

# Tutkimusraportti

Kehittämisyavustus TSR 113322

Sisäilmahaittojen vähentäminen tilakohtaisella paine-erosäätöisellä ilmanvaihtokoneella

**INSPECTOR**  
**sec**  
**R**

[www.inspectorsec.fi](http://www.inspectorsec.fi)



## Tiivistelmä

Kyseessä oli interventiotutkimus, jossa tilakohtaisella paine-erosäätöisellä ilmanvaihtokoneella pyrittiin vähentämään koettuja sisäilmahaittoja. Menetelmä haluttiin saada käyttöön tilanteessa, jossa rakennuksen jäljellä oleva käyttöikä on lyhyt eikä massiivisiin korjauksiin haluttu ryhtyä, mutta jossa sisäilmaan liittyvät terveydelliset riskit haluttiin pitää hallinnassa. Tilanne ratkaistiin siten, että hankalimmiksi koettuihin tiloihin järjestettiin tilakohtainen paine-erosäätöinen ilmanvaihto, joka toimii riippumattomasti rakennuksen muusta ilmanvaihdosta. Iv-koneen asennuksen yhteydessä tehtiin myös tiivistyksiä. Ideana oli, että ilmanvaihtokoneen avulla lisätään tilan ilmanvaihtokapasiteettia ja samalla huolehditaan siitä, että tilassa ei ole alipainetta ja hallitsemattomia ilmapuotoja.

Sisäilmaan liittyviä haittoja seurattiin kahden vuoden ajanjaksolla 2013-2014. Seurannan tarkoituksena oli selvittää, oliko tilakohtaisilla ilmanvaihtokoneilla vaikutusta tilankäyttäjien kokemiin haittoihin. Interventioyhmän kokemat haitat vähenivät selvästi seuranta-aikana verrattuna vertailuryhmän kokemiin haittoihin. Sairauslomat interventioyhmässä puolittuivat jokaisella seurantakerralla. Myös oireilu väheni selvästi kun koneita käytettiin jatkuvasti. Tilakohtainen ilmanvaihtokone voikin olla, yhdessä nopeiden haitan vähentämistoimien kanssa, tehokas menetelmä sisäilmaongelmien hoidossa.

**INSPECTOR**  
**SEC**  
**R**

[www.inspectorsec.fi](http://www.inspectorsec.fi)



## Sisälllys

1. Lähtötilanne.....	4
2. Ongelmat, joihin haettiin ratkaisuja.....	4
3. Ongelmanratkaisumenetelmät.....	4
4. Tulokset .....	5
Vaikuttavuuden seurantatulokset.....	5
Iv-koneiden käyttäytyvyys.....	5
Koettujen haittojen analysointi seurantatutkimuksilla ja kertyvä tieto.....	5
Asentaminen ja laitteiston rakentaminen kenttäolosuhteissa .....	6
5. Johtopäätökset.....	6
6. Mihin projekti on johtanut .....	7

**INSPECTOR**  
**sec**

[www.inspectorsec.fi](http://www.inspectorsec.fi)



## 1. Lähtötilanne

Tutkimuksen kohteena oli koulu, jossa oli todettu sisäilmaongelmia keväällä 2013. Kouluun teetettiin riskianalyysi, jonka mukaan henkilöstö oli huolissaan sisäilman laadusta ja koki haittoja, joiden epäiltiin johtuvan sisäilmasta. Ongelmat näkyivät muun muassa rakennukseen liittyvänä oireiluna, kohonneina sairauspoissaoloina ja kriisiytymisen vaarana.

Riskianalyysin ja muiden selvitysten jälkeen toteutettiin välittömät toimenpiteet sisäilmaongelmien hoitamiseksi. Tilankäyttäjille tiedotettiin havaituista ongelmista ja altistumista epäpuhtauksille pyrittiin vähentämään ilmanpuhdistimilla, tilojen käyttörajoituksilla ja ilmanvaihdon säädöillä.

Kuntotutkimukset osoittivat, että altistuminen mikrobivaurioille oli todennäköistä useissa tiloissa. Riskirakennanalyysin mukaan rakennuksen käyttöä jatkaminen olisi edellyttänyt huomattavia korjauksia, jotta rakennustekniset riskit eivät realisoituisi. Rakennuksen käyttöä haluttiin jatkaa muutamalla vuodella niin kauan, että uusi koulurakennus valmistuisi.

Uskottava sisäilmaongelmien hoitaminen edellytti lisää toimenpiteitä. Hitaaseen korjausprosessiin ja suuriin korjaustarpeisiin haluttiin toinen vaihtoehto rakennuksen jäljellä olevan lyhyen käyttöä vuoksi. Lisäksi haluttiin varmistaa, etteivät sisäilmaongelmat kärjistyisi uudelleen sen jälkeen, kun välittömät toimenpiteet haitan vähentämiseksi oli tehty.

## 2. Ongelmat, joihin haettiin ratkaisuja

Rakennuksen käyttöä haluttiin pidentää muutamalla vuodella, mutta hitaaseen ja kalliiseen korjausprosessiin ei haluttu ryhtyä. Riskinä oli se, että korjausta ei olisi kyetty kohdentamaan oikeisiin tiloihin ja mitoittamaan oikein (riski yli- ja alikorjauksille).

Tilankäyttäjien altistumista epäpuhtauksille haluttiin vähentää kohdennetusti. Tämän odotettiin vähentävän rakennukseen liittyviä haittoja. Alentuneiden riskien tulisi näkyä vähentyneinä sairauslomina, vähentyneenä oireiluna ja mahdollisesti vähentyneinä aistinvaraisina hättähavaintoina.

## 3. Ongelmanratkaisumenetelmät

Hankalimmiksi koettuihin tiloihin asennettiin tilakohtainen paine-erosäätöinen ilmanvaihto, joka toimii riippumattomasti rakennuksen muusta ilmanvaihdosta. Ideana oli, että ilmanvaihtokoneen avulla lisätään tilan ilmanvaihtokapasiteettia ja huolehditaan samalla siitä, että tilassa ei ole alipainetta ja hallitsemattomia ilmapuotoja. Parantuneen ilmanvaihdon kanssa samanaikaisesti tehtiin tiivistyksiä, joiden tehtävänä oli vähentää haitallisia ilmapuotoja rakenteiden läpi.

Tilakohtaisen ilmanvaihtokoneen toimivuus haluttiin todentaa seurantatutkimuksella. Vaikuttavuuden seuranta toteutettiin siten, että interventiotilojen käyttäjiltä kyseltiin määräajoin terveydellisiä haittoja ja aistinvaraisia havaintoja. Lisäksi tilankäyttäjät antoivat palautetta ilmanvaihtokoneiden toimivuudesta ja käytettävyydestä. Vertailun vuoksi myös muulta henkilöstöltä tiedusteltiin heidän kokemiaan haittoja samaan aikaan.

Kyselytutkimusten lisäksi Inspector Sec Oy toteutti seurantatutkimuksen sisätilapölystä, joka osoittaa sisäilmahaittaa ilmassa leijuneen pölyn osalta.

## 4. Tulokset

### Vaikuttavuuden seurantatulokset

Tilankäyttäjät jaettiin kahteen ryhmään sen mukaan, oliko tilaan asennettu iv-kone syksyllä 2013. Tilankäyttäjä, joiden työskentelytilaan oli asennettu iv-kone, kutsuttiin interventioryhmäksi. Muita tilankäyttäjiä kutsuttiin vertailuryhmäksi. Interventioryhmän kokemat haitat vähenivät selvästi seuranta-aikana verrattuna vertailuryhmän kokemuksiin haittoihin. Sairauslomat interventioryhmässä puolittuivat jokaisella seurantakerralla.

Interventioryhmällä teetettiin oirekyselyjen lisäksi elintoimintomittauksia. Näihin menetelmiin kuului veren happisaturaation seuranta ja PEF-arvojen seuranta. Nämä arvot eivät muuttuneet seurannan aikana. Luultavasti elintoiminnot tuleekin valita tilankäyttäjän terveydentilan ja raportoitujen oireiden mukaan. Esimerkiksi puhalluskokeet tulee järjestää niille henkilöille, joilla on hengitystieoireita tai astma. Interventioryhmässä sellaisia henkilöitä ei ollut.

Sisäilmahaittaa osoittavan pölytutkimuksen mukaan haitta oli vähentynyt lähes kaikissa tiloissa seurantajaksolla. Myös oireilu väheni selvästi, kun koneita käytettiin jatkuvasti.

### Käyttäjätyytyväisyys ilmanvaihtokoneisiin

Interventioryhmältä kysyttiin tyytyväisyyttä tehtyihin haitan vähentämistoimiin, erityisesti tilakohtaiseen ilmanvaihtokoneeseen. Käyttäjätyytyväisyyttä lisäsi se, että käyttäjillä oli mahdollisuus säätää koneen tehoa itse. Tyytyväisyyttä vähensi liian voimakas äänentuotto. Tämä korjattiin myöhemmin äänioptimoinnilla, minkä jälkeen äänestä ei juuri valitettu. Kyselyn mukaan kaikki tilankäyttäjät pitivät konetta jatkuvasti päällä.

### Koettujen haittojen analysointi seurantatutkimuksilla ja kertyvä tieto

Vaikuttavuuden seurantatutkimus antoi arvokasta tietoa siitä, miten sisäilmaongelmat koetaan ja miten kyselytuloksia tulee tulkita. Sisäilmaongelman kärjistymisen aktivoi tilankäyttäjät vastaamaan kyselyihin ahkerasti, kun taas kriisien mentyä ohi vastausaktiivisuus vähenee selvästi. Samalla tavoin vähäoireiset jättävät vastaamisen väliin selvästi useammin kuin ne, jotka kokevat haittoja enemmän. Seurantakyselyt voivat lisätä erilaisten haittojen raportointitaajuutta. Tämä johtunee siitä, että tilankäyttäjät tunnistavat oireensa paremmin.

Seurannan aikana kyselyvastaajia tulee motivoida säännöllisesti tiedottamalla ja palautteilla yhteistyössä esimiehen kanssa. Seurantatutkimukset antavat selvästi enemmän tietoa toimien vaikuttavuudesta kuin erilliset poikkileikkaustutkimukset ennen ja jälkeen intervention. Seurantatiedon kasvaessa voidaan tunnistaa erilaisia ryhmätason ilmiöitä ja laatia todennäköisyyksille sisäilmaongelmaisten rakennusten tilankäyttäjien tilanteen kehittymisestä.

Tuotteistusprojektissa opittiin, että kriisiytymiseen ja ilmapiiriin liittyviä ongelmia sisäilmaongelmaisissa rakennuksissa voidaan vähentää ainakin hetkellisesti voimakkailla ja näkyvillä toimenpiteillä, kuten viestinnän lisäämisellä, ilmanpuhdistimien käyttämisellä ja riskitilojen sulkemisella. Vaikka tämä vaihe ei varsinaisesti kuulunut projektiin, se oli oleellinen lähtötieto kun tutkittiin ilmanvaihtokoneiden vaikuttavuutta. Kyseiset toimenpiteet olivat selvästi helpottaneet tilannetta, mutta varsinaisia oireita ne eivät olleet kyenneet poistamaan tarpeeksi. Tämä tuli esille, kun kaikkia ilmanvaihtokoneita ei saatu heti toimimaan asianmukaisesti asennuksen jälkeen. Vasta äänioptimoinnin jälkeen kaikki interventoryhmäläiset alkoivat käyttää koneita. Tämän jälkeen raportoitujen oireiden määrä oirekyselyssä putosi lähelle verrokkitilankäyttäjää (sisäilmaongelmattomien tilojen käyttäjiä).

### **Asentaminen ja laitteiston rakentaminen kenttäolosuhteissa**

IV-koneiden asentamisvaiheessa törmättiin useisiin haasteisiin ja tuotekehitystä jouduttiin tekemään projektin aikana paljon. Koneiden asentamisessa tulee ottaa huomioon muun muassa ympäristö, johon laitteet asennetaan. Oleellisia asioita ovat esimerkiksi paloturvallisuus, sähköturvallisuus, radiohäiriöt ja tilankäyttäjien aiheuttamat haasteet. Yläkouluissa säätönupit ja putket asennettiin niin korkealle, ettei niihin ylettynyt ilman jakkaraa.

Tilakohtaisen iv-koneen rakentaminen paikan päällä työmaaolosuhteissa osoittautui aikataulullisesti haastavaksi. Koneet tuli asentaa silloin, kun tilat eivät olleet käytössä, käytännössä loman aikana. Toisaalta tuotteen pienet muutokset, jälkisäädöt, huollot ja muu ongelmanratkaisu voitiin helposti suorittaa ilta- ja viikonloppuaikoina asentamisen jälkeen.

## **5. Johtopäätökset**

Tilakohtainen ilmanvaihtokone näyttäisi olevan - yhdessä nopeiden haitan vähentämistoimien kanssa - tehokas menetelmä sisäilmaongelmien hoidossa. Menettely soveltuu tilanteisiin, joissa tarvitaan määräaikaisia, tehokkaita ja nopeita toimia haitan vähentämiseksi niin, että tiloja voidaan käyttää koko ajan normaalisti. Toimien kokonaiskustannukset ovat normaalisti n. 5-20 % niistä kustannuksista, joita syntyisi jos koulu siirtyisi väistötiloihin.

Tilakohtaisella iv-koneella voidaan pidentää tilojen/rakennuksen käyttöikää tarvittavan ajan niin, että saadaan aikaa jatkotutkimuksille ja poliittiselle päätöksenteolle. Varsinaista haitallista päästölähdettä ei tarvitse välttämättä poistaa, jos tuotteella saadaan vähennettyä rakennukseen liittyvät haitat hyväksyttävälle tasolle.

## 6. Mihin projekti on johtanut

Tutkimushankkeessa selviteltiin rakennuksen turvallista käyttöä elinkaaren loppuvaiheessa. Hankkeessa nähtiin, että suunnitelmallisella työllä ja eri menetelmien yhdistelmillä saadaan erinomaisia tuloksia. Tutkimushanke oli samalla teknologiakokeilu, jolloin laitteiston käytettävyyteen, pitkäaikaisuuteen, asennettavuuteen ja määräystenmukaisuuteen ei kaikilta osin oltu riittävästi paneuduttu tuotteistumisessa. Kun tulokset näyttivät hyvin lupaavilta ja paranivat jatkuvasti, käynnistettiin tuotekehitysprojekti Tekesin avustuksella. Projektin tavoitteena on kehittää edelleen ja tuotteistaa nopeasti asennettava paine-erosäätöinen ilmanvaihtokone. Kone asennetaan kaikkine varusteineen ja säätölaitteineen erityiseen rakkiiin/kaappiin. Asennustyöt voidaan tehdä lähes kokonaan valmiiksi tehtaalla ja paikalleen asennus onnistuu vaikka iltatyönä koulun toimiessa normaalisti. Hankkeen budjetti on 200 000 € ja Tekesin avustus 89 000 €. Projekti on pitkällä ja pilotoinnit aloitetaan kesäkaudella 2015.

Tutkimushanke antoi ideoita erilaisille mittaus- ja haitanvähentämistavoille. Näistä on syntynyt uusia innovaatioita ja tutkimusideoita.

Hanke antoi arvokasta tietoa tilanteen kriisiytymisestä, kriisiytymisen merkeistä, pitkittyneen sisäilmaongelman hoidosta ja näiden ilmiöiden näkymisestä terveydellisessä seurannassa. Terveydellisen seurannan menetelmiä on kehitetty edelleen.

**INSPECTOR**  
**SEC**  
**R**

[www.inspectorsec.fi](http://www.inspectorsec.fi)

