

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Jussi Heikkilä

**Toimistotilojen käyttäjien tyytyväisyys
sisäilmastoon**

Insinööriyö 20.05.2009

Ohjaaja: osastopäällikkö Santeri Kondakov
Ohjaava opettaja: yliopettaja Olli Jalonen

| | |
|---|--|
| Tekijä Otsikko | Jussi Heikkilä Toimistotilojen käyttäjien tyytyväisyys sisäilmastoon |
| Sivumäärä Aika | 39 20.05.2009 |
| Koulutusohjelma | talotekniikka |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Ohjaaja Ohjaava opettaja | osastopäällikkö Santeri Kondakov yliopettaja Olli Jalonen |
| <p>Insinööri­työn tavoitteena oli laatia kyselytutkimus toimistotilojen käyttäjien tyytyväisyydestä sisäilmastoon. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, miten eri suunnitteluratkaisut näkyvät käyttäjätyytyväisyydessä. Tutkimuksessa vertailtiin kolmea eri järjestelmää: puhallinkonvektorijärjestelmä, jäähdytyspalkkijärjestelmä ja vakioilmavirtajärjestelmä.</p> <p>Tutkimuksen tiedonkeruu hoidettiin jakamalla kyselylomakkeita kohteissa työskenteleville ihmisille. Kyselylomakkeissa oli kuusi kysymystä, jotka liittyivät lämpötilaan, meluun sekä vedon tunteeseen. Kunkin kysymyksen jälkeen oli vapaata tilaa sanalliselle osuudelle.</p> <p>Kyselyn tulosten perusteella muodostettiin pylväsdiagrammeja. Jokainen kysymys käsiteltiin kohde- sekä järjestelmäkohtaisesti. Järjestelmiä oli kolme, ja jokainen järjestelmä sisälsi kolme kohdetta.</p> <p>Johtopäätöksenä tulosten perusteella tässä tutkimuksessa viihtyisyyden kannalta parhaaksi järjestelmäksi osoittautui jäähdytyspalkkijärjestelmä, toisena vakioilmavirtajärjestelmä ja huonoimpana puhallinkonvektorijärjestelmä.</p> | |
| Hakusanat | sisäilmasto, kysely, jäähdytyspalkki, puhallinkonvektori, ilmastointi, toimistotilat |

| | |
|--|--|
| Author Title | Jussi Heikkilä Office premises user satisfaction with indoor climate |
| Number of Pages Date | 39 20 May 2009 |
| Degree Programme | Building Services Engineering |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Instructor Supervisor | Santeri Kondakov, Technical Director Olli Jalonen, Principal Lecturer |
| <p>The purpose of the final year project was to compile an inquiry study of office premises user satisfaction with indoor climate. The goal of the study was to find out how different planning solutions appear in user satisfaction.</p> <p>In the study three different systems were compared: a fan coil system, a chilled beam system and a constant air flow system.</p> <p>The information for the study was collected by distributing inquiry forms to the people who worked in the target buildings. There were six questions in the inquiry form, and they were associated with temperature, noise and feeling of draught. After each question there was space for a free word.</p> <p>Based on the results of the inquiry, bar charts were drawn. For each question there was a bar chart of each target building and also each system. Each system had three different target buildings.</p> <p>As a conclusion, the results showed that the best system in this study was the chilled beam system, the second was the constant air flow system and the worst was the fan coil system.</p> | |
| Keywords | indoor air, inquiry, chilled beam, fan coil, air-conditioning, office premises |

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

| | |
|---|----|
| 1 Johdanto | 5 |
| 2 Sisäilmasto-olosuhteet | 6 |
| 2.1 Lämpötila | 6 |
| 2.2 Sisäilmastoluokitus 2008 ja lämpötilan tavoitearvot | 7 |
| 2.3 Veto | 10 |
| 2.4 Melu | 11 |
| 3 Tutkittavat järjestelmät | 12 |
| 3.1 Puhallinkonvektorijärjestelmä | 12 |
| 3.2 Jäähdytyspalkkijärjestelmä | 14 |
| 3.3 Vakioilmavirtajärjestelmä | 15 |
| 4 Tutkittavat kohteet | 16 |
| 4.1 Puhallinkonvektorijärjestelmän kohteet | 16 |
| 4.2 Jäähdytyspalkkijärjestelmän kohteet | 17 |
| 4.3 Vakioilmavirtajärjestelmän kohteet | 18 |
| 5 Tutkimustuloksien tulkintaa | 18 |
| 5.1 Kyselylomakkeet | 18 |
| 5.2 Tulokset, lämpötila | 19 |
| 5.3 Tulokset, melu | 27 |
| 5.4 Tulokset, veto | 29 |
| 5.4 Virhemarginaali | 31 |
| 5.6 Järjestelmien paremmuusjärjestys | 33 |
| 6 Investointikustannukset | 34 |
| 7 Yhteenveto | 35 |
| Lähteet | 36 |
| Liite 1: Kyselylomake | 37 |
| Liite 2: Virhemarginaalitaulukko | 39 |

1 Johdanto

Työ on tehty kyselytutkimuksena toimistotilojen käyttäjien tyytyväisyydestä sisäilmastoon. Työn tavoitteena on selvittää rakennusten käyttäjien tyytyväisyys sisäilmasto-olosuhteisiin LVI-tekniikan osalta. Työssä keskitytään kolmeen erilaiseen ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmään.

Nämä järjestelmät ovat

- jäähdytyspalkkijärjestelmä
- puhallinkonvektorijärjestelmä
- vakioilmavirtajärjestelmä.

Kustakin järjestelmästä valittiin kolme toimistotalokohdetta. Kohteita oli siis yhteensä yhdeksän.

Työn tilaaja on Pöyry Building Services Oy, joka on kiinteistöalan asiantuntijayritys, päätoimialoina talotekninen suunnittelu, kiinteistökonsultointi sekä määrä- ja kustannuslaskentapalvelut. Yritys toimii 8 paikkakunnalla Suomessa. Lisäksi sillä on toimistot Tallinnassa ja Pietarissa. Palveluksessa on lähes 250 asiantuntijaa. (1)

Pöyry Building Services Oy:n tavoitteena työlle oli, että työn avulla selvitetään suuntaa-antavasti, mikä valituista kolmesta järjestelmästä on rakennuksen käyttäjän kokemusten perusteella paras.

Työ toteutettiin jakamalla kyselylomakkeita kohteissa työskenteleville ihmisille. Kussakin kohteessa jaettiin satunnaisesti 50 lomaketta.

2 Sisäilmasto-olosuhteet

2.1 Lämpötila

Sisälämpötila vaikuttaa ennen kaikkea viihtyvyyteen. Niissä rajoissa, joissa sisälämpötila Suomessa vaihtelee, lämpötilat eivät yleensä aiheuta sairauksia ja harvemmin myöskään oireita (hikoilua tai palelua). Viihtyvyyden kautta sisälämpötila vaikuttaa toimintakykyyn.

Tässä tutkimuksessa käsitellään lämpötilan vaikutuksia niissä rajoissa, joissa lämpötila yleensä suomessa sisätiloissa pysyy (noin $+15\dots+32^{\circ}\text{C}$) ja samalla tarkastelu rajataan kevyeen, toimistotyypiseen työhön. Jos hellepäivinä huolehditaan riittävästä veden tai muun nesteen nauttimisesta (joka edesauttaa lämmön poistumista kehosta hikoilun ja hengityshöyryn avulla), ei lämpöpyörtyminen tai lämpöuupuminen uhkaa sisätiloissa toimistotyötä tekevää työntekijää. Ulkoilmassa tai raskaassa fyysisessä työssä tilanne on jo toinen.

Lämpöviihtyvyyteen vaikuttavat tehtävät työt, työasennot, ilmastolliset seikat, pukeutuminen ja altistuvan henkilön ominaisuudet. Vuodenaikoihin liittyvä lämpösopeutuminen ja erilainen pukeutuminen aiheuttaa sen, että sisäilman tavoitearvoissakin kesäaikana tavoitelämpötilat ovat korkeampia kuin talvella.

Lämpöviihtyvyyttä arvioitaessa on huomattava, että pelkkä yhden pisteen mittaaminen yhden kerran ei selvitä mahdollista ongelmaa. Oleskelutilassa ei lämpötilan tulisi vaihdella pystysuunnassa muutamaa astetta enempää. Oleskelu- tai työskentelytila ei saisi sijaita lähellä mahdollisia kylmiä pintoja kuten huonosti eristettyjä ulkoseiniä tai kylmiä ikkunapintoja. Myös päivittäinen suuri lämpötilanvaihtelu työskentelyhuoneessa koetaan haitallisena. (2)

Lämpötilan kokemisessa on jonkin verran yksilöllisiä eroja, jotka aiheutuvat vaatetuksen, aineenvaihdunnan ja fysiologisten tekijöiden eroista. Tyytyväisten

prosentuaalinen osuus on kuitenkin suurimmillaan ja tyytymättömien osuus pienemmillään silloin, kun huonelämpötila tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa on $+21 \dots +23^{\circ}C$. Vaatetuksen lämmöneristävyyttä muuttamalla sekä lämmitys- ja jäähdytystehoa säätämällä voidaan muutaman asteen yksilölliset toiveet helposti toteuttaa. Yksilöllisten erojen vaikutukset ovat suuremmat ääriolosuhteissa, kylmässä ja kuumassa. Niihin keho mukautuu. (3)

Oikea lämpötila

- parantaa vireyttä
- pienentää sairauksiin viittaavien oireiden määrää
- johtaa tyytyväisyyteen lämpöolojen osalta
- vähentää valituksia kiinteistöhuoltoon
- parantaa ilman laatua pienentämällä rakennusmateriaalien päästöjä
- vähentää talvella ilman kuivuuden tunnetta ja kostutustarvetta
- parantaa työpaikoilla työtehoa ja työn tuottavuutta
- säästää lämmitystilanteessa energiaa 5 % jokaista alennettua astetta kohden. (3)

Lämpö poistuu kehosta pääasiassa konvektiona ja säteilynä. Tämän vuoksi lämpimyden tunteeseen vaikuttaa yhtä paljon ilman kuin pintojen lämpötilat. Säteilyn ja konvektion yhteisvaikutus ilmaistaan *operatiivisella lämpötilalla*, joka on likimäärin ilman lämpötilan ja säteilylämpötilan keskiarvo. Operatiivinen lämpötila ottaa huomioon säteilyn ja konvektion. Siten se vastaa ihmisen aistimaa lämpötilaa. (4)

2.2 Sisäilmastoluokitus 2008 ja lämpötilan tavoitearvot

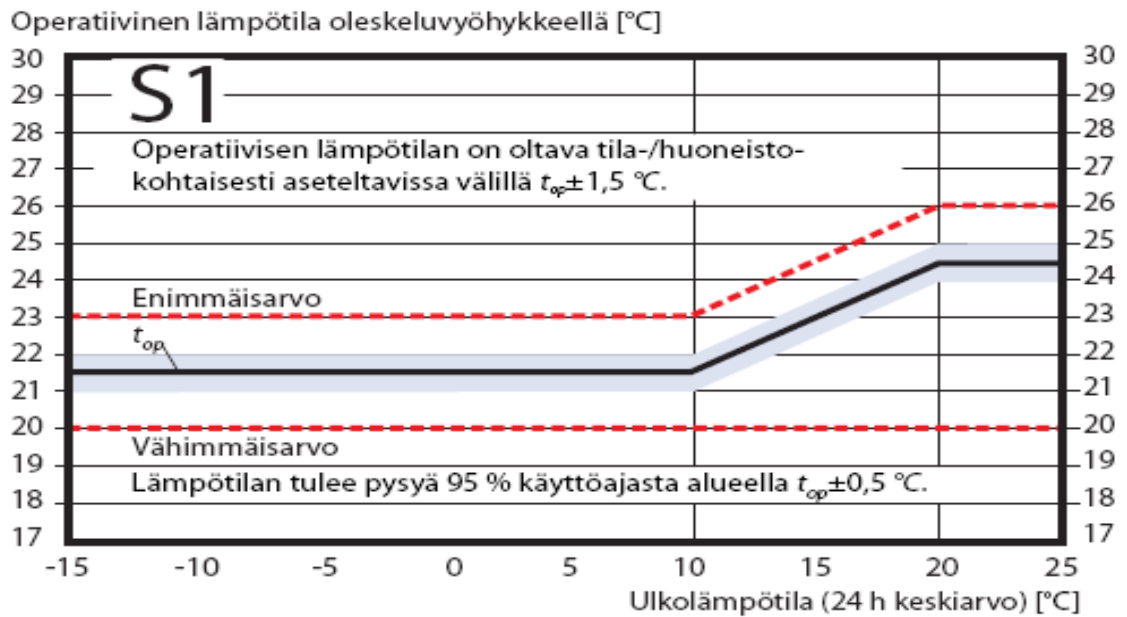
Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: laatuluokat S1, S2 ja S3. Luokka S1 on paras, mikä merkitsee suurempaa tyytyväisten osuutta. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä vaarantavien ongelmien syntymisen riskiä. (5)

Taulukko 1. Lämpötilan tavoitearvot (5).

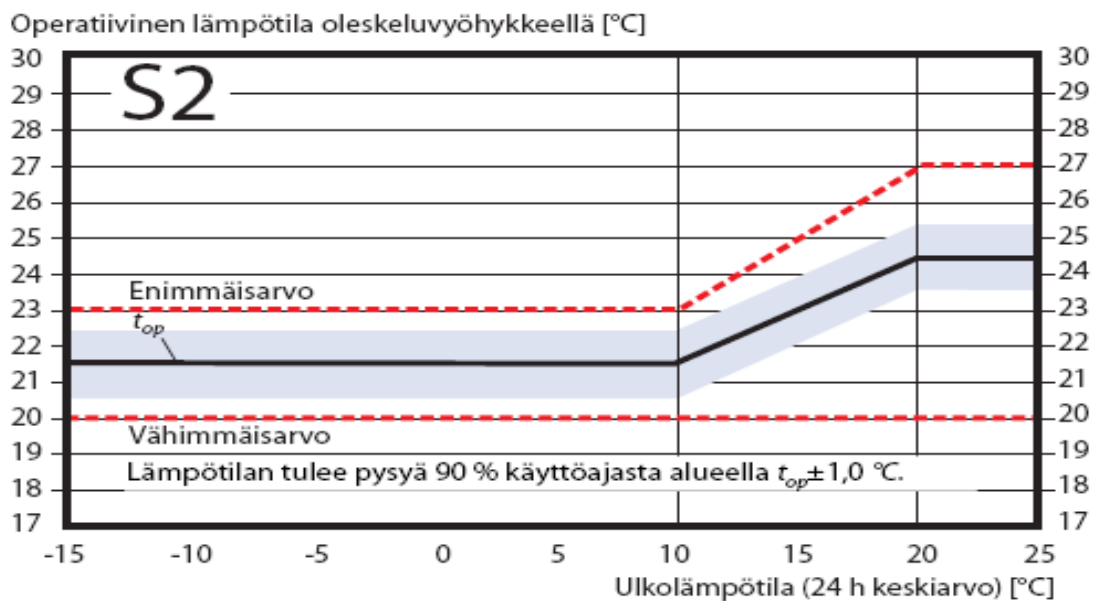
| | S1 | S2 | S3 |
|---|----------------------------------|---|---|
| Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C] | | | |
| $t_u \leq 10$ °C | 21,5* | 21,5 | 21 |
| $10 < t_u \leq 20$ °C | $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$ | $21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$ | $21 + 0,4 \times (t_u - 10)$ |
| $t_u > 20$ °C | 24,5*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

* S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

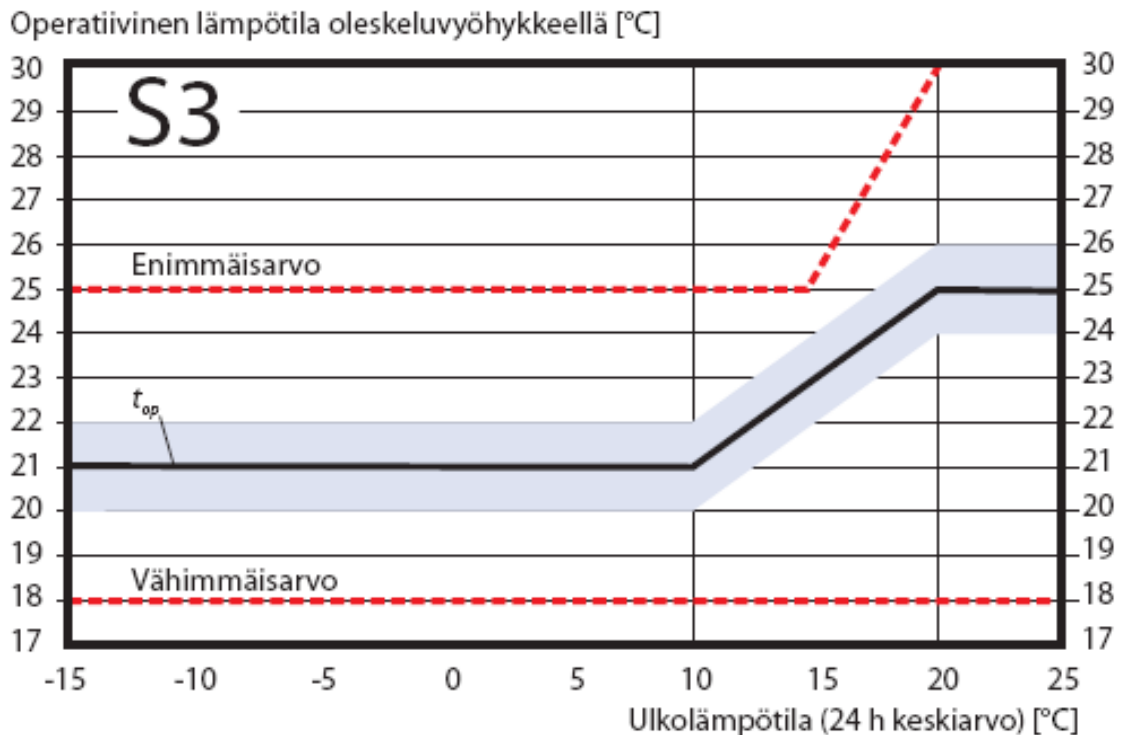
Taulukossa 1 on esitetty Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaiset operatiivisten lämpötilojen tavoitearvot. Kuvissa 1, 2 ja 3 on esitetty kuvaajalla lämpötilan tavoitearvo jokaisessa laatuluokassa erikseen.



Kuva 1. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvo sisäilmastoluokassa S1. Tummennettu alue kuvaa kyseisen luokan tavoitearvoaluetta (tavoitelämpötila + sallittu poikkeama). (5)



Kuva 2. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvo sisäilmastoluokassa S2. Tummennettu alue kuvaa kyseisen luokan tavoitearvoaluetta (tavoitelämpötila + sallittu poikkeama). (5)



Kuva 3. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvo sisäilmastoluokassa S3. Tummennettu alue kuvaa kyseisen luokan tavoitearvoaluetta (tavoitelämpötila + sallittu poikkeama). (5)

2.3 Veto

Vedon tunne syntyy lämmön siirtymisestä iholta. Lämmön siirtymiseen vaikuttaa ilman nopeuden lisäksi lämpösäteily (kylmän pinnan läheisyys) ja vähäinen vaatetus. Paljaana olevat nilkat, niska ja pää ovat herkkiä vedon tunteelle. Vedon tunne on yksilöllistä. Vedosta aiheutuva haitta riippuu sekä ilman nopeudesta että sen lämpötilasta. (Taulukko 2.)

Veto sinällään, sellaisena kun se esiintyy suomalaisissa rakennuksissa, ei aiheuta sairauksia. Alhaisissa lämpötiloissa veto edesauttaa kylmän vaikutusta ja aiheuttaa siten palelua ja toimintakyvyn alenemista. Korkeissa lämpötiloissa veto parantaa lämmönsietoa, sillä se edesauttaa ihon viilenemistä. Ilman nopeuden tavoitearvot ovat tästä syystä vähäisemmät kylmässä ja suuremmat lämpimässä.

Taulukko 2. Ilman nopeuden tavoitearvot (5).

| Suure | Ilman liikenopeus m/s | | |
|---|--------------------------|-------|-------------|
| | S1 | S2 | S3 |
| $t_{\text{ilma}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | <0,14 | <0,17 | 0,2 (talvi) |
| $t_{\text{ilma}} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | <0,16 | <0,20 | |
| $t_{\text{ilma}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | <0,20 | <0,25 | 0,3 (kesä) |

Ilmanvaihto voi aiheuttaa vetoa. Vanhoihin, mataliin ja ahtaisiin tiloihin voi olla teknisesti vaikeaa rakentaa ilmanvaihtojärjestelmää, joka ei aiheuttaisi työskentelyalueelle vetoa. Ilmakanaviston pääte-elimet tulisi olla säädettäviä, jotta tuloilmavirtauksen suuntaa voidaan tarvittaessa muuttaa. Vetoa voi tulla myös heikkolaatuisten ikkunoiden tai muutoin hataran rakennuksen vaipan kautta. Isot ja kylmät pinnat voidaan myös aistia vetoisina. (2)

2.4 Melu

Rakennuksessa kuultava haitallinen tai häiritsevä ääni eli melu voi olla lähtöisin rakennuksen ulkopuolelta, rakennuksen teknisistä järjestelmistä kuten ilmanvaihtojärjestelmästä tai ihmisen toiminnasta rakennuksessa. Melun perinteisesti tunnettu haittavaikutus on kuulon heikkeneminen. Kuulon heikkenemiseen vaaditaan yli 80 dB (A):n meluallistuminen. Yleensä kuulovaurioiden synty vaatii vuosikymmenten kehittymisen, mutta voimakkaan iskumelun, esim. lähellä korvaa laukeavan aseiden vaikutuksesta meluvamma saattaa tulla hetkessä. Isot meluannokset voivat aiheuttaa myös vaikeasti hoidettavaa korvien soimista eli tinnitusta.

Asunnoissa ja toimistoympäristöissä ei yleensä tavata yli 80dB(A):n melua kuin poikkeustapauksissa. Melusta ja sisäilmasta puhuttaessa kiinnostuksemme kohdistuu kuitenkin melun kuuloelimen ulkopuolisiin vaikutuksiin. Melu on biologinen stressitekijä, joka voi vaikuttaa monin tavoin ihmisen fysiologiseen

järjestelmään, esimerkiksi sydämen sykkeeseen, verenpaineeseen ja yleiseen vireystilaan. Melun on todettu aiheuttavan sepelvaltimotautia, unihäiriöitä ja lapsilla huonoa koulumenestystä. Koska Suomessa ympäristön ja asuinympäristön meluntutkimus on ollut vähäistä, sosiaali- ja terveysministeriön selvitysmiehet suosittavatkin melututkimukseen panostamista. On mahdollista, että esimerkiksi asuntojen ääneneristysvaatimukset eivät riitä nykyisin yleisesti käytössä olevien stereolaitteiden tuottaman äänen riittävään vaimentamiseen etenkin matalien taajuuksien osalta.

Meluisassa ympäristössä puheen ymmärrettävyys heikkenee ja puhuja joutuu käyttämään kovempaa ääntä, joka puolestaan rasittaa äänihuulia ja voi ilmetä toistuvina äänen menetyksinä. Huono puheen ymmärrettävyys heikentää työsuorituksia ja myös vähäinenkin häiritseväksi koettu ääni voi vaikuttaa keskittymistä ja työsuoritusta häiritsevästi. Unihäiriöt heikentävät myös päiväaikaista vireystilaa ja siten työkykyä. Melun vaikutukset sisäilmassa ovat pääasiassa toiminnallisia ja ne heikentävät suoritustasoa. (2)

3 Tutkittavat järjestelmät

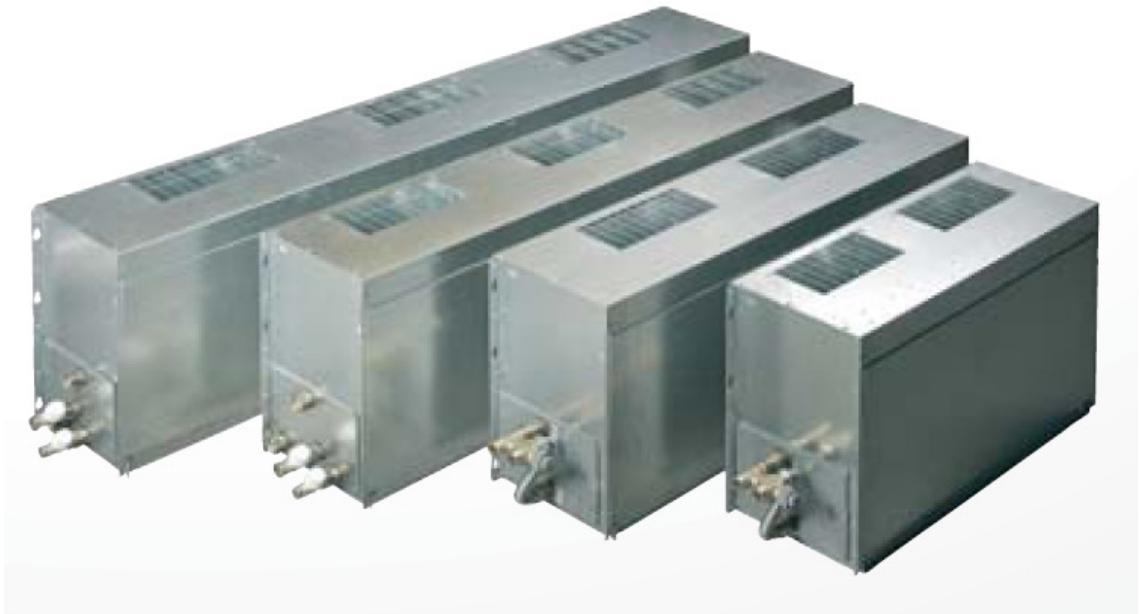
3.1 Puhallinkonvektorijärjestelmä

Puhallinkonvektorijärjestelmissä huone jäähdytetään ja joskus myös lämmitetään kierrättämällä ilmaa puhallinkonvektorin kautta. Puhallinkonvektori sijoitetaan tavallisesti ikkunapenkkiin. Myös alakattoasennus on mahdollinen. Huoneen ilmanvaihto hoidetaan erillisillä kanavilla ilmastointikonehuoneesta. Lämmitys- ja jäähdytysneste tuodaan puhallinkonvektorille teräs, kupari- tai muoviputkien avulla. Järjestelmästä käytetään usein myös nimityksiä fancoil (FC) ja puhallinpatterijärjestelmä.

Käyttäjällä on mahdollisuus säätää lämpötilaa ja puhaltimen pyörimisnopeutta. Käyttökytkimet sijoitetaan ikkunapenkkiasennuksessa itse laitteeseen ja

alakattoasennuksessa esim. sähköpieleen. Puhallinpatterit mitoitetaan toimistohuoneissa yleensä ei-kondensoiviksi, mikä tarkoittaa sitä, että jäähdytetyn veden lämpötila on niin korkea (min. $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$), ettei sisäilman kosteus tiivisty patteriin. Tiloissa, joissa tarvitaan suuria jäähdytystehoja, käytetään kondensoivia puhallinkonvektoreita. Tällöin niistä johdetaan kondenssivesiputki viemäriverkostoon.

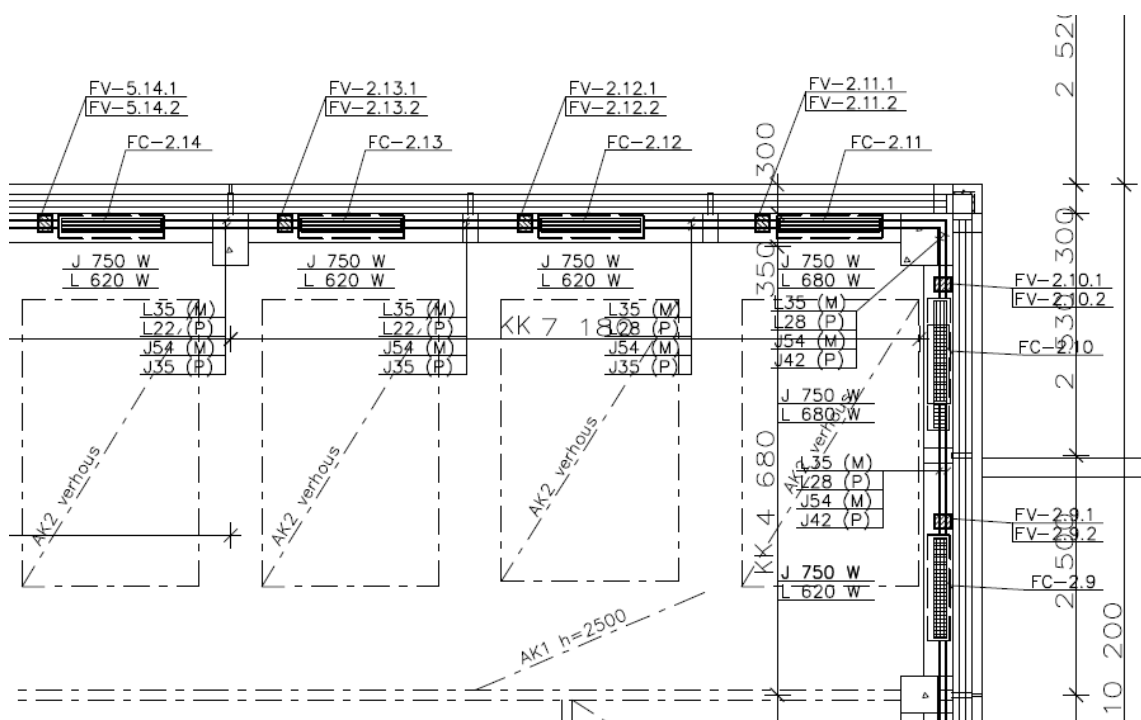
Puhallinpatterin sekä sille tulevien lämmitys- ja jäähdytysputkien asentaminen ja sovittaminen ikkunapenkkiin vaatii hyvää yhteistyötä, koska putkilinjojen tuonti ikkunapenkkiin on usein hankalaa. (kuva 5) Mikäli puhallinkonvektorit sijoitetaan kattoon, käytetään yleensä ulkonäkösyistä alakattoa. Ikkunapenkkiaseinteiset puhallinkonvektorit (kuva 4) on suojattava hyvin työmaa-aikana. Jos lämmitys on toteutettu puhallinkonvektoreilla, ei näillä voida pölyisen ympäristön vuoksi hoitaa rakennusaikaista lämmitystä. (4)



Kuva 4. Chiller-SVLK-ikkunapenkkipuhallinkonvektoreita.

Fancoil-järjestelmien huolto on haaste isännöinnille. Kohteiden isännöitsijät eivät välttämättä ole perillä kaikista teknisistä asioista. Nykyisen kilpailutilanteen

takia kiinteistönhuoltoyritykset karsivat menoista ja fancoilien suodattimien vaihto sekä huolto usein tuppaa ”unohtumaan”. Tästä johtuen ovat fancoilit huonepölyn peitossa eivätkä näin ollen luovuta lämpöä tai kylmää. Normaalaa huoltoa ajatellen FC-järjestelmä on monimutkainen ja moneen paikkaan jakautunut. FC-järjestelmän ollessa kyseessä pitäisi olla tiukka huoltosuunnitelma ja/tai sähköinen huoltokirja. Huollon tulisi toimia sakotusperiaatteella. Siten jos fancoilien huolto laiminlyödään, huoltoyritykset saavat sovitun määrän sakkoa. (6)



Kuva 5. Lämmitys ja jäähdytys pohjapiirustus eräästä kohteesta, jossa puhallinpenkkikonvektorit hoitavat lämmityksen ja jäähdytyksen (4-putkijärjestelmä).

3.2 Jäähdytyspalkkijärjestelmä

Jäähdytyspalkkijärjestelmässä huone jäähdytetään kattoon asennettavilla jäähdytyspalkeilla. Lämmönsiirtyminen tapahtuu pääasiassa luonnollisella konvektiolla ja säteilyllä. Tuloilma tuodaan huonetilaan erillisenä (passiivipalkki) tai johdetaan jäähdytyspalkin kautta (aktiivipalkki). Huoneilman lämmitys

tapahtuu lämpöpattereilla. Poikkeustapauksessa voidaan myös käyttää lämmityspatterilla varustettuja palkkeja. Huonelämpötilan säätö tapahtuu huonetermostaatilla, joka sijoitetaan yleensä sähköpieleen. Jäähdytyspalkit on aina mitoitettava ei-kondensoiviksi, joka tarkoittaa sitä, että jäähdytetyn veden lämpötila on niin korkea (min. $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$), ettei sisäilman kosteus tiivisty jäähdytyspalkkiin. Tilassa ei voi olla suuria kosteuslähteitä. Järjestelmästä käytetään usein myös nimityksiä ilmastointipalkki- ja paneelijärjestelmä.

Ilmakanavat ja jäähdytysvesiputket asennetaan käytävän kattoon. Palkit ovat yleensä lähes huoneen mittaisia, joten niiden kuljetukseen ja varastointiin työmaalla tulee kiinnittää huomiota. Palkit on siirrettävä oikeisiin huoneisiin ennen väliseinäasennuksia. Palkit ovat herkkiä kolhiintumaan. Niiden asennus on tarkkaa, koska ne muodostavat osan huoneen visuaalisesta ilmeestä. Tuloilmavirta mitoitetaan ilmanvaihdon tarpeen, ei jäähdytystehon mukaan, jolloin myös vetovaara on yleensä vähäisempi kuin pelkkää ilmaa jäähdytykseen käytävissä järjestelmissä. (4)

3.3 Vakioilmavirtajärjestelmä

Vakioilmavirtajärjestelmässä ilmastointikoneessa käsitelty ilma johdetaan kanavistoa myöten vyöhykkeeseen kuuluviin huoneisiin. Vyöhykkeen laajuus vaihtelee rakennuksesta riippuen yhdestä tilasta koko rakennukseen. Ilmastointikoneen kokoonpano vaihtelee tarpeen mukaan. Yksinkertaisimmillaan se käsittää pelkän suodatuksen, lämmityksen ja puhaltimen, täydellisimmillään lisäksi kostutuksen, lämmön talteenoton, jäähdytyksen ja sekoituksen. Vakioilmavirtajärjestelmä soveltuu rakennuksiin, joissa eri huoneiden jäähdytys- ja lämmitystarve vaihtelevat samalla tavoin vyöhykkeiden sisällä.

Monivyöhykejärjestelmässä ilma jaetaan ilmastointikoneelta kahdelle tai useammalle vyöhykkeelle, jolloin kullekin vyöhykkeelle oman kanavansa

kautta johdettavan ilman lämpötila säädetään erikseen. Monivyöhykejärjestelmän ilmastointikoneessa ilma käsitellään siten, että jäähdytys-tilanteessa sen lämpötila puhaltimen jälkeen on noin 15°C . Jäähdytyksessä käytetään hyväksi viileää ulkoilmaa. Kun ulkoilmalla ei enää pystytä riittävästi jäähdyttämään, käynnistyy jäähdytyslaitteisto kompressoreineen. Puhaltimen jälkeen ilma jakaantuu eri vyöhykkeille.

Monivyöhykejärjestelmä sopii rakennukseen, jossa on useampia erillisiä suurehkoja tiloja tai huoneryhmiä, joissa ilmastoinnin kuormitus vaihtelee samalla tavoin. Tavanomaisia rakennustyypppejä ovat pienhuone-toimistorakennukset, tavaratalot ja julkiset rakennukset, joissa on suuria vyöhykkeitä. (4)

4 Tutkittavat kohteet

4.1 Puhallinkonvektorijärjestelmän kohteet

FC1 on toimistorakennus, joka on rakennettu vuonna 2006. Kohteessa on suurimmilta osin avokonttorimainen ratkaisu. Puhallinkonvektorit kohteessa on enimmäkseen asennettu ikkunapenkkiin ja hoitavat sekä jäähdytyksen että lämmityksen. Kohteessa on keskialueilla myös jäähdytyspalkkeja. Rakennuksessa toimii yksi yritys. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

FC2 käsittää kaksi identtistä toimistorakennusta, jotka on rakennettu vuonna 1990. Kohteessa on sekä avokonttoritiloja että yksittäisiä huonetiloja riippuen eri yritysten tilankäyttöratkaisuista. Kohteessa toimii useita eri yrityksiä. Puhallinkonvektorit kohteessa ovat enimmäkseen asennettu ikkunapenkkiin, ja hoitavat sekä jäähdytyksen että lämmityksen. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

FC3 on toimisto sekä myymälärakennus, joka on valmistunut vuonna 1968, mutta peruskorjattu vuosina 2000–2004 siten, että talotekniikka nykyaikaistettiin. Kohteessa on sekä avokonttoritiloja että yksittäisiä huonetiloja riippuen eri yritysten tilankäyttöratkaisuista. Kohteessa toimii useita eri yrityksiä. Puhallinkonvektorit kohteessa on enimmäkseen asennettu ikkunapenkkiin, ja ne hoitavat sekä jäähdytyksen että lämmityksen. Kohteessa työskentelee n. 700 ihmistä toimistotiloissa. Myymälätilat jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

4.2 Jäähdytyspalkkijärjestelmän kohteet

Kaikissa jäähdytyspalkkijärjestelmän kohteissa jäähdytyspalkit ovat aktiivipalkkeja.

JP1 on toimistorakennus, joka on valmistunut vuonna 2007. Kohteessa on sekä avokonttoritiloja että yksittäisiä huonetiloja riippuen eri yritysten tilankäyttöratkaisuista. Kohteen ilmastointi on hoidettu jäähdytyspalkeilla. Kohteessa on useita eri yrityksiä. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

JP2 on toimistorakennus, joka on valmistunut vuonna 2007. Kohteessa on sekä avokonttoritiloja että yksittäisiä huonetiloja riippuen eri yritysten tilankäyttöratkaisuista. Kohteen ilmastointi on hoidettu jäähdytyspalkeilla. Kohteessa on useita eri yrityksiä. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

JP3 on toimistorakennus, joka on valmistunut vuonna 2001. Kohteessa on sekä avokonttoritiloja että yksittäisiä huonetiloja riippuen rakennuksen eri osien tilankäyttöratkaisuista. Kohteen ilmastointi on hoidettu jäähdytyspalkeilla. Kohteessa toimii yksi yritys. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät pääosin normaalia toimistotyötä.

4.3 Vakioilmavirtajärjestelmän kohteet

VIV1 on toimistorakennus, joka on rakennettu vuonna 1991. Kohteen ilmastointi on järjestetty vakioilmavirtajärjestelmällä. Kohteessa on avokonttoritiloja sekä laboratoriotiloja elektroniikan käsittelyä varten. Kohteessa toimii yksi yritys. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät normaalia toimistotyötä sekä laboratoriotyötä.

VIV2 on toimistorakennus, joka on rakennettu vuonna 1991. Kohteen ilmastointi on järjestetty vakioilmavirtajärjestelmällä. Kohteessa on enimmäkseen yksittäisiä huonetiloja. Kohteessa toimii yksi yritys. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät normaalia toimistotyötä.

VIV3 on toimistorakennus, joka on rakennettu vuonna 1992. Kohteen ilmastointi on järjestetty vakioilmavirtajärjestelmällä. Kohteessa on enimmäkseen yksittäisiä huonetiloja. Kohteessa toimii yksi yritys. Kohteessa työskentelevät ihmiset tekevät normaalia toimistotyötä.

5 Tutkimustuloksien tulkintaa

5.1 Kyselylomakkeet

Työympäristön sisäilmasto-olosuhteita mitattiin kyselylomakkeiden avulla. Kyselylomakkeissa oli kuusi kysymystä. (Liite 1.) Näistä kysymyksistä neljä liittyy lämpötilaan, yksi meluun ja yksi vedon tunteeseen. Taulukoista 3 ja 4 näkyy palautettujen kyselylomakkeiden määrä kohde- ja järjestelmäkohtaisesti. Lomakkeisiin annetut vastaukset käydään ensin läpi kohdekohtaisesti ja sen jälkeen järjestelmäkohtaisesti.

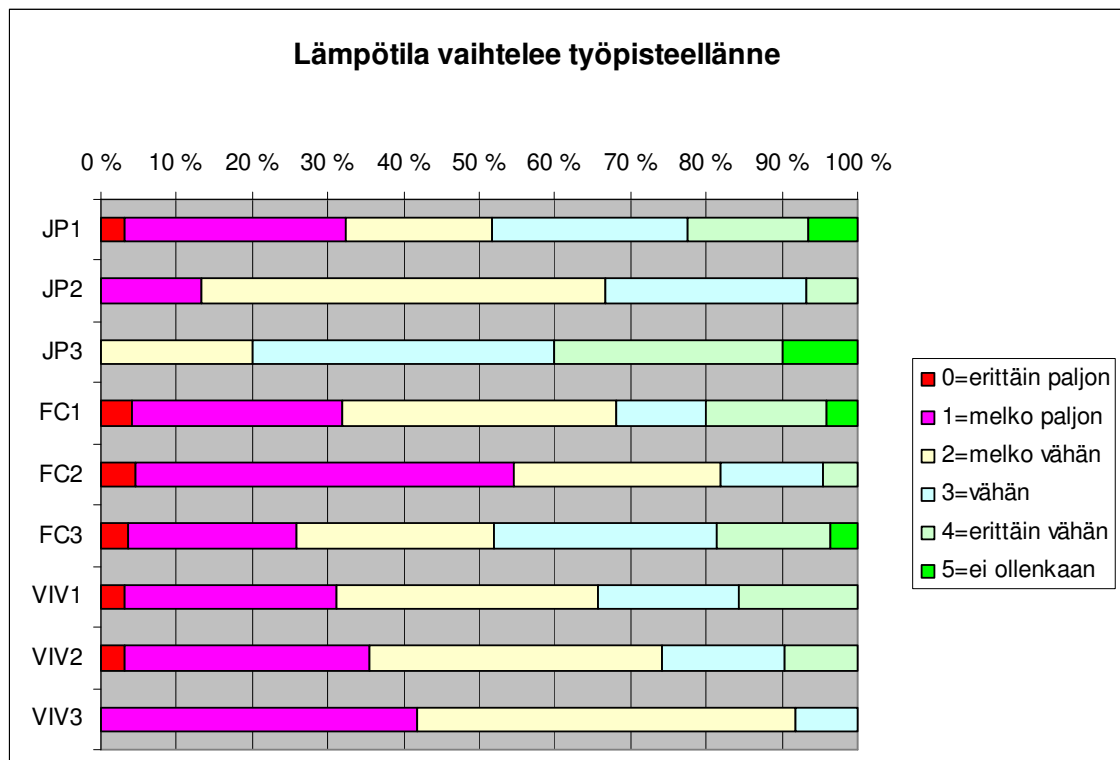
Taulukko 3. Palautettujen kyselylomakkeiden määrä kohdekohtaisesti.

| Kohde | FC1 | FC2 | FC3 | JP1 | JP2 | JP3 | VIV1 | VIV2 | VIV3 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| kpl | 25 | 22 | 27 | 31 | 15 | 10 | 32 | 31 | 12 |

Taulukko 4. Palautettujen kyselylomakkeiden määrä järjestelmäkohtaisesti

| Järjestelmä | FC | JP | VIV |
|-------------|----|----|-----|
| kpl | 74 | 56 | 75 |

5.2 Tulokset, lämpötila



Kuva 6. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

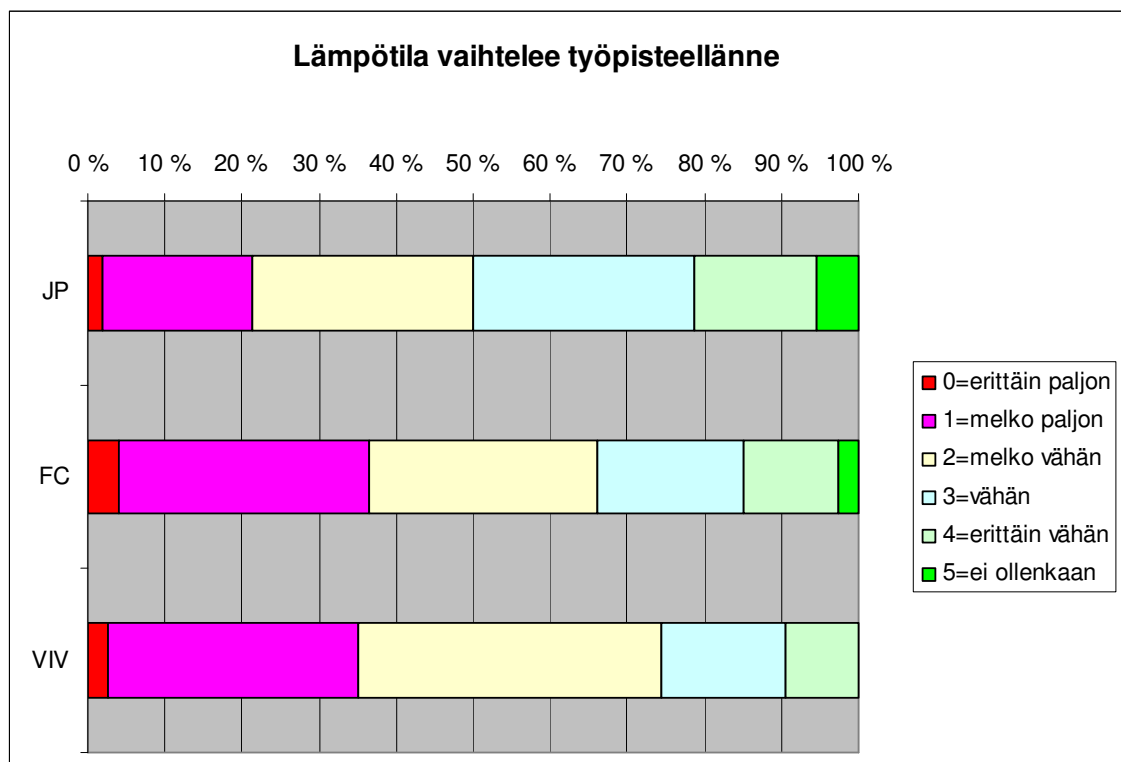
Ensimmäiseksi selvitettiin kysymyksen ”Lämpötila vaihtelee työpisteellänne” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista. Vastausvaihtoehtoja oli kuusi. (Kuva 6.)

JP3:n tulosten tulkinnassa on epävarmuutta, koska otanta oli niin pieni (10) ja sen tulokset ovat selvästi muista poikkeavat.

JP1:ssä viisi vastaajaa on raportoinut, että ”maanantaisin on viileämpää kuin muuten”. Tämä selittää myös, miksi JP1:ssä on poikkeuksellisen paljon raportoitu lämpötilan vaihtelua verrattuna muihin JP -järjestelmiin. (kuva 6)

Kohteen säätöasetuksia pitäisi tarkistaa ja aloittaa normaalin arkiviikon lämmitystoimenpiteet aikaisemmin, koska vaikuttaisi siltä, että kohteessa on viikonloppuna lämmityksen asetusarvo alhaisempi kuin arkena.

Lämpötilan vaihtelua esiintyy selvästi eniten FC2:ssa. Kohteen tekniikka on kirjoitushetkellä 19 vuotta vanhaa, joten tähän voi etsiä selitystä mahdollisesta järjestelmän huoltamattomuudesta. Tästä ei kuitenkaan ole varmaa näyttöä.

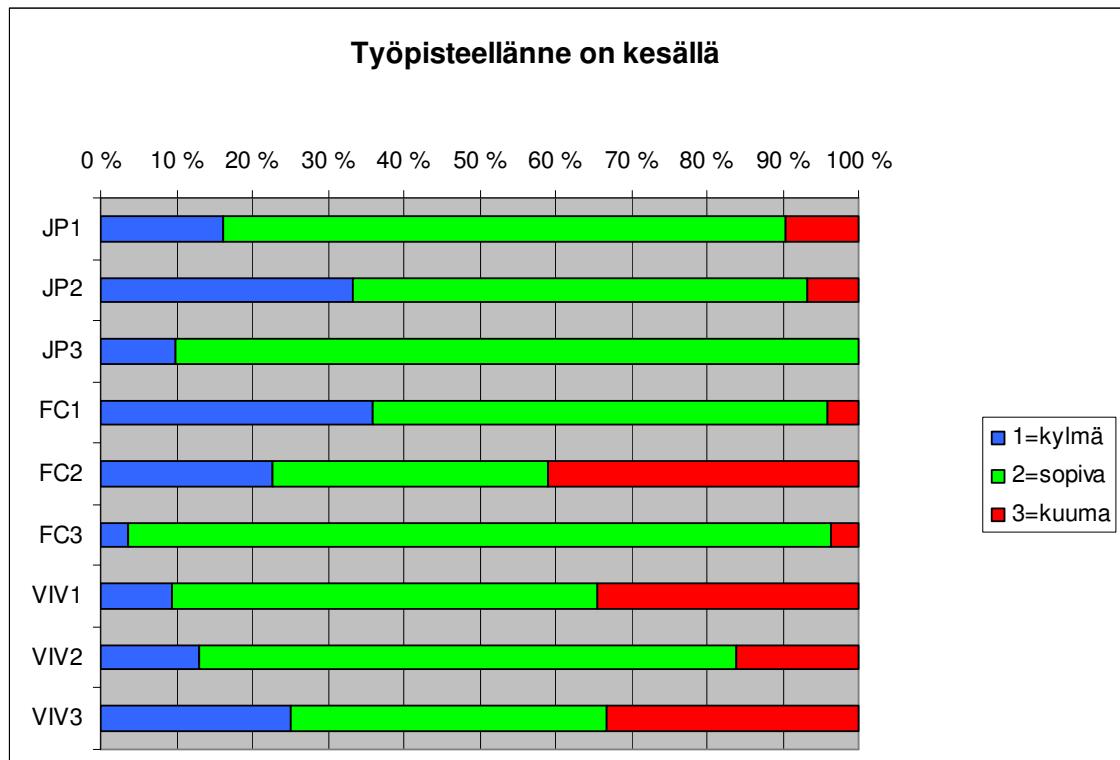


Kuva 7. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Kuvasta 7 voi päätellä, että lämpötilan vaihtelua esiintyy vähiten JP-järjestelmässä. Toiseksi vähiten vaihtelua esiintyy FC-järjestelmässä. Vaikka hiukan useampi on vastannut vaihtoehdon 0 lämpötilan vaihteluksi, positiivisen pään vastauksia (3, 4 ja 5) on enemmän.

Syitä FC-järjestelmän suureen ”erittäin paljon”- ja ”melko paljon” -vastauksien määrään voi etsiä:

- Voidaan epäillä, että kohteessa FC2 järjestelmä, joka on rakennettu vuonna 1990, on huollon tarpeessa. Tästä ei kuitenkaan ole näyttöä.
- On raportoitu, että henkilökohtaisten huonesäätimien vaikutusta on vaikea havaita.
- Useat vastaajat ovat raportoineet konvektorien aiheuttavan vedon tunnetta, joka voi myös vaikuttaa lämpötilavastauksiin.



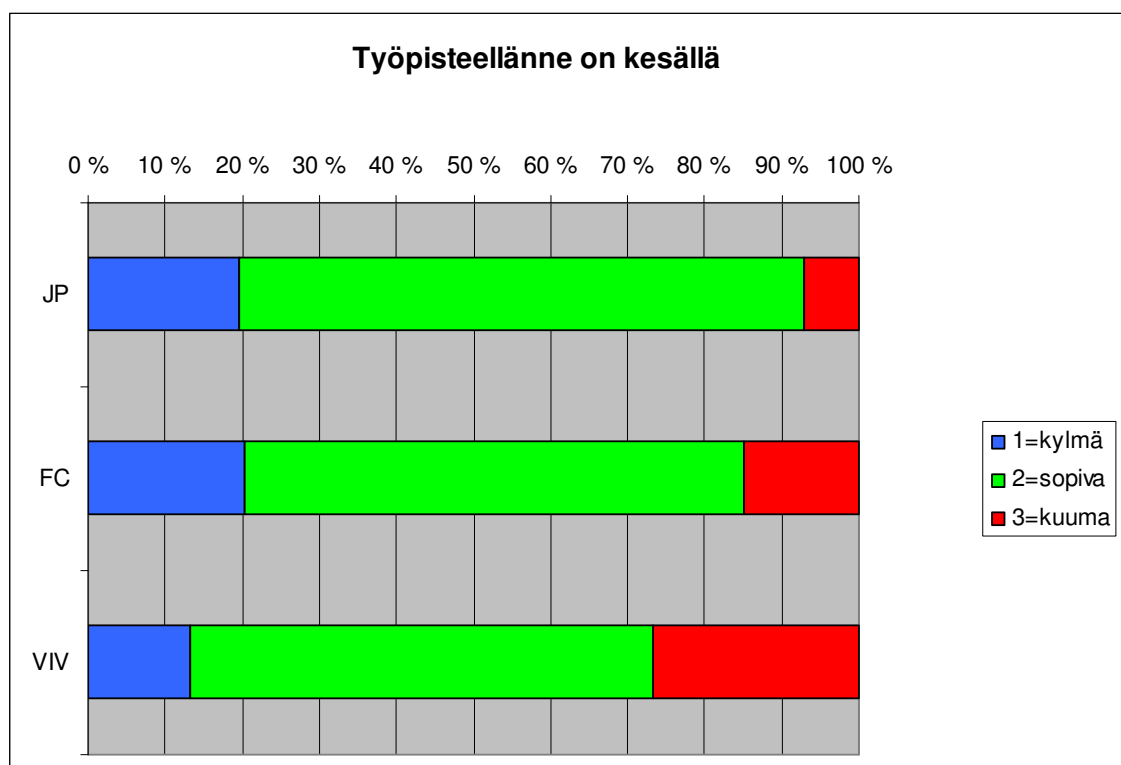
Kuva 8. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Toiseksi selvitettiin kysymyksen ”Työpisteellänne on kesällä” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista. Vastausvaihtoehtoja oli kolme. (Kuva 8.)

Kohteessa FC2 oli todella paljon ”kuuma” -vastauksia, mikä lisää epäilystä järjestelmän huollon tarpeesta. Esim. jos suodattimia ei ole vaihdettu tarpeeksi usein, jäähdytysteho laskee.

VIV-kohteissa oli paljon ”kuuma” -vastauksia. Pelkällä ilmavirralla on vaikeaa saavuttaa tarpeeksi suurta jäähdytystehoa kesällä.

JP-kohteet menestyvät parhaiten tässä kohdassa.

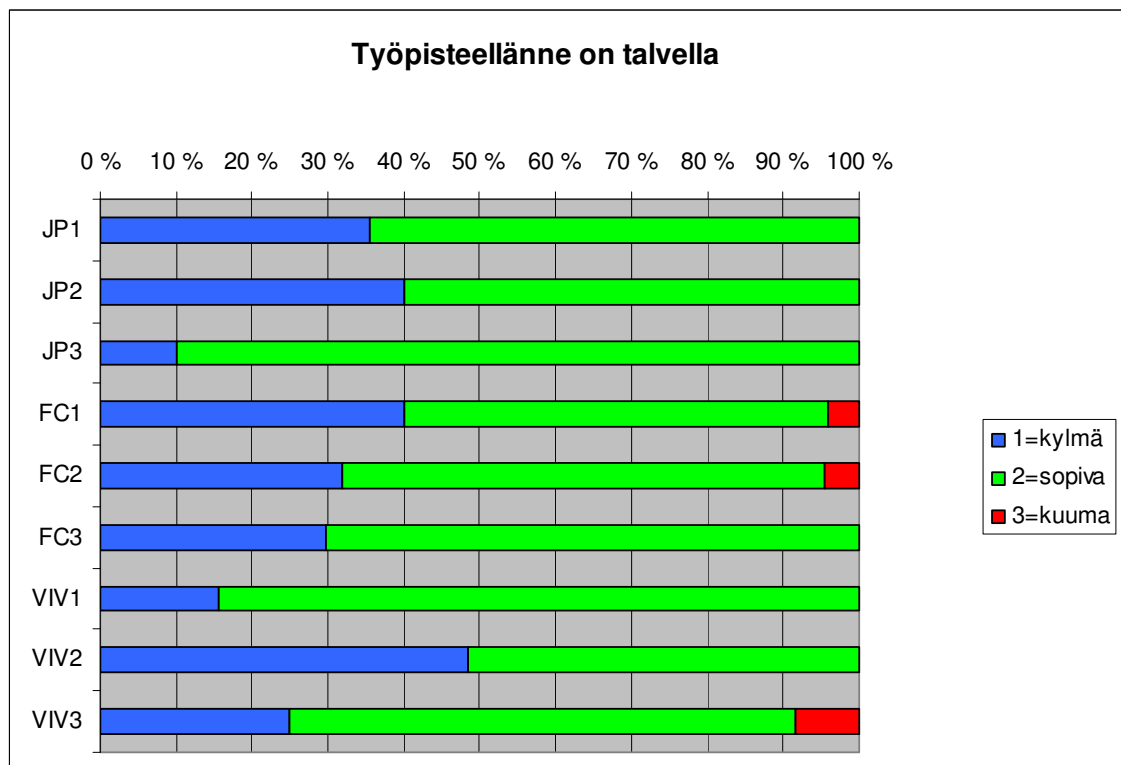


Kuva 9. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

JP-järjestelmässä on eniten ”sopiva” -vastauksia.

FC-järjestelmässä toiseksi eniten ”sopiva” -vastauksia.

VIV-järjestelmässä on selvästi kuuminta kesällä. Pelkällä ilmavirralla on vaikeaa saavuttaa tarpeeksi suurta jäähdytystehoa kesällä. VIV-järjestelmässä on myös vähiten ”kylmä” -vastauksia. Tämä johtuu siitä, että pienen jäähdytystehon ollessa kyseessä ylijäähdyttämistä ei tapahdu. (Kuva 9.)



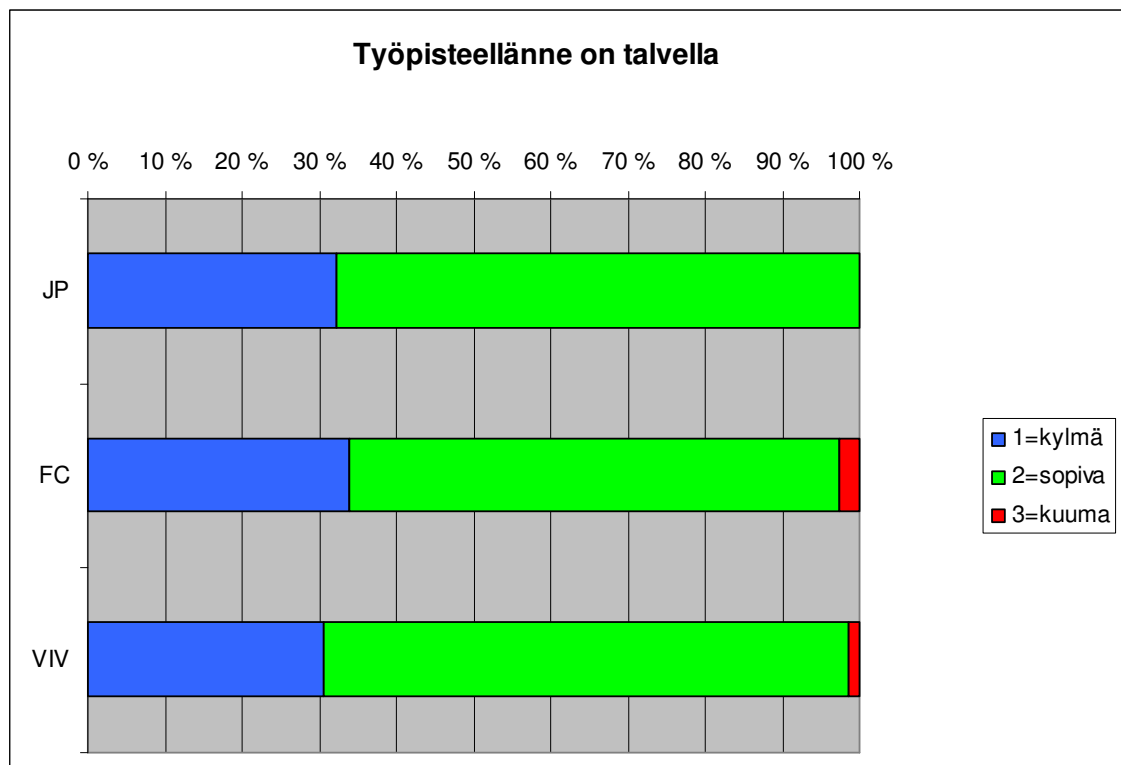
Kuva 10. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Kolmanneksi selvitettiin kysymyksen ”Työpisteellänne on talvella” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista. Vastausvaihtoehtoja oli kolme. (Kuva 10.)

Myös tässä JP3-tulosten tulokinnassa on epävarmuutta, koska otanta oli niin pieni (10) ja sen tulokset ovat selvästi muista poikkeavat.

VIV2-kohteessa melkein puolet on vastannut, että kohteessa on talvella kylmä (kuva 10). Johtopäätös on, että rakennuksessa on mahdollisesti ongelmia koko

lämmitysjärjestelmän toiminnassa. Tähän voi olla lukemattomia syitä, esim. patteriverkosto pitäisi mahdollisesti ilmata, ilmastoinnin lämmityspatterin toiminnassa voi olla vikaa, lämmönjakokeskuksessa lämmityksen säätökäyrä voi olla säädetty huonosti. Tässä tutkimuksessa syistä ei kuitenkaan ole näyttöä, joten voidaan tyytyä vain arvailuihin.

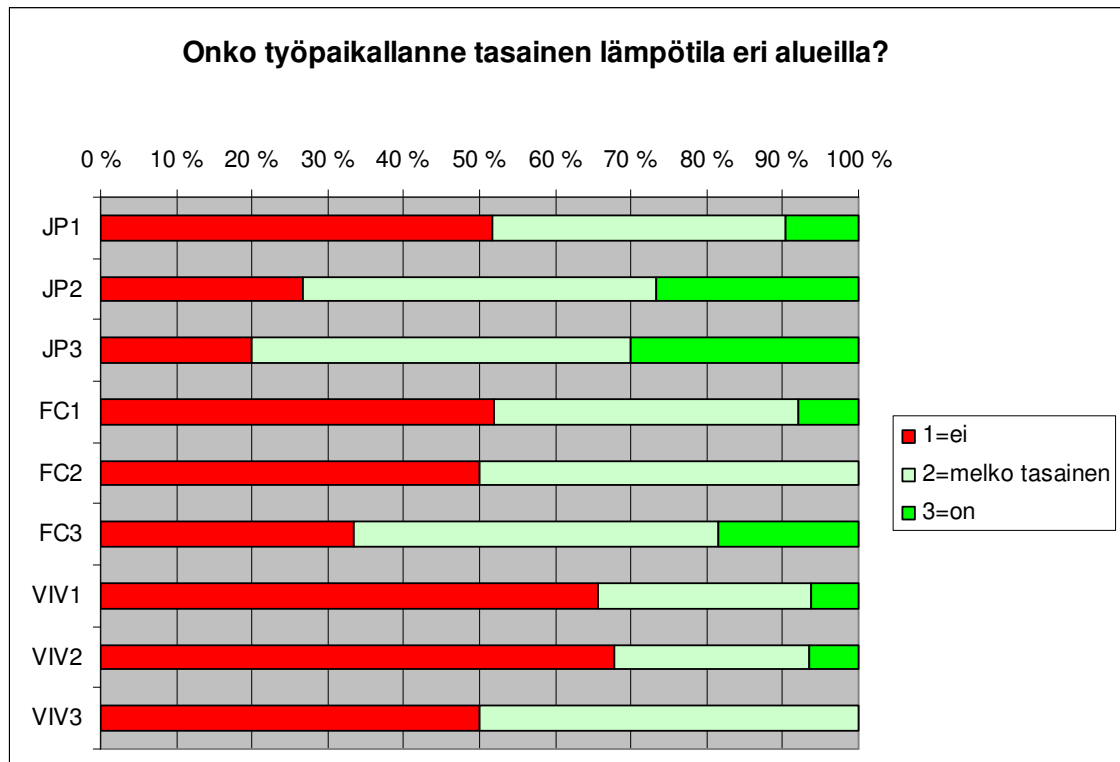


Kuva 11. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Vähiten "kylmä"-vastauksia on ollut VIV-järjestelmässä.

FC-järjestelmässä oli eniten "kylmä"-vastauksia ja myöskin samaan aikaan eniten "kuuma"-vastauksia. FC-järjestelmän säätö ei näyttäisi toimivan kunnolla. Joissain paikoin lämmitysteho ei riitä ja joissain paikoin järjestelmä lämmittää liiankin tehokkaasti.

JP-järjestelmässä ei ole yhtään "kuuma" -vastausta. (Kuva 11.)



Kuva 12. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Neljänneksi selvitettiin kysymyksen ”Onko työpaikallanne tasainen lämpötila eri alueilla?” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista.

Vastausvaihtoehtoja oli kolme. (Kuva 12.)

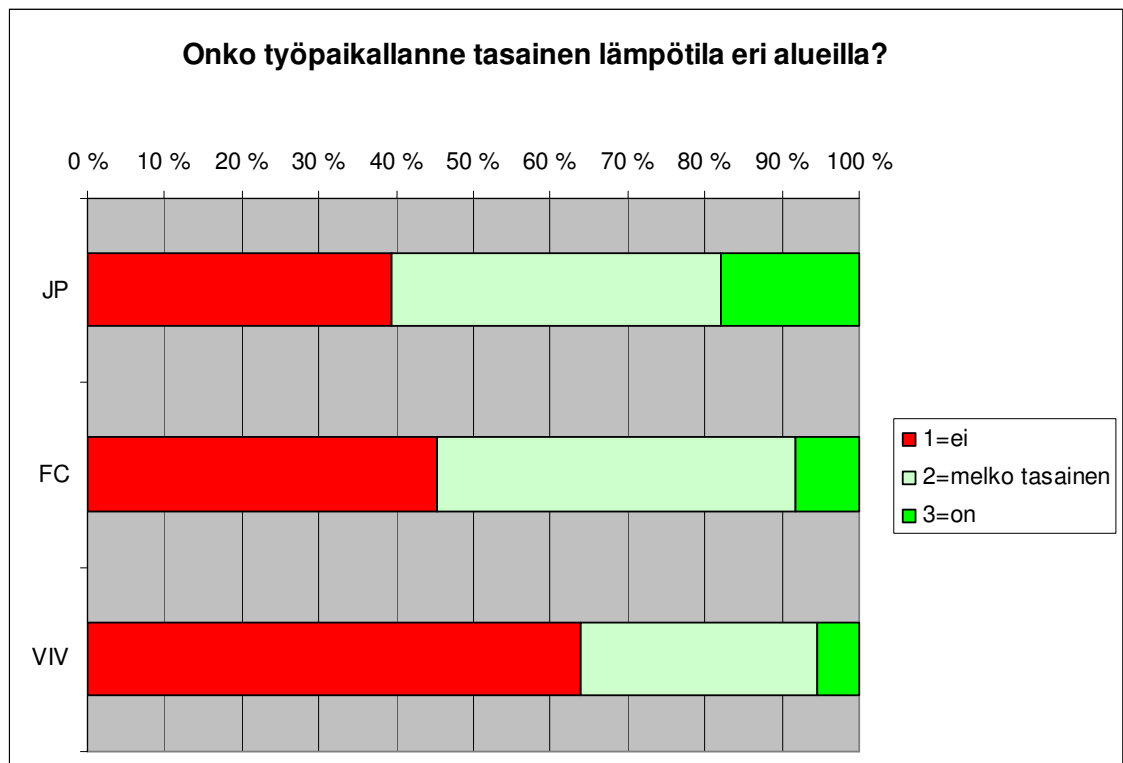
JP-kohteissa JP2:n ja JP3:n eroavaisuutta verrattuna JP1:een voi selittää sillä, että vastauksien määrä JP2:ssa ja JP3:ssa on niin paljon pienempi kuin JP1:ssä (kuva 12).

Useassa kohteessa on raportoitu neuvotteluhuoneiden kylmyydestä. Tämä näyttäisi olevan yleinen ongelma. Neuvotteluhuoneiden jäähdytyksen säätöä pitäisi parantaa tarkemmaksi sekä mahdollisesti lisätä lämmitystä.

Suunnitteluvaiheessa pitäisi suunnitella lämpötilan säätömahdollisuus.

Seuraavissa kohteissa raportoitiin viileistä neuvotteluhuoneista:

- JP2
- JP3
- FC1
- VIV1
- VIV2

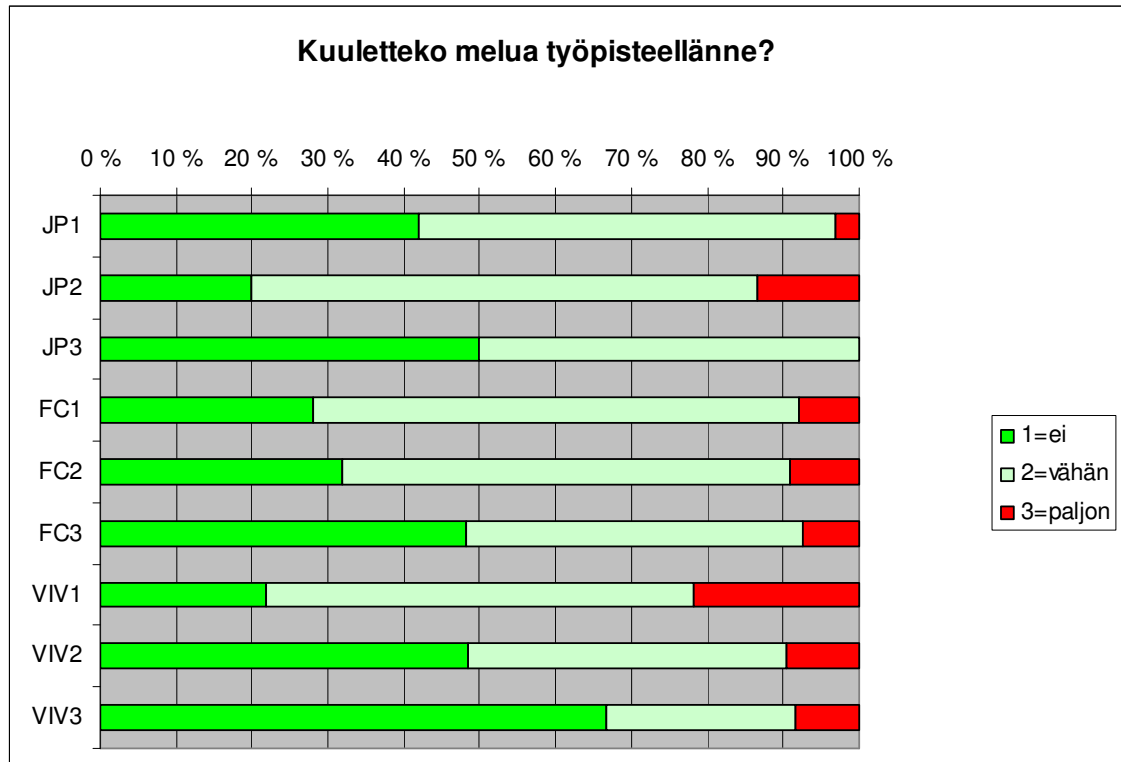


Kuva 13. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Pylväsdiagrammi (kuva 13) kertoo, että tasaisin lämpötila on JP-järjestelmissä, toiseksi tasaisin FC-järjestelmissä ja epätasaisin VIV-järjestelmissä.

VIV-järjestelmästä peräti 63 % on sitä mieltä, että työpaikalla ei ole tasainen lämpötila. Tämän voi päätellä johtuvan siitä, että VIV-järjestelmän kohteissa on eri lämpökuormat eri tiloissa, mutta kaikki jäähdytys tapahtuu keskuskoneelta, joten joka paikkaan ajetaan teoriassa saman lämpöistä ilmaa.

5.3 Tulokset, melu



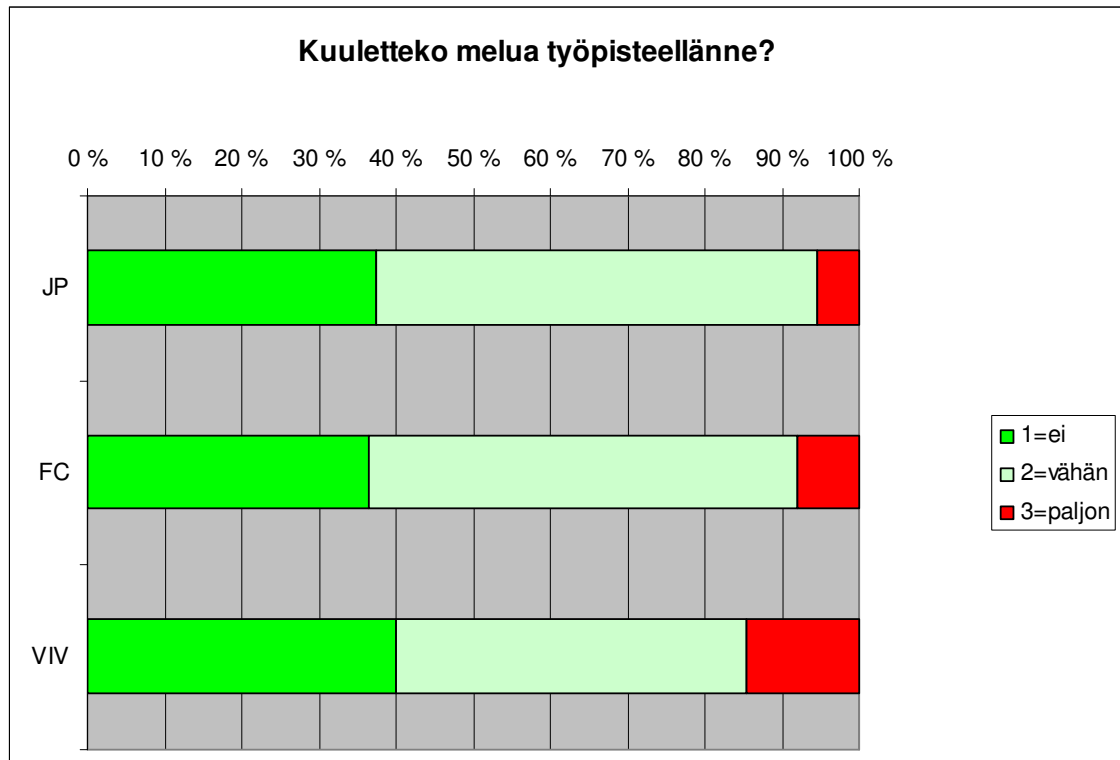
Kuva 14. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Viidenneksi selvitettiin kysymyksen ”Kuuletteko melua työpisteellänne” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista. Vastausvaihtoehtoja oli kolme. (Kuva 14.)

Kohteiden pylväsdiagrammit ovat järjestelmäkohtaisesti muutoin saman kaltaisia, mutta VIV3:ssa on erityisen paljon ”ei”-vastauksia.

VIV1-kohteessa on huomattavan paljon ”paljon” -vastauksia (kuva 14).

Osaselitys voi olla kohteessa olevat laboratoriolaitteet, jotka ovat usein äänekkäitä.

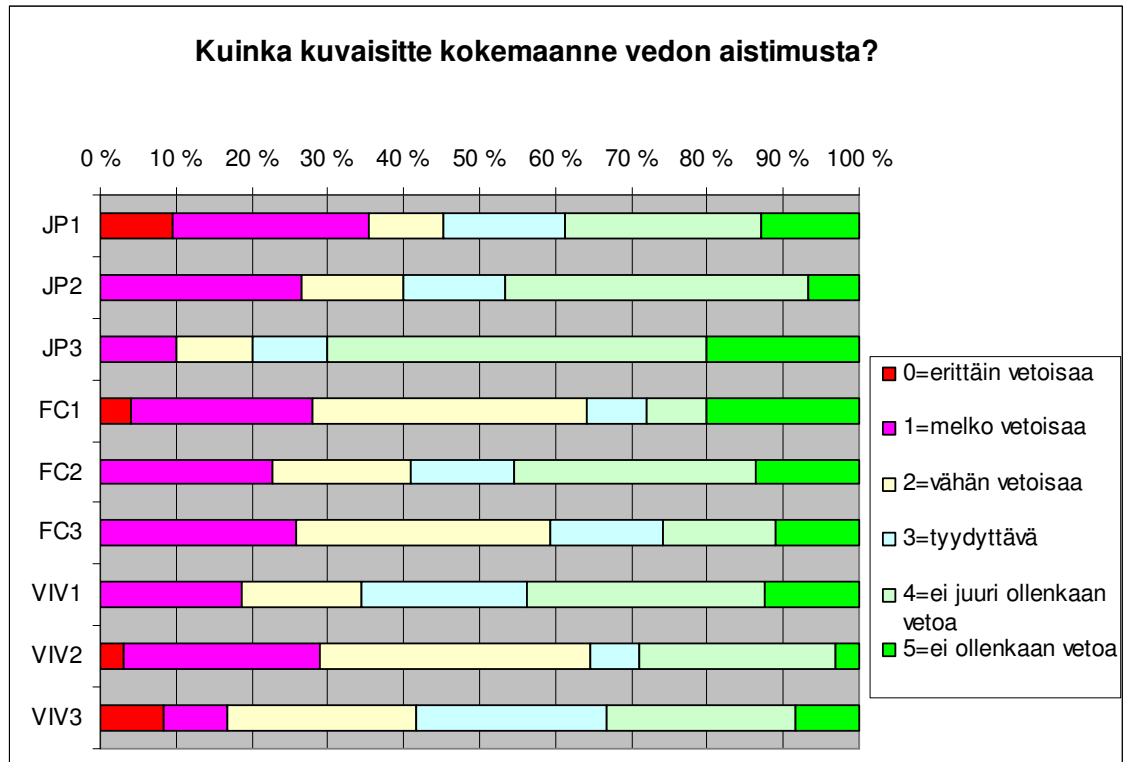


Kuva 15. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

VIV -järjestelmässä on eniten "ei" -vastauksia mutta myös samaan aikaan eniten "paljon" -vastauksia. Tässä voi kuitenkin todeta VIV-järjestelmän olevan vähiten meluava, kun ottaa huomioon, että VIV1-kohteessa raportoitiin melua tulevan nimenomaan laboratoriolaitteista.

Yllättävää on, että FC-järjestelmä ei eroa tämän radikaalimmin muista järjestelmistä, vaikka puhallinkonvektoreissa on ääntä tuottava puhallin. Nämä puhaltimet ovat kuitenkin ilmeisen hyvin äänieristettyjä. Kuitenkin puhaltimen voi päätellä aiheuttavan pientä meteliä, koska "vähän"-vastausten määrä on suurin FC-järjestelmässä (kuva 15). Usea vastaaja, joka vastasi, että melua on "vähän", kuvaili, että melu tulee nimenomaan puhallinkonvektorista.

5.4 Tulokset, veto

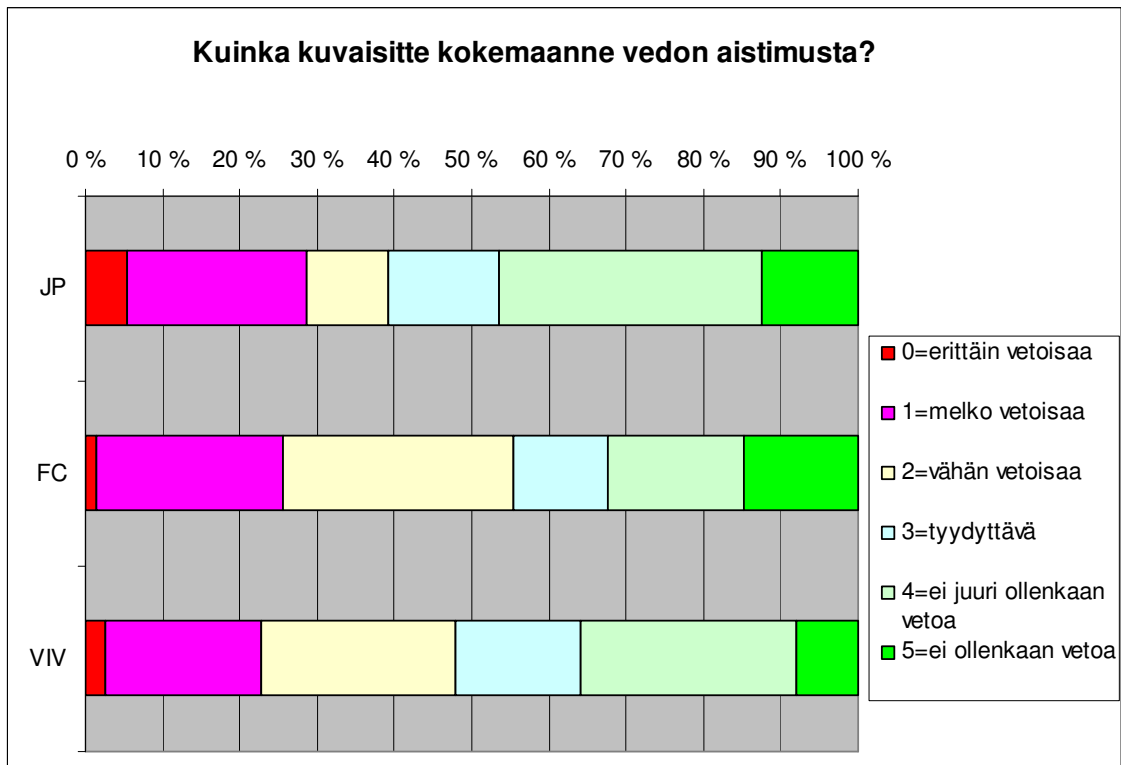


Kuva 16. Eri kohteiden tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Kuudenneksi selvitettiin kysymyksen ”Kuinka kuvaisitte kokemaanne vedon aistimusta?” vastauksia. Vastauksia tulkitaan pylväsdiagrammeista.

Vastausvaihtoehtoja oli 6. (Kuva 16.)

JP1-kohteessa on havaittavissa paljon enemmän vetoa kuin muissa JP-kohteissa (Kuva 16). Syitä voi olla lukuisia. Palkkityyppi voi olla erilainen, palkit voi olla suunniteltu tai asennettu virheellisesti, esim. palkit on asennettu seinän viereen ja tilanteen mukainen säätö on jätetty tekemättä ja palkista tuleva viileä ilma putoaa seinän kautta suoraan ihmisen päälle. Puhallussuunnat tai ilmamäärät voivat olla väärät. Tässä tutkimuksessa syitä ei varmasti tiedetä.



Kuva 17. Eri järjestelmien tuloksien vastauksien määrä prosentteina.

Useassa kohteessa raportoitiin, että vetoa tuntuu ikkunasta. Näitä kohteita olivat

- JP3
- FC2
- VIV1
- VIV2
- VIV3.

Pylväsdiagrammia (kuva 17) tulkitsemalla huomaa, että ihmiset kokevat joko paljon vetoa, tai sitten hyvin vähän vetoa. Tämä johtuu kysymyksen muotoilusta. Ihmiset joko kokevat vetoa tai sitten eivät. ”Tyydyttävä”-vaihtoehto on huono kuvailemaan koettua vetoa.

JP-järjestelmässä on eniten ”erittäin vetoisaa” -vastauksia ja yhtä paljon ”melko vetoisaa” -vastauksia kuin FC -järjestelmässä. Toisaalta JP-järjestelmässä on eniten ”ei juuri ollenkaan vetoa” -vastauksia ja toiseksi eniten ”ei ollenkaan

vetoa” -vastauksia. Tästä voisi mahdollisesti päätellä, että JP-kohteiden suunnittelussa tai säädössä on epäonnistuttu. Ihmiset voivat myös kokea kylmän ilman vetona, vaikka ilman nopeus on pieni.

Kuvaa 17 tulkitsemalla voidaan päätellä, että VIV-järjestelmä on vähiten vetoisa, koska siellä esiintyy vähiten negatiivisen ääripään vastauksia.

Toiseksi vähiten vetoa on FC-järjestelmässä, koska siinä on positiivisen ääripään vastauksia enemmän kuin JP-järjestelmässä, mutta vähemmän negatiivisen ääripään vastauksia kuin JP-järjestelmässä.

Useat vastaajat raportoivat, että vedon tunnetta aiheuttaa nimenomaan ikkunapenkillä sijaitseva puhallinkonvektori. Toisaalta ”ei ollenkaan vetoa” -vastauksia on FC-järjestelmässä eniten. Voidaan olettaa, että nämä vastaukset tulevat suurilta osin kohteiden keskialueilla työskenteleviltä ihmisiltä, jotka eivät ole ikkunapenkissä olevien puhallinkonvektoreiden lähellä. (Kuva 17.)

5.4 Virhemarginaali

Jokaiseen otantatutkimukseen sisältyy virhemahdollisuus. Riski on sitä suurempi, mitä pienemmästä otoksesta yritetään tehdä johtopäätöksiä. Tämän vuoksi otoskoko yritetään saada mahdollisimman suureksi. Suuren otoksen poimimisen esteenä ovat usein kustannukset, aika ja hallittavuus. Sitä paitsi otoskoon kasvattaminen hyvin suureksi ei enää sanottavasti lisää tuloksen tarkkuutta.

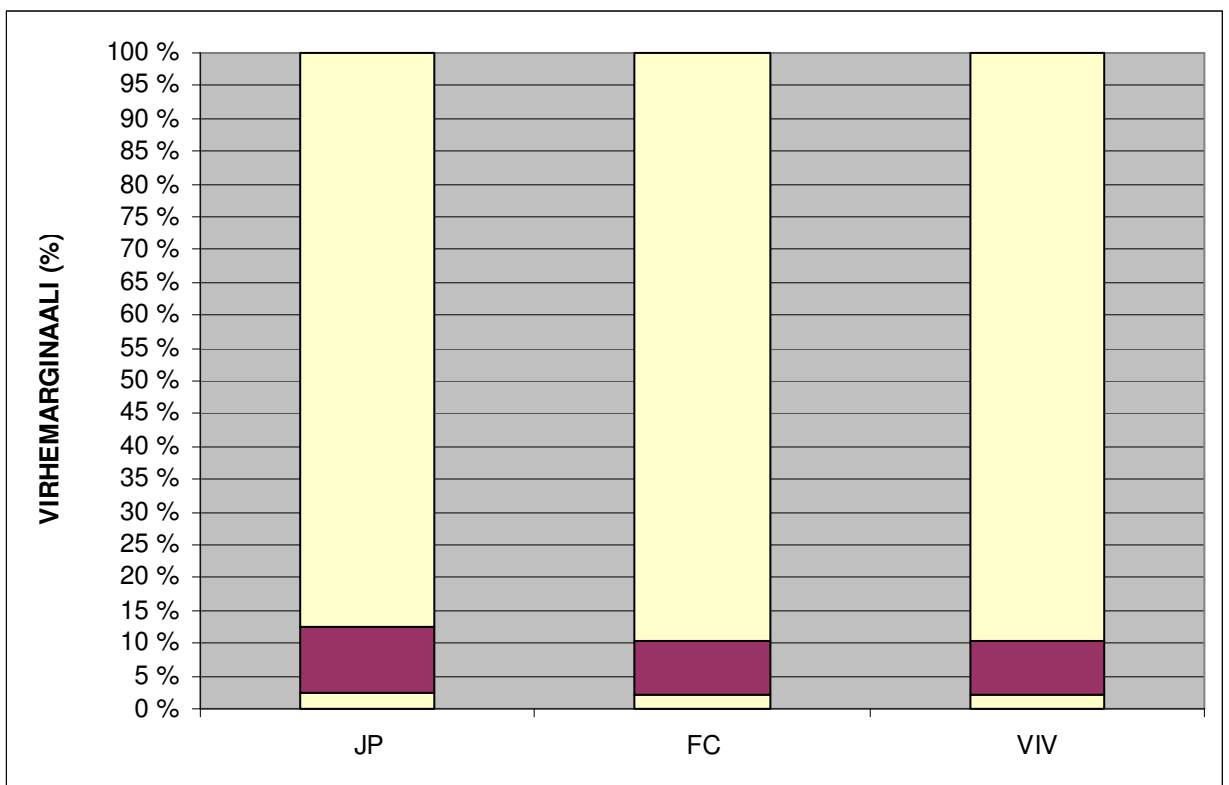
Liitteen 2 taulukossa on esitetty otoskoon vaikutus prosentiosuuksien virhemarginaaleihin. Taulukon luvut ovat prosenttiyksiköitä siten, että erehtymisriski on 5 %. (7)

FC-järjestelmän otoskoko oli 74, ja VIV-järjestelmän otoskoko 75. Nämä sijoitetaan liitteen 2 taulukossa otoskokoon ”75”.

JP-järjestelmän otoskoko oli 56. Tämä sijoitetaan liitteen 2 taulukossa otoskokoon "50". (Kuva 18.)

Kuvasta 18 selviää, että virhemarginaali on suurin JP-järjestelmässä. Tämä johtuu sen pienestä otoskoosta.

Ideaalitilanteessa olisi esimerkiksi voitu haastatella kaikkia kussakin kohteessa työskenteleviä ihmisiä, tällöin olisi kunkin kysymyksen virhemarginaali pudonnut dramaattisesti. Esimerkiksi jos jäähdytyspalkkijärjestelmästä olisi saatu 700 vastauksen otoskoko, olisi virhemarginaali ollut välillä 0,7 – 3,7 %. Nyt virhemarginaali JP-järjestelmän vastauksissa on 2,8 – 14,2 % ja virhemarginaali FC- ja VIV-järjestelmillä on 2,3 – 11,5 %.



Kuva 18. Graafi, jossa näkyy punaisella virhemarginaalialue järjestelmäkohtaisesti.

5.6 Järjestelmien paremmuusjärjestys

Järjestelmien paremmuusjärjestys ratkaistaan asettamalla kunkin kysymyksen tuloksista päätellen järjestelmät paremmuusjärjestykseen ja antamalla sijasta 1 kaksi pistettä, sijasta 2 yksi piste ja sijasta 3 nolla pistettä. (taulukko 5) Lopuksi lasketaan yhteen järjestelmien pistemäärät, jotka määräävät paremmuusjärjestyksen. (Taulukko 6.)

Taulukko 5. Järjestelmien paremmuusjärjestys kysymyskohtaisesti.

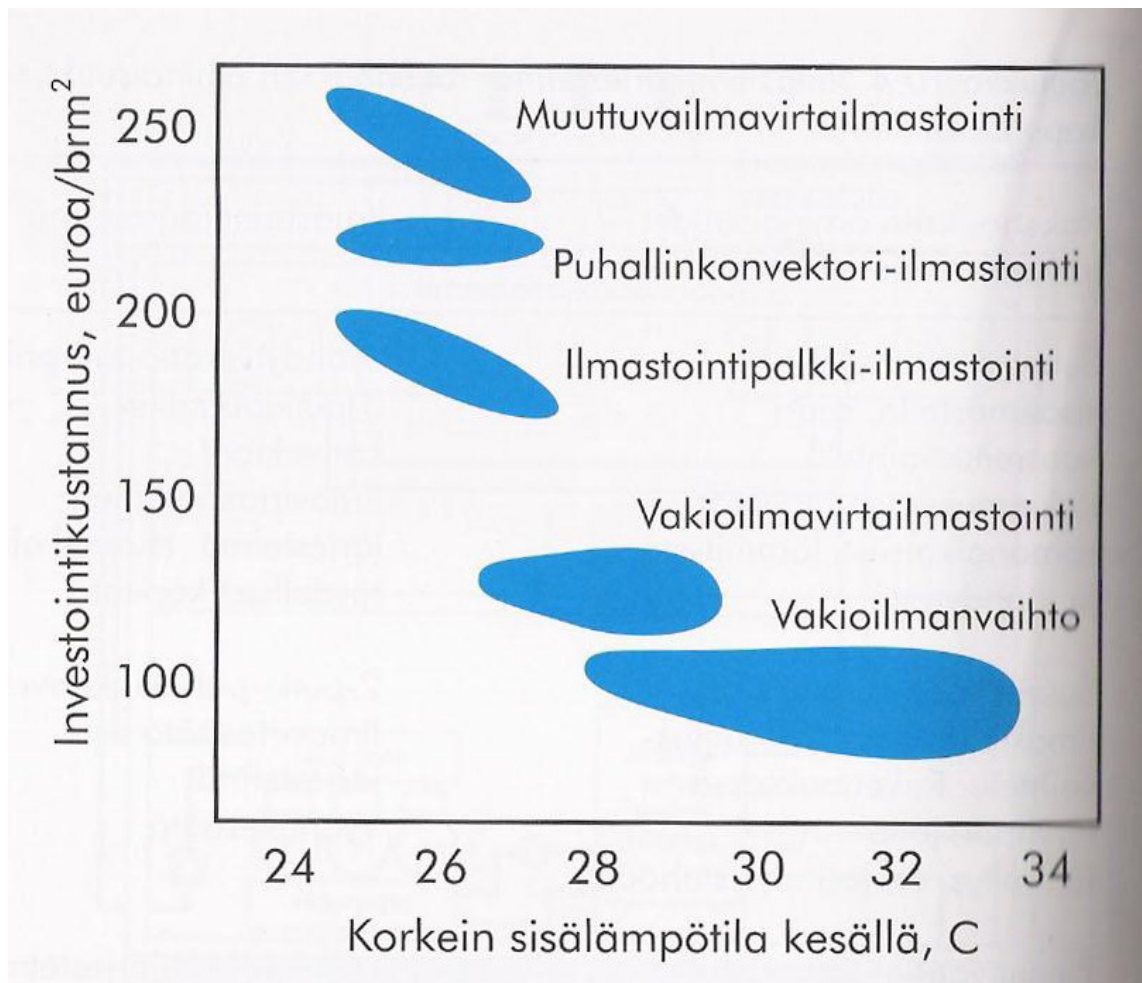
| | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| JP | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| FC | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| VIV | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 |

Taulukko 6. Järjestelmien paremmuusjärjestys pisteillä.

| Järjestelmä | Pisteytys |
|-------------|---------------|
| JP | $2+2+1+2+2=9$ |
| FC | $1+1+1+1=4$ |
| VIV | $2+1+2=5$ |

Kaiken kaikkiaan parhaimmaksi järjestelmäksi voi todeta tämän tutkimuksen perusteella jäädytyspalkkijärjestelmän. Toiseksi parhaimmaksi voi todeta vakioilmavirtajärjestelmän. Huonoin vaihtoehto näistä kolmesta on puhallinkonvektorijärjestelmä.

6 Investointikustannukset



Kuva 19. Ilmastointijärjestelmien suhteelliset hankintakustannukset ja niillä saavutettava alin kesäajan sisälämpötilan maksimiarvo (4).

Kuten kuvasta 19 näkyy on puhallinkonvektori-järjestelmä kallein työssä tutkituista järjestelmistä investointikustannuksiltaan. Jäähdytyspalkki-järjestelmä (kuvassa nimellä ilmastointipalkki-ilmastointi) on seuraavaksi kallein.

Vakioilmavirtailmastointi on huomattavasti halvempi investointikustannuksiltaan kuin JP- ja FC-järjestelmät, mutta silti menestyi tässä tutkimuksessa paremmin kuin tutkimuksen jumbosijaa pitävä puhallinkonvektori-järjestelmä. Halpuutensa vuoksi sitä ei kannata unohtaa suunnitteluvaihtoehtona.

Muuttuvilmavirtailmastointia ja vakioilmanvaihtoa ei työssä tutkittu.

Muuttuvilmavirtailmastointi on ilmamääräsäätöinen järjestelmä, jossa ilmamäärä ilmastoitavissa huonetiloissa muuttuu tarpeen mukaan.

Vakioilmanvaihdossa ei ole jäähdytystoimintoa.

7 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa tutkittiin kyselyllä käyttäjien kokemuksia eri ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmistä. Kyselyssä keskityttiin selvittämään tyytyväisyyttä kolmeen eri sisäilmasto-olosuhteeseen. Nämä olivat lämpötila, melu ja vedon tunne. Lämpötilaan liittyviä kysymyksiä oli 4, meluun liittyviä 1 ja vetoon liittyviä 1. Kysymyksen jälkeen oli myös vapaa tila sanalliselle osuudelle. Vastauksien perusteella tehtiin vertailu eri järjestelmien kesken. Vertailussa muodostettiin pylväsdiagrammeja, joista näkee vastausten prosentuaalisen osuuden. Pylväsdiagrammeja tulkitsemalla pystyi päättämään, mikä järjestelmä kussakin osa-alueessa oli paras, toiseksi paras ja huonoin. Vastausten perusteella muodostettiin pisteytys, jolla arvosteltiin järjestelmien paremmuusjärjestys.

Tässä tutkimuksessa ei tutkittu tarkastelun alla olleiden järjestelmien suunnittelua, huoltotoimenpiteitä, asennusta tai toteutusta.

Tutkimuksen perusteella jäähdytyspalkkijärjestelmän voidaan todeta olevan kaiken kaikkiaan paras järjestelmä tässä kyselyssä sekä paras järjestelmä lämpötilan tasaisuudessa työpisteellä, sopivan lämpötilan luomisessa kesällä, tasaisen lämpötilan luomisessa eri alueiden kesken ja meluttomuudessa.

Tässä kyselyssä vakioilmavirtajärjestelmä todettiin toiseksi parhaimmaksi järjestelmäksi sekä parhaimmaksi vedottomuudessa ja talvella sopivimman lämpötilan aikaansaavaksi järjestelmäksi. Investointikustannuksien halpuuden vuoksi ja tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan päätellä, että ainakin toimistotiloissa vakioilmavirtajärjestelmää ei kannata kokonaan unohtaa suunnitteluvaihtoehtona.

Puhallinkonvektorijärjestelmä todettiin tässä kyselyssä huonoimmaksi järjestelmäksi. Sen eduksi laskettakoon, että se on saanut kehuja käyttäjiltä yksilökohtaisen säädön ansiosta.

Lähteet

- 1 Pöyry. (WWW-dokumentti.) Pöyry Building services Oy.
<<http://www.buildingservices.poyry.fi/portal/suomi/>>. Luettu 28.11.2008.
- 2 Seuri, Markku ja Palomäki, Eero. Haasteellinen sisäilma. Tampere: Rakennustieto Oy, 2000.
- 3 Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Talotekniikka -Julkaisut Oy, 2004.
- 4 Seppänen, Olli ja Seppänen, Matti. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy, 2007.
- 5 LVI 05-10440 Sisäilmastoluokitus 2008.
- 6 Hytönen, Antero. Kiinteistöpäällikkö, Keva Oy, Helsinki.
Puhelinkeskustelu 10.10.2008.
- 7 Holopainen, Martti ja Pulkkinen, Pekka. Tilastolliset menetelmät. Porvoo: WSOY, 2006.
- 8 Markkanen, Seppo. Projektipäällikkö, Pöyry Building Services Oy, Espoo. Keskustelu 15.2.2009.

Kyselylomake

Kohde _____

1(2)

Tämän kyselylomakkeen tarkoituksena on selvittää työympäristönne sisäilmasto-olosuhteita ja tyytyväisyyttä työpaikallanne vallitseviin sisäilmasto-olosuhteisiin.

Palauttaisitteko tämän kyselylomakkeen täytettynä viimeistään _____

palautuslaatikkoon joka sijaitsee _____

Henkilötiedot

Nimi (ei välttämätön) _____

Sukupuoli _____

Pvm _____

Vastaukset numeroina asteikolla 0-5 tai 1-3.

Lämpötila

Lämpötila vaihtelee työpaikallanne

0 = erittäin paljon, 1 = melko paljon, 2 = melko vähän, 3 = vähän,

4 = erittäin vähän, 5 = ei ollenkaan

Vapaa sana: _____

Työpaikallanne on kesällä

1 = kylmä, 2 = sopiva, 3 = kuuma

Työpaikallanne on talvella

1 = kylmä, 2 = sopiva, 3 = kuuma

Vapaa sana: _____

Onko työpaikallanne tasainen lämpötila eri alueilla?

1 = ei, 2 = melko tasainen, 3 = on

Jos ei, niin missä lämpötilan vaihtelua esiintyy: _____

Liite 1: Kyselylomake

2(2)

Melu

LVI-järjestelmistä aiheutuvaa melua ovat: Erilaiset suhinat ja kohinat ilmanvaihdon pääte-elimistä, "mekaaninen" melu (kolina, rahina yms) ilmanvaihdon pääte-elimistä. Putkistoista ja säätö-venttiileistä lähtevä kohina, suhina tai ujellus.

Kuuletteko melua työpisteellänne?

1 = ei, 2 = vähän, 3 = paljon

Jos kuulet, osaatko arvioida mistä melu tulee?

Veto

Vedon tunnetta aiheuttaa esimerkiksi ilmanvaihdon pääte-elimistä ihmiseen osuva liian nopeasti liikkuva ilma sekä isot kylmät ikkunapinnat.

Kuinka kuvaisitte kokemaanne vedon aistimusta?

0 = erittäin vetoisaa, 1 = melko vetoisaa, 2 = vähän vetoisaa, 3 = tyydyttävä,
4 = ei juuri ollenkaan vetoa, 5 = ei ollenkaan vetoa

Missä vetoa tuntuu?

Kiitos ajastanne!

| % -osuus | Otoskoko | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 30 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1250 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
| 1 tai 99 | 3,7 | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| 2 tai 98 | 5,2 | 4,0 | 3,2 | 2,8 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| 3 tai 97 | 6,4 | 4,8 | 3,9 | 3,4 | 2,8 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| 4 tai 96 | 7,3 | 5,6 | 4,5 | 3,9 | 3,2 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| 5 tai 95 | 8,1 | 6,2 | 5,0 | 4,3 | 3,5 | 3,0 | 2,7 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| 6 tai 94 | 8,9 | 6,7 | 5,5 | 4,7 | 3,8 | 3,3 | 3,0 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,9 |
| 8 tai 92 | 10,1 | 7,7 | 6,2 | 5,4 | 4,4 | 3,8 | 3,4 | 3,1 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| 10 tai 90 | 11,2 | 8,5 | 6,9 | 6,0 | 4,8 | 4,2 | 3,7 | 3,4 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,1 |
| 12 tai 88 | 12,1 | 9,2 | 7,5 | 6,4 | 5,2 | 4,5 | 4,0 | 3,7 | 3,2 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 |
| 15 tai 85 | 13,3 | 10,1 | 8,2 | 7,1 | 5,8 | 5,0 | 4,4 | 4,1 | 3,5 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 2,5 | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 |
| 20 tai 80 | 14,9 | 11,4 | 9,2 | 7,9 | 6,5 | 5,6 | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,5 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,4 |
| 25 tai 75 | 16,1 | 12,3 | 10,0 | 8,6 | 7,0 | 6,0 | 5,4 | 4,9 | 4,3 | 3,8 | 3,5 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 |
| 30 tai 70 | 17,1 | 13,0 | 10,5 | 9,1 | 7,4 | 6,4 | 5,7 | 5,2 | 4,5 | 4,0 | 3,7 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,6 |
| 35 tai 65 | 17,8 | 13,5 | 11,0 | 9,5 | 7,7 | 6,7 | 5,9 | 5,4 | 4,7 | 4,2 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 2,1 | 1,9 | 1,7 |
| 40 tai 60 | 18,3 | 13,9 | 11,3 | 9,7 | 7,9 | 6,8 | 6,1 | 5,6 | 4,8 | 4,3 | 3,9 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,7 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 1,8 |
| 45 tai 55 | 18,6 | 14,1 | 11,4 | 9,9 | 8,0 | 6,9 | 6,2 | 5,7 | 4,9 | 4,4 | 4,0 | 3,7 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |
| 50 | 18,6 | 14,2 | 11,5 | 9,9 | 8,1 | 7,0 | 6,2 | 5,7 | 4,9 | 4,4 | 4,0 | 3,7 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 1,8 |

Virhemarginaalit prosenttisyksikköinä, kun erehtymisriski on 5 % (7).