

Sirpa Kolari & Marianna Luoma

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen



Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen

Sirpa Kolari & Marianna Luoma
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



ISBN 951-38-5833-2 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5834-0 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka,
Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2408

VTT Bygg och transport, Byggnadsfysik, fastighets- och brandteknik,
Värmemansgränden 3, PB 1804, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 455 2408

VTT Building and Transport, Building Physics, Building Services and Fire Technology,
Lämpömiehenkuja 3, P.O.Box 1804, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 455 2408

Toimitus Leena Ukskoski

Kansikuva: Oy Lifa Air Ltd

Otamedia Oy, Espoo 2001

Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen [Development of a clean installation method for ventilation systems]. Espoo 2001. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2102. 46 s.

Avainsanat development, installing, ventilation, indoor air, dust, ducts, HVAC, installation, tools, classification, testing, Finland, Sweden

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien sisäpintojen likaantumista rakentamisen eri vaiheissa. Lisäksi etsittiin keinoja ilmanvaihtotuotteiden rakennusaikaisen likaantumisen vähentämiseksi. Tutkimuksessa oli tavoitteena kehittää ilmanvaihtojärjestelmän asennusmenetelmä, jota käyttämällä saavutetaan Sisäilmastoluokituksen 2000 P1-luokan vaatimukset ilmanvaihtokanaviston puhtauden suhteen. Lisäksi tavoitteena oli edistää puhtaan asennusmenetelmän käyttöönottoa rakentamisessa.

Ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien sisäpintojen pölykertymää mitattiin suodatinmenetelmällä tehtaalla ja kolmella toimistorakennustyömaalla asennustyön eri vaiheissa sekä valmiissa rakennuksissa. Tulokset osoittivat, että kanavien ja kanavanosien sisäpintojen keskimääräinen pölykertymä tehtailta työmaille lähteneissä tuotteissa oli alhainen. Ilmanvaihtotuotteet likaantuivat eniten työmaalla varastoinnin ja runkokanavien asennuksen aikana. Merkittävin kanavia likaava tekijä oli kulmahiomakoneella leikatesa syntyvä rautapöly, jota kerääntyi kanaviin paikoitellen runsaasti.

Puhtaamman asennusmenetelmän kehittämistä varten testattiin laboratoriossa erilaisten työkalujen soveltuvuutta ilmanvaihtoasennuksiin. Testeillä selvitettiin työkalujen soveltuvuutta erikokoisten kanavien katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluokun tekoon. Lisäksi tarkasteltiin työkalujen ominaisuuksia mm. työskentelynopeuden ja leikkausreunan laadun suhteen. Pölymittausten avulla selvitettiin työkalujen tuottamaa leikkujätteen määrää. Laboratoriotestit osoittivat, että kulmahiomakone voidaan korvata leikkureilla (esimerkiksi Dräcon levyleikkurilla ja Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla). Leikkurit eivät tuota kanavan sisälle leikkujätettä, eivät kipinöi eivätkä ole niin meluisia kuin kulmahiomakone. Myös työskentelynopeus ja työturvallisuus leikkureilla ovat hyvät.

Leikkureita testattiin asennustyössä P1-luokan työmaalla. Pölymittaukset osoittivat, että leikkureilla asennetun kanaviston pölykertymä oli $<0,1 \text{ g/m}^2$. Myös leikkureiden käyttöominaisuudet osoittautuivat työmaalla hyviksi ja asentajat olivat tyytyväisiä uuteen asennusmenetelmään. Tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella koottiin julkaisun loppuun ohjeita P1-luokan ilmanvaihtojärjestelmän asentamiselle. Ohjeiden avulla voidaan toteuttaa P1-luokan vaatimukset kanaviston puhtauden suhteen täyttävä ilmanvaihtojärjestelmä.

Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen [Development of a clean installation method for ventilation systems]. Espoo 2001. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2102. 46 p.

Keywords development, installing, ventilation, indoor air, dust, ducts, HVAC, installation, tools, classification, testing, Finland, Sweden

Abstract

The aim of this study was to monitor the protection and cleanliness of ventilation ducts and accessories during the building process. Another part of the study was the development of a clean installation method for ventilation systems and testing and implementation. Using this new installation method, it is possible to build cleaner ventilation systems.

The dust accumulation on the inner surfaces of ventilation ducts and accessories was measured at the factory and three office building construction sites at different stages of construction work and when the buildings were completed. Based on the measurements, it could be concluded that the dust accumulation on ducts and ventilation components that were sent from the factory to the building site was low in general. The highest dust loads during the building process were accumulated during storage at the building site and during the assembly of trunk ducts. At certain sites, a considerable amount of dust was accumulated in the ducts due to the use of side grinder in assembly work.

In the development of a clean installation method the suitability of different tools were tested in the laboratory. Tests included the cutting of sheet metal ducts and making access doors. Three different duct diameters were used. After the installation work the amount of metal dust was measured from the inner surface of ducts. Laboratory tests showed that the side grinder can be replaced with shears (e.g. Dräco's curve & seam metal shear and Milwaukee's gauge shear). Shears are advantageous because they do not produce metal sheet dust during the installation work. In addition, shears are non-sparking and less noisy than side grinders. Also, the job safety and working speed are better.

Shears were also tested at the construction site where all parties tried to ensure a clean ventilation system. The results of dust measurements showed that the average amount of dust on the inner surface of ducts, which were installed with shears, was very low ($<0,1 \text{ g/m}^2$). Also the operating characteristics of the shears turn out to be convenient in the installation work and the ventilation assemblers were satisfied with new installation method.

As a result of this study short instructions for clean installation practise were prepared. Using these instructions, it is possible to realise cleaner ventilation systems.

Alkusanat

Tämä julkaisu käsittelee vuosina 1998–2001 toteutettua tutkimusta ilmanvaihtojärjestelmien rakentamisaikaisesta puhtaudesta. Tutkimuksen aineisto on koottu pääosin pölykertymämittauksin tehtailla, työmailla ja valmiissa rakennuksissa. Julkaisussa kuvataan yksityiskohtaisesti asentamiseen käytetyille työkaluille tehdyt laboratoriotestit (kohta 6.1). Testit on kuvattu yksityiskohtaisesti, jotta ilmanvaihtojärjestelmien asentajat voivat hyödyntää tuloksia työkaluja valitessaan ja asennustyön opettajat voivat käyttää tuloksia oppimateriaalina.

Tutkimusta aloitettaessa oli käytössä Sisäilmastoluokitus -SL95 (Sisäilmayhdistys 1995) ja tutkimuksen päättyessä oli käytössä uudistettu Sisäilmastoluokitus 2000 (Sisäilmayhdistys 2001). Tämän julkaisun otsikossa mainittu puhdas asennusmenetelmä tarkoittaa asennustapaa, jota noudattamalla toteutuu nykyisessä Sisäilmastoluokituksessa (Sisäilmayhdistys 2001) oleva vaatimus P1-luokan kanavien puhtaudesta (pölykertymä enintään $1,0 \text{ g/m}^2$) luovutus valmiissa ilmanvaihtojärjestelmässä. Raportissa käytetään tutkijoiden keskuudessa vakiintunutta termiä "pölykertymä", joka kuvaa kanavan sisäpinnalle tietyn ajan kuluessa kertynyttä pölymäärää pinta-alayksikköä kohti (g/m^2).

Julkaisun kirjoittamisesta ovat vastanneet fil. maist. Sirpa Kolari ja PhD Marianna Luoma. Työtekniikko Timo Collanus ja tekniikko Jarmo Laamanen osallistuivat tutkimuksen kenttämittauksiin. Osan julkaisun valokuvista ovat ottaneet Vesa Asikainen ja Auvo Ahvenjärvi.

Tämä tutkimus on osa Puhdas ja toimiva ilmanvaihto -projektia, jonka tavoitteena on ilmanvaihtolaitoksen puhtauden kehittäminen. Projektin taloudellisina tukijoina ovat olleet Teknologian tutkimuskeskus (Tekes) ja suomalainen ilmanvaihtoalan teollisuus. Puhdas ja toimiva ilmanvaihto -projekti on osa Terve talo -teknologiaohjelmaa. Haluamme kiittää tutkimuksessa mukana olleiden rakennushankkeiden ilmanvaihdosta vastanneita projektipäälliköitä ja asentajia avusta tutkimuksen toteuttamisessa.

Toukokuussa 2001

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	9
2. Tavoitteet.....	10
3. Pölykertymä ja voiteluainejäämät ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien valmistuksen aikana.....	11
4. Pölykertymä ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien työmaavarastoinnin aikana.....	13
5. Ilmanvaihtokanaviston asennus ja suojaus asennuksen aikana.....	16
5.1 Asennuskäytäntö Suomessa.....	16
5.2 Ilmanvaihtotuotteiden likaantuminen asentamisen aikana.....	17
5.2.1 Rakennuskohteet ja suoritettut mittaukset.....	17
5.2.2 Mittaustulokset.....	18
5.3 Asennuskäytäntö Ruotsissa.....	20
6. Asentamiseen käytettävien työkalujen testaus.....	22
6.1 Laboratoriotestit.....	22
6.1.1 Työkalut ja koejärjestely.....	22
6.1.2 Tulokset.....	24
6.1.2.1 Työkalujen soveltuvuus kanavan katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon.....	24
6.1.2.2 Leikkuujätteen määrä.....	26
6.1.2.3 Työvaiheet ja työskentelyaika.....	27
6.1.2.4 Visuaalinen arviointi kanavan sisälle jääneestä leikkuujätteen määrästä.....	29
6.1.3 Yhteenveto työkalujen testauksesta laboratoriossa.....	31
6.2 Työkalujen testaus työmaalla.....	31
6.2.1 Rakennuskohde ja mittaukset.....	31
6.2.2 Tulokset.....	34
6.2.2.1 Kanaviston pölykertymät.....	34
6.2.2.2 Työkalujen ominaisuudet ja soveltuvuus ilmanvaihtoasennuksiin.....	35

7. Tulosten tarkastelu	38
8. P1-luokan ilmanvaihtojärjestelmän toteutus käytännössä	41
9. Yhteenveto	43
Lähdeluettelo	46

1. Johdanto

Sisäilmastoluokitus 2000 (Sisäilmayhdistys 2001) on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin apuna, kun rakennetaan entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Uuden ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksessa käytetään kahta puhtausluokkaa (P1 ja P2). Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksen tavoitteena on varmistaa, että uuden järjestelmän läpi virtaava tuloilma on puhdasta eikä sisällä terveydelle haitallisia aineita, epämiellyttävää hajua tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia.

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokan P1 vaatimukset (Sisäilmayhdistys 2001) ovat seuraavat:

- Tuloilmakanavat ja kanavanojat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.
- Tiivistemateriaaleina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokkaan M1 ja M2 luokiteltuja tai muuten emissioiltaan alhaisiksi tunnettuja materiaaleja.
- Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään $1,0 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä mitattuna (Pasanen ym. 1999 b).
- Laitoksessa ei käytetä palautusilmaa lukuun ottamatta vain yhtä asuntoa palvelevia ilmanvaihtokoneita.
- Ilmanvaihtokoneiden tuloilmapuolelle asennetaan puhtausluokiteltu suodatin, jonka erotusaste vastaa vähintään luokkaa F8/EU 8 ja joka on lisäksi varustettu EU 3 -luokan esisuodattimella.

Puhtausluokassa P2 saa luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo olla enintään $2,5 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä mitattuna (Pasanen ym. 1999 b).

Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymään vaikuttavat useat tekijät, kuten kanavien valmistusmenetelmä, kuljetus ja varastointi, asennustyön laatu, työmaan yleinen puhtaustaso ja kanavien avonaisten päiden sulkeminen asennustyön jälkeen. 1990-luvulla tehdyt tutkimukset uusien kanavistojen puhtaustasosta viittaavat siihen, ettei P1-luokan puhtaustasoa saavuteta nykyisellä asentamiskäytännöllä. Puh- taampaan asentamiskäytäntöön siirtyminen vaatii uusien asennustyökalujen ja -menetelmien kehittämistä.

2. Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli

1. selvittää, missä rakentamisen vaiheessa ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien sisäpinnat likaantuvat,
2. etsiä keinoja ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien rakennusaikaisen likaantumisen vähentämiseksi,
3. kehittää ilmanvaihtojärjestelmän asennusmenetelmä, jota käyttämällä saavutetaan Sisäilmaluokituksen P1-luokan vaatimukset (Sisäilmastoyhdistys 2001) ilmanvaihtokanaviston puhtauden suhteen ja
4. edistää puhtaan asennusmenetelmän käyttöönottoa rakentamisessa.

3. Pölykertymä ja voiteluainejäämät ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien valmistuksen aikana

Ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien puhtautta tutkittiin pölykertymämittauksilla kyseisiä ilmanvaihtotuotteita valmistavilla tehtailla. Tutkitut ilmanvaihtokanavat oli valmistettu ja käsitelty siten, että niiden sisäpuolelle ei ollut kertynyt öljyjäämiä. P1-luokan kanavat (Sisäilmayhdistys 1995) oli valmistettu muutamia päiviä ennen mittauksia. Kanavat oli varastoitu tulpattuina tehdashallissa. P2-luokan (Sisäilmayhdistys 1995) kanavat oli valmistettu aikaisemmin ja varastoitu tulppaamattomina ulkona. Kanavien lisäksi mitattiin pölykertymiä tehdasvalmisteisista mutkista, haarakappaleista ja tarkastusluukuista. Kanavanosat säilytettiin tehtailla pahlilaatikoissa tai häkeissä. P1- ja P2-luokan kanavanosat valmistettiin ja säilytettiin samalla tavalla. Tehtaalla tehtiin mitaukset juuri ennen, kuin kanavat ja kanavanosat lähetettiin rakennustyömaille.

Tuotteen sisäpinnalla oleva pöly imettiin halutulta pinta-alalta (esimerkiksi 100 tai 250 cm²) pumpun avulla suodatinkoteloon (kuva 1) ja pölynäyte punnittiin laboratoriossa (Luoma 2000). Kullakin mittauskerralla mitattiin 15–20 tuotteen pölykertymä. Mitattuja kanavia ja kanavanosia oli yhteensä 53 kappaletta.



Kuva 1. Tehtaalla olevien ilmanvaihtokanavien sisäpuolisen pölykertymän määrittystä varten pöly imettiin halutulta pinta-alalta suodatinkoteloon.

Tehtailta työmaille lähteneiden kanavien ja kanavanosien keskimääräinen pölykertymä oli alhainen ($\leq 0,1 \text{ g/m}^2$). Korkein tehtaalla mitattu pölykertymä oli $0,7 \text{ g/m}^2$ (90° mutka, halkaisija 315 mm). Tehtailla mitattujen pölykertymien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,15$) eri mittauskäyntien välillä. Mittaustulokset ilmenevät taulukosta 1.

Ilmanvaihtotuotteiden sisäpinnalla tehtaalla olleesta pölystä valtaosa oli rautahiukkasia, jotka olivat peräisin raudan hitsauksesta, polttoleikkauksesta, sahauksesta ja hiomisesta. Lisäksi näytteissä oli ulkoilmasta tai maaperästä peräisin olevia savihiukkasia (elektro-nimikroskooppisessa tarkastelussa).

Taulukko 1. Ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien pölykertymä tehtaalla.

	Käynti 1	Käynti 2	Käynti 3
Ajankohta	9/1998	9/1998	1/1999
Puhtausluokka	P1	P1	P2
Kanavat			
Pölykertymä			
keskiarvo, g/m ²	<MR	0,01	0,02
max, g/m ²	0,03	0,05	0,10
min, g/m ²	<MR	<MR	<MR
lukumäärä	10 kpl	8 kpl	10 kpl
Kanavanosat			
Pölykertymä			
keskiarvo, g/m ²	0,02	0,18	0,10
max, g/m ²	0,03	0,71	0,22
min, g/m ²	<MR	<MR	0,03
lukumäärä	7 kpl	7 kpl	10 kpl

<MR = alle määrittäysrajan

Tutkittujen tuotteiden sisäpintojen öljypitoisuus määritettiin tehtaalla käyttäen suodatinimeytystä (Pasanen ym. 1999a). Kanavien keskimääräinen öljypitoisuus oli 40 mg/m². Kanavanosien öljypitoisuus oli vastaavasti 68 mg/m². Puhtausluokituksen (Sisäilmastoyhdistys 2001) vaatimus öljyisyyden suhteen on kanaville 50 mg/m² ja kanavan osille 300 mg/m². Kaikkien tutkittujen tuotteiden keskimääräiset öljypitoisuudet olivat alhaisia, mutta yksittäisissä tuotteissa havaittiin suuriakin pitoisuuksia.

Lisäksi tehdashalleissa mitattiin ilman pölypitoisuutta 1,1 metrin korkeudella imemällä näyteilmavirta esipunnitun suodattimen läpi ja punnitsemalla suodatin laboratoriossa. Ilman pölypitoisuus tehtailla oli keskimäärin 200 µg/m³, vaihteluväli oli 70–250 µg/m³.

4. Pölykertymä ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien työmaavarastoinnin aikana

Ilmanvaihtokanavien ja kanavanosien likaantumista varastoinnin aikana seurattiin kolmella toimistorakennustyömaalla (kohde 1, kohde 2 ja kohde 3). Kaikissa kohteissa tutkimus kohdistettiin uudisrakennusosaan, joka varustettiin koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Kohteessa 1 tutkittavalla osalla sijaitsevat toimistotiloja, kohteessa 2 kirjasto ja toimistotiloja sekä kohteessa 3 vastaanotto- ja toimistotiloja.

Kohteissa 1 ja 2 pyrittiin noudattamaan ilmanvaihtotuotteiden suojauksessa P1-luokan ohjeita ja kohteessa 3 pyrittiin noudattamaan P2-luokan ohjeita (Sisäilmäyhdistys 1995). Kanavat varastoitiin pääsääntöisesti ulkona (kuva 2). Kohteissa 1 ja 2 kanavanosat varastoitiin sisällä pahvilaatikoissa (kuva 3). Kohteessa 3 kanavanosat varastoitiin suojaamattomina lattialla ja ne olivat olleet työmaalla noin kaksi kuukautta.



Kuva 2. Kanavien varastointi ulkona.

Työmailla varastoitujen tuotteiden sisäpinnalla oleva pöly imettiin halutulta pinta-alalta (esimerkiksi 100 tai 250 cm²) pumpun avulla suodatinkoteloon ja pölynäyte punnittiin laboratoriossa. Työmailla varastoitujen ilmanvaihtotuotteiden sisäpintojen pölykertymät esitetään taulukossa 2. Taulukosta havaitaan, että ulkona varastoidut tulpatut kanavat säilyvät puhtaina (pölykertymä ulko-varastoinnin aikana alle 0,1 g/m²). Sisällä varastoidut kanavanosat likaantuivat sekä pahvilaatikoissa varastoituna (pölykertymä 0,6 g/m²) että lattialla varastoituna (pölykertymä 1,3 g/m²). Pahvilaatikot olivat avonaisia ja rikkoontuivat eivätkä siten suojanneet pölyntymiseltä (kuva 3).



Kuva 3. Kanavanosien varastointi työmaalla pahvilaatikoissa kohteessa 2.

Kohteessa 3 työmaalla varastoitujen kanavanosien sisäpinnoille oli kerääntynyt työmaapölyä, esimerkiksi betonimuruja ja -pölyä. Kanavanosien pinnoilla oli myös teräsrakenteiden pinnoille ruiskutettua harmaata paloeristettä (silmämääräisesti tehtyjä havaintoja). Betonipöly oli peräisin lattian hiomisesta.

Taulukko 2. Ilmanvaihtotuotteiden sisäpinnoille työmaalla varastoinnin aikana kerääntynyt pöly.

	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3
Mittausajankohta	10/1998	9/1998	3/1999
Varastointipaikka	Kanavia, varastoitu ulkona tulpattuina	Kanavanosia, varastoitu sisällä pahvilaatikoissa	Kanavanosia, varastoitu lattialla suojaamattomina
Pölykertymä			
keskiarvo, g/m ²	0,09	0,62	1,27
max , g/m ²	0,32	1,17	2,71
min, g/m ²	<MR	0,03	0,30
lukumäärä	4 kpl	4 kpl	3 kpl

<MR = alle määritysrajan

Ilman pölypitoisuutta työmailla mitattiin 1,1 metrin korkeudella (kuva 4). Koska ilman pölypitoisuuksia mitattiin vain niinä päivinä, jolloin tutkittiin tuotteiden pölypitoisuuksia, voidaan tuloksia pitää vain suuntaa antavina. On todennäköistä, että pitoisuudet

vaihtelivat huomattavastikin riippuen rakentamisen työvaiheista ja näytteenottokohtien sijainnista. Ilman pölypitoisuuksien keskiarvo rakennustyömailla oli $1\ 030\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vaihteluväli $90\text{--}2\ 900\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rakennustyömaiden korkea pölypitoisuus oli joinakin mittauspäivinä myös silmämääräisesti havaittavissa leijuvana pölynä. Ajoittain esiintyvä korkea ilman pölypitoisuus lisäsi osittain työmaalla varastoitujen, suojaamattomien kanavien ja kanavanosien pölyyntymistä. Työmaan ilman pölypitoisuus oli mittauspäivinä huomattavasti korkeampi kuin tehtailla mitatut ilman pölypitoisuudet (ks. luku 3).



Kuva 4. Ilman pölypitoisuuden mittaus työmaalla.

5. Ilmanvaihtokanaviston asennus ja suojaus asennuksen aikana

5.1 Asennuskäytäntö Suomessa

Nykyisin käytettävää ilmanvaihtokanavistojen asentamistapaa selvitettiin haastattelemalla ilmanvaihtoasentajia sekä kolmea ammatillisen koulutuskeskuksen asennustyön opettajaa. Haastattelussa tiedusteltiin, mitä työvaiheita kuuluu asennukseen ja mitä työvälineitä nykyisin asennuksissa käytetään. Lisäksi haettiin tietoa LVI-alan oppikirjoista (Harju 1998, Halminen ym. 1994) sekä muusta rakennusalan kirjallisuudesta (LVI-RYL 92, 1992).

Asentamiseen nykyisellään kuuluu seuraavia työvaiheita sekä käytäntöjä:

- Kanavat katkaistaan kulmahiomakoneella (kuva 5) tai rautasahalla.
- Kanavan sisä- ja ulkopuoliset jäysteet poistetaan puukolla, viilalla tms. (kuva 6).
- Kanavisto kootaan kierresaumatusta teräsputkesta, ja asennusosina käytetään tiivisteellisiä muotokappaleita. Tyyppihyväksytyjä osia käyttämällä varmistetaan riittävä tiiviys.
- Kanavien osat, esimerkiksi kulmayhteet, työnnetään kanavan sisälle riittävän syväälle ja niitataan kiinni vetoniiteillä. Niiteille porataan reiät porakoneella.
- Kanavien ja kanavaosien liittämässä pyritään huolehtimaan siitä, etteivät kanavat tai liitostarvikkeet vahingoitu.
- Asennustyössä kiinnitetään huomiota puhdistusluukkujen paikkojen valintaan, äänenvaimentimien ja säätöpeltien kiinnitykseen ja höyrysulkujen lävistykseen.
- Kaikkiin kanaviin pyritään järjestämään puhdistusmahdollisuus ja kaikille asennetuille luukuille on päästävä.
- Puhdistusluukun aukko leikataan kulmahiomakoneella ja reunat siistitään.
- Jos kanavan kylkeen tehdään aukko peltisaksilla, tehdään ensin joko taltalla tai poralla alkureikä, josta leikkaaminen aloitetaan.
- Ilmanvaihtojärjestelmä sekä kaikki siinä käytettävät osat ja liitokset suunnitellaan siten, että ne voidaan huoltaa ja ettei niissä ole huoltoa vaikeuttavia särmiä, kulmia tai katvealueita.
- Ilmastointilaitteiden materiaalien valinnassa kehoitetaan kiinnittämään huomiota siihen, ettei kanavien sisäpintoihin tartu helposti epäpuhtauksia eikä pinnoista irtoa kiinteitä hiukkasia ilmavirtaan. Laitteiden pintojen on oltava sileitä, jotta tarttunut lika irtoaa helposti.

- Pyöreissä kanavissa käytettävä seinämäpaksuus on 0,5 mm, kun kanavan halkaisija on alle 320 mm, ja 0,7 mm, kun kanavan halkaisija on yli 320 mm.



Kuva 5. Kanavan katkaisu kulmahiomakoneella.



Kuva 6. Kanavan sisä- ja ulkopuolisen jäysteen poistaminen pop-niittipihdeillä.

Oppikirjoissa korostetaan kanaviston tiiviyn merkitystä. Niissä ei kiinnitetä juurikaan huomiota kanaviston puhtauden merkitykseen asentamisvaiheessa eikä mainita kanavien suojaamisesta asennustyön aikana. Opettajien mukaan kanavien puhdistamisessa asentamistyön yhteydessä on nykyisin kaksi eri käytäntöä. Toiset asentajat puhdistavat kanavat joko kallistamalla irtonaisen lian pois tai pyyhkäisemällä rukkasellaan enimmäkseen epäpuhtaudet kanavan suulta. Toiset asentajat puolestaan eivät puhdistakaan kanavia millään tavalla.

5.2 Ilmanvaihtotuotteiden likaantuminen asentamisen aikana

5.2.1 Rakennuskohteet ja suoritettavat mittaukset

Ilmanvaihtotuotteiden likaantumista asentamisen aikana selvitettiin kenttämittauksilla kolmella toimistorakennustyömaalla (kohteet 1–3, ks. luku 4). Rakentamisen aikana ilmanvaihtotuotteiden suojausmenetelmissä oli erona se, että P1-luokan työmaalla kanavien avoimet päät suljettiin asentamisen jälkeen, kun taas P2-luokan työmaalla useat kanavat olivat avoimia. Kohteessa 2 oli asentajille annettu ohjeeksi, että lattialla leikattaessa tulee kanavaa lopuksi kallistaa ja siten poistaa rautapöly kanavan sisältä.

Ilmanvaihtotuotteiden pölykertymää mitattiin työmaalla asennustyön eri vaiheissa (kuva 7) sekä rakennuksen valmistuttua. Ensimmäinen mittaus työmaalla tehtiin runkokanavien asentamisen jälkeen. Seuraava mittaus työmaalla tehtiin silloin, kun pääosa venttiili-asennuksista oli tehty. Viimeinen mittaus tehtiin rakennuksen valmistuttua, joten tämä mittaus kohdistui myös rakentamisen tasoitus-, pinnoitus- ja viimeistelytyöiden aikana kertyneeseen pölyyn.



Kuva 7. Kanaviston sisäpuolisen pölykertymän mittaus rakennustyömaalla.

Tuotteen sisäpinnalla oleva pöly imettiin halutulta pinta-alalta (esimerkiksi 100 tai 250 cm²) pumpun avulla suodatinkoteloon, ja pölynäyte punnittiin laboratoriossa. Kullakin mittauskerralla mitattiin 12–20 tuotteen pölykertymä. Ilman kokonaispölypitoisuutta mitattiin 1,1 metrin korkeudella käyttäen avointa suodatinkotelo.

5.2.2 Mittaustulokset

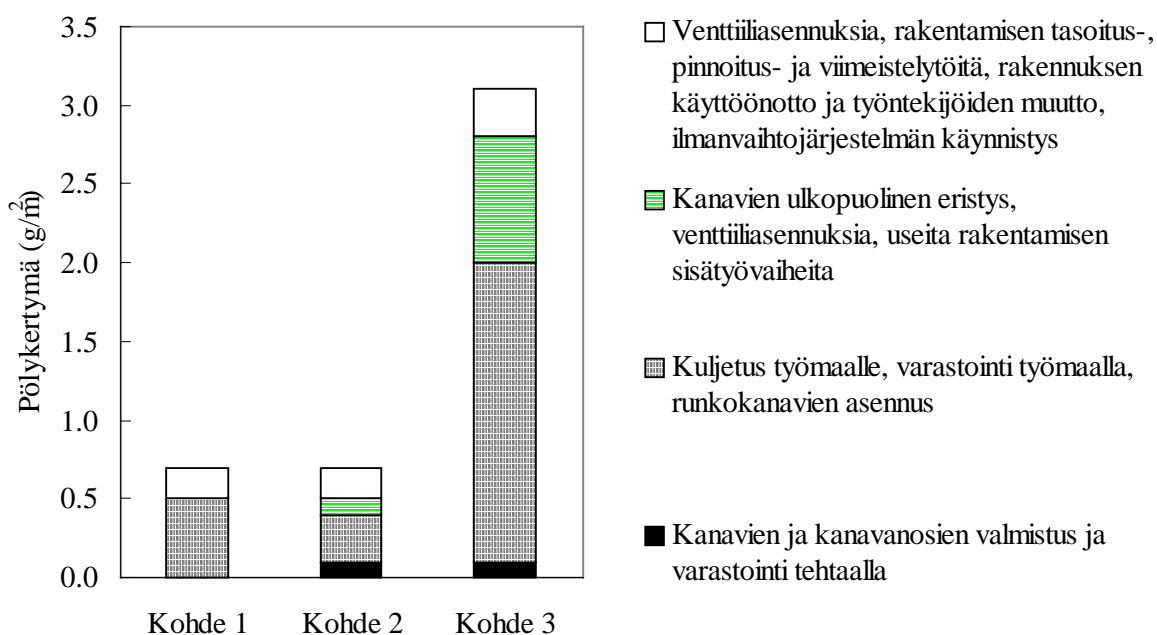
Runkokanavien asentamisen aikana ilmanvaihtojärjestelmiin kerääntyi pölyä keskimäärin 0,2–0,8 g/m² P1-luokan työmailla ja 2,1 g/m² P2-luokan työmaalla (Taulukko 3). Työmaiden välisiä eroja tarkastellaan taulukossa 3. Kohteessa 3 mitatut korkeat pölykertymät johtuivat siitä, että tarkasteltavat tuotteet sattuivat sijaitsemaan sellaisissa kanaviston kohdissa, joihin tuli asentamisen aikana työstön seurauksena rautapölyä (syynä oli kanavaan kulmahiomakoneella tehtyjen aukkojen läheisyys kanavassa). Taulukosta 3 havaitaan, että kohteen 2 kanavakoot olivat pienempiä kuin kohteen 3.

Taulukko 3. Ilmanvaihtotuotteiden likaantuminen työmaalla runkokanavien asentamisen aikana.

	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3
Puhtausluokka	P1	P1	P2
Pölykertymä			
keskiarvo, g/m ²	0,8	0,2	2,1
max, g/m ²	3,5	1,1	8,5
lukumäärä	5 kpl	10 kpl	11 kpl
Mittaus suoritettu tarkastusluokun kautta	2 kpl	7 kpl	6 kpl
Halkaisija, keskiarvo	460 mm	270 mm	400 mm
Mitattujen tuotteiden erittely	kanava ϕ 250 kanava ϕ 630, 2 kpl mutka ϕ 400 T-haara ϕ 400	kanava ϕ 200, 3 kpl kanava ϕ 250 kanava ϕ 315, 4 kpl mutka ϕ 315, 2 kpl	kanava ϕ 315, 2 kpl kanava ϕ 400, 4 kpl kanava ϕ 500, 2 kpl mutka ϕ 200 mutka ϕ 500, 2 kpl

Työmaalla tuotteiden sisäpinnalla oleva pöly koostui raudasta, sinkistä, betonista ja mineraalivillasta (elektronimikroskooppinen tarkastelu). Silmämääräisesti voitiin havaita työmailla asennetuissa kanavissa rautapölyä, joka oli peräisin kanavien leikkaamisesta kulmahiomakoneella. Rautapölyä oli kanavissa paikoitellen runsaasti. Mineraalivilla lienee ollut peräisin kanavien ulkopuolisesta eristyksestä. Kohteessa 3 voitiin venttiilien asentamisen jälkeen silmämääräisesti havaita, että useisiin näytteenottokohtiin oli kerääntynyt ohut vaalea pölykerros.

Kanavien ja kanavanosien sisäpintojen pölykertymät rakentamisprosessin eri vaiheissa kultakin työmaalta esitetään kuvassa 8. Pölykertymien summat kohteissa 1 ja 2 olivat lähes yhtä suuria (0,7 ja 0,6 g/m²), mutta kohteen 3 yhteenlaskettu pölykertymä oli näitä selvästi suurempi (3,1 g/m²). Rakentamisen aikana suurimmat pölykertymät tulivat työmaalla varastoinnin ja runkokanavien asennuksen aikana.



Kuva 8. Kanavapintojen pölykertymät rakentamisprosessin eri vaiheissa suodatinke-räyksen avulla määritettyinä.

Kussakin rakennuksessa tehtiin myös rakennuksen valmistuttua joitakin mittauksia niistä kanaviston kohdista, joista ei oltu aikaisemmin mitattu pölykertymää (Taulukko 4). Nämä mittaustulokset olivat samansuuntaisia pölykertymien summan kanssa.

Taulukko 4. Valmiissa rakennuksessa mitattuja pölykertymiä.

Tutkimuskohde	Ilmanvaihto-kanaviston pituus m	Tarvittavien näytteiden lukumäärä* kpl	Kerätyt pölynäytteet		
			Lukumäärä kpl	Keskiarvo g/m ²	Hajonta g/m ²
Kohde 1	360	4	4	0,5	0,3
Kohde 2	600	7	5	0,5	0,8
Kohde 3	1 800	19	4	4,9	4,6

* Lähde: NADCA 1992.

5.3 Asennuskäytäntö Ruotsissa

Ruotsissa käytettäviin asennustapoihin ja työkaluihin tutustuttiin Tukholmaan tehdyn yritysvierailun aikana. Vierailun aikana keskusteltiin yhden asennusliikkeen johtajan ja

asentajien kanssa, vierailtiin asennustyökaluja myyvässä liikkeessä sekä käytiin kahdella työmaalla katsomassa ilmanvaihtoasennuksia.

Asennusliikkeen edustajien mukaan Ruotsissa luovuttiin noin viisi vuotta sitten kulmahiomakoneen käytöstä ilmanvaihtoasennuksissa. Lopetusvaatimus tuli rakennuttajien taholta, koska kulmahiomakoneen käyttö aiheutti ylimääräisiä kustannuksia. Kustannuksia aiheutui esimerkiksi siitä, että kulmahiomakoneen kipinäsuihku vaurioitti paloovia ja maalattuja ja kaakeloituja seinäpintoja sekä aiheutti tulipalovaaran. Kulmahiomakone korvattiin erilaisilla leikkureilla (mm. Dräcon 3514-7R -levyleikkurilla) ja peltisaksilla (mm. Milwaukeeen 6850-50 -sähkökäyttöisillä peltisaksilla).

Nykyisin kulmahiomakonetta käytetään vain erikoistapauksissa, joihin asentajan täytyy pyytää kirjallinen lupa rakennustyömaan valvojalta. Luvassa tarvittavia tietoja ovat mm. käyttötarkoitus, asennustyön kesto ja paikka. Kulmahiomakoneen käytön jälkeen asentajan on valvottava katkaisupaikkaa kahden tunnin ajan tulipalovaaran takia. Asentajien kokemuksen mukaan leikkureiden käyttö on monella tavalla miellyttävämpää ja nopeampaa kulmahiomakoneeseen verrattuna, kunhan oikea tekniikka on opittu. Lisäksi asentajat totesivat, etteivät he enää haluaisi palata kulmahiomakoneen käyttöön.

6. Asentamiseen käytettävien työkalujen testaus

Luvussa 5 todettiin ilmavaihtokanavien likaantuvan eniten työmaalla varastoinnin ja asennuksen aikana. Merkittävin kanavia likaava tekijä oli kulmahiomakoneella leikkaamisesta peräisin oleva rautapöly. Laboratoriotesteillä haluttiin selvittää, löytyisikö sellaisia työkaluja, jotka eivät tuota kanavan sisälle leikkuujätettä ja soveltuisivat siten P1-luokan asennusmenetelmässä käytettäväksi. Osa työkaluista oli nykyisin asennuksissa käytettäviä ja osa sellaisia, joiden soveltuvuutta ilmanvaihtoasennuksiin haluttiin selvittää tarkemmin.

Laboratoriotesteissä selvitettiin työkalujen soveltuvuutta erikokoisten kanavien katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon sekä tarkasteltiin eri työkalujen ominaisuuksia mm. työskentelynopeuden ja leikkausjäljen suhteen. Lisäksi selvitettiin eri työkalujen tuottamaa leikkuujätteen (rautapöly) määrää halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa. Laboratoriotesteissä parhaiten puhtaampaan asennusmenetelmään soveltuneita työkaluja testattiin asennustyössä rakennustyömaalla.

6.1 Laboratoriotestit

6.1.1 Työkalut ja koejärjestely

Laboratoriotesteissä arvioitiin kahdeksan erilaisen työkalun soveltuvuutta ilmanvaihtokanavien asentamiseen (kuva 9). Työkalujen merkit, mallit ja tekniset tiedot esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Laboratoriotesteissä käytettyjen työkalujen teknisiä tietoja (lähteenä käytetty maahantuojiin esitteitä).

Työkalumerkki	Malli	Iskuluku (1/min) tai pyörimisnopeus (r/min)	Max. leikkuuteho (mm) Teräs	Paino (kg)	Teho (W)
Kulmahiomakone (Makita) 230 mm	9029S	6 600 r/min	–	4,7	2 100
Kulmahiomakone (Metabo) 125 mm	EW7127Quick	10 000 r/min	–	1,8	710
Levyleikkuri (Dräco)	3514-7R	2 400 1/min	2,0	2,0	500
Nakertaja (Makita)	JN3200	1 300 1/min	3,2	3,4	660
Nakertaja (Bosch)	1530.1	2 500 1/min	2,0	–	500
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	6850-50	0–2 500 1/min	1,6	1,8	400
Peltisakset (Bahco)	583D ja 584D	–	–	–	–
Puukkosaha (Makita)	JR3020	0–2 500 1/min	–	3,8	1 020



Kuva 9. Testatut työkalut. Kuvassa vasemmalta lukien Makitan puukkosaha, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset, Bahcon peltisakset, Dräcon levyleikkuri, Boschin nakertaja, Makitan nakertaja, Makitan kulmahiomakone ja Metabon kulmahiomakone.

Testeihin hankittiin kierresaumaista peltikanavaa (EKOD, ABB Fläkt Oy), joka täytti Sisäilmastoluokituksen 2000 puhtausluokituksen vaatimukset. Kanava hankittiin tehtaalta tulpattuna. Kanavaa hankittiin kolmea eri kokoa, 125, 315 ja 500 mm, ja kanavat olivat 3 metriä pitkiä.

Laboratoriossa työkaluja käytti ammattiasentaja, jolla oli voimassa oleva tulityölupa. Asentajalla oli työkokemusta asentamisesta noin viiden vuoden ajalta. Lisäksi hänellä oli työnjohdollista kokemusta usean vuoden ajalta.

Jokaisella työkalulla katkaistiin kanava kolme kertaa sekä tehtiin kolme tarkastusluukua jälkiasennuksena. Kunkin kokeen jälkeen kirjattiin muistiin seuraavat asiat:

- asentajan arvio työkalujen soveltuvuudesta kanavan katkaisuun ja tarkastusluukun tekoon
- kanavan katkaisuun ja tarkastusluukun tekoon kulunut aika (mittaus sekunttikellolla)
- visuaalinen arvio kanavan sisälle jääneestä leikkujätteestä (tutkijan arvio)
- visuaalinen arvio leikkausreunan tasaisuudesta (tutkijan arvio).

Pölynäytteiden avulla tarkasteltiin kanavan katkaisussa ja tarkastusluukun teossa syntyneen leikkujätteen määrää. Pölynäytteitä otettiin vain yhdestä kanavakoosta (315 mm:n kanava). Aina ennen seuraavaa katkaisua tai luukun tekoa puhdistettiin kanavan sisältä edellisestä katkaisusta tai luukun teosta mahdollisesti jääneet epäpuhtaudet pois pölymättömällä pyyhkeellä. Lisäksi otettiin kolme pölynäytettä puhtaasta, käsittelemättömästä kanavasta. Pölynäytteet otettiin suodatinmenetelmällä (Pasanen ym. 1999b). Näytteet otettiin kanavan alapuolisen keskiviivan jommalta kummalta puolelta. Näytteenottoalue sijaitsi noin 15 cm:n etäisyydellä katkaistusta kanavan päästä tai tarkastusluukun reunasta. Pölynäyte kerättiin 250 cm²:n alueelta imemällä näyte pumpun avulla

suodatinkoteloon. Jos imuroitavalla alueella oli isompia lastuja, joita ei saatu imuroitua, ne otettiin talteen ja huomioitiin lopullista tulosta laskettaessa.

6.1.2 Tulokset

6.1.2.1 Työkalujen soveltuvuus kanavan katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon

Taulukossa 6 esitellään työkalujen soveltuvuus kanavan katkaisuun eri kanavakokoluokissa. Soveltuvuuden arviointi perustuu ammattiasentajan arvioon työkalun soveltuvuudesta kyseiseen työtehtävään.

Taulukko 6. Työkalujen soveltuvuus kanavan katkaisuun eri kanavakokoluokissa.

Työkalu	Kanavan katkaisu		
	Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm
Kulmahiomakone (Makita)	+ ¹⁾	+	+
Levyleikkuri (Dräco)	+	+	+
Nakertaja (Makita)	+	+	+
Nakertaja (Bosch)	+	+	-
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	+	+	-
Peltisakset (Bahco)	+	+	-
Puukkosaha (Makita)	+	-	-

+ = soveltuu

- = ei sovellu

¹⁾ katkaisu Metabon kulmahiomakoneella

Kanavan katkaisussa kaikille kolmelle kanavakoolle soveltuivat Makitan kulmahiomakone, Dräcon levyleikkuri (kuva 10) ja Makitan nakertaja (Taulukko 6, varjostettu alue). Boschin nakertaja, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset ja Bachon käsikäyttöiset peltisakset soveltuivat kokoluokille 125 mm ja 315 mm. Halkaisijaltaan 500 mm:n kanavan saumakohta oli näille laitteille liian paksu. Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla katkaistiin halkaisijaltaan 500 mm:n kanava vain kerran. Kanava saatiin katkaistuksi, mutta riski terien vahingoittumiselle oli suuri, joten useampia leikkauksia ei tehty. Kanavan saumakohta ei mahtunut Boschin nakertajan leikkausterien väliin. Bahcon peltisaksillakin halkaisijaltaan 500 mm:n kanava voidaan katkaista, mutta leikkaaminen ja erityisesti kierresaumakohdan ylitys vaatii käsivoimaa. Makitan puukkosahalla katkaistiin ainoastaan halkaisijaltaan 125 mm:n kanava. Tätä suuremmissa kanavakokoluokissa laitetta ei käytetty, koska asentajan työturvallisuus olisi vaarantunut. Puuk-

kosahaa asentaja suosittelikin käytettäväksi vain satunnaisesti ja saneerauskohteissa esimerkiksi vanhojen kanavistojen purkutyössä.



Kuva 10. Kanavan katkaisu Dräcon levyleikkurilla.

Työkalujen soveltuvuus tarkastusluukun tekoon eri kanavakokoluokissa esitetään taulukossa 7. Soveltuvuuden arviointi perustui ammattiasentajan arvioon.

Taulukko 7. Työkalujen soveltuvuus tarkastusluukun tekoon eri kanavakokoluokissa.

Työkalu	Tarkastusluukun teko jälkiasennuksena		
	Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm
Levyleikkuri (Dräco)	+	+	+
Nakertaja (Makita)	+ ¹⁾	+	+
Nakertaja (Bosch)	+	+	–
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	+	+	–
Peltisakset (Bahco)	+	+	–
Puukkosaha (Makita)	–	–	–

+ = soveltuu

– = ei sovellu

¹⁾ kanavan seinämä otti kiinni teräosaan

Dräcon levyleikkuri ja Makitan nakertaja soveltuivat tarkastusluukun tekoon kaikissa kanavakokoluokissa (Taulukko 7, varjostettu alue). Boschin nakertaja, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset ja Bachon peltisakset soveltuivat luukun tekoon samoissa kokoluokissa kuin katkaisussakin. Syyt näiden soveltumattomuudelle halkaisijaltaan

500 mm:n kanavalle olivat samat kuin kanavan katkaisussa. Makitan puukkosaha ei soveltunut tarkastusluukun tekoon. Makitan nakertajan teräosa oli niin iso, että halkaisijaltaan pienen (125 mm) kanavan seinämä otti kiinni terään. Koska jälkiasennettuja tarkastusluukkuja ei yleensä tehdä kulmahiomakoneella, ei kulmahiomakonetta käytetty tässä testissä.

6.1.2.2 Leikkuujätteen määrä

Kanavan katkaisussa ja tarkastusluukun teossa syntyneen leikkuujätteen määrä selvitettiin pölykertymämittausten avulla. Mittauksia tehtiin vain halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa. Tulokset esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8. Kanavan katkaisussa ja jälkiasennetun tarkastusluukun teossa syntyneen leikkuujätteen määrä eri työkaluilla halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa.

Työkalu	Pölykertymä (g/m ²)*	
	Kanavan katkaisu	Tarkastusluukun teko
Kulmahiomakone (Makita)	18,2	–
Levyleikkuri (Dräco)	< 0,1	< 0,1
Nakertaja (Makita)	237,7	26,1
Nakertaja (Bosch)	23,4	< 0,1
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	< 0,1	< 0,1
Peltisakset (Bahco)	< 0,1	< 0,1
Puukkosaha (Makita)	–	–

* kolmen näytteen keskiarvo.

Keskimääräiset rautapölykertymät kanavan katkaisussa Dräcon levyleikkurilla, Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla ja Bahcon peltisaksilla olivat alle 0,1 g/m² (Taulukko 8, varjostettu alue). Boschin nakertajan ja Makitan kulmahiomakoneen tuottama leikkuujätteen määrä oli suunnilleen samansuuruinen, mutta leikkuujäte oli tyyppiltään erilaista. Kulmahiomakone tuotti hienoa rautapölyä, joka levisi kanavassa melko pitkälle (kuva 11). Nakertajan leikkuujäte puolestaan koostui pienistä rautasirpeistä, jotka lähtivät kanavasta kallistamalla. Makitan nakertajan tuottama korkea pitoisuus (237,7 g/m²) johtui siitä, että kyseinen näyte sisälsi työkalun tuottamaa karkeaa rautapuruu. Puhtaasta kanavasta otetun näytteen pölykertymä oli alhainen (< 0,1 g/m²).

Kulmahiomakoneen rautapölyn leviämistä kanavassa tutkittiin kahden vierekkäisen pölynäytteen avulla. Ensimmäinen näyte otettiin noin 15 cm:n päästä ja toinen noin 30 cm:n päästä kanavan leikkausreunasta. Keskimääräinen rautapölykertymä 15 cm:n päässä oli 18,2 g/m² ja 30 cm:n päässä 26,8 g/m².



Kuva 11. Kulmahiomakoneen käytöstä kanavan sisälle levinyttä rautapölyä.

Tarkastusluukun teossa syntyneet rautapölykertymät olivat $<0,1 \text{ g/m}^2$ Dräcon levyleikkurilla, Boschin nakertajalla ja Milwaukeeen peltisaksilla. Boschin nakertajan alhainen pitoisuus kanavan katkaisuun verrattuna johtui siitä, että nakertajan terien synnyttämä leikkujäte (metallisirpit) leikkautuivat kanavan ulkopuolelle. Bahcon peltisaksilla pitoisuus yhden pölynäytteen perusteella oli myös $<0,1 \text{ g/m}^2$. Makitan puukkosahalla ja kulmahiomakoneella ei tehty tarkastusluukkuja.

6.1.2.3 Työvaiheet ja työskentelyaika

Asentajan työskentelynopeutta tarkasteltiin kanavan katkaisuun ja tarkastusluukun teon kuluneiden aikojen avulla. Työskentelyaikaan sisältyi mahdollinen alkureiän teko ja leikkausreunan jäysteiden poisto tai reunan tasoitus. Työskentelyaika on kolmen kanavan katkaisun tai tarkastusluukun teon keskiarvo. Työkalujen vertailua aikaan perustuen voidaan pitää vain suuntaa antavana. Tulokset on koottu taulukkoon 9.

Taulukko 9. Kanavan katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon kulunut aika eri kanavakokoluokissa.

Työkalu	Kanavan katkaisuun kulunut aika (s)			Tarkastusluukun tekoon kulunut aika (s)		
	Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm	Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm
Kulmahiomakone (Makita)	26 ^{*)}	52	129	–	–	–
Levyleikkuri (Dräco)	24	40	57	44	56	61
Nakertaja (Makita)	55 ⁽¹⁾	104	139	108	89	145
Nakertaja (Bosch)	75	132	–	119	82	–
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	22	36	105 ⁽²⁾	53 ⁽³⁾	55	–
Peltisakset (Bahco)	55	126 ⁽²⁾	–	120	108 ⁽²⁾	–
Puukkosaha (Makita)	26	–	–	–	–	–
Keskiarvo	40	82	108	89	78	103

¹⁾ leikkausreunan tasoitus ei sisälly aikaan

²⁾ vain yhden leikkauksen tai luukun teon aika

³⁾ kahden ajan keskiarvo

^{*)} Metabon kulmahiomakone

Kanavan katkaisu kulmahiomakoneella sisälsi katkaisun lisäksi leikkausreunan jäysteiden poiston. Alkureikää kulmahiomakoneelle ei tarvinnut tehdä. Dräcon levyleikkuri, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset ja Bahcon peltisakset tarvitsivat alkureiän, joka näissä testeissä tehtiin asentajan valinnan mukaan porakoneella. Edellä mainittujen työkalujen leikkausjälki oli niin tasainen, ettei leikkausreunan tasoitusta tai jäysteiden poistoa tarvittu. Makitan ja Boschin nakertajille tehtiin ensin poralla alkureikä, jota suunnitettiin peltisaksilla, koska työkalujen teräosa ei mahtunut porausreiästä sisään. Leikkausreuna näiden työkalujen jäljiltä oli tasainen, mutta isosta alkureiästä johtuen leikkausreuna täytyi vielä tasoittaa, jottei leikkausreunan lovi olisi vaikuttanut kanavan tiiviyteen liitoskohdassa. Makitan puukkosaha ei tarvinnut alkureikää, mutta leikkausreuna kaipasi vielä jäysteiden poiston.

Tarkastusluukun tekoon käytettiin kaikkia muita työkaluja paitsi kulmahiomakonetta ja puukkosahaa. Tarkastusluukun teko vaati käytetyillä työkaluilla samanlaiset alkureiät kuin kanavan katkaisukin. Poikkeuksena tässä oli se, ettei nakertajien kohdalla tarvinnut tasoittaa leikkausreunaa. Alkureikä tehtiin luukun keskelle, josta leikkaus aloitettiin. Käytetyt työkalut eivät jättäneet leikkausreunaan jäysteitä.

Halkaisijaltaan 125 mm:n kanavan katkaisussa Metabon kulmahiomakone, Dräcon levyleikkuri, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset ja Makitan puukkosaha olivat keskimääräistä leikkuaikaa nopeampia. Kanavan katkaisu sujui nopeimmin Milwaukeeen sähkökäyttöisten peltisaksien avulla (Taulukko 9, varjostettu alue). Tämä työkalu oli nopein myös halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa. Toiseksi nopein halkaisijaltaan 125 ja 315 mm:n kanavissa oli Dräcon levyleikkuri (Taulukko 9, varjostettu alue). Halkaisijaltaan 500 mm:n kanavan katkaisu oli nopeinta Dräcon levyleikkurilla.

Tarkastusluukun teko halkaisijaltaan 125 mm:n kanavassa sujui Dräcon levyleikkurilla ja Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla nopeammin kuin muilla työkaluilla. Nämä työkalut osoittautuivat nopeimmiksi myös halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa. Halkaisijaltaan 500 mm:n kanavaan tarkastusluukku voitiin tehdä vain Makitan nakertajalla ja Dräcon levyleikkurilla, joista levyleikkurilla työskentely oli nopeampaa kuin nakertajalla työskentely.

6.1.2.4 Visuaalinen arviointi kanavan sisälle jääneestä leikkuujätteen määrästä

Kanavan sisäpuolisen leikkuujätteen määrää ja tyyppiä arvioitiin myös silmämääräisesti. Lisäksi tarkasteltiin leikkausreunan laatua. Tulokset esitetään taulukossa 10.

Taulukko 10. Visuaalinen arvio kanavan sisälle jääneen leikkuujätteen määrästä ja tyypistä sekä leikkausreunan tasaisuudesta.

Työkalu	Tarkasteltava tekijä	Kanavan katkaisu			Tarkastusluukun teko		
		Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm	Halkaisija 125 mm	Halkaisija 315 mm	Halkaisija 500 mm
Kulmahiomakone (Makita)	leikkuujätteen määrä	runsaasti	runsaasti	runsaasti	-	-	-
	leikkuujätteen tyyppi	hieno pöly	hieno pöly	hieno pöly	-	-	-
	leikkausreuna	jävsteitä	jävsteitä	jävsteitä	-	-	-
Levyleikkuri (Dräco)	leikkuujätteen määrä	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan
	leikkuujätteen tyyppi	ei pölyä	ei pölyä	ei pölyä ¹⁾	ei pölyä	ei pölyä	ei pölyä
	leikkausreuna	tasainen	tasainen ²⁾	tasainen ²⁾	tasainen	tasainen	tasainen
Nakertaja (Makita)	leikkuujätteen määrä	runsaasti	runsaasti	runsaasti	vähän	vähän	vähän
	leikkuujätteen tyyppi	paloja	paloja	paloja	paloja	paloja	paloja
Nakertaja (Bosch)	leikkausreuna	tasainen	tasainen	tasainen	epätasainen	tasainen	tasainen
	leikkuujätteen määrä	vähän	vähän	-	vähän	vähän	-
	leikkuujätteen tyyppi	paloja	paloja	-	paloja	paloja	-
Sähkökäyttöiset peltisakset (Milwaukee)	leikkausreuna	tasainen	tasainen	-	tasainen	tasainen	-
	leikkuujätteen määrä	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	ei ollenkaan	-
	leikkuujätteen tyyppi	ei pölyä	ei pölyä	ei pölyä ³⁾	ei pölyä	ei pölyä	-
Peltisakset (Bahco)	leikkausreuna	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	tasainen	-
	leikkuujätteen määrä	ei ollenkaan	ei ollenkaan	-	ei ollenkaan	ei ollenkaan	-
	leikkuujätteen tyyppi	ei pölyä	ei pölyä	-	ei pölyä	ei pölyä	-
Puukkosaha (Makita)	leikkausreuna	tasainen	tasainen	-	tasainen	tasainen ⁴⁾	-
	leikkuujätteen määrä	vähän	-	-	-	-	-
	leikkuujätteen tyyppi	karkea pöly	-	-	-	-	-
	leikkausreuna	jävsteitä	-	-	-	-	-

¹⁾ katkaisussa syntyi ohuita tikkuja, jos saumakohta ei meinannut leikkautua

²⁾ kierresaumakohtaan jäi piikki

³⁾ katkaisussa syntyi ohuita tikkuja, jos saumakohta ei meinannut leikkautua

⁴⁾ pieniä piikkejä leikkausreunassa

Kanavan katkaisussa havaittiin silmämääräisesti runsaasti leikkuujätettä niin kulmahiomakoneen kuin Makitan nakertajan kohdalla. Leikkuujäte oli tyypiltään erilaista: kulmahiomakone tuotti hienoa pölyä ja Makitan nakertaja sirpinmuotoisia metallipaloja. Boschin nakertaja sekä puukkosaha tuottivat vain vähän leikkuujätettä. Myös Boschin nakertaja tuotti metallisirpejä ja puukkosaha karkeaa rautapölyä. Dräcon levyleikkuri, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset sekä Bachon peltisakset eivät tuottaneet kanavan sisälle silmin havaittavaa leikkuujätettä. Levyleikkurilla sekä Milwaukeeen peltisaksilla leikatessa kanavan ulkopuolelle syntyy ohut metallinauha (Kuva 12).



Kuva 12. Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla leikatessa kanavan ulkopuolelle syntyy ohut metallinauha.

Myöskään tarkastusluukun teossa Dräco, Milwaukee ja Bacho eivät tuottaneet leikkuujätettä. Makitan ja Boschin nakertajista jäi kanavan sisälle vähän leikkuujätettä. Syynä siihen, miksi Makitalta jäi tarkastusluukun teossa vähemmän leikkuujätettä kanavaan kuin kanavan katkaisussa, oli se, että metallisirpit tippuivat irtileikkautuneen luukun mukana pois kanavasta.

Leikkausreunan laatu havaittiin kanavan katkaisussa tasaiseksi kaikilla muilla työkaluilla paitsi kulmahiomakoneella ja puukkosahalla, joilla leikkausreunaan jäi jäysteitä. Muiden tarkastusluukun tekoon käytettyjen työkalujen leikkausjälki oli tasainen kaikissa kanavakokoluokissa, paitsi Makitan nakertajan 125 mm kanavassa. Epätasainen ja aaltoileva leikkausreuna johtui siitä, ettei nakertajan teräosa mahtunut kunnolla kääntymään kanavassa.

6.1.3 Yhteenveto työkalujen testauksesta laboratoriossa

Laboratoriotestien tavoitteena oli tutkia erilaisten työkalujen soveltuvuutta ilmanvaihto-asennuksiin. Testeillä haluttiin myös selvittää, löytyisikö sellaista työkalua, joka ei tuota kanavan sisälle leikkuujätettä ja soveltuisi siten P1-luokan asennusmenetelmässä käytettäväksi. Laboratoriotestien perusteella Makitan nakertaja ja Dräcon levyleikkuri soveltuivat kaikissa kanavakokoluokissa niin kanavan katkaisuun kuin jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon. Pölykertymämittausten tulokset osoittivat, että Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset eivät tuottaneet leikkuujätettä kanavan sisälle. Lisäksi yhtä hyvään lopputulokseen kanaviston sisäpuolisen puhtauden osalta päästiin käsikäyttöisten peltisaksien avulla, mutta niiden käyttö ei ollut asentajan mielestä kätevää. Tarkastusluukun teossa Boschin nakertaja ei tuottanut rautapölyä kanavan sisälle. Työskentelynopeutta tarkasteltaessa havaittiin Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen peltisakset nopeimmiksi niin kanavan katkaisussa kuin tarkastusluukun teossa. Halkaisijaltaan 500 mm:n kanavassa tarkastusluukku voitiin tehdä vain Makitan nakertajalla ja Dräcolla, joista Dräco osoittautui nopeammaksi.

6.2 Työkalujen testaus työmaalla

6.2.1 Rakennuskohde ja mittaukset

Laboratoriotestien perusteella parhaiten puhtaaseen asennusmenetelmään soveltuneita työkaluja testattiin todellisissa työmaaolosuhteissa yliopistollisen sairaalan laajennustyömaalla (kohde 4, kuva 13). Työkalut olivat Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset. Rakennuttaja oli asettanut kyseiselle rakennustyömaalle puhtausluokan P1-vaatimuksen.



Kuva 13. Yliopistollisen sairaalan laajennustyömaa.

Työmaan henkilökunnalle järjestettiin ennen rakennustöiden aloittamista työmaakoulutus, jossa LVI-suunnittelija kertoi, mitä puhtausluokka P1 käytännössä tarkoittaa ja millaisin toimenpitein tavoitteet on mahdollista saavuttaa. Esimerkiksi kanavien ja kanavanojen varastointiin työmaalla kiinnitettiin erityistä huomiota (kuvat 14a ja 14b). Puhtauden lisäksi työmaalla korostettiin turvallisuuskysymyksiä. Työmaalla noudatettiin paloturvallisuuden suhteen kahden tunnin valvonta-aikaa, mikäli työskenneltiin kipinöitä tuottavilla työkaluilla. Tällainen järjestely täytyi huomioida päivittäin töiden ajoituksessa. Tässä suhteessa uusien kipinöimättömien leikkureiden käyttö nopeutti työskentelyä.



Kuva 14a. Kanavien varastointi työmaalla. Kanavanojat ovat varastossa kontissa.



Kuva 14b. Kanavanosien varastointi työmaalla liikuteltavassa roskalaatikossa.

Sairaalan laajennusosa käsitti kolme kerrosta, joihin tuli pääasiassa potilashuoneita. Pohjakerroksessa ilmanvaihtokanavien asennuksessa käytettiin kulmahiomakonetta, ja aukot kanavien kylkiin tehtiin pääasiassa peltisaksilla. Ensimmäisessä kerroksessa kanavien katkaisu ja aukkojen teko toteutettiin pelkästään leikkureilla (Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset, kuvat 15a ja 15b). Vain joidenkin tarkastusluukkujen teossa käytettiin peltisaksia.



Kuvat 15a ja 15b. Dräcon levyleikkurin ja Milwaukeeen sähkökäyttöisten peltisaksien käyttöominaisuuksia testattiin sairaalan laajennustyömaalla.

Sairaalan laajennustyömaalla ilmanvaihtokanaviston puhtautta arvioitiin sekä silmämääräisesti että suodatinmenetelmällä (Pasanen ym. 1999b) otettujen pölykertymänäytteiden avulla. Visuaalisessa tarkastelussa kiinnitettiin huomiota pölyn määrään ja laatuun sekä leviämislajuuteen. Pölynäytteet kerättiin 120–200 cm²:n pinta-alalta. Näytteenottohetkellä pohjakerroksen ilmanvaihtoasennuksista oli tehty noin 70 % ja ensimmäisestä kerroksesta oli asennettu noin 85 %.

Pölynäytteitä otettiin laajennusosan kahdesta kerroksesta siten, että kumpaakin kerrosta kohti näytteitä tuli 10 kpl. Näytteitä otettiin sekä puhdistusluukkujen että pääte-elimien kautta niin tuloilma- kuin poistokanavista. Kummastakin kerroksesta näytteet pyrittiin ottamaan siten, että näytteenottopisteet sijoittuvat mahdollisimman kattavasti koko kerroksen alueelle.

Asennustyömaalla työskenteli kaksi ilmanvaihtoasentajaa, joita pyydettiin arvioimaan leikkureiden käyttöominaisuuksia ja soveltuvuutta ilmanvaihtoasennuksiin. Kulmahiomakoneen, sähkökäyttöisten peltisaksien ja levyleikkurin osalta asentajat arvioivat mm. seuraavia ominaisuuksia:

- työturvallisuus
- meluttomuus
- käsiteltävyys
- tehokkuus ja
- työskentelynopeus.

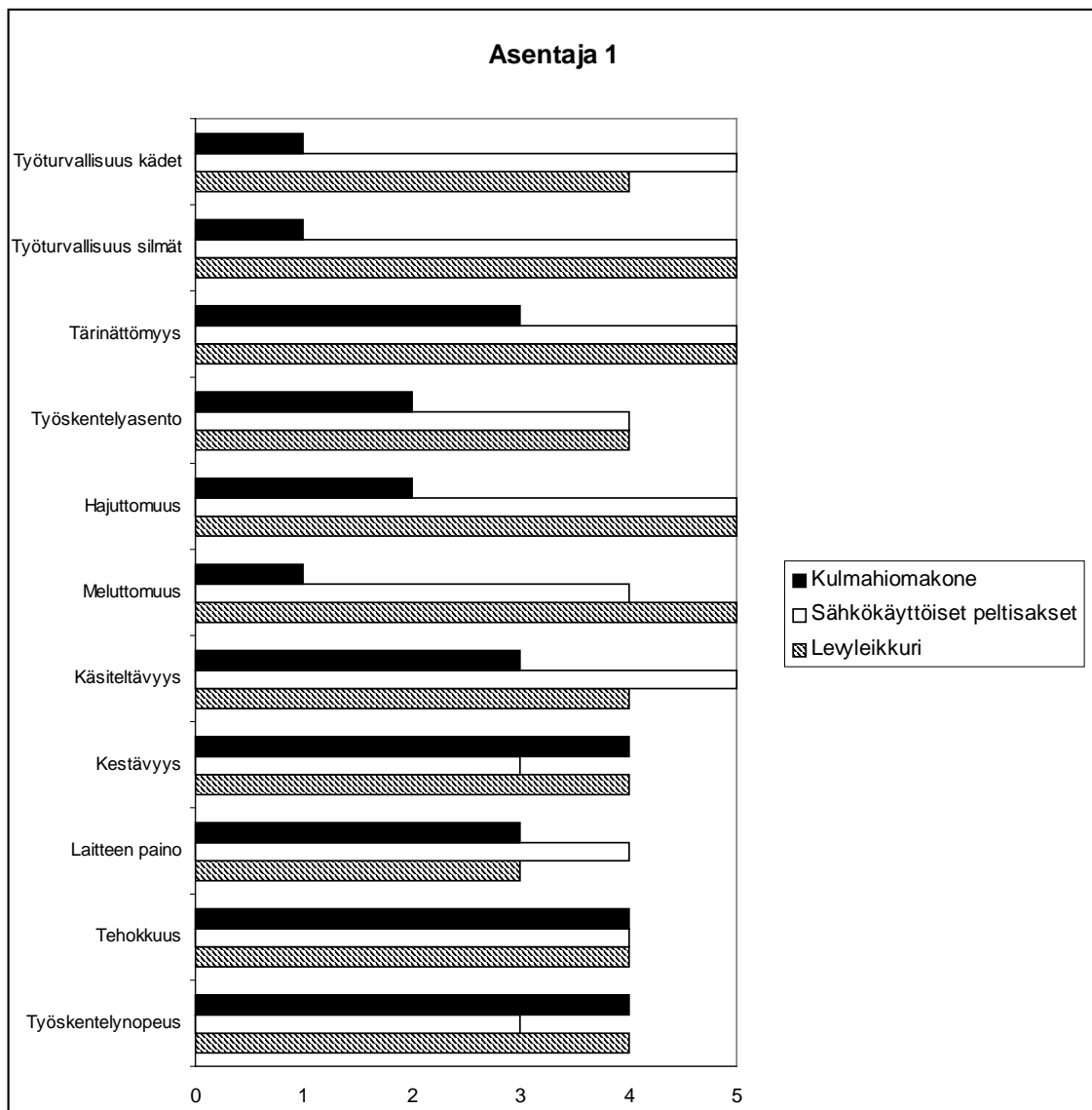
6.2.2 Tulokset

6.2.2.1 Kanaviston pölykertymät

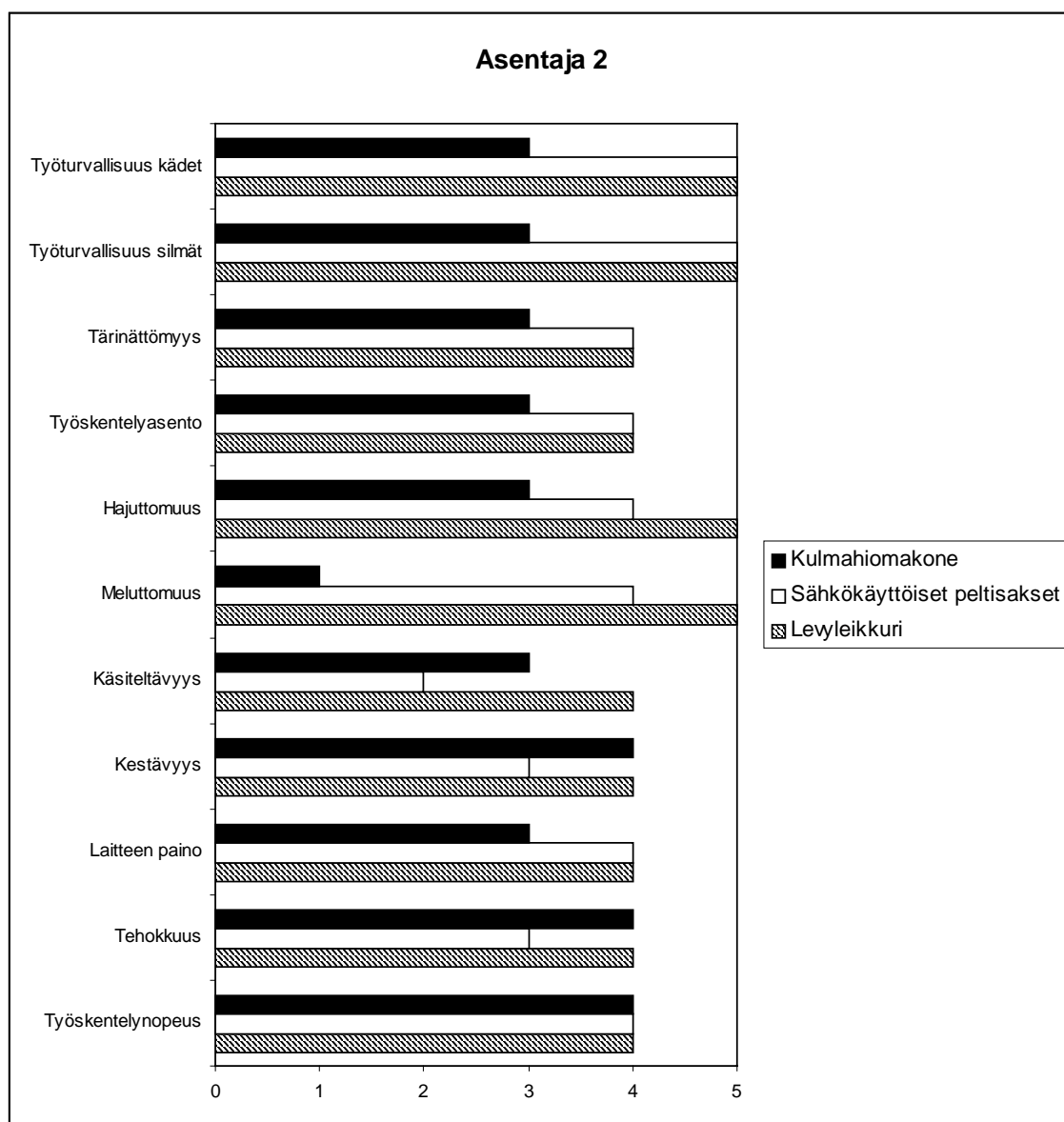
Silmämääräisessä tarkastelussa kanavien sisällä, varsinkin pohjakerroksessa, havaittiin ohutta rakennuspölyä. Asentajan mukaan ilmanvaihtoasennusten aikana oli meneillään pölyviä työvaiheita, kuten betonin hiontaa ja muuraustyötä. Pölyvät työvaiheet olivat sijoittuneet pohjakerroksessa enemmän samanaikaisesti ilmanvaihtokanavien asennuksen kanssa kuin ensimmäisessä kerroksessa. Kanavien pölykertymät suodatinmenetelmällä määritettynä olivat kummassakin mitatussa kerroksessa alhaisia (koko kanaviston keskimääräinen pölykertymä oli 0,2 g/m²). Kanavien keskimääräinen pölykertymä kulmahiomakoneella asennetussa kerroksessa oli 0,3 g/m², ja leikkureilla asennetussa kerroksessa pölyä oli <0,1 g/m². Kulmahiomakonekerroksessa pitoisuudet olivat 0,01–1,29. Leikkureilla asennetun kerroksen pölykertymät olivat 0,00–0,20 g/m².

6.2.2.2 Työkalujen ominaisuudet ja soveltuvuus ilmanvaihtotasennuksiin

Asentajia pyydettiin arvioimaan leikkureiden ja kulmahiomakoneen ominaisuuksia asteikolla 1–5. Vaihtoehto 1 tarkoitti, että arvioidun ominaisuuden suhteen työkalu oli huono. Vaihtoehto 5 tarkoitti työkalun olleen hyvä kysytyn ominaisuuden suhteen. Asentajat arvioivat leikkureiden olleen useimpien kysytyjen ominaisuuksien suhteen parempia kuin kulmahiomakone. Suurimmat eroavaisuudet leikkureiden hyväksi havaittiin melun ja työturvallisuuden suhteen (kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Asentajan 1 arvio kolmen työkalun eri ominaisuuksista. Arviointiasteikko 1–5, 1=huono, 3=neutraali ja 5=hyvä.



Kuva 17. Asentajan 2 arvio kolmen työkalun eri ominaisuuksista. Arviointiasteikko 1–5, 1 = huono, 3=neutraali ja 5 = hyvä.

Molemmat asentajat arvioivat Dräcon levyleikkurin soveltuvan kanavien katkaisemiseen ja tarkastusluukun tekoon aina 500 mm:n kanavakokoon asti. Milwaukeeen sähkökäyttöisten peltisaksien arvioitiin soveltuvan kanavien katkaisussa ja tarkastusluukun teossa aina 315 mm:n kanavakokoon saakka. Jyrkkien käännösten tekeminen leikkureilla oli asentajien mukaan hankalaa. Neliskulmaisen tarkastusluukun kulmat täytyi leikata ensin loivemmin ja jyrkentää nurkat sitten terävemmiksi toisella leikkauksella. Vaihtoehtoisesti kulmat voitiin jyrkentää peltisaksilla. Myös alle 100 mm:n halkaisijan omaavien lähtökaulusten aukkojen leikkaaminen oli leikkureilla hankalaa. Leikkuri ei asentajien mukaan taipunut kunnolla niin pienessä ympyrässä.

Kun asentajilta kysyttiin, ottaisivatko he leikkurit käyttöönsä seuraavalla työmaalla, vastaukset olivat myönteisiä. Asentajat katsoivat kuitenkin, että leikkureista Dräco olisi soveliaampi jatkossa käytettäväksi. Perusteluina olivat mm. seuraavat seikat: leikkureilla työskentely oli nopeampaa kuin kulmahiomakoneella, leikkurit olivat hiljaisia ja niille ei tarvitse tulityölupaa kipinöimättömyytensä vuoksi. Lisäksi leikkurit olivat rakenteeltaan kevyitä ja aukkojen teossa näppäriä. Kumpikaan asentajista ei ollut halukas ottamaan seuraavassa kohteessa käyttöönsä kulmahiomakonetta. Asentajista toinen jopa luovutti omansa pois tarpeettomana.

Leikkureiden käyttö oli vaikuttanut asentajien työolosuhteiden parantumisen lisäksi myös muiden työntekijöiden työhygieniaan. Kulmahiomakonetta käytettäessä muut työntekijät olivat valittaneet ilmanvaihtoasentajille mm. melusta. Leikkureiden käytön aikana valitukset olivat vähentyneet. Myös työmaan mestari oli tyytyväinen uuteen leikkaustapaan.

7. Tulosten tarkastelu

Tässä tutkimuksessa mukana olleiden tehtailta lähteneiden ilmanvaihtotuotteiden pölykertymä oli keskimäärin $<0,1 \text{ g/m}^2$. Sisäilmastoluokitus 2000:ssa ilmanvaihtotuotteiden puhtausvaatimus pölykertymän suhteen on $<0,5 \text{ g/m}^2$. Näin ollen mitatut ilmanvaihtotuotteet täyttivät selvästi puhtausluokituksen vaatimukset pintapölyn määrän suhteen.

Tuotteet likaantuivat pääasiassa työmaalla rakentamisen aikana. Ilmanvaihtokanavistoon kertyi likaa erityisesti runkokanavien asentamisen aikana (kohde 1: $0,8 \text{ g/m}^2$, kohde 2: $0,2 \text{ g/m}^2$ ja kohde 3: $2,1 \text{ g/m}^2$). Kohteissa 1, 2 ja 3 käytettiin asentamisessa työkaluna kulmahiomakonetta. Kerääntynyt pöly oli rautaa, mineraalivillaa, puuta, tekstiiliä, sinkkiä sekä laastia ja betonia. Pöly oli peräisin kanavien asennuksesta ja työmaalla käsitellyistä rakennusmateriaaleista. Tutkijat havaitsivat silmämääräisessä kanavien puhtaustarkastelussa paikoitellen runsaasti rautapölyä ja -jäysteitä, jotka olivat peräisin ilmanvaihtokanavien leikkaamisesta kulmahiomakoneella. Silmämääräisessä tarkastelussa voitiin havaita, ettei rautapölyä yleensä ollut poistettu kanavistosta työstön jälkeen.

Kohteissa 1 ja 2 ilmanvaihtokanavien avoimet päät suljettiin muovikalvoilla asentamisen jälkeen. Tutkijoiden havaintojen mukaan suojaus oli tehty huolellisesti. Myös kohteessa 3 oli suojattu joidenkin kanavien päät. Kanavien huolellinen suojaus kohteissa 1 ja 2 selittää sen, että kohteissa 1 ja 2 kanavistoon kerääntyi vain vähäinen pölymäärä kanavien asennuksen jälkeen (kohde 1: $0,2 \text{ g/m}^2$ ja kohde 2: $0,3 \text{ g/m}^2$). Sen sijaan kohteessa 3 kerääntyi kanavistoon kanavien asennuksen jälkeen $1,1 \text{ g/m}^2$ pölyä. Kohteessa 2 olleita kanavia oli mahdollista työstää leikkaamalla, jolloin rautapölyä syntyi vähemmän kuin kulmahiomakonetta käytettäessä.

Kohteessa 3, jossa ei erityisesti pyrittykään huolehtimaan ilmanvaihtotuotteiden puhtaudesta rakentamisen aikana, useamman tekijän (korkeat ilman pölypitoisuudet, avoimet kanavat, näytteenottokohtien sijainti kytkentäkanavien läheisyydessä, suuret kanavakoot) vaikutuksesta tuotteiden yhteenlaskettu pölykertymä ($3,1 \text{ g/m}^2$) koko rakentamisen aikana oli selvästi suurempi kuin kohteissa 1 ($0,7 \text{ g/m}^2$) ja 2 ($0,6 \text{ g/m}^2$). Yksiselitteisesti ei voida kuitenkaan päätellä, että kohteessa 3 pölykertymä oli suurempi vain siksi, että kyseessä oli P2-luokan työmaa. Kanavien öljypitoisuus tuskin vaikutti pölykertymään, koska öljypitoisuudet kohteissa 1, 2 ja 3 olivat lähes samansuuruiset.

Pölymittaukset kohteissa 1, 2 ja 3 osoittivat, että merkittävin kanavien sisäpintoja likaa-va tekijä oli kulmahiomakoneen tuottama rautapöly. Laboratoriotestien avulla pyrittiin kehittämään asennusmenetelmä, jossa kanava jää leikkuun jäljiltä puhtaaksi. Testatuista työkaluista Dräcon levyleikkuri, Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset sekä Bahcon peltisakset tuottivat puhdasta asennusjälkeä. Kaikkien kolmen edellä mainitun työkalun

tuottama pölypitoisuus oli $<0,1 \text{ g/m}^2$. Koska puhtaasta, työstämättömästä kanavasta otetun näytteen pölykertymä oli yhtä alhainen, voidaan todeta, etteivät kyseiset työkalut jätä jälkeensä leikkuujätettä.

Levyleikkuri ja sähkökäyttöiset peltisakset osoittautuivat työskentelyajan suhteen nopeimmiksi. Aikaan perustuvaa vertailua voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa antavana tekijänä. Leikkureiden työskentelynopeus yllätti asentajat, sillä etukäteisarvioiden mukaan leikkureiden luultiin olevan hitaampia mm. alkureiän tekemisen vuoksi.

Kohteen 4 yhden kerroksen ilmanvaihtواسennukset toteutettiin laboratoriotesteissä parhaiten puhtaaseen asennusmenetelmään soveltuneilla työkaluilla (Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisakset). Vertailun vuoksi toisen kerroksen asennukset toteutettiin perinteisellä tavalla kulmahiomakonetta käyttäen. Kanavien avonaisten päiden tulppauksesta sekä kanavanosien säilytyksestä huolehdittiin työmaalla hyvin. Tävoitteena kohteessa oli, että puhtaammalla asennusmenetelmällä saavutetaan puhtausluokan P1 vaatimukset tarvitsematta puhdistaa kanavistoa ennen rakennuksen käyttöönottoa.

Kohteessa 4 kanaviston keskimääräinen pölykertymä oli alhainen ($0,2 \text{ g/m}^2$). Leikkureilla asennetussa kerroksessa pölykertymä oli alle $0,1 \text{ g/m}^2$ ja kulmahiomakoneella asennetussa kerroksessa $0,3 \text{ g/m}^2$. Molemmissa kerroksissa toteutui puhtausluokan P1 vaatimus, jonka mukaan pölyä ei saa olla enempää kuin $1,0 \text{ g/m}^2$. Alhaisiin pölykertymiin vaikuttavina tekijöinä molemmissa kerroksissa voidaan pitää huolellista tulppausta ja puhdasta työskentelyä. Asentajan mukaan kanavien asennus keskeytettiin, mikäli lähistöllä tehtiin pölyäviä työvaiheita, ja kanavat tulpattiin keskeytyksen ajaksi. Lisäksi puhtaaseen lopputulokseen vaikutti kanavien ja kanavaosien asiallinen varastointi.

Vaikka kulmahiomakoneella asennetussa kerroksessa keskimääräinen pölykertymä oli alhainen ja toteutti P1-luokalle asetetun vaatimuksen, todettiin yhdessä näytteenotopisteessä vaatimusta suurempi pölykertymä. Vaatimustasoa suurempi pitoisuus oli pisteessä, jossa havaittiin kanavan pohjalla rautapölyvana. Kulmahiomakoneella asennetussa kanavistossa on havaittu myös muissa tutkimuksissa esiintyneen paikoitellen korkeita pölykertymiä rautapölystä johtuen (Asikainen ym. 2001).

Vaikka kohteen 4 tilanne pölymittausten ja visuaalisen arvioinnin perusteella näytti mittaushetkellä hyvältä, ei tämän perusteella kuitenkaan voida tehdä päätelmiä kanavistojen puhtaudesta rakennuksen käyttöönottovaiheessa. Ilmanvaihtokanavistosta oli mittaushetkellä noin 70–85 % asennettu, ja lopputulos riippuu siitä, miten huolellisesti tulppauksesta ja kanavien puhtaudesta huolehditaan rakennuksen käyttöönottovaiheeseen saakka.

Asentajat olivat tyytyväisiä uuteen leikkaustapaan. Puhtaan asennusjäljen lisäksi leikkurit havaittiin meluttomiksi ja turvallisiksi eikä työskentelynopeuskaan ollut kulmahiomakoneeseen nähden huonompi. Asentajat arvioivat Dräcon levyleikkurin soveltuvan kanavien katkaisemiseen ja tarkastusluukun tekoon aina 500 mm:n kanavakokoon asti. Milwaukeeen sähkökäyttöisten peltisaksien arvioitiin soveltuvan asennuksissa 315 mm:n kanavakokoon saakka.

8. P1-luokan ilmanvaihtojärjestelmän toteutus käytännössä

Puhtausluokkaan P1 (Sisäilmayhdistys 2001) tähtäävän ilmanvaihtojärjestelmän toteutuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota **puhtaaseen asennustapaan** sekä **kanavien ja kanavaosien suojaamiseen** kuljetuksen, varastoinnin ja varsinkin asennuksen aikana. Ilmanvaihtoasentajien ja asennusten työnjohdon lisäksi kaikkien muidenkin rakennustyömaan työntekijöiden sitoutuminen ja panostus puhtauden saavuttamiseksi on tärkeää. Koko rakennustyömaan henkilökunnalle tulisi järjestää ennen rakennustöiden aloittamista työmaakoulutus, jossa käytäisiin läpi kyseisen työmaan puhtaustavoitteet ja se, millaisin toimenpitein ne on mahdollista saavuttaa.

Tässä esitetyt ohjeet perustuvat uusien rautapölyä tuottamattomien työkalujen käyttöön asennuksissa. Kulmahiomakoneen käyttöä tulisi välttää. Muutoin ilmanvaihtojärjestelmän asennus tehdään hyviä ja turvallisia työtapoja sekä ilmanvaihtotuotteiden valmistajien antamia ohjeita noudattaen. Oheisia ohjeita noudattamalla varmistetaan ilmanvaihtokanavien ja tuotteiden puhtauden säilyminen tehtaalta työmaalle ja edelleen valmiiksi asennetuksi kanavistoksi. Ohjeiden laatimisessa lähteenä on käytetty LVI-alan oppikirjoja, ilmanvaihtokanavien valmistajien esitteitä sekä tutkimuksessa esille tulleita asioita.

1. Ilmanvaihtojärjestelmässä käytetään ainoastaan puhtausluokiteltuja tuloilmakanavia ja kanavanosia tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistettuja muita tuotteita. Lisäksi käytetään kolhiintumattomia kanavia ja tiivisteiltään ehjiä kanavanosia.
2. Ilmanvaihtotuotteet suojataan sisäpuoliselta liialta ja kastumiselta kuljetuksen ja varastointien aikana sulkemalla kanavien avonaiset päät ja pakkaamalla osat suljettaviin laatikoihin.
3. Kanavien ja kanavanosien suojauksia ei saa poistaa tai rikkoa varastoinnin aikana. Rikkoutuneet suojukset korjataan välittömästi.
4. Kaikki kanaviston avonaiset päät tulpataan asennustyön taukojen aikana.
5. Kanavat katkaistaan kanavan koosta riippuen joko levyleikkurilla tai sähkökäyttöisillä peltisaksilla. Sähkökäyttöiset peltisakset soveltuvat parhaiten kanavan katkaistun halkaisijaltaan 315 mm pienemmille kanaville. Levyleikkurilla voidaan katkaista kanavia aina 500 mm:iin saakka.
6. Leikkureilla työskenneltäessä ensimmäinen työvaihe on alkureiän tekeminen. Reikä tehdään esimerkiksi poralla, puukolla tai peltisaksilla. Alkureikä suositellaan tehtävän juuri ennen katkaistavaa kierresaumaa, jolloin sauman ylitys on kaikkein helpointa.

7. Kanavan katkaiseminen aloitetaan alkureiästä ja kanava katkaistaan suoraan. Leikkureiden leikkausjälki on niin tasainen, ettei jäysteiden poistoa tarvita. Mikäli alkureikä tehdään porakoneella, poistetaan poraamisesta syntynyt metallipuru kanavasta.
8. Tarkastusluukkujen tai lähtökaulusten aukkojen teossa työvaiheet ovat pääpiirteissään samat kuin kanavan katkaisussa.
9. Työkalujen jäähdytysilmasuihku nostattaa ilmaan lattialla olevaa pölyä. Jotta kanavat eivät likaantuisi katkaisun aikana, kanava katkaistaan puhtaalla lattialla tai lattia suojataan muovilla tai levyllä.
10. Kanaviston sisäpuolinen puhtaus tarkastetaan asennustyön päätteeksi. Havaitut epäpuhtaudet poistetaan. Kanavien ja kanavaosien sisäpinnoille ei saa jäädä ylimääräisiä epätasaisuuksia, jotka keräisivät likaa tai vaikeuttaisivat kanaviston puhdistusta.
11. Kanavat liitetään niin, etteivät ne tai liitososat vahingoitu liitostyön aikana. Kanavat kiinnitetään toisiinsa tai liitososiin vetoniiteillä. Niiteille porataan reiät porakoneella. Osien yhdistäminen kanavaan suositellaan tehtäväksi puhtaalla lattialla. Asennuksen helpottamiseksi osaa kierretään samalla, kun sitä työnnetään kanavan sisään.
12. Ilmanvaihtojärjestelmän tiivistyksessä vältetään liiallista tiivistysaineiden käyttöä. Tiivistysmateriaalina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokkiin M1 tai M2 luokiteltuja tai muuten emissioiltaan alhaisiksi todettuja materiaaleja.
13. P1-luokitellun ilmanvaihtojärjestelmän tulee täyttää tiiviysluokka C, SFS 4699.
14. Ilmanvaihtokoneiden tulopuolelle asennetaan puhtausluokiteltu suodatin, jonka erotusaste vastaa vähintään luokkaa F8/EU8 ja joka on lisäksi varustettu EU3-luokan esisuodattimella.
15. Kanavistossa tulee olla tarpeeksi puhdistusluukkuja, joiden kautta kanavisto voidaan puhdistaa käyttötavan edellyttämin aikavälein. Luukkujen sijoittelussa on huomioitava seuraavia seikkoja: avautuvuus, luokse päästävyys, työskentelymahdollisuudet ja puhdistusetäisyys.
16. Ilmanvaihtolaitteita ei suositella käytettävän rakennustyön aikana. Koekäyttö on suositeltavaa tehdä vasta loppusiivouksen jälkeen. Mikäli ilmanvaihtolaitteita käytetään tätä ennen, huolehditaan siitä, että ilmanvaihtokone on varustettu suodattimilla.

9. Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, missä rakentamisen vaiheessa ilmanvaihtojärjestelmien sisäpinnat likaantuivat ja miten likaantumista voitaisiin vähentää. Tavoitteena oli myös kehittää asennusmenetelmä, jota käyttämällä saavutetaan P1-luokan vaatimukset kanaviston puhtauden suhteen. Tutkimus toteutettiin neljässä rakennuskohteessa, joiden työmaan yleistä puhtautta arvioitiin ilman pölypitoisuuden, työmailla varastoitujen tuotteiden pölykertymän sekä tutkijoiden tekemien havaintojen pohjalta. Rakennustyömaan ilman pölypitoisuus voi vaihdella päivittäin työvaiheiden mukaan, mutta varastoitujen tuotteiden pinnalle pöly kerääntyi useampien päivien ja viikkojen kuluessa. Tutkijat havaitsivat kaikilla työmailla pölyisiä työvaiheita ja lattiatasoilla rakentamisen jätteitä, joten tutkijoiden havaintojen perusteella kaikkien työmaiden yleinen puhtaus oli samantasoista.

Ilmanvaihtotuotteiden sisäpintojen pölykertymää mitattiin tehtailla ja työmailla asennustyön eri vaiheissa sekä rakennusten valmistuttua (Taulukko 11). Tulokset osoittivat, että tehtailta työmaille lähteneiden kanavien ja kanavanosien keskimääräinen pölykertymä oli alhainen. Tuotteet likaantuivat eniten työmaalla varastoinnin ja runkokanavien asennuksen aikana. Merkittävin kanavia likaava tekijä oli kulmahiomakoneella leikatesa syntyvä rautapöly, jota kerääntyi kanaviin paikoitellen runsaastikin.

Taulukko 11. Yhteenveto tutkimuksen pölykertymämittauksista sekä Sisäilmastoluokitus 2000:n vaatimukset ilmanvaihtojärjestelmän pölykertymälle.

	Pölykertymä, g/m ²				Sisäilmastoluokitus 2000, vaatimukset, g/m ²
	Kohde 1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4	
Puhtausluokka	P1	P1	P2	P1	
Ilmanvaihtotuotteiden pölykertymä tehtaalla	<0,1	<0,1	<0,1		< 0,5
Ilmanvaihtotuotteiden pölykertymä työmaalla varastoinnin aikana	<0,1	0,6	1,3		*
Ilmanvaihtotuotteiden pölykertymä asennuksen aikana	0,8	0,2	2,1	<0,1 ¹⁾ 0,3 ²⁾	*
Ilmanvaihtotuotteiden pölykertymä valmiissa rakennuksessa	0,5	0,5	4,9		<1,0 (P1-luokka) <2,5 (P2-luokka)

¹⁾ asennukset leikkureilla

²⁾ asennukset kulmahiomakoneella

* vaatimusta ei asetettu

Puhtaamman asennusmenetelmän kehittäminen toteutettiin laboratoriotesteissä ja koe-rakentamiskohteessa saatujen tietojen pohjalta. Laboratoriotesteillä selvitettiin, löytyykö

sellaisia työkaluja, jotka eivät tuota kanavan sisälle leikkuujätettä ja soveltuvat ilmanvaihtoasennuksiin. Osa testatuista työkaluista oli nykyisin asennuksissa käytettäviä ja osa sellaisia, joiden soveltuvuutta haluttiin selvittää tarkemmin. Laboratoriotesteissä selvitettiin työkalujen soveltuvuutta erikokoisten kanavien katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluukun tekoon sekä tarkasteltiin eri työkalujen ominaisuuksia mm. työskentelyn nopeuden ja leikkausreunan laadun suhteen. Eri työkalujen tuottama leikkuujätteen määrä 315 mm:n kanavassa kanavan katkaisussa ja tarkastusluukun teossa todettiin pölymittauksilla.

Laboratoriotestit osoittivat, että kulmahiomakone voidaan korvata vaihtoehtoisilla työkaluilla. Makitan nakertaja ja Dräcon levyleikkuri soveltuivat ilmanvaihtoasennuksiin kaikissa testatuissa kanavakokoluokissa. Pölymittaukset osoittivat Dräcon levyleikkurin, Milwaukeeen sähkökäyttöisten peltisaksien sekä Bahcon peltisaksien tuottavat puhtaasta leikkuujälkeä. Työskentelyn nopeuden suhteen nopeimmiksi osoittautuivat Dräcon levyleikkuri ja Milwaukeeen sähkökäyttöiset peltisaksit. Leikkurit soveltuivat testien mukaan parhaiten puhtaaseen asennusmenetelmään. Lisäksi leikkurit ovat kipinöimättömiä eivätkä siten tarvitse tulityölupaa. Leikkureiden paremmuus kulmahiomakoneeseen nähden korostuu myös siinä, että leikkureita käytettäessä muiden työntekijöiden työolosuhteet ovat paremmat mm. melun suhteen. Myös asentajien työturvallisuus on leikkureilla työskenneltäessä parempi.

Dräcon levyleikkuria ja Milwaukeeen sähkökäyttöisiä peltisaksia testattiin asennustyössä P1-luokan rakennustyömaalla. Leikkureita käyttämällä asennettiin osa sairaalarakennuksen kanavistosta. Vertailun vuoksi osassa rakennusta asennukset tehtiin kulmahiomakoneella. Pölymittaukset osoittivat, että kanavistojen pölykertymä oli alhainen. Kulmahiomakoneella asennetussa kerroksessa keskimääräinen pölypitoisuus oli $0,3 \text{ g/m}^2$ ja leikkureilla asennetussa kerroksessa alle $0,1 \text{ g/m}^2$. Molemmissa kerroksissa toteutui puhtausluokan P1 vaatimus, jonka mukaan pölyä ei saa olla enempää kuin $1,0 \text{ g/m}^2$. Kuitenkin kulmahiomakoneella asennetussa kerroksessa oli paikoitellen tätä vaatimusta enemmän pölyä.

Tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella näyttäisi siltä, että puhtaammalla asennustavalla voidaan toteuttaa P1-luokan vaatimukset täyttävä ilmanvaihtojärjestelmä ilman koko kanaviston puhdistusta. Puhtaammassa asennustavassa suositellaan käyttämään leikkureita kulmahiomakoneen sijasta. Lisäksi puhtaampi asennustapa edellyttää huolellista kanavien tulppausta asennuksen aikana. Myös asianmukaisesta varastoinnista niin ulkona kuin asennuspaikallakin tulee huolehtia. Puhtaaseen lopputulokseen pääsemiseksi myös muiden työntekijöiden asennoituminen ja panostus puhtauden saavuttamiseksi on tärkeää. Ennen rakennustöiden aloittamista tulisi koko työmaan henkilökunnalle järjestää työmaakoulutus, jossa käytäisiin läpi työmaalle asetetut puhtaustavoitteet ja se, mitä niiden saavuttaminen tarkoittaa käytännössä.

Tutkimuksessa kehitettyä puhtaampaa asennusmenetelmää tullaan jatkossa kokeilemaan muutamalla rakennustyömaalla, joissa saatujen kokemusten perusteella asentajille laaditaan opas puhtaasta asennusmenetelmästä.

Lähdeluettelo

Asikainen, V., Björkroht, M., Holopainen, R., Hyttinen, M., Kovanen, K., Laamanen, J., Lappalainen, R., Majanen A., Pasanen, P. & Tuomainen, M. 2001. Ilmanvaihtokanaviston puhtauden kehittäminen. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio. Raportti B70.

Halminen, E., Kuvaja, O. & Köttö, R. 1994. Ilmastointitekniikka. Helsinki: Rakennusalan kustantajat RAK, Kustantajat Sarmala Oy.

Harju, P. 1998. LVI-tekniikan perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino.

Ilmanvaihtokanavistojen valmistajien esitteitä.

Luoma, M. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden hallinta rakennusaikana. Sisäilmastoseminaari 2000. Helsinki: Sisäilmätieto Oy, SIY-Raportti 14. S. 303–308.

LVI RYL 92. 1992. LVI-rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustietosäätiö.

NADCA. 1992. Mechanical cleaning of non-porous air conveyance system components. Industry standard 1992-01. National Air Duct Cleaners Association. Washington, DC.

Pasanen, P., Asikainen, V. & Liesivuori, J. 1999a. Storage and processing oil contamination on new HVAC-components: Development of measuring methods. Proceedings of Indoor Air '99, Vol. 5. S. 19–24.

Pasanen, P., Iivanainen, K. & Asikainen, V. 1999b. Puhdas ja toimiva ilmanvaihtojärjestelmä- pinnan pölyisyyden määrittämenetelmien tehokkuus. Sisäilmastoseminaari. Helsinki: Sisäilmätieto Oy, SIY Raportti 13. S.243–248.

Pasanen, P. 1994. Toimistorakennusten ilmanvaihtokanavien epäpuhtaudet. Lisensiaattitutkielma. Kuopio: Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksen monistesarja 2/1994.

SFS 4699 1998. Ilmastointi. Ilmastointilaitoksen tiiviysvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. (Julkaistu myös LVI-ohjekorttina LVI 30-10213.)

Sisäilmayhdistys. 1995. Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus. Espoo.

Sisäilmayhdistys. 2001. Sisäilmastoluokitus 2000. Espoo.

Työkalujen maahantuojien esitteitä



Tekijä(t) Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna			
Nimeke Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksessa selvitettiin ilmanvaihtokanavien ja kanavanojen sisäpintojen likaantumista rakentamisen eri vaiheissa. Lisäksi etsittiin keinoja ilmanvaihtotuotteiden rakennusaikaisen likaantumisen vähentämiseksi. Tutkimuksessa oli tavoitteena kehittää ilmanvaihtojärjestelmän asennusmenetelmä, jota käyttämällä saavutetaan Sisäilmastoluokituksen 2000 P1-luokan vaatimukset ilmanvaihtokanaviston puhtauden suhteen. Lisäksi tavoitteena oli edistää puhtaan asennusmenetelmän käyttöönottoa rakentamisessa.</p> <p>Ilmanvaihtokanavien ja kanavanojen sisäpintojen pölykertymää mitattiin suodatinmenetelmällä tehtaalla ja kolmella toimistorakennustyömaalla asennustyön eri vaiheissa sekä valmiissa rakennuksissa. Tulokset osoittivat, että kanavien ja kanavanojen sisäpintojen keskimääräinen pölykertymä tehtailla työmaille lähteneissä tuotteissa oli alhainen. Ilmanvaihtotuotteet likaantuivat eniten työmaalla varastoinnin ja runkokanavien asennuksen aikana. Merkittävin kanavia likaava tekijä oli kulmahiomakoneella leikatessa syntyvä rautapöly, jota kerääntyi kanaviin paikoitellen runsaasti.</p> <p>Puhtaamman asennusmenetelmän kehittämistä varten testattiin laboratoriossa erilaisten työkalujen soveltuvuutta ilmanvaihtoasennuksiin. Testeillä selvitettiin työkalujen soveltuvuutta erikoisten kanavien katkaisuun ja jälkiasennetun tarkastusluokun tekoon. Lisäksi tarkasteltiin työkalujen ominaisuuksia mm. työskentelyn nopeuden ja leikkausreunan laadun suhteen. Pölymittausten avulla selvitettiin työkalujen tuottamaa leikkuujätteen määrää. Laboratoriotestit osoittivat, että kulmahiomakone voidaan korvata leikkureilla (esimerkiksi Dräcon levyleikkurilla ja Milwaukeeen sähkökäyttöisillä peltisaksilla). Leikkurit eivät tuota kanavan sisälle leikkuujätettä, eivät kipinöi eivätkä ole niin meluisia kuin kulmahiomakone. Myös työskentelynopeus ja työturvallisuus leikkureilla ovat hyvät.</p> <p>Leikkureita testattiin asennustyössä P1-luokan työmaalla. Pölymittaukset osoittivat, että leikkureilla asennetun kanaviston pölykertymä oli $<0,1 \text{ g/m}^2$. Myös leikkureiden käyttöominaisuudet osoittautuivat työmaalla hyväksi ja asentajat olivat tyytyväisiä uuteen asennusmenetelmään. Tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella koottiin julkaisun loppuun ohjeita P1-luokan ilmanvaihtojärjestelmän asentamiselle. Ohjeiden avulla voidaan toteuttaa P1-luokan vaatimukset kanaviston puhtauden suhteen täyttävä ilmanvaihtojärjestelmä.</p>			
Avainsanat development, installing, ventilation, indoor air, dust, ducts, HVAC, installation, tools, classification, testing, Finland, Sweden			
Toimintayksikkö VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka, Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5833-2 (nid.) 951-38-5834-0 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Projektinnumero R1SU00577	
Julkaisu-aika Kesäkuu 2001	Kieli Suomi, engl. abstr.	Sivu-ja 46 s.	Hinta A
Projektin nimi Puhdas ja toimiva ilmanvaihto		Toimeksiantaja(t) Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), teollisuus	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	



Author(s) Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna			
Title Development of a clean installation method for ventilation systems			
Abstract <p>The aim of this study was to monitor the protection and cleanliness of ventilation ducts and accessories during the building process. Another part of the study was the development of a clean installation method for ventilation systems and testing and implementation. Using this new installation method, it is possible to build cleaner ventilation systems.</p> <p>The dust accumulation on the inner surfaces of ventilation ducts and accessories was measured at the factory and three office building construction sites at different stages of construction work and when the buildings were completed. Based on the measurements, it could be concluded that the dust accumulation on ducts and ventilation components that were sent from the factory to the building site was low in general. The highest dust loads during the building process were accumulated during storage at the building site and during the assembly of trunk ducts. At certain sites, a considerable amount of dust was accumulated in the ducts due to the use of side grinder in assembly work.</p> <p>In the development of a clean installation method the suitability of different tools were tested in the laboratory. Tests included the cutting of sheet metal ducts and making access doors. Three different duct diameters were used. After the installation work the amount of metal dust was measured from the inner surface of ducts. Laboratory tests showed that the side grinder can be replaced with shears (e.g. Dräco's curve & seam metal shear and Milwaukee's gauge shear). Shears are advantageous because they do not produce metal sheet dust during the installation work. In addition, shears are non-sparking and less noisy than side grinders. Also, the job safety and working speed are better.</p> <p>Shears were also tested at the construction site where all parties tried to ensure a clean ventilation system. The results of dust measurements showed that the average amount of dust on the inner surface of ducts, which were installed with shears, was very low ($<0,1 \text{ g/m}^2$). Also the operating characteristics of the shears turn out to be convenient in the installation work and the ventilation assemblers were satisfied with new installation method.</p> <p>As a result of this study short instructions for clean installation practise were prepared. Using these instructions, it is possible to realise cleaner ventilation systems.</p>			
Keywords development, installing, ventilation, indoor air, dust, ducts, HVAC, installation, tools, classification, testing, Finland, Sweden			
Activity unit VTT Building and Transport, Building Physics, Building Services and Fire Technology, Lämpömiehenkuja 3, P.O.Box 1804, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5833-2 (soft back ed.) 951-38-5834-0 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number R1SU00577	
Date Juni 2001	Language Finnish, engl. abstr.	Pages 46 p.	Price A
Name of project Puhdas ja toimiva ilmanvaihto		Commissioned by The National Technology Agency (Tekes), industry	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

VTT RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka – VTT BYGG OCH TRANSPORT – VTT BUILDING AND TRANSPORT

- 2029 Helenius, Antti. Shear strength of clinched connections in light gauge steel. 2000. 40 p. + app. 13 p.
- 2030 Rantamäki, Jouko, Kääriäinen, Hannu, Tulla, Kauko, Viitanen, Hannu, Kalliokoski, Pentti, Keski-kuru, Timo, Kokotti Helmi & Pasanen, Anna-Liisa. Rakennusten ja rakennusmateriaalien homeet. 2000. 40 s. + liitt. 6 s.
- 2041 Viirola, Heli & Raivio, Paula. Portlandsementin hydrataatio. 2000. 61 s.
- 2047 Leivo, Markku. Betonin pakkasenkestävyyden varmistaminen. Osa 2. Laadunvalvonta ja -varmistus. 2000. 13 s. + liitt. 25 s.
- 2048 Kuosa, Hannele. Älykkäät betonit ja betonirakenteet. 2000. 35 s. + liitt. 9 s.
- 2049 Lehtinen, Jari. Rakennushankkeen turvallisuusjohtaminen. Korkea rakennuskohde. 2000. 77 s. + liitt. 16 s.
- 2051 Karhu, Vesa & Loikkanen, Kaisu. Japanese and Chinese construction and facilities management software markets. Preliminary study. 2000. 58 p. + app. 4 p.
- 2053 Luoma, Marianna & Pasanen, Pertti. Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistus 15 toimistorakennuksessa. Puhdistuksen ja säädön vaikutus toimistotilojen kanavien puhtauteen, ilmanvaihtuvuuteen, tuloilman laatuun ja työntekijöiden työoloihin. 2000. 43 s. + liitt. 6 s.
- 2054 Riihimäki, Markku & Lehtinen, Erkki. Luonnonkiviteollisuuden markkinat. 2000. 57 s. + liitt. 19 s.
- 2056 Kuosa, Hannele & Vesikari Erkki. Betonin pakkasenkestävyyden varmistaminen. Osa 1. Perusteet ja käyttöikämitoitus. 2000. 141 s.
- 2069 Simonson, Carey J. Moisture, thermal and ventilation performance of Tapanila ecological house. 2000. 141 p. + app. 5 p.
- 2070 Nieminen, Jyri & Salonvaara, Mikael. Hygrothermal performance of light steel-framed walls. 2000. 26 p.
- 2072 Paiho, Satu, Leskinen, Mia & Mustakallio, Panu. Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen energiatietoisien käytön apuvälineenä. 2000. 63 s.
- 2075 Häkkänen, Helinä, Britschgi, Virpi & Kanner, Heikki. Nuorten aikomus hankkia ajokortti. 2000. 71 s. + liitt. 4 s.
- 2076 Leivo, Markku & Holt, Erika. Betonin kutistuma. 2001. 57 s.
- 2078 Ratvio, Juha. Ultralujan betonin käyttösovellukset. Esitutkimus. 2001. 45 s. + liitt. 13 s.
- 2079 Laukkanen, Kyösti & Unhola, Timo. Ajoharjoitteluratojen liukasaluetutkimus. Laboratorio- ja kenttäkokeet 2000. 2000. 58 s. + liitt. 8 s.
- 2082 Tiuri, Ulpu, Sarja, Asko & Laine, Juhani. Korjauskonsepti. Korjausrakentamisella asunto kaikkiin elämänvaiheisiin 2001. 45 s. + liitt. 130 s.
- 2083 Tarvainen, Veikko, Pietilä, Jukka & Serenius, Matti. Puun öljykuivaus, öljykyllästys ja värjäys. 2001. 65 s. + liitt. 9 s.
- 2084 Hietaniemi, Jukka, Mangs, Johan & Hakkarainen, Tuula. Burning of Electrical Household Appliances: An Experimental Study. 2001. 60 p. + app. 23 p.
- 2085 Valkiainen, Matti, Klobut, Krzysztof, Leppäniemi, Sami, Vanhanen, Juha & Varila, Reijo. PEM-polttokennoon perustuvat mikro-CHP-järjestelmät. Tilannekatsaus. 2001. 60 s.
- 2090 Koukkari, Heli, Petäkoski-Hult, Tuula, Rönkä, Kimmo, Regårdh, Elina, Lappalainen, Veijo, Eerikäinen Miia, Norvasuo, Markku & Koota, Jaana. Esteetön asuinkortteli. 2001. 112 s. + liitt. 68 s.
- 2091 Toratti, Tomi. Puurakenteiden seisminen suunnittelu. 2001. 57 s. + liitt. 16 s.
- 2093 Andstén, Tauno. Käsisammuttimien käyttö ruokaöljypalojen sammutuksessa. Kirjallisuustutkimus. 2001. 28 s.
- 2102 Kolari, Sirpa & Luoma, Marianna. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaan asennusmenetelmän kehittäminen. 2001. 46 s.