvitaan useampi mittauspiste. Mittauspisteet valitaan oleskeluvyöhykkeeltä, mutta ne voidaan myös valita paikoista jossa oleskelu todennäköisimmin tapahtuu, esimerkiksi toimistopöydän edestä. Ilman nopeuden mittaukset tehdään suuntariippumattomalla mittausanturilla. Mittausaika on 100 s ja joka viidennessä mittauspisteessä tehdään toistomittaus. Jos toistomittauksen tulos poikkeaa 10 %, tulee mittausaikana käyttää 180s. Kaikissa mittauspisteissä mitataan myös huone- ja tuloilman lämpötila, koska ilman nopeus on turbulenssiasteen ja ilman lämpötilan funktio. (SFS-EN 12599 2013: 24,88.)

#### 4.2.5 Ilman lämpötilan varmistaminen

Ilman lämpötila ei myöskään ole normaali mittauskohde rakennushankkeissa, eikä rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrää sitä mitattavaksi. Ilman lämpötila on ilman nopeuden tavoin kuitenkin tärkeä viihtyvyystekijä asiakkaan kannalta, ja sen takia yrityksen kannattaa tehdä mittauksia pistokokein samoista tiloista kuin ilman nopeuden mittauksia. Lämpötilamittauksissa kannattaa hyödyntää hankkeesta mahdollisesti löytyvää mallihuonetta.

Mittauksia voidaan tehdä huonetilasta, poistoilmalaitteelta tai kanavasta, mutta huonetilamittaus on asiakkaan kannalta oleellisin. Huonetilassa esiintyvien epävihtyisien pintalämpötilojen vuoksi voidaan tarvita operatiivisen lämpötilan mittaus. Lämpötilamittauksissa on tärkeää huomioida mittalaitteen aikavakio. Mittausta ennen pitää odottaa 1,5-kertainen aika verrattuna aikavakioon, jotta mitta-anturi kerkeää asettua. Kanavista mitattaessa mittaukset tehdään monipistemittauksina. (SFS-EN 12599 2013: 26, 90.)

#### 4.2.6 Puhaltimen sähkötekniisten arvojen varmistaminen

Puhaltimen sähkötekniisten arvojen mittaaminen on pakollinen toimenpide ja mittaustulos on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan. Tähän ei pystytä lisäämään mitään yrityksen taholta.

#### 4.2.7 Äänitekniisten arvojen varmistaminen

Rakentamismääräyskokoelman osa C1 ei edellytä äänimittauksia, jos rakennus on suunniteltu ja rakennettu kyseisen määräyksen mukaisesti. Usein kuitenkin rakennusvalvonta edellyttää äänimittauksia vähintäänkin rakennuksen kuoren ulkopuolella. Jos mittauksia tehdään, C1 edellyttää, että mahdollisten äänimittausten on täytettävä eurooppalainen tai kansainvälinen standardi. Yrityksen kannattaa ehdottomasti tehdä äänimittauksia, koska ääniongelmien ovat yleinen syy valituksiin ja mittauksilla voidaan helposti osoittaa laatua tällä osa-alueella. Mittaukset on helpoin tehdä äänitasomittarilla ennalta päätetyissä tiloissa, joissa ääniongelmien todennäköisesti esiintyvät. Äänitasomittarin on täytettävä standardin SFS 2877 luokan 2 vaatimukset ja mittalaitteesta on esitettävä kalibrointitodistus. Tiloja joissa mittauksia kannattaa tehdä, ovat kaikki tilat runkokanavien lähellä ja harkinnan mukaan toimisto- ja hoitotilat. Äänimittauksissa kannattaa hyödyntää hankkeesta mahdollisesti löytyvää mallihuonetta. (RakMk C1 1998: 3–4.)

#### 4.2.8 Mallikatselmuksien ja asennustapatarkastukset

Rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennusluvassa erilaisia katselmuksia pidettäväksi rakentamisen aikana, mutta tässä luvussa ei käsitellä sitä. Tämä luku käsittelee yrityksen ja urakoitsijan välisiä mallikatselmuksia.

Mallikatselmuksen tarkoitus on varmistaa, että työ on sopimusasiakirjojen mukainen sisällöltään ja laadultaan. Erityisesti pitää kiinnittää huomiota käytettyihin materiaaleihin. Materiaaleista pitää tarkistaa, ovatko ne hyväksytyt projektiin ja onko niiden CE-merkinnät kunnossa, jos niitä tarvitaan. Mallikatselmuksessa voidaan sopia myös toteutettavista ratkaisuksista, jotka viedään suunnitelmiin. Hyväksytystä mallista tehdään yksiselitteisen tarkka pöytäkirja. Urakoitsija voi jatkaa asennuksiaan, kun malli on hyväksytty. (Ratu S-1228 2010: 20.) Mallikatselmuksia on hyvä pitää korkean laatuvaatimuksen töistä, kuten palopellit, ja piiloon jäävistä asennuksista, kuten kuulut ja alakat-

toalueet. Myös usein toistuvista työvaiheista, kuten kannakointi ja eristys, on hyvä pitää mallikatselmus, sekä esiin jäävistä asennuksista, kuten päätelaitteet.

Asennustapatarkastuksia tehdään koko rakennusprojektin ajan. Asennustapatarkastuksilla tarkastetaan vastaako tehty työ malliasennusta, jos sellainen on. Tarkastuksessa tarkastetaan, ovatko rakennustarvikkeet, rakennusosat, laitteet, materiaalit ja työmenetelmät suunnitelma-asiakirjojen ja ennakkohyväksyntöjen mukaisia. Asennustapatarkastuksia on tehtävä myös muistakin kuin malliin pohjautuvista töistä. Asennustapatarkastukset tehdään pistokoeluoontoisesti pois lukien kuiluasennukset, jotka on tarkastettava ja hyväksyttävä ennen kuin kuilu ummistetaan, koska mahdollisten virheiden korjaaminen on vaikeaa jälkikäteen. Asennustapatarkastuksista on tehtävä pöytäkirja.

## 5 Suunnittelun ohjaus

Suunnittelun ohjaus on tärkeässä roolissa laadun toteutumisen kannalta. Kun hanke on suunniteltu selkeästi, ehkäisee se virheiden syntymistä ja helpottaa laadunvarmistusta. yrityksen tulisi käyttää ilmanvaihdon suunnittelun ohjauksen työkaluna Sisäilmastoluokitus 2008:n sisäilmastoluokkaa S2. Se ohjaa ilmanvaihdon suunnittelua parempiin arvoihin, kuin maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää. Sisäilmastoluokka S2 asettaa Lämpöolosuhteet, ilman laadun ja ääniolosuhteet tiukempien tavoitearvojen sisään. (Sisäilmastoluokitus 2008: 5.)

### 5.1 Lämpöolosuhteet

Lämpöolosuhteiden (kuva 9) tavoitearvojen määrittämiseen käytetään lähimmän säänhavaintopaikan mittaamaa 24 tunnin ulkolämpötilan keskiarvoa. Huonetilan lämpötila ei saa yhden tunnin keskiarvolla ylittää tai alittaa raja-arvoja mitoitussääolosuhteilla. Talotekniikkasuunnittelussa on määriteltävä myös henkilömäärät, valaistus- ja laitekuormat yms. joilla tavoitearvot toteutuvat. (Sisäilmastoluokitus 2008: 5,12–13.)

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila $t_{op}$ [°C]			
$t_u \leq 10$ °C	21,5*	21,5	21
$10 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (t_u - 10)$
$t_u > 20$ °C	24,5*	24,5	25
Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]	$t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 10$ °C: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20$ °C: $23 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20$ °C: 27	$t_u < 15$ °C: 25 $t_u > 15$ °C: $t_{u,max} + 5$
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	20	20	18
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjistä]			
• toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	–
• asunnot	90 %	80 %	–

Kuva 9. Lämpötilan tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008: 5)

## 5.2 Ilman laatu

Ilman laatu käsittää hiilidioksidi- ja radonpitoisuuksien ylärajat (kuva 10). Hiilidioksidipitoisuutta tarkastellaan yhden tunnin keskiarvolla. Radonin tavoitearvo on 100 bq/m<sup>3</sup> ja vuosikeskiarvo ei saa ylittää 400 bg/m<sup>3</sup>. Ilman laadun ylläpitämiseksi ulkoilmavirran määrittely on avainasemassa. Sisäilmastoluokassa S2 ulkoilmavirran tulee olla 0,5 dm<sup>3</sup>/s lattianeliötä kohti ja sen lisäksi 7 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohti. Suunnittelijan tulee myös varmistua, että ilmavirtojen mitoitus ei ole ristiriidassa lämpöolosuhteiden hallinnan kanssa. Käyttöajan ulkopuolella perusilmavaihdon on oltava 0,1-0,2 dm<sup>3</sup>/s lattianeliötä kohden. (Sisäilmastoluokitus 2008: 5, 13–14.)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	<750	<900	<1 200
Radonpitoisuus [Bq/m <sup>3</sup> ]	<100	<100	<200
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjistä]			
• toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	
• asunnot	90 %	80 %	

Kuva 10. Ilman laadun tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008: 5)

## 5.3 Ääniolosuhteet

Ääniolosuhteiden ylärajat (kuva 11) määritetään tilojen käyttötarkoitusten perusteella huomioiden erikoistilanteita. Talotekniikkasuunnittelussa erityisesti päätelaitevalinnat vaikuttavat ääniolosuhteisiin. (Sisäilmastoluokitus 2008: 5.)

Tila ja suure	Merkintä	yksikkö	S1	S2	S3
<b>Asuinhuone</b>					
Ilmaääneneristysluku kahden asunnon välillä	$R'_{w}$	dB	≥58	≥55	≥55
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista <sup>1)</sup>	$L'_{n,w}$	dB	≤49	≤53	≤53
LVI5-laitteiden äänitaso asuinhuoneissa	$L_{A,eq}$	dB	≤24	≤28	≤28
LVI5-laitteiden äänitaso keittiössä	$L_{A,eq}$	dB	≤33	≤33	≤33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso päiväsaikaan klo 7–22	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤30	≤35	≤35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso yöaikaan klo 22–7	$L_{A,eq,22-07}$	dB	≤25	≤30	≤30
<b>1–2 hengen toimistohuone</b>					
Ilmaääneneristysluku työhuoneiden välillä	$R'_{w}$	dB	≥44	≥40	≥35
Ilmaääneneristysluku käytävälle	$R'_{w}$	dB	≥30	≥25	–
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{n,w}$	dB	≤63	≤63	≤63
Jälkikaiunta-aika <sup>2)</sup>	T	s	≤0,5	≤0,6	≤0,7
LVI5-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤35	≤35	≤40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤40	≤40	≤40
<b>Neuvotteluhuone</b>					
Ilmaääneneristysluku naapurihuoneeseen	$R'_{w}$	dB	≥48	≥44	≥40
Ilmaääneneristysluku käytävälle	$R'_{w}$	dB	≥35	≥30	≥30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{n,w}$	dB	≤58	≤63	≤63
Jälkikaiunta-aika <sup>2)</sup>	T	s	≤0,5	≤0,6	≤0,7
LVI5-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤35	≤35	≤35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤35	≤35	≤40
<b>Avotilatöimistö</b>					
Ilmaääneneristysluku työhuoneeseen	$R'_{w}$	dB	≥30	≥25	≥25
Ilmaääneneristysluku neuvotteluhuoneeseen	$R'_{w}$	dB	≥35	≥30	≥30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{n,w}$	dB	≤63	≤63	≤63
Puheen leviämismuunnosaste <sup>3)</sup>	$DL_2$	dB	≥11	≥9	≥7
Häiritsevyyssäde <sup>3)</sup>	$r_D$	m	≤8	≤11	≤11
LVI5-laitteiden äänitaso <sup>4)</sup>	$L_{A,eq}$	dB	40...42	40...42	40...42
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤40	≤40	≤45
<b>Opetustila</b>					
Ilmaääneneristysluku luokkien välillä ja luokasta käytävään kun välissä ei ole ovea	$R'_{w}$	dB	≥48	≥44	≥44
Ilmaääneneristysluku luokkien välillä ja luokasta käytävään kun välissä on ovi	$R'_{w}$	dB	≥39	≥34	≥34
Askeläänitasoluku ympäristöstä	$L'_{n,w}$	dB	≤63	≤63	≤63
Jälkikaiunta-aika <sup>2)</sup>	T	s	0,6...0,8	0,6...0,8	0,6...0,8
Puheensiirtoindeksi	STI	–	≥0,8	≥0,7	≥0,7
LVI5-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤33	≤33	≤33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤30	≤35	≤35
<b>Terveydenhoidon vastaanottohuone, tutkimushuone, hoituhuone</b>					
Ilmaääneneristysluku naapurihuoneeseen	$R'_{w}$	dB	≥52	≥48	≥48
Ilmaääneneristysluku käytävälle	$R'_{w}$	dB	≥39	≥34	≥34
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{n,w}$	dB	≤63	≤63	≤63
Jälkikaiunta-aika <sup>2)</sup>	T	s	≤0,6	≤0,8	≤0,8
LVI5-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤33	≤33	≤33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤35	≤35	≤35

Kuva 11. Äänitasojen tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008: 5)

#### 5.4 Rakennus- ja rakennesuunnittelu

Rakennus- ja rakennesuunnittelu vaikuttaa sisäilmastoon huomattavasti ja usealla eri tavalla. Talotekniikka-asiantuntijan on hyvä tarkastaa, että asiat ovat rakennus- ja rakennesuunnittelijoiden tiedossa.

Toiminnoiltaan ja sisäilmastotavoitteiltaan samanlaiset tilat tulisi pyrkiä sijoittamaan erilleen toisistaan. Näin pyritään ehkäisemään liikaisen ilman kulkeutuminen puhtaampiin tiloihin. Radonpitoisuuksien hallinta korostuu perustustavan valinnassa ja suunnittelussa. Lämmöneristävyyys vaikuttaa lämpöolosuhteisiin. Yleensä tarpeet suunnittelussa kohdistuvat yllämpenemisen ehkäisyyn. Yleensä ongelma ratkaistaan tilakohtaisella jäähtytyksellä, mutta ensisijaisesti ongelmaa pitää pyrkiä ehkäisemään rakenteellisesti, esimerkiksi aurinkosuojin. Epäpuhtauksien kulkeutumiseen rakennuksessa vaikuttaa oleellisesti rakennuksen ilmanpitävyys. Ilmanpitävyyden raja-arvot valitaan hankekohtaisesti. Tilojen akustiikka on tärkeä tekijä, jotta äänet eivät pääse leviämään. Sisäilmastoluokkaan S2 pyrkiessä rakennusmateriaalien on täytettävä pääasiassa luokan M1 vaatimukset (kuva 12). Tilassa voi olla korkeintaan 20 % luokan M2 materiaaleja, mutta ei kuitenkaan yli 1 m<sup>2</sup> huoneen lattian pinta-alaa kohden. Materiaalien on oltava myös kosteusteknisesti sopivia. (Sisäilmastoluokitus 2008: 9–10, 17.)

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0,2 mg/m<sup>2</sup>h. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H<sub>2</sub>CO) emissio on alle 0,05 mg/m<sup>2</sup>h.
- Ammoniakkin (NH<sub>3</sub>) emissio on alle 0,03 mg/m<sup>2</sup>h.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1. kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on alle 0,005 mg/m<sup>2</sup>h (ei koske formaldehydiä, sen kriteeri on annettu edellä).
- Materiaali ei haise, hajun hyväksyttävyyys kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on >0,1.
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

Kuva 12. Rakennusmateriaalin päästöluokituksen M1 vaatimukset (Sisäilmastoluokitus 2008: 17)

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää yrityksen ilmanvaihdon laadunvarmistusmenetelyä. Viime vuosina ripeästi kasvanut talotekniikka-asiantuntijoiden määrä on saanut toimintamenetelmät epäyhtenäisiksi. Työ onnistui hyvin, ja lopputuloksena syntyi listaus yrityksen tavasta varmistaa ilmanvaihtojärjestelmän laatu ja valmiita dokumentteja asioiden kirjaamiseksi. Ilmanvaihdon parissa työskentelevät talotekniikka-asiantuntijat voivat nyt antaa ulospäin paljon yhtenäisemmän kuvan asiakkaille. Lopputulos auttaa myös tehostamaan työaikaa, kun dokumentteja ei tarvitse luoda tyhjästä tai joillekin vanhoille pohjille. Opin insinööriyön parissa todella paljon ilmanvaihtoon vaikuttavista tekijöistä ja siitä, miten niitä varmennetaan. Tämä insinööriyö toimii myös loistavana

apuna, kun seuraava opiskelija tekee samankaltaisen työn jostain muusta talotekniikan alasta. Työssä määritetyistä laadunvarmistusmenettelyistä voidaan poiketa hankekohdaisesti, mutta tärkeää oli luoda jonkinlainen standardi, jota voidaan pitää toiminnan perustana. Työtä voisi kehittää syventymällä tarkemmin erilaisiin mittausmenetelmiin ja valikoida parhaita ja kustannustehokkaimpia menetelmiä yrityksen käyttöön.



## Lähteet

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. 2016. Finlex.  
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%3%A4ytt%3%B6-%20ja%20rakennuslaki>> Luettu. 2.2.2016
- CE-merkintä. 2016. Verkkodokumentti. hEN helpdesk.  
<<http://www.henhelpdesk.fi/www/fi/ce-merkinta/index.php>> luettu 2.2.2016
- Kankainen, Jouko ja Junnonen, Juha-Matti. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Lecklin, Olli. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum.
- Toiminta- vai laatujärjestelmä. 2013. Verkkodokumentti. PKY-LAATU Oy.  
<[http://www.pkylaatu.fi/blogi/laatuajarjestelma-vai-toimintajarjestelma->](http://www.pkylaatu.fi/blogi/laatuajarjestelma-vai-toimintajarjestelma-). Luettu 1.2.2016
- Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 2016. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy.  
<<https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl.html>> Luettu 2.2.2016
- Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C1. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Ratu S-1228. 2010. Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- SFS 3542. 1987. Ilmastointikanavat, lujuus- ja tiivistystestaus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- SFS-EN 12599. 2013. Rakennusten ilmanvaihto, ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien luovutukseen liittyvät testimenettelyt ja mittausmenetelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- Sisäilmastoluokitus. 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry.
- Toimintajärjestelmät. 2013. Verkkodokumentti. Suomen Laatuyhdistys ry.  
<<http://www.laatuokeskus.fi/palvelut-asiantuntijapalvelut-virallinen-versio/toimintajarjestelmat>>. Luettu 20.1.2016
- Suomen rakentamismääräyskokoelman käyttö ja tulkinta. 2005. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ym.fi/fi->

FI/Maankaytto\_ja\_rakentaminen/Lainsaadanto\_ja\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelm  
a> Luettu 2.2.2016

## Yhteenveto ilmanvaihdon laadunvarmistusmenettelystä

Liitteessä esitetään laadunvarmistusmenettelyn yhteenveto tarkastuskohtaisesti. Tarkeimmat perustelut löytyvät tekstistä.

Tarkistustoimenpide	Lakien ja määräysten asettama taso	yrittäjän asettama taso
Tiiviyn varmistaminen	%-osuus kokonaiskanavapinta-alasta riippuen kanavien ja kanavaosien tiiviysluokasta. 20% IV-koneista. Kaikki myrkyllistä tai liikaista ilmaa kuljettavat kanavat.	Kaikki kuilu- ja suorakaidekanavat, IV-koneet sekä myrkyllistä tai liikaista ilmaa kuljettavat kanavat. Tämän lisäksi muita kanavia, niin että vähintään 20 % täyttyy kokonaispinta-alasta.
Puhtauden varmistaminen	Silmämääräinen puhtauden tarkistus, tarvittaessa puhdistettava.	Silmämääräinen puhtauden tarkistus, lopullinen puhtaus P1. Tarvittaessa puhdistettava.
Ilmavirtojen varmistaminen	Ilmavirrat on mitattava ja säädettävä.	Ilmavirrat on mitattava ja säädettävä.
Puhaltimen sähkötekniisten arvojen varmistaminen	Sähkötekniiset arvot on mitattava.	Sähkötekniiset arvot on mitattava.
Äänitekniisten arvojen varmistaminen	Ei tarvitse, jos tehty C1 mukaan. Muussa tapauksessa kelpoisuus osoitettava eurooppalaisen tai kansainvälisen standardin perusteella.	Mitataan ennalta harkituissa tiloissa, kuten runkokanavien lähellä sijaitseissa tiloissa tai hoitotiloissa.
Ilman nopeuden varmistaminen	Ei edellytetä	Mitataan ennalta harkituissa tiloissa, kuten hoitotilat tai toimistohuoneet.
Ilman lämpötilan varmistaminen	Ei edellytetä	Lämpötilan mittaus samoissa tiloissa, kuin ilman nopeuden mittaus.
Mallikatselmukset	-	Pidetään ainakin alla mainituista esimerkeistä
		- Palopellit
		- Kuilut
		- Alakattoalueet
		- Kannakointi
		- Eristykset
Asennustapatarkastukset	-	Pidetään ainakin alla mainituista esimerkeistä pistokoeluonteisesti
		- Palopellit

	- Kuilut (kaikki kuilut on tarkastettava ennen ummistusta)
	- Alakattoalueet
	- Kannakointi
	- Eristykset
	- Kanavat ennen eristyksiä

