

Samuli Kunnari

Tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä 2- tai 3-asentopelleillä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

7.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Samuli Kunnari Tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä 2- tai 3-asentopel- leillä 32 sivua + 3 liitettä 7.4.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	insinööri (AMK) Antti Pitkänen lehtori Seppo Innanen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää mikä on paras tapa toteuttaa tarpeenmukai- nen ilmanvaihtoratkaisu luokkahuoneeseen ja neuvotteluhuoneeseen sekä mikä on paras ratkaisu neuvotteluhuoneen jäähdytyksen toteuttamiseksi. Tilaajayritykselle laadittiin suun- nitteluohje ja mallipiirros niiden toteuttamisesta. Työssä vertailtiin eri teknisiä ratkaisuja, hin- toja ja kannattavuutta, joilla tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja neuvotteluhuoneen jäähdy- tyksen voi toteuttaa.</p> <p>Työssä perehdyttiin ilmanvaihdolle asetettuihin määräyksiin sekä Bevent Oy:n muuttuvail- mavirtasäätimiin, joihin suunnitteluohje perustuu. Pääasiassa selvitettiin IMS-peltien, 2- ja 3-asentopeltien toimintaa ja ominaisuuksia sekä, mitä niiden suunnittelussa tulee huomi- oida.</p> <p>Tässä työssä tarkasteltiin luokkahuoneeseen ja neuvotteluhuoneeseen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutus maksaa vähintään kaksi kertaa enemmän kuin vakioilmavirtaisen jär- jestelmän ja takaisinmaksuaika on yli sata vuotta. Luokkahuoneessa tarpeenmukainen il- manvaihto säästää 16 % energiaa vuodessa verrattuna vakioilmavirtaiseen ilmanvaihtoon ja neuvotteluhuoneessa säästöä kertyy 14 % vuodessa.</p> <p>Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan kuitenkin tarpeenmukainen ilman- vaihto täytyy toteuttaa luokkahuoneisiin sekä neuvotteluhuoneisiin, jos niitä on rakennuk- sessa kolme tai useampi.</p> <p>Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohjeen mukaan ilman- vaihdon täytyy perustua läsnäolo-ohjaukseen tai tarpeenmukaisuuteen, jos tiloissa on enemmän kuin kaksi henkilöä, kuten neuvotteluhuoneet ja luokkahuoneet.</p>	
Avainsanat	tarpeenmukainen, ilmanvaihto, LVI

Author Title	Samuli Kunnari Demand controlled ventilation with 2- or 3-stance dampers
Number of Pages Date	32 pages + 3 appendices 7 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Antti Pitkänen, Bachelor of Engineering Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The goal for this Bachelor's thesis was to determine the best way to implement demand controlled ventilation to classrooms and meeting rooms, as well as to identify the best way to implement a cooling system for meeting rooms. The commissioner of the final year project received a design model and written instructions on how to implement demand controlled ventilation for example rooms.</p> <p>The focus was on the norms and regulations for ventilation and how to meet them. The thesis also included calculations for cost-effectiveness and payback times for various systems. The main focus of the thesis was on variable air flow dampers, 2- and 3-stance dampers and their features, and what to consider when using them.</p> <p>The design model and written guide were created to help and hasten the work of HVAC designers of the company. It was concluded that the demand controlled ventilation system of the example rooms saves about 14 – 16 % energy in a year compared to a constant air flow system. However, the cost of the demand controlled ventilation systems was more than double compared to a constant air flow system, and the payback time was over a hundred years.</p>	
Keywords	HVAC, ventilation, demand controlled ventilation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tarpeenmukainen ilmanvaihto ja muuttuvan ilmavirran järjestelmä	1
2.1	Säätölaitteet	3
2.1.1	IMS-pelti	3
2.1.2	2-asentopelti	5
2.1.3	3-asentopelti	7
2.1.4	Vakiopainesäädin	8
2.2	Käyttökohteet	9
3	Määräykset ja ohjeet	10
3.1	Määräykset	10
3.2	Ohjeet	12
3.3	Sisäilmaluokitus	13
4	Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon suunnittelunäkökulmat	14
4.1	Hankintahintojen vertailu	15
4.2	Energian kulutus	16
4.3	Kannattavuus	27
4.3.1	Luokkahuone	27
4.3.2	Neuvotteluhuone	28
4.4	Huollettavuus	29
4.5	Automaatio	29
5	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

Liitteet

Liite 1. Suunnitteluohje ja mallipiirustus

Liite 2. Rakennusosa-arvioiden yhteenvedot

Liite 3. Laskentapalvelut.fi raportit

Lyhenteet

D2	Rakentamismääräyskokoelman osa; Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto
MagiCAD	Suomalaisen Progman Oy:n kehittämä suunnitteluohjelmisto, jota käytetään insinööritoimistoissa muun muassa lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmanvaihto- sekä jäähdytysjärjestelmiä suunniteltaessa.
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
VAV	Variable air volume. Muuttuvan ilmavirran järjestelmä

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on vertailla eri teknisiä ratkaisuja, niiden hintoja ja kannattavuutta sekä sitä, miten voidaan ja miten kannattaa toteuttaa tarpeenmukainen ilmanvaihto. Lisäksi on tarkoitus laatia mallipiirustus ja suunnitteluohje yrityksen sisäiseen käyttöön liittyen neuvottelu- ja luokkahuoneeseen toteutettavasta ilmanvaihdosta.

Työn toimeksiantajana on Insinööritoimisto Äyräväinen Oy, joka on erikoistunut mm. hotellien, koulujen, päiväkotien, toimistorakennusten ja maanalaisten turvatilojen LVIAJ-korjausrakennussuunnitteluun. Myös uudisrakennusten LVIAJ-suunnittelu ja talotekninen konsultointi kuuluvat yrityksen toimenkuvaan. Yritys on toiminut vuodesta 1972 lähtien. Se työllistää 32 henkilöä, ja sillä on toimisto Helsingissä sekä sisaryritys Rovaniemellä. [1.]

Nykyään rakennuksista halutaan yhä enemmän energiaa säästäviä ja tarpeenmukainen ilmanvaihto tulee yleistymään yhä enemmän. Suunnittelijan täytyy osata suunnitella tarpeenmukainen ilmanvaihto ja muuttuvan ilmavirran järjestelmä (VAV).

Insinööriyö on tarkoitettu Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:n sisäiseen käyttöön auttamaan tarpeenmukaisen ilmanvaihdon suunnittelussa. Suunnitteluohjeen on tarkoitus yhtenäistää eri suunnittelijoiden tapoja toteuttaa tarpeenmukainen ilmanvaihto sekä antaa tarvittava tekninen tietämys suunnittelua ja laitevalintoja varten. Suunnitteluohjetta voi käyttää esimerkiksi koulurakennuksien ja toimistorakennuksien saneerauksien uudis- ja perusparannuskohteiden suunnittelussa.

2 Tarpeenmukainen ilmanvaihto ja muuttuvan ilmavirran järjestelmä

Tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla varustetuissa rakennuksissa tai tiloissa ilmanvaihtoa voidaan ohjata esimerkiksi lämpötilan, hiilidioksidipitoisuuden, kosteuden ja/tai läsnäolon mukaan [4, s. 18].

Tarpeenmukainen ilmanvaihto toteutetaan muuttuvan ilmavirran (VAV) eli ilmamääräsäätteisellä (IMS) järjestelmällä. Yleensä se on huonekohtainen, jolloin jokaisessa tilassa on oma ilmavirran säätö. Suositeltuja käyttökohteita ovat sellaiset tilat, jotka eivät

ole koko ajan käytössä, vaan käyttö on hajanaista. Hyviä esimerkkejä tällaisista tiloista ovat neuvotteluhuoneet ja luokkahuoneet, joihin tämä insinööriytyö pääasiassa painottuu. [5, s. 301.]

Jos yksi tulo- ja poistoilmakone palvelee yhtä isoa tilaa (mm. koulujen liikuntasalit), voi ilmavirran säätö olla konekohtainen, eikä silloin tarvita erillisiä ilmavirtasäätimiä kanavistoon. Koneita voidaan ajaa suoraan esimerkiksi tilan lämpötilan mukaan tai, jos tiedetään kuormituksen aikataulu, voidaan helposti laatia koneille aikaohjelmat, milloin ne ovat päällä. [5, s. 301.]

Muuttuvan ilmavirran järjestelmän periaatteena on pyrkiä pitämään kanaviston staattinen paine vakiona ja mahdollisimman matalana, jolloin puhaltimen ei tarvitset käydä ylisuurilla kierroksilla, mikä säästää sähköä. Jokaisella tilaan tulevalla kanava haaralla tulee olla oma säätölaitteensa, jonka takana voi olla useampi päätelaite. Painesäätimiä asennetaan esimerkiksi kerros- tai aluekohtaisesti, ja ne pitävät kanavistossa pysyvää staattista painetta suhteessa rakennuksessa vallitsevaan paineeseen, mikä parantaa säätötulosta. Ilmastointikoneen puhallinta säädetään taajuusmuuttajalla, tai jos käytössä on EC-moottori, siinä on oma ohjauselektronikka, eikä silloin tarvita taajuusmuuttajia. [5, s. 301.]

Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon hyödyt:

- säästää energiaa
- pitää sisäilman laadun aina tarpeenmukaisena
- vähentää käyttöaikana tiloissa oleskelevien terveyshaittaa [13, s. 3].

Huonot puolet:

- hinta
- vaatii enemmän huoltoa
- mahdollisesti pitkä takaisinmaksuaika.

2.1 Säätolaitteet

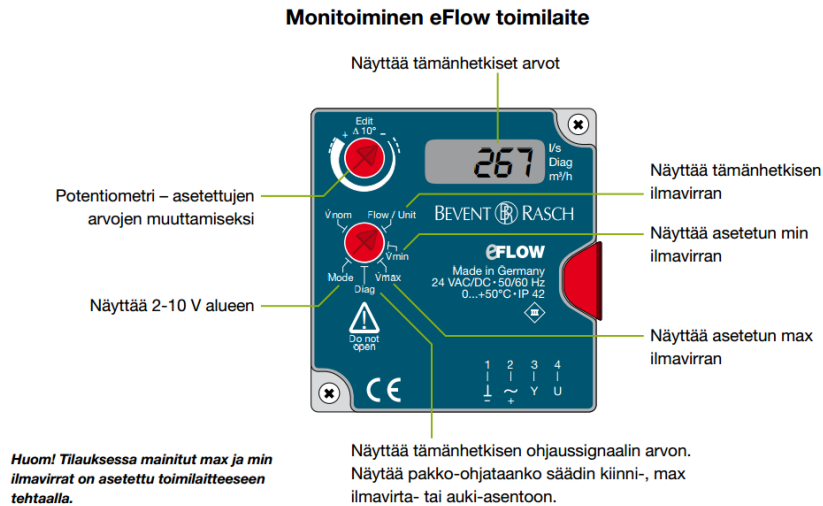
Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon voi toteuttaa erilaisilla säätolaitteilla. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi Bevent Oy:n valmistamia tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutukseen käytettäviä laitteita ja käydään yleisesti läpi niiden ominaisuuksia ja rakennetta sekä hyviä ja huonoja puolia. Kaikki Bevent Oy:n pellit on varustettu Belimon tai Grunerin toimilaitteilla ja elektroniikalla ja niitä ohjataan 0–10 V -ohjaussignaalilla. [7]. Myös muilla valmistajilla on vastaavanlaisia tuotteita.

2.1.1 IMS-pelti

Kuvassa 1 on Bevent Oy:n BVAVd-LD-ilmavirtasäädin, joka on varustettu Grunerin eFLOW-toimilaitteella (kuva 2). eFLOW-toimilaite sisältää säätimen, paineanturin ja digitaalisen näyttön, josta näkee jatkuvan ilmavirran. Säätimen toiminta-alue alkaa virtausnopeudesta 1,5 m/s, joka mahdollistaa yhä pienemmän minimi-ilmavirran asettamisen. Säätimessä on myös pakko-ohjaustoiminto, jolla voidaan erillisellä katkaisintoiminnolla ajaa pelti täysin auki- tai täysin kiinni asentoon. Säätimeen voidaan valita joko tehtaalla valmiiksi asetetut minimi- ja maksimi-ilmavirrat tai ne voidaan asettaa asennuskohteessa jälkepäin. Paineanturi mittaa läpivirtaavan ilmavirran paine-eroa ja säätää pellin asentoa sen mukaan. [3.]



Kuva 1. Ilmavirtasäädin, Bevent Oy [3].



Kuva 2. eFLOW-toimilaite, Bevent Oy [3].

Tässä mallissa on myös integroitu äänenvaimennin, ja sen voi asentaa kanavistoon ilman suojaetäisyyttä, mikä helpottaa suunnittelua ja säästää tilaa. Säädintä voidaan ohjata esim. VAK:sta tai huonesäätimestä. [3.]

Säätimellä on seuraavia hyviä puolia:

- toimii pienillä ilmavirroilla
- jatkuva ilmavirran näyttö
- ei vaadi suojaetäisyyttä asennettaessa
- integroitu äänenvaimennin
- moottori ja pelti ovat pitkäikäisiä
- kanavapaineesta riippumaton.

Säätimellä on seuraavia huonoja puolia:

- kallis
- mittausanturi menee vuosien kuluttua tukkoon, varsinkin poistupuolella
- vaatii huoltoa

- mittausanturin tukkeutuminen, ilmavirta ei pysy suunnitellussa arvossa
- huolto kuuluu ilmanvaihdon ammattilaiselle, ei huoltomielelle
- monimutkainen järjestelmä, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa.

2.1.2 2-asentopelti

BVAFC on Bevent Oy:n 2-asentopelti (kuva 3), johon määritellään pellin minimi- ja maksimiasento, joka vastaa minimi- ja maksimi-ilmavirtoja. Esimerkiksi kun tilassa ei ole kuormitusta, pelti menee minimiasentoon, joka laskee ilmavirran säästäten energiaa, ja kun kuormitus kasvaa pelti menee maksimiasentoon, joka vastaa tilan normaalia ilmavirtaa. Peltiä voidaan ohjata on/off-katkaisijan, läsnäoloanturin, huoneen lämpötilan tai hiilidioksidipitoisuuden mukaan. Tätä peltiä käytettäessä tulee käyttää myös äänenvaimenninta, koska tässä ei ole integroitua äänenvaimenninta kuten IMS-pellissä. Myös suojaetäisyys on huomioitava, joka on 2 x kanavan halkaisijan pituinen (kuva 4). Lisäksi tulee käyttää vakiopainesäädintä, koska kanavapaine vaikuttaa ilmamääriin. [3.]



Kuva 3. 2-asentopelti, Bevent Oy [3].

Asennus

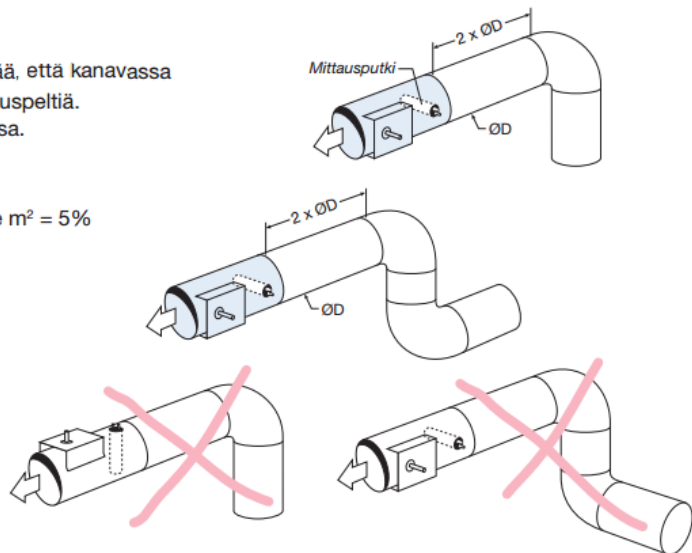
Luotettava ilmavirran mittaus edellyttää, että kanavassa on riittävä suojaetäisyys ennen tehostuspeltiä. Min. suojaetäisyydet on esitetty kuvissa.

$\varnothing D$ = kanavan halkaisija.

Ilmavirran mittauksen menetelmävirhe $m^2 = 5\%$

Huom !

- Mittausputki asennettava 90° kulmaan käyrän jälkeen.
- Mittausputkea ei saa asentaa kahden käyrän jälkeen, jotka ovat asennettu 90° kulmaan toisiinsa nähden (nk. avaruuskulma)
- Puhdistettava yksikkö kiinnitetään kanavaan asennuspannoilla.



Kuva 4. Suojaetäisyys [3].

Pellillä on seuraavia hyviä puolia:

- edullisuus
- yksinkertainen järjestelmä
- ei vaadi VAK
- huoltovapaa
- pitkäikäisyys
- toimintavarmuus.

Pellillä on seuraavia huonoja puolia:

- tilantarve
- vain kaksi ilmavirran asentoa
- kanavapaine vaikuttaa ilmamäärään.

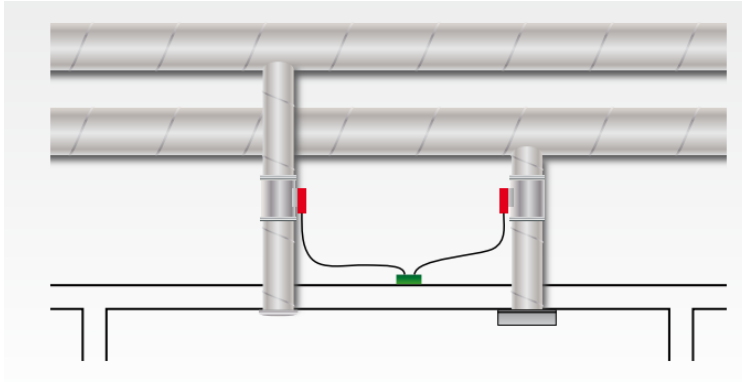
2.1.3 3-asentopelti

3-asentopelti toteutetaan Bevent Oy:n TRIP-tasosäätimellä (kuva 5). 3-asentopelti toimii vastaavalla tavalla kuin 2-asentopelti, mutta siinä on yksi ylimääräinen pellin asento ja sen voi erillisellä käsitoiminnolla ajaa kokonaan kiinniasentoon esimerkiksi VAK:n kautta, jota voidaan pitää neljäntenä asentona. Pelti voidaan asettaa esimerkiksi poissa- läsnä- ja tehostusasentoihin. Poissa-asennossa pelti menee minimiasentoon, läsnä-asennossa pelti on normaalin ilmavirran asennossa ja tehostusasennossa pelti aukeaa enemmän, kun kuormitus on isoimmillaan. [3.]

TRIP-tasosäätimellä voidaan ohjata kaikkia peltejä, joissa on 24 V -toimilaite ja 0–10 V –ohjaus , kuten BVAVd-LD ja BVAFC. Yksi TRIP-tasosäädin voi ohjata yhteensä kahta tuloilmapeltiä ja kahta poistoilmapeltiä samaan aikaan, mutta kaikkien peltien tulee palvella samaa tilaa. Kuvassa 6 on esimerkkiasennus TRIP-tasosäätimellä. Edullisimman ja yksinkertaisimman järjestelmän saa käyttämällä BVAFC-peltiä ja TRIP-tasosäädintä. [3.]



Kuva 5. TRIP-tasosäädin, Bevent Oy [3].



Kuva 6. Esimerkkiasennus TRIP-tasosäätimellä [3].

Pellillä on seuraavia hyviä puolia:

- edullisuus
- 3 eri pellin asentoa
- mahdollisuus ajaa pelti kokonaan kiinni
- yksinkertainen järjestelmä
- ei vaadi VAK
- huoltovapaa
- toimintavarmuus.

Pellillä on seuraava huono puoli:

- tilantarve.

2.1.4 Vakiopainesäädin

Vakiopainesäätimen (kuva 7) tehtävä on pitää kanavistossa kanavapaine vakiona. Säädin muodostuu säätöosasta ja paineanturista. Paineanturi on asennettava pystysuoraan, koska se on tehtaalla kalibroitu pystysuorassa asennossa. Jälkiasetus asennuspaikalla on myös mahdollista, jos pystysuoraan asentaminen ei ole mahdollista. Paineanturin valinnasta riippuen nominaalipaine on 100, 300 tai 600 Pa. Säätimen potentiometrissä ase-

tetaan haluttu oloarvo, joka voi olla esimerkiksi 30–100 % nominaalipaineesta. Vakiopainesäätimen voi myös etäsäätää VAK:sta käyttäen 0–10 V -oloarvosignaalia. Vakiopainesäätimien lukumäärä kanavistossa vaihtelee kanaviston muodon vuoksi. Yksinkertaisessa ja pienemmässä kanavistossa riittää vain yksi säädin, kun taas monimutkaisessa ja isoissa kanavistoissa vaaditaan usempia säätimiä. Jos rakennuksessa on useita kerroksia tai lohkoja on silloin suositeltavaa asentaa jokaiseen kerrokseen tai lohkoon oma vakiopainesäädin. [3.]



Kuva 7. Vakiopainesäädin BVAP-1, Bevent Oy [3].

2.2 Käyttökohteet

Tarpeenmukainen ilmanvaihto soveltuu parhaiten sellaisiin tiloihin, joissa kuormitus tai käyttö vaihtelee paljon. Esimerkkituloja, joihin tarpeenmukainen ilmanvaihto kannattaisi toteuttaa, voisi olla neuvotteluhuoneet, luokahuoneet, hotellien kabinettitilat ja auditoriot. [8.]

3 Määräykset ja ohjeet

Tarpeenmukaiselle ilmanvaihdolle ei ole suoranaisia määräyksiä, mutta sellaista suunnitellessa on kuitenkin huomioitava seuraavat määräykset ja ohjeet, jotka pätevät kaikkien rakennuksen ilmanvaihtoon.

3.1 Määräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto kohdan 2.1.1 mukaan:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto [2, s. 5].

Tämä määräys täytetään käyttämällä D2:n liitteessä 1 olevia eri rakennustyypeille ja eri tiloille olevia vähimmäisilmamääriä. Esimerkiksi opetustiloissa on oltava vähintään 6 (dm³/s)/hlö tai 3 (dm³/s)/m² tuloilmaa. Ensisijaisesti ilmamäärä mitoitetaan henkilökuorituksen perusteella, mutta jos ei ole tietoa henkilömääristä, voidaan käyttää pinta-alaan perustuvaa mitoitusta.

Kohdan 2.3.1 mukaan:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja [2, s. 7].

Täytetään samoilla toimenpiteillä kuin määräys 2.1.1

Kohdan 2.3.2 mukaan:

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa. [2, s. 7–8.]

Täytetään samoilla toimenpiteillä kuin määräys 2.1.1

Kohdan 3.1.1 mukaan:

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle [2, s. 9].

Jo suunnitteluvaiheessa on tiedettävä rakennuksen käyttötarkoitus, jotta osataan suunnitella ilmanvaihto oikein. Rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen ilmanvaihdon toteutukseen on paljon erilaisia tapoja.

Kohdan 3.2.1 mukaan:

Huonetiloissa tulee olla ilmanvaihto, jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu [2, s. 10].

Jokaisessa huonetilassa täytyy olla vähintään tulo- tai poistoilmalaite, jotta saavutetaan hyvä sisäilman laatu.

Kohdan 3.6.1 mukaan:

Tuloilma on johdettava huonetiloihin siten, että ilma virtaa koko oleskeluvyöhykkeelle vedottomasti ja poistaa tehokkaasti huonetilassa syntyvät epäpuhtaudet käyttöaikana. Likaantunut ilma ei saa palautua haitallisessa määrin takaisin oleskeluvyöhykkeelle. [2, s. 14.]

On varmistettava, että tilaan puhallettu tuloilma kulkeutuu koko oleskeluvyöhykkeelle ja kuljettaa epäpuhtaudet poistoilmalaitteille. Tuloilman virtausnopeus ei saa olla liian suuri, eikä heittopituus saa olla liian lyhyt, muuten ilma aiheuttaa herkästi vedon tunnetta.

Kohdan 4.1.1 mukaan:

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tehokkaalle energiankäytölle. Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta. [2, s. 22.]

Hyvän energiankäytön edellytyksiä on toiminta-aikojen ryhmittely, tarpeenmukainen ilmanvaihdon ohjaus, poistoilman lämmöntalteenotto, kanavistojen ja kammioiden lämmöneristäminen, tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho ei saa olla yleensä yli 2,0 kW/(m³/s). [4, s. 15.]

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 8 §:n [13] mukaan:

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa. [13, s. 3.]

3.2 Ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto kohdan 2.3.1.1 mukaan:

Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m³ (1200 ppm) [2, s. 7].

Käyttämällä D2:n liitteen 1 vähimmäisilmamääriä pysytään tilan maksimikuormitustilanteessa alle arvon 1200 ppm, joka vastaa sisäilmaluokkaa S3.

Kohdan 3.2.3.3 mukaan:

Muun kuin asuinrakennuksen ilmanvaihto suunnitellaan ja rakennetaan siten, että käyttöajan ulkopuolella rakennuksen ulkoilmavirta on vähintään 0,15 (dm³/s)/m², joka vastaa ilmanvaihtokerrointa 0,2 1/h huoneessa, jonka vapaa korkeus on 2,5 m. Käyttöajan ulkopuolella voidaan ilmanvaihto toteuttaa pitämällä hygieniatilojen ilmanvaihtoa jatkuvasti käynnissä tai ilmanvaihdon jaksottaisella käytöllä. [2, s. 10–11.]

Tämän kohta täytetään helposti ajamalla tarpeenmukaista ilmanvaihtoa minimi-ilmavirralla, jolloin vältetään rakennuksen tulemistä alipaineiseksi, kun ei tarvitse pitää hygieniatilojen poistoa päällä yksinään sekä rakennuksessa vaihtuu ilma tasaisesti koko ajan toisin kuin jaksottaisella käytöllä.

D2:n liitteen 1 mukaan:

Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus on yleensä toteutettava vähintään niissä tiloissa, joiden henkilö- tai epäpuhtauskuormitus vaihtelee merkittävästi [2, s. 24].

Tämä kohta voidaan tulkita rakennusvalvonnassa niin, että neuvotteluhuoneessa ei voida käyttää vakioilmavirtaista järjestelmää ollenkaan johtuen tilan henkilökuormituksen vaihtelevuudesta.

D2:n liitteen 1 mukaan:

Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan [2, s. 26].

Tämä tarkoittaa, että monessa toimistorakennuksessa täytyy toteuttaa tarpeenmukainen ilmanvaihto ainakin neuvotteluhuoneisiin.

D2:n liitteen 1 mukaan opetustilojen, luentosalien ja ryhmätyötilojen ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan [2, s. 26].

Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamissuunnitelman mukaan:

Ilmavirrat mitoitetaan SRMK D2:n mukaan huomioiden sisäiset kuormat. Opetus- ja päivähoitotiloissa ei käytetä jäähdytystä. ATK-luokat ja kouluisännän tila jäähdytetään tarpeen mukaan. Järjestelmä tulee suunnitella niin joustavaksi kuin mahdollista huomioiden eri tilojen erilaiset käyttötarpeet ja käyttöajat. Tämä tarkoittaa sitä, että kojeiden lukumäärä voi olla perinteistä suurempi. Järjestelmien tulee pääasiassa perustua läsnäolo-ohjaukseen ja tarpeenmukaisuuteen (ilman laatu) ainakin tiloissa, joissa toimii enemmän kuin kaksi henkilöä (esim. neuvotteluhuoneet, lasten päiväkotien ryhmätilat, oppilaitosten luokat). [14, s. 8.]

Tämä tarkoittaa, että Helsingin kaupungin kohteissa neuvotteluhuoneissa ja luokkahuoneissa täytyy olla tarpeenmukainen ilmanvaihto.

3.3 Sisäilmaluokitus

Sisäilmastoluokituksessa on määritetty ilmanvaihdolle kolme eri tasoa: S1, S2 ja S3. S3-luokitus vastaa D2:n mukaisia määräyksiä, kun taas S2 ja S1 ovat vaativampia. S1 on paras luokitus, johon päästäkseen on täytettävä tiukemmat lämpötila, ilmavirta ja ääniarvot. Sisäilmastoluokituksessa on myös määritetty puhtaudelle vastaavasti luokitukset P1 ja P2. [9, s. 4–5.]

LVI-suunnitelmissa viitattaessa sisäilmaluokitukseen on määriteltävä tarkasti mihin osa-alueeseen viitataan. Esimerkiksi sisäilmastoluokka S2 (äänitaso), S2 (lämpötila), S3 (ilmanpuhtaus).

4 Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon suunnittelunäkökulmat

Ilmavirtasäätimiä tai peltejä valittaessa on huomioitava päätelaitteiden säädettävyyys ja heittopituudet sekä kanavapaineet. Pienemmillä ilmavirroilla varsinkin heittopituudet voivat jäädä liian lyhyiksi ja ilma tippua liian aikaisin, mikä johtaa herkästi vedon tuntumiseen tilassa. [8.]

Jos ilmanvaihtokonetta palvelevissa tiloissa on kaikissa tai suuressa osassa tarpeenmukainen ilmanvaihto, voidaan ilmanvaihtokoneen ilmavirta mitoittaa hieman pienemmäksi, mutta tällöin on varmistettava, ettei suunniteltua ilmavirtaa ylitetä käytännössä koskaan. [5, s. 301].

Huonelämpötila-antureita suunnitellessa on otettava huomioon niiden sijainti. Ne tulisi asentaa noin 1,5 metrin korkeuteen sisäseinälle mahdollisimman hyvin keskimääräistä oleskelualueita vastaavaan kohtaan. Ulkoseiniä, ikkunoita, lämmitys- ja jäähdytyslaitteita sekä suoraa auringonpaistetta tulisi välttää. [5, s. 349.]

Huonesäätimet on hyvä sijoittaa lähelle ovia tai kulkuväylän varrelle.

Läsnäoloilmaisimissa on otettava huomioon, että ne reagoivat huoneessa oleviin henkilöihin, vaikka henkilöt eivät liikkuisi. Ilmaisimen tulisi kattaa koko huonetila ja suurissa tiloissa täytyy käyttää useampaa kuin yhtä läsnäoloilmaisinta. [5, s. 349.]

Lämpötilan säätö täytyy toteuttaa niin, ettei lämmitys- ja jäähdytyspatterit ole samaan aikaan päällä. Sen voi toteuttaa esimerkiksi käyttämällä eroaluetta lämmityksen ja jäähdytyksen välissä. Yleensä eroalue on 3 °C, sillä sisäilmastoluokituksen luokan S2 lämpötilan tavoitearvo on 21,5 °C ja jäähdytyksen tavoitearvo on 24,5 °C. Toinen vaihtoehto on käyttää sarjasäätöä. [5, s. 303; 9, s. 13.]

Säätölaitteiden tuottama melu on huomioitava lisäämällä aina äänenvaimentimet säätölaitteiden jälkeen. Säätölaitteita ei koskaan asenneta huonetilaan vaan aina esim. käytävän puolelle, koska säätölaitteista lähtevää säteilyääntä ei pelkkä äänenvaimennin kanavassa estä. [7.]

Säätölaitteiden sijainteja suunnitellessa tulee huomioida niiden huollettavuus ja vaihdettavuus [7].

Asennetaan äänieriste kanavaan huoneen seinän ja äänenvaimentimen välille, jotta huoneen äänet eivät kuulu sen ulkopuolelle eikä huoneeseen kuulu seinän toiselta puolelta äänet.

Mitä monimutkaisempi järjestelmä, sitä vaikeampi se on toteuttaa ja saada toimimaan halutulla tavalla. Yksinkertainen järjestelmä on toimintavarmempi ja vaatii vähemmän huoltoa ja käyttäjien osaamista. [8.]

4.1 Hankintahintojen vertailu

Tässä työssä tehtiin neljä erilaista esimerkkiratkaisua luokkahuoneen sekä neuvotteluhuoneen ilmanvaihdon toteutuksesta. Esimerkkiratkaisut on jaettu seuraavasti:

- Tapaus A: vakioilmavirtajärjestelmä
- Tapaus B: IMS-järjestelmä
- Tapaus C: 2-asentopeltijärjestelmä
- Tapaus D: 3-asentopeltijärjestelmä.

Lisäksi neuvotteluhuoneessa on toteutettu jäähdytys jäähdyttämällä tuloilma, lisäämällä erillinen puhallinkonvektori ja lisäilma, jossa tilaan lisättiin ylimääräinen tulo- ja poistoilmalaite. Nämä esimerkkiratkaisut on jaettu seuraavasti:

- Tapaus E: puhallinkonvektori
- Tapaus F: lisäilma
- Tapaus G: jäähdytys ilmalla.

Esimerkkitapauksissa käytettiin luvussa 2 esiteltyjä laitteita, ja niiden hinnat ovat Bevent Oy:n listahintoja ilman arvonlisäveroa. Hinnat sisältävät ilmanvaihtotyöt sekä rakennusautomaation. Esimerkkitapauksien rakennusosa-arvion teki insinööritoimisto Äyräväinen Oy:n yhteistyökumppani Hanar Ky:n Pekka Saarnio.

Kaikkien tapauksien yhteenveto on luvussa 4.3 Kannattavuus ja rakennusosa-arviot on liitteessä 2.

4.2 Energian kulutus

Energian kulutuksen laskennassa tarpeenmukainen ilmanvaihto kohta sisältää tapaukset B, C ja D, koska niistä kaikista tulee hyvin samanlaiset tulokset. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon viikon keskimääräinen kokonaisilmavirta laskettiin käyttäen Laskentapalvelut.fi-sivustoa [6.], jossa lähtötietoina käytettiin seuraavia arvoja:

Luokkahuone:

- Pinta-ala 64 m²
- Huoneen korkeus 3 m
- Henkilömäärä 34 hlö
- Henkilötiheys 0,398 hlö/m²
- Käyttöajan maksimi-ilmavirta 3 l/s/m²
- Käyttöajan minimi-ilmavirta 1,1 l/s/m²
- Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta 0,15 l/s/m²
- Käyttöaika päivää viikossa 5
- Käyttöaika tuntia päivässä 5.

Laskennan tulokseksi saatiin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon viikon keskimääräinen ilmavirta 41 l/s tai 0,6 l/s/m². Liitteessä 3 on Laskentapalveluista saatu raportti.

Luokkahuoneen koko ja henkilömäärä valittiin yrityksen edellisiä vastaavanlaisia hankkeita apuna käyttäen. Syötettävässä henkilötiheyden arvossa täytyi ottaa huomioon välitunnit, eli jokaista 45 minuutin oppituntia kohti on 15 minuutin tauko. Syötettävä henkilötiheyden arvo saatiin laskemalla $\frac{5 \text{ h} \cdot 45 \text{ min}}{5 \text{ h} \cdot 60 \text{ min}} * \frac{34 \text{ hlö}}{64 \text{ m}^2} = 0,398 \text{ hlö/m}^2$. Maksimi-ilmavirta D2:n liitteen 1 mukaan. Minimi-ilmavirta tulee luvun 2 laitteiden minimi-ilmavirran mukaan, huomioiden kuitenkin ilmanvaihtokerroin 0,5 1/h, jolla tarkoitetaan, että huoneen ilman täytyy vaihtua vähintään kerran kahdessa tunnissa. Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta 0,15 l/s/m² on määritetty D2:n kohdassa 3.2.3.3. Käyttöaika päivää viikossa on D3:n kohdan 3.3 taulukon 3 mukaan. Käyttöaika tuntia päivässä laskettiin perusopetuksen tuntijaon mukaan alakoululle [10.] Laskentapalvelut.fi ottaa huomioon käyttöajan laskennassa ilmanvaihdon käynnistymisen tuntia ennen käyttöajan alkua ja päättymisen tunti käyttöajan jälkeen. [6.]

Neuvotteluhuone:

- Pinta-ala 18 m²
- Huoneen korkeus 2,5 m
- Henkilömäärä 8 hlö
- Henkilötiheys 0,266 hlö/m²
- Käyttöajan maksimi-ilmavirta 4 l/s/m²
- Käyttöajan minimi-ilmavirta 1,1 l/s/m²
- Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta 0,15 l/s/m²
- Käyttöaika päivää viikossa 5
- Käyttöaika tuntia päivässä 9.

Laskennan tulokseksi saatiin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon viikon keskimääräinen ilmavirta 22 l/s tai 1,2 l/s/m². Liitteessä 3 on Laskentapalveluista saatu raportti.

Neuvotteluhuoneen koko ja henkilömäärä valittiin yrityksen edellisiä vastaavanlaisia hankkeita apuna käyttäen. Henkilötiheys saatiin laskemalla $\frac{8 \text{ hlö}}{18 \text{ m}^2} * 0,6 = 0,266 \text{ hlö/m}^2$, jossa kerroin 0,6 tulee Sisäilmastoluokituksen taulukon 2.4.1 määrittelemästä neuvottelutilojen käyttöasteesta [9, s. 12]. Maksimi-ilmavirta D2:n liitteen 1 mukaan. Minimi-ilma-

virta tulee luvun 2 laitteiden minimi-ilmavirran mukaan, huomioiden kuitenkin ilmanvaihtokerroin 0,5 1/h, jolla tarkoitetaan, että huoneen ilma vaihtuu vähintään kerran kahdessa tunnissa. Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta 0,15 l/s/m² on määritetty D2:n kohdassa 3.2.3.3. Käyttöaika päivää viikossa ja käyttöaika tuntia päivässä on D3:n kohdan 3.3 taulukon 3 mukaan. Laskentapalvelut.fi ottaa huomioon käyttöajan laskennassa ilmanvaihdon käynnistymisen tuntia ennen käyttöajan alkua ja päättymisen tunnin käyttöajan jälkeen. [6.]

Tapauksissa E, F ja G laskettiin jäähdytystehontarve käyttäen seuraavia lähtötietoja:

- 8 henkilöä, 125 W/hlö [4, s. 20.]
- Kannettava 8 kpl, 30 W/kpl
- Valaistus 12 W/m² [4, s. 19.]
- Televisio 100 W
- Tuloilman lämpötila 18 °C
- Sisäilman lämpötila 24,5 °C [9, s. 5.]

Tila sijaitsee rakennuksen keskellä, joten auringonsäteilyä ei otettu huomioon lämpökuormissa, jolloin jäähdytystehontarpeeksi saatiin noin 1600 W.

Tapaukseen F tarvittava lisäilmavirta saatiin laskemalla:

$$\frac{0,6 \cdot 1600 \text{ W}}{1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 6,5 \text{ }^\circ\text{C}} = 123 \text{ l/s.}$$

Kerroin 0,6 tulee sisäilmastoluokituksen taulukko 2.4.1:n määrittelemästä neuvottelutilojen käyttöasteesta [9, s. 12].

Jäähdytysenergian hinta laskettiin käyttämällä ympäristöministeriön sivuilla olevaa vuosisäädata Vantaalta vuodelta 2012, jossa on tunnin välein ilmoitettu ulkolämpötila. [12]. Neuvotteluhuoneen jäähdytyksen oletettiin olevan käytössä arkipäivinä, kun ulkolämpötila nousi yli 18 °C:n. Jäähdytetyn ilman kondensointia ei otettu huomioon, koska jäähdytysjärjestelmän nesteen lämpötilaa ei tiedetä. Yhteensä jäähdytystä tarvittiin 544 h/a. Käytettiin kylmäkerrointa 3, joka on kompressorikoneikon kylmäkerroin.

Jäähdytysenergia laskettiin jokaiselta tunnilta, kun ulkolämpötila oli yli 18 °C kaavalla:

$$\frac{0,6 \cdot 1,6 \text{ kW}}{1,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (24,5 - 18) ^\circ\text{C}} * 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (t_{ulko} - 18) ^\circ\text{C}$$

jossa t_{ulko} on ulkolämpötila. Kerroin 0,6 tulee sisäilmastoluokituksen taulukko 2.4.1:n määrittelemästä neuvottelutilojen käyttöasteesta [9, s. 12].

Tapauksessa E yhteensä jäähdytysenergiaa kului 139 kWh/a, jonka tekemiseen kului sähköä 46 kWh/a. Sähkön hinnaksi tuli 4,5 €/a.

Tapauksessa G yhteensä jäähdytysenergiaa kului 237 kWh/a, jonka tekemiseen kului sähköä 79 kWh/a. Sähkön hinnaksi tuli 7,7 €/a.

Tulokseksi saatu tarpeenmukaisen ilmanvaihdon viikon keskimääräinen ilmavirta syötettiin toimistomme laatimaan ilmanvaihdon energiankulutuksen excel-tilukseen, josta saatiin ilmanvaihdon lämmitysenergian ja sähkön kulutus ja hinta vuoden ajalta. Ulkolämpötilana on käytetty D3:n kuukauden keskilämpötiloja. EU-ekosuunnitteluasetuksen vuonna 2018 tulevan asetuksen mukaan minimi tulo-poistoilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojärjestelmän lämpötilahyötysuhde tulee olla 73 %. [11]. LTO:n arvo 73 % Exceliin on saatu laskemalla ympäristöministeriön sivuilla olevalla LTO-laskimella [12]. Laskimella muutetaan tulo-poistoilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojärjestelmän lämpötilahyötysuhde vuosihyötysuhteeksi. Huonelämpötilana käytettiin 21 °C:ta ja jäteilman lämpötilana -5 °C:ta, jolloin vuosihyötysuhteeksi saatiin 73 % [14]. Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto sisältyy keskimääräiseen ilmavirtaan tarpeenmukaisen ilmanvaihdon laskennassa.

Sähkön kulutus laskettiin Excelissä kaavoilla 1 ja 2.

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{Sähköteho } \phi_{\text{sähkö}} \text{ (kW)} \\ \phi_{\text{sähkö}} = \text{SFP} * q_{\text{vilm}} \end{array}}$$

(Kaava 1)

jossa

$\phi_{\text{sähkö}}$ on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW

SFP on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

q_{vilm} on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s

$$\text{Sähköenergiankulutus } Q_{\text{sähkö}} \text{ (kWh)}$$

$$Q_{\text{sähkö}} = \phi_{\text{sähkö}} * h / 24 * d / 7 * 8760$$

(Kaava 2)

jossa

 $Q_{\text{sähkö}}$ on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähkönkulutus, kWh $\phi_{\text{sähkö}}$ on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho, kW h on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika vuorokaudessa, h d on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika viikossa, vrk

Lämmitysenergian kulutus Excelissä laskettiin kaavoilla 3 ja 4.

$$\text{Lämmityste ho } \phi_{\text{lämmitys}} \text{ (kW)}$$

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \rho * c_p * q_{\text{v ilma}} * (T_{\text{tulo}} - T_{\text{ulko}}) * (1 - LTO_{\text{hyötysuhde}})$$

(Kaava 3)

jossa

 $\phi_{\text{lämmitys}}$ on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW ρ on ilmantiheys, 1,2 kg/m³ c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1,0 kJ/(kgK) $q_{\text{v ilma}}$ on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s T_{tulo} on tuloilman lämpötilan asetusarvo mitoitusolosuhteissa, °C T_{ulko} on mitoittava ulkoilman lämpötila, °C $LTO_{\text{hyötysuhde}}$ on lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

$$\text{Lämmitysenergian kulutus kuukausittain } Q_{\text{lämmitys}} \text{ (MWh)}$$

$$Q_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{lämmitys}} * h / 24 * d / 7 * r * (24 * d_{\text{kk}})}{1000}$$

(Kaava 4)

jossa

 $Q_{\text{lämmitys}}$ on lämmitysenergian kulutus kuukauden ajalta, MWh $\phi_{\text{lämmitys}}$ on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW h on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika vuorokaudessa, h

d on puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika viikossa, vrk

r on käyttöaikakerroin

d_{kk} on päivää kuukaudessa, vrk

Exceliin syötettiin seuraavat lähtötiedot (kuvat 8–12):

LÄHTÖTIEDOT

Ilmavirta	0,04132 m3/s
Käyttöajan ulkop. Ilmavirta	0 m3/s
Pinta-ala	64 m2
Tuloilman lämpötila	18 °C
Mitoitusulkolämpötila	-26 °C
LTO vuosihyötysuhde	73 %
Käyntiaika h/vrk	24 h
Käyntiaika d/vko	7 d
Käyttöaikakerroin r	1
SFP-luku	2 kW/(m3/s)
Kaukolämmön hinta (Helenin hinnat 1.5.2015)	
-huippukulutus kausi	46,58 €/MWh (alv 0%)
-talvikausi	43,37 €/MWh (alv 0%)
-kesäkausi	27,11 €/MWh (alv 0%)
Sähkön hinta	0,09753 €/kWh (alv 0%)
alv	24 %

Kuva 8. Excel, luokkahuoneen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon lähtötiedot

LÄHTÖTIEDOT

Ilmavirta	0,192 m3/s
Käyttöajan ulkop. Ilmavirta	0,0096 m3/s
Pinta-ala	64 m2
Tuloilman lämpötila	18 °C
Mitoitusulkolämpötila	-26 °C
LTO vuosihyötysuhde	73 %
Käyntiaika h/vrk	7 h
Käyntiaika d/vko	5 d
Käyttöaikakerroin r	1
SFP-luku	2 kW/(m3/s)
Kaukolämmön hinta (Helenin hinnat 1.5.2015)	
-huippukulutus kausi	46,58 €/MWh (alv 0%)
-talvikausi	43,37 €/MWh (alv 0%)
-kesäkausi	27,11 €/MWh (alv 0%)
Sähkön hinta	0,09753 €/kWh (alv 0%)
alv	24 %

Kuva 9. Excel, luokkahuoneen vakioilmavirtajärjestelmän lähtötiedot

LÄHTÖTIEDOT

Ilmavirta	0,02237	m3/s
Käyttöajan ulkop. Ilmavirta	0	m3/s
Pinta-ala	18	m2
Tuloilman lämpötila	18	°C
Mitoitusulkolämpötila	-26	°C
LTO vuosihyötysuhde	73	%
Käyntiaika h/vrk	24	h
Käyntiaika d/vko	7	d
Käyttöaikakerroin r	1	
SFP-luku	2	kW/(m3/s)
Kaukolämmön hinta (Helenin hinnat 1.5.2015)		
-huippukulutus kausi	46,58	€/MWh (alv 0%)
-talvikausi	43,37	€/MWh (alv 0%)
-kesäkausi	27,11	€/MWh (alv 0%)
Sähkön hinta	0,09753	€/kWh (alv 0%)
alv	24	%

Kuva 10. Excel, neuvotteluhuoneen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon lähtötiedot

LÄHTÖTIEDOT

Ilmavirta	0,072	m3/s
Käyttöajan ulkop. Ilmavirta	0,0027	m3/s
Pinta-ala	18	m2
Tuloilman lämpötila	18	°C
Mitoitusulkolämpötila	-26	°C
LTO vuosihyötysuhde	73	%
Käyntiaika h/vrk	11	h
Käyntiaika d/vko	5	d
Käyttöaikakerroin r	1	
SFP-luku	2	kW/(m3/s)
Kaukolämmön hinta (Helenin hinnat 1.5.2015)		
-huippukulutus kausi	46,58	€/MWh (alv 0%)
-talvikausi	43,37	€/MWh (alv 0%)
-kesäkausi	27,11	€/MWh (alv 0%)
Sähkön hinta	0,09753	€/kWh (alv 0%)
alv	24	%

Kuva 11. Excel, neuvotteluhuoneen vakioilmavirtajärjestelmän lähtötiedot

LÄHTÖTIEDOT

Ilmavirta	0,123	m3/s
Käyttöajan ulkop. Ilmavirta	0,0027	m3/s
Pinta-ala	18	m2
Tuloilman lämpötila	18	°C
Mitoitusulkolämpötila	-26	°C
LTO vuosihyötysuhde	73	%
Käyntiaika h/vrk	11	h
Käyntiaika d/vko	5	d
Käyttöaikakerroin r	1	
SFP-luku	2	kW/(m3/s)
Kaukolämmön hinta (Helenin hinnat 1.5.2015)		
-huippukulutus kausi	46,58	€/MWh (alv 0%)
-talvikausi	43,37	€/MWh (alv 0%)
-kesäkausi	27,11	€/MWh (alv 0%)
Sähkön hinta	0,09753	€/kWh (alv 0%)
alv	24	%

Kuva 12. Excel, neuvotteluhuoneen jäähdytys lisäilmalla lähtötiedot

Tulokseksi Excelistä saatiin seuraavat arvot (kuvat 13–17):

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	1,44	MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	59	€/a (alv 0 %)	0,92 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	73	€/a (sis. alv)	1,14 €/m2,a (sis. alv)
Sähköteho	0,083	kW	
Sähkön kulutus	720	kWh	
Sähkökustannus	70	€/a (alv 0 %)	1,10 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	87	€/a (sis. alv)	1,37 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	129	€/a (alv 0 %)	2,02 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	160	€/a (sis. alv)	2,51 €/m2,a (sis. alv)
Käyntiajan ulkopuolinen kulutus			
Lämmitysenergian kulutus	0,00	MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	0	€/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	0	€/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Sähköteho	0,000	kW	
Sähkön kulutus	0	kWh	
Sähkökustannus	0	€/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	0	€/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0	€/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0	€/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	129	€/a (alv 0 %)	2,02 €/m2,a (alv 0 %)
	160	€/a (sis. alv)	2,51 €/m2,a (sis. alv)

Kuva 13. Excel, luokkahuoneen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tulokset

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	1,40 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	57 €/a (alv 0 %)	0,89 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	71 €/a (sis. alv)	1,10 €/m2,a (sis. alv)
Sähkäteho	0,384 kW	
Sähkön kulutus	700 kWh	
Sähkökustannus	68 €/a (alv 0 %)	1,07 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	85 €/a (sis. alv)	1,32 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	125 €/a (alv 0 %)	1,96 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	156 €/a (sis. alv)	2,43 €/m2,a (sis. alv)

Käyntiajan ulkopuolinen kulutus

Lämmitysenergian kulutus	0,27 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	11 €/a (alv 0 %)	0,17 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	13 €/a (sis. alv)	0,21 €/m2,a (sis. alv)
Sähkäteho	0,019 kW	
Sähkön kulutus	130 kWh	
Sähkökustannus	13 €/a (alv 0 %)	0,20 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	16 €/a (sis. alv)	0,25 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	24 €/a (alv 0 %)	0,37 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	29 €/a (sis. alv)	0,46 €/m2,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	149 €/a (alv 0 %)	2,33 €/m2,a (alv 0 %)
	185 €/a (sis. alv)	2,89 €/m2,a (sis. alv)

Kuva 14. Excel, luokkahuoneen vakioilmavirtajärjestelmän tulokset

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	0,78 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	32 €/a (alv 0 %)	1,77 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	39 €/a (sis. alv)	2,19 €/m2,a (sis. alv)
Sähkäteho	0,045 kW	
Sähkön kulutus	390 kWh	
Sähkökustannus	38 €/a (alv 0 %)	2,12 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	47 €/a (sis. alv)	2,63 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	70 €/a (alv 0 %)	3,89 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	86 €/a (sis. alv)	4,83 €/m2,a (sis. alv)

Käyntiajan ulkopuolinen kulutus

Lämmitysenergian kulutus	0,00 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Sähkäteho	0,000 kW	
Sähkön kulutus	0 kWh	
Sähkökustannus	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m2,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m2,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	70 €/a (alv 0 %)	3,89 €/m2,a (alv 0 %)
	86 €/a (sis. alv)	4,83 €/m2,a (sis. alv)

Kuva 15. Excel, neuvotteluhuoneen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tulokset

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	0,82 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	34 €/a (alv 0 %)	1,86 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	42 €/a (sis. alv)	2,31 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,144 kW	
Sähkön kulutus	410 kWh	
Sähkötukustannus	40 €/a (alv 0 %)	2,24 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkötukustannus	50 €/a (sis. alv)	2,77 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	74 €/a (alv 0 %)	4,10 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	92 €/a (sis. alv)	5,09 €/m ² ,a (sis. alv)

Käyntiajan ulkopuolinen kulutus

Lämmitysenergian kulutus	0,06 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	3 €/a (alv 0 %)	0,14 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	3 €/a (sis. alv)	0,18 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,005 kW	
Sähkön kulutus	32 kWh	
Sähkötukustannus	3 €/a (alv 0 %)	0,17 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkötukustannus	4 €/a (sis. alv)	0,22 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	5,7 €/a (alv 0 %)	0,32 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	7,1 €/a (sis. alv)	0,40 €/m ² ,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	80 €/a (alv 0 %)	4,42 €/m ² ,a (alv 0 %)
	99 €/a (sis. alv)	5,48 €/m ² ,a (sis. alv)

Kuva 16. Excel, neuvotteluhuoneen vakioilmavirtajärjestelmän tulokset

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	1,41 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	57 €/a (alv 0 %)	3,18 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	71 €/a (sis. alv)	3,95 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,246 kW	
Sähkön kulutus	710 kWh	
Sähkötukustannus	69 €/a (alv 0 %)	3,82 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkötukustannus	86 €/a (sis. alv)	4,74 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	126 €/a (alv 0 %)	7,01 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	157 €/a (sis. alv)	8,69 €/m ² ,a (sis. alv)

Käyntiajan ulkopuolinen kulutus

Lämmitysenergian kulutus	0,06 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	3 €/a (alv 0 %)	0,14 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	3 €/a (sis. alv)	0,18 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,005 kW	
Sähkön kulutus	32 kWh	
Sähkötukustannus	3 €/a (alv 0 %)	0,17 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkötukustannus	4 €/a (sis. alv)	0,22 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	5,7 €/a (alv 0 %)	0,32 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	7,1 €/a (sis. alv)	0,40 €/m ² ,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	132 €/a (alv 0 %)	7,32 €/m ² ,a (alv 0 %)
	164 €/a (sis. alv)	9,08 €/m ² ,a (sis. alv)

Kuva 17. Excel, neuvotteluhuoneen jäähdytys lisäilmalla, tulokset

Laskin vielä luokkahuoneesta energiankulutuksen muuten samoilla lähtöarvoilla kuin edellisessä kohdassa, mutta muutin LTO:n vuosihyötysuhteen arvoksi 0 %, mikä tarkoittaa että LTO ei ole käytössä ollenkaan. Tulokseksi saatiin seuraavat arvot (kuva 18 ja 19):

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	5,35 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	220 €/a (alv 0 %)	3,40 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	270 €/a (sis. alv)	4,22 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,083 kW	
Sähkön kulutus	720 kWh	
Sähkökustannus	70 €/a (alv 0 %)	1,10 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	87 €/a (sis. alv)	1,37 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	290 €/a (alv 0 %)	4,51 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	357 €/a (sis. alv)	5,59 €/m ² ,a (sis. alv)
Käyntiajan ulkopuolinen kulutus		
Lämmitysenergian kulutus	0,00 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,000 kW	
Sähkön kulutus	0 kWh	
Sähkökustannus	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0 €/a (alv 0 %)	0,00 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	0 €/a (sis. alv)	0,00 €/m ² ,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	290 €/a (alv 0 %)	4,51 €/m ² ,a (alv 0 %)
	357 €/a (sis. alv)	5,59 €/m ² ,a (sis. alv)

Kuva 18. Excel, luokkahuoneen tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tulokset, LTO 0 %

TULOKSET

Lämmitysenergian kulutus	5,18 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	210 €/a (alv 0 %)	3,29 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	260 €/a (sis. alv)	4,08 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,384 kW	
Sähkön kulutus	700 kWh	
Sähkökustannus	68 €/a (alv 0 %)	1,07 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	85 €/a (sis. alv)	1,32 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	278 €/a (alv 0 %)	4,36 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	345 €/a (sis. alv)	5,41 €/m ² ,a (sis. alv)

Käyntiajan ulkopuolinen kulutus

Lämmitysenergian kulutus	0,99 MWh/a	
Lämmitysenergiakustannus	40 €/a (alv 0 %)	0,63 €/m ² ,a (alv 0 %)
Lämmitysenergiakustannus	50 €/a (sis. alv)	0,78 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähköteho	0,019 kW	
Sähkön kulutus	130 kWh	
Sähkökustannus	13 €/a (alv 0 %)	0,20 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkökustannus	16 €/a (sis. alv)	0,25 €/m ² ,a (sis. alv)
Sähkö ja lämpö yhteensä	53 €/a (alv 0 %)	0,83 €/m ² ,a (alv 0 %)
Sähkö ja lämpö yhteensä	66 €/a (sis. alv)	1,03 €/m ² ,a (sis. alv)
Yhteensä kaikki sähkö ja lämpö:	331 €/a (alv 0 %)	5,19 €/m ² ,a (alv 0 %)
	411 €/a (sis. alv)	6,44 €/m ² ,a (sis. alv)

Kuva 19. Excel, luokkahuoneen vakioilmavirtajärjestelmän tulokset, LTO 0 %

4.3 Kannattavuus

Tapausta A pidetään vertailukohtana, koska se toteutettaisiin joka tapauksessa. Kustannuslaskenta on rajattu vain luokkahuoneen ja neuvotteluhuoneen alueelle, laskennassa ei ole otettu huomioon ilmanvaihtokoneiden hintoja tai muita konehuoneissa olevia asennuksia ja laitteita. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja.

4.3.1 Luokkahuone

Luokkahuoneen ilmanvaihdon toteutuskustannukset, tapausten B–D toteutuskustannusten vertailu tapaukseen A, vuoden lämmitysenergian ja sähkön kulutuksen hinta sekä suora takaisinmaksuaika, jossa ei ole huomioitu inflaatiota eikä energian hinnan muutoksia on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Luokkahuoneen kustannukset

Tapaus	Toteutuskustannus	Toteutuskustannus suhteessa tapaukseen A	Energiakustannukset	Suora takaisinmaksuaika
A	3 499 €		149 €/a	
B	10 480 €	3,3-krt. / 6 981 €	129 €/a	349,1 vuotta
C	7 277 €	2,1-krt. / 3 778 €	129 €/a	188,9 vuotta
D	8 148 €	2,6-krt. / 4 649 €	129 €/a	232,5 vuotta
A, LTO 0 %	3 499 €		331 €/a	
C, LTO 0 %	7 277 €	2,1-krt. / 3 778 €	290 €/a	92,1 vuotta

4.3.2 Neuvotteluhuone

Neuvotteluhuoneen ilmanvaihdon toteutuskustannukset, tapausten B–D toteutuskustannusten vertailu tapaukseen A, vuoden lämmitysenergian ja sähkön kulutuksen hinta sekä suora takaisinmaksuaika, jossa ei ole huomioitu inflaatiota eikä energian hinnan muutoksia on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Neuvotteluhuoneen kustannukset

Tapaus	Toteutuskustannus	Toteutuskustannus suhteessa tapaukseen A	Energiakustannukset	Suora takaisinmaksuaika
A	1 218 €		80 €/a	
B	5 043 €	4,1-krt. / 3 825 €	70 €/a	382,5 vuotta
C	3 444 €	2,8-krt. / 2 226 €	70 €/a	222,6 vuotta
D	4 358 €	3,6-krt. / 3 140 €	70 €/a	314 vuotta

Neuvotteluhuoneen ilmanvaihdon jäähdytyksen lisäinvestointikustannus ja vuoden lämmitysenergian, sähkön ja jäähdytysenergian kulutuksen hinta on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Neuvotteluhuoneen jäähdytyksen kustannukset

Tapaus	Lisäinvestointi	Energiakustannukset
E	3 188 €	70 €/a + 4,5 €/a
F	931 €	132 €/a
G	0 €	70 €/a + 7,7 €/a

Neuvotteluhuoneen jäähdytyksen toteuttamiseen edullisin vaihtoehto on tuloilman jäähdytys (tapaus G). Puhallinkonvektorin asentaminen (tapaus E) maksaa itsensä takaisin 39,3 vuodessa verrattuna ilmamäärien lisäämiseen (tapaus F).

4.4 Huollettavuus

Tarpeenmukainen ilmanvaihto vaatii enemmän huoltoa kuin vakioilmavirtajärjestelmä, mikä on otettava huomioon jo suunnitteluvaiheessa laitteita sijoitettaessa. Tapaus B eli IMS-järjestelmä vaatii eniten huoltoa näistä vaihtoehtoista, koska sen paineanturi mittaa kanavapainetta koko ajan, jolloin se saattaa altistua epäpuhtauksille ja ajan myötä mitausletkut voivat mennä tukkoon. Paineanturin mittausletkut voisi puhdistaa noin 5 vuoden välein ja tarvittaessa vaihtaa myös moottorin, jos paine-ero mitattaessa huomattavan suuri. Huoltotoimenpiteen saa suorittaa vain ilmanvaihdon ammattilainen, se ei siis kuulu huoltomiehelle. Tapaus C ja D eivät vaadi huoltoa, mutta pelteihin pitää päästä käsiksi tarvittaessa, jos esimerkiksi pellin moottori hajoaa. [8.]

4.5 Automaatio

Tarpeenmukainen ilmanvaihto vaatii huomattavan määrän automatiikkaa toimiakseen oikein, varsinkin IMS-järjestelmä (tapaus B). Automaatiojärjestelmällä ohjataan peltien asentoja, ilmanvaihtokoneita, mitataan huoneen lämpötilaa, hiilidioksidipitoisuutta ja läsnäoloa.

5 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää, mikä on paras ratkaisu tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toteuttamiseksi luokkahuoneeseen ja neuvotteluhuoneeseen sekä mitä eri toteutusratkaisut tulevat maksamaan ja mikä on niiden suora takaisinmaksuaika. Työssä myös vertailtiin neuvotteluhuoneen jäähdytyksen eri toteutusvaihtoehtoja sekä niiden kustannuksia.

Tilaaajaryitykselle laadittiin mallipiirustus ja suunnitteluohje tarpeenmukaisen ilmanvaihtojärjestelmän toteuttamista. Mallipiirustuksessa on esitetty esimerkkisuunnitelma luokkahuoneen ja neuvotteluhuoneen ilmanvaihdon toteutuksesta sekä siihen soveltuvista laitteista. Suunnitteluohjeeseen on kerätty asioita, jotka tulee huomioida suunnitteluvaiheessa ja laitevalinnoissa, jotta järjestelmä toimii niin kuin pitäisi ja jotta se täyttäisi kaikki määräykset.

Työssä saatujen tulosten perusteella tarpeenmukainen ilmanvaihto säästää esimerkiksi luokkahuoneen energiankulutuksessa noin 16 % vuodessa ja esimerkkineuvotteluhuoneen energiankulutuksessa noin 14 % vuodessa verrattuna vakioilmavirtaiseen järjestelmään. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon toteutuskustannukset ovat vähintään kaksinkertaiset verrattuna vakioilmavirtaiseen järjestelmään, minkä vuoksi takaisinmaksuaika nousee yli sataan vuoteen.

Neuvotteluhuoneen jäähdytyksen toteuttamiseen edullisin vaihtoehto on tuloilman jäähdytys. Tällöin tarpeenmukainen ilmanvaihto säästää myös jäähdytysenergiaa, eikä huoneeseen tarvitse asentaa muita jäähdytyslaitteita.

Tarpeenmukainen ilmanvaihto kuitenkin säästää energiaa, varsinkin jos tilassa käyttö vaihtelee paljon. Rakentamismääräykset vaativat jo mm. luokkahuoneisiin ja neuvotteluhuoneisiin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon.

Mikäli tulevaisuudessa määräykset edellyttävät, että ilmanvaihdon täytyy olla aina päällä, on tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä hyvä ratkaisu sen toteuttamiseksi.

Lähteet

- 1 Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:n kotisivut. 2016. Verkkodokumentti. <http://www.ayravainen.fi/>. Luettu 13.1.2016
- 2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 3 Bevent Oy:n kotisivu. 2016. Verkkodokumentti. Bevent Oy. <http://www.bevent.fi/>. Luettu 5.2.2016
- 4 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 5 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, ilmastointitekniikka osa 2. 2014:Helsinki. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 6 Laskentapalvelut.fi:n kotisivu. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.laskentapalvelut.fi/>. Luettu 16.11.2015
- 7 Grönlund Christer. 2016. Bevent Oy. Sähköpostikeskustelu 7.1.2016
- 8 Grönlund Christer. 2015. Bevent Oy. Haastattelu 8.12.2015
- 9 Sisäilmastoluokitus 2008. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 07-10946.
- 10 Perusopetuksen tuntijako. 2016. Verkkodokumentti. http://www.oph.fi/download/46678_pops_liite4.pdf. Luettu 10.1.2016
- 11 Komission asetus (EU) N:o 1253/2014. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanosta ilmanvaihtokoneiden ekologisen suunnittelun vaatimusten osalta.
- 12 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016. Verkkodokumentti. http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma. Luettu 22.2.2016
- 13 Asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. Helsinki: sosi- ja terveysministeriö.
- 14 Kähärä Aleks. 2016. Recair Oy. Sähköpostikeskustelu 3.3.2016

- 15 Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje. 2011. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. http://www.hel.fi/static/hkr/rak/esitteet/lvi_suunnittelu_matalaenergiarakentamisen_ohjeet_2011.pdf. Luettu 2.3.2016.

Liite 1. Suunnitteluohje ja mallipiirustus

Tarpeenmukaista ilmanvaihtoa suunniteltaessa on hyvä huomioida seuraavat asiat:

Ilmavirtasäätimiä tai peltejä valittaessa on huomioitava päätelaitteiden säädettävyys ja heittopituudet sekä kanavapaineet. Pienemmillä ilmavirroilla varsinkin heittopituudet voivat jäädä liian lyhyiksi ja ilma tippuu liian aikaisin, mikä johtaa herkästi vedon tuntumiseen tilassa.

Jos ilmanvaihtokonetta palvelevissa tiloissa on kaikissa tai suuressa osassa tarpeenmukainen ilmanvaihto, voidaan ilmanvaihtokoneen ilmavirta mitoittaa hieman pienemmäksi, mutta tällöin on varmistettava, ettei suunniteltua ilmavirtaa ylitetä käytännössä koskaan.

Huonelämpötila-antureita suunnitellessa on otettava huomioon niiden sijainti. Ne tulisi asentaa noin 1,5 metrin korkeuteen sisäseinälle mahdollisimman hyvin keskimääräistä oleskelualueita vastaavaan kohtaan. Ulkoseiniä, ikkunoita, lämmitys- ja jäähdytyslaitteita sekä suoraa auringonpaistetta tulisi välttää.

Huonesäätimet on hyvä sijoittaa lähelle ovia tai kulkuväylän varrelle.

Läsnäoloilmaisimissa on otettava huomioon, että ne reagoivat huoneessa oleviin henkilöihin, vaikka he eivät liikkuisi. Ilmaisimen tulisi kattaa koko huonetila, ja suurissa tiloissa täytyy käyttää useampaa kuin yhtä läsnäoloilmaisinta.

Lämpötilan säätö täytyy toteuttaa niin, ettei lämmitys- ja jäähdytyspatterit ole samaan aikaan päällä. Sen voi toteuttaa esimerkiksi käyttämällä eroaluetta lämmityksen ja jäähdytyksen välissä. Yleensä eroalue on 3 °C, sillä sisäilmastoluokituksen luokan S2 lämpötilan tavoitearvo on 21,5 °C ja jäähdytyksen tavoitearvo on 24,5 °C. Toinen vaihtoehto on käyttää sarjasäätöä.

Säätölaitteiden tuottama melu on huomioitava lisäämällä aina äänenvaimentimet säätölaitteiden jälkeen. Säätölaitteita ei koskaan asenneta huonetilaan vaan aina esim. käytävän puolelle, koska säätölaitteista lähtevää säteilyääntä ei pelkkä äänenvaimennin kanavassa estä.

Säätölaitteiden sijainteja suunnitellessa tulee huomioida niiden huollettavuus ja vaihdettavuus.

Asennetaan äänieriste kanavaan huoneen seinän ja äänenvaimentimen välille, jotta huoneen äänet eivät kuulu sen ulkopuolelle, eikä huoneeseen kuulu seinän toiselta puolelta äänet.

Mitä monimutkaisempi järjestelmä, sitä vaikeampi se on toteuttaa ja saada toimimaan halutulla tavalla. Yksinkertainen järjestelmä on toimintavarmempi ja vaatii vähemmän huoltoa ja käyttäjien osaamista.

Mallipiirustus neuvotteluhuoneen tarpeenmukaista ilmanvaihdosta

SUUNNITELMA MERKINNÄT – UUDET ASENNUKSET

(xxx – tarkoittaa liityntäkokoaa)

IMS1-xxx = ILMAVIRTASÄÄDIN BVAV-LD-1 (Bevent Rasch)

IMS2-xxx = ILMAVIRTASÄÄDIN BVAV-LD-2 (Bevent Rasch)

IMS3-xxx = 2-ASENTOPELTI BVAFC (pyöreä) (Bevent Rasch)

IMS4-xxx = 2-ASENTOPELTI BVAFC (kantikas) (Bevent Rasch)

IMS5-xxx = 3-ASENTOPELTI TRIP (pyöreä) (Bevent Rasch)

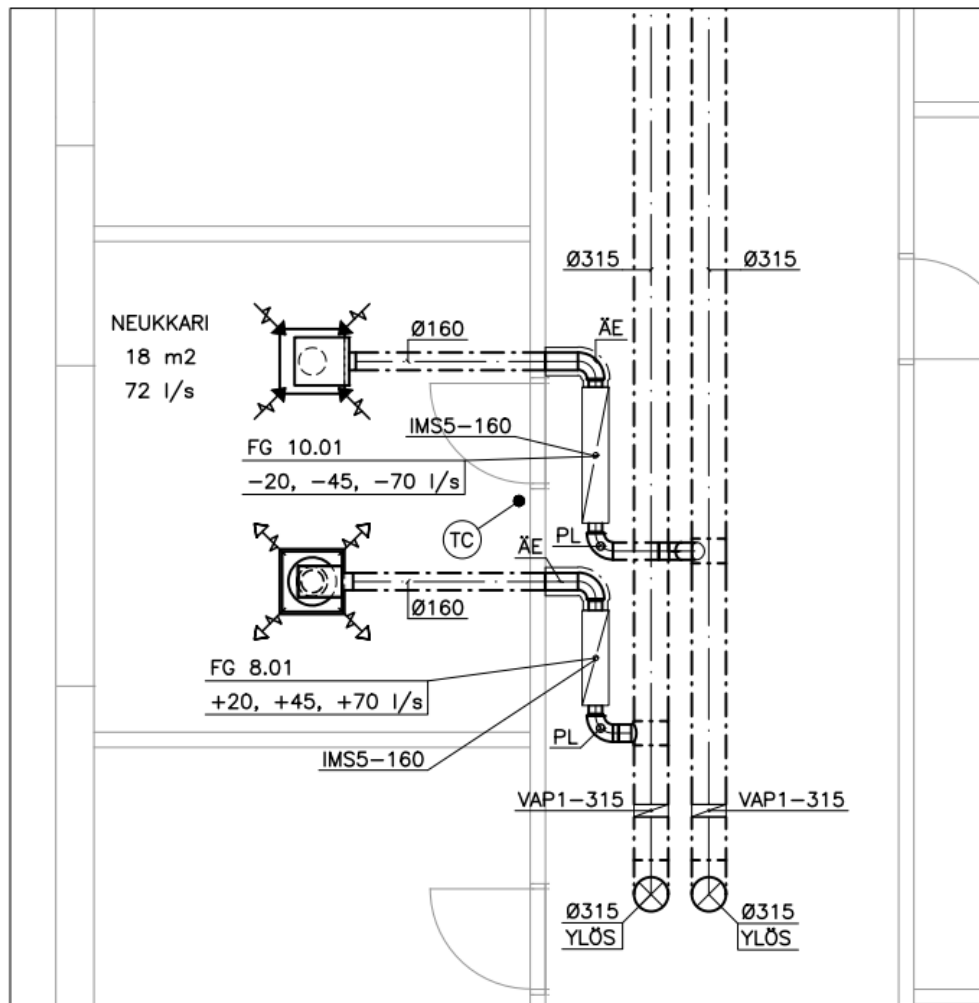
IMS6-xxx = 3-ASENTOPELTI TRIP (kantikas) (Bevent Rasch)

VAP1-xxx = VAKIOPAINESÄÄDIN BVAP-1 (pyöreä) (Bevent Rasch)

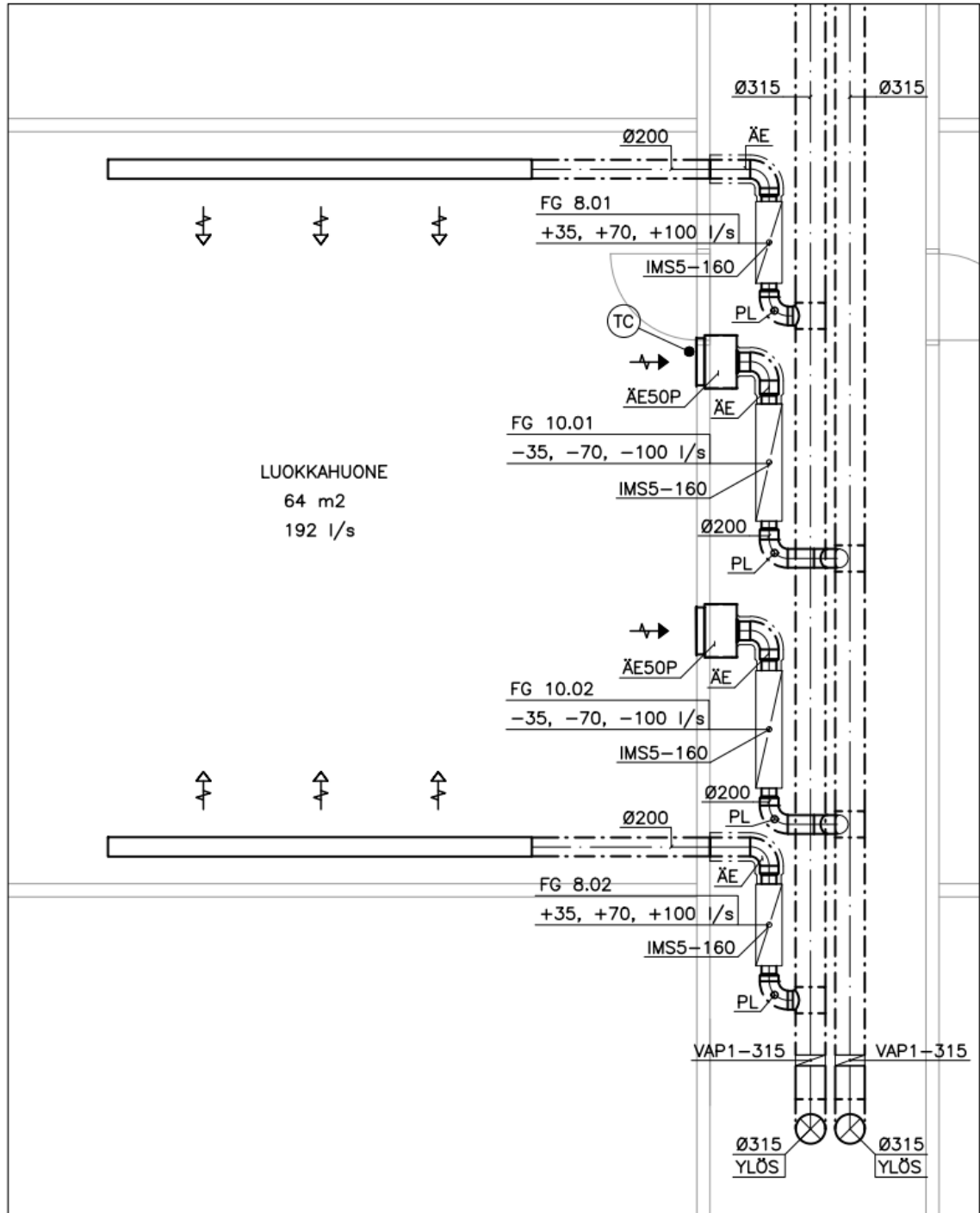
VAP2-xxx = VAKIOPAINESÄÄDIN BVAP-3 (kantikas) (Bevent Rasch)

TC = HUONESÄÄDIN MODBUS-LIITÄNNÄLLÄ, SIS. LÄMPÖTILA-, HIILIDIOKSIDIANTURI

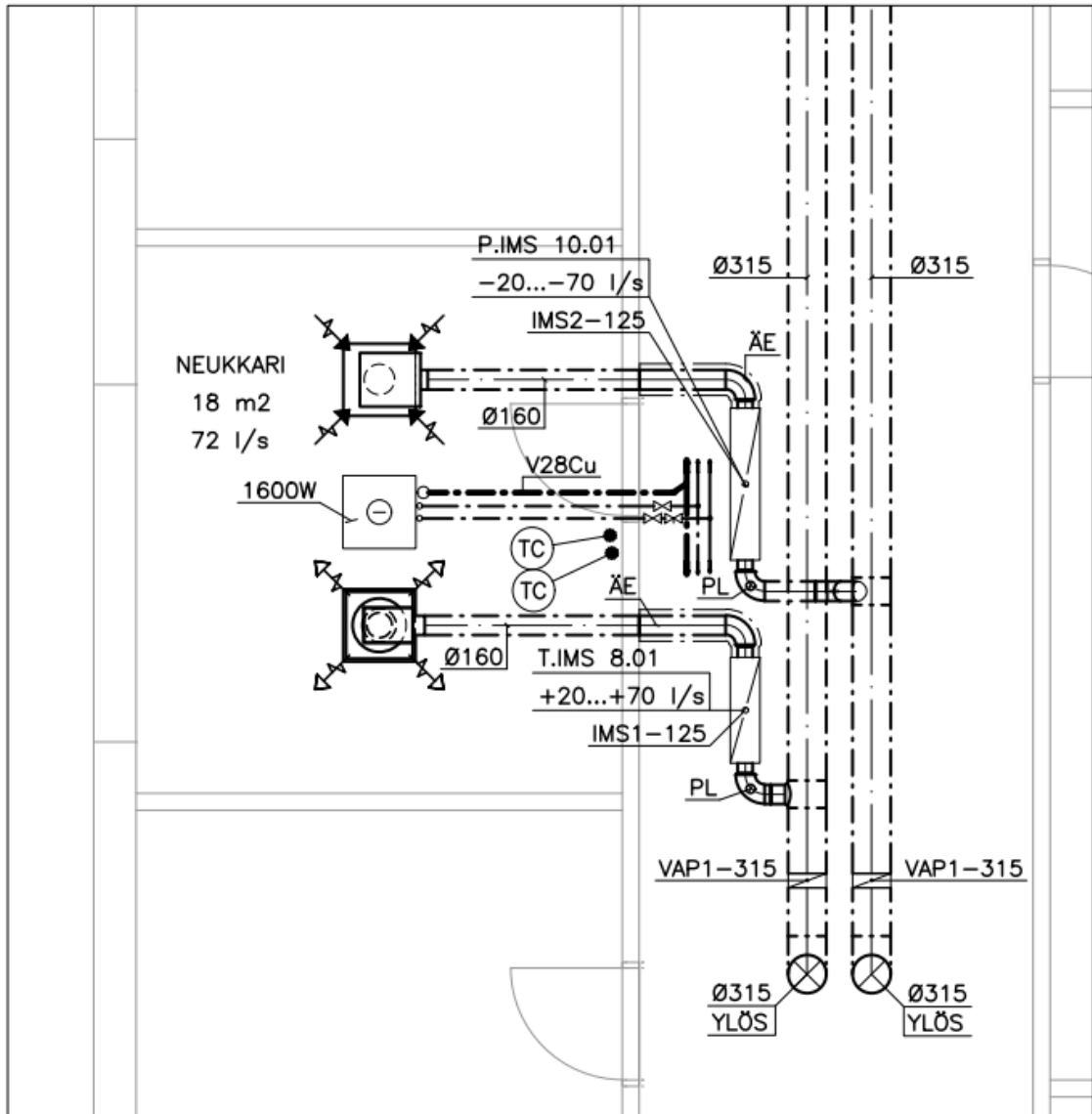
ÄV1 = KVDp L=600 (Lindab Oy)



Mallipiirustus luokkahuoneen tarpeenmukaisesta ilmanvaihdosta



Mallipiirustus neuvotteluhuoneen jäähdytyksestä puhallinkonvektorilla



Liite 2. Rakennusosa-arvioiden yhteenvedot

Hanke: Insinööritoimisto S.K. **IV -ja AU työt1 Luokka 64 m2, 192 l/s,** Pvm. 11.2.2016
IVA- työt **Vakioilmavirta, suunnitteluratkaisu**
Vaihe: Mallipiirustus 1:50
Paikkakunta: Helsinki
Haahtela-ind.: 85,0 / 1.2015
Hintataso: 88,0 / 1.2016
Laajuus: 71 brm2, 64m2

	alv	kate	64 Sisältää katteen	€/m2
	0 %	13 %		
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	605	79	684	11
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	703	91	794	12
2223 Poistoilmakanavat	678	88	766	12
2224 Poistoilman päätelaitteet	300	39	339	5
241 Rakennusautomaatio	0	0	0	0
IVA -työt yhteensä:	2 286	297	2 583	40
Arvonlisävero			620	10
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			3 203	50
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvia:	619	80	699	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	216	0	216	
- lisä- ja muutostyövaraus 2 %				
- rak.aikainen kustannusmuutos 1,60 %				
-riskivaraus 3 %				
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	3 121	378	3 499	
Arvonlisävero			840	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			4 338	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Luokka 64 m2 (192 ls, Vakioilmavirta) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööriyö S.K.	IV -ja AU työt1 Luokka 64 m2, 192 l/s,	Pvm. 11.2.2016
IVA- työt	IMS-säätö, suunn.ratkaisu	
Vaihe:	Mallipiirustus 1:50	
Paikkakunta:	Helsinki	
Haahtela-ind.:	85,0 / 1.2015	
Hintataso:	88,0 / 1.2016	
Laajuus:	71 brm2, 64m2	

	alv	kate	64 Sisältää	
	0 %	13 %	katteen	€/m2
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	2 968	386	3 354	52
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	700	91	791	12
2223 Poistoilmakanavat	3 040	395	3 435	54
2224 Poistoilman päätelaitteet	304	40	344	5
241 Rakennusautomaatio	793	103	896	14
IVA -työt yhteensä:	7 805	1 015	8 820	138
Arvonlisävero			2 117	33
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			10 936	171
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	895	116	1 011	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	649	0	649	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	9 349	1 131	10 480	
Arvonlisävero			2 515	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			12 995	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Luokka 64 m2 (192 ls, IMS-säätö) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööriyö S.K.	IV -ja AU työt1 Luokka 64 m2, 192 l/s,	Pvm. 11.2.2016
IVA- työt	2-asentopelti, suunn.ratkaisu	
Vaihe:	Mallipiirustus 1:50	
Paikkakunta:	Helsinki	
Haahtela-ind.:	85,0 / 1.2015	
Hintataso:	88,0 / 1.2016	
Laajuus:	71 brm2, 64m2	

	alv	kate	64 Sisältää katteen	€/m2
	0 %	13 %		
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	1 753	228	1 981	31
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	703	91	794	12
2223 Poistoilmakanavat	1 825	237	2 062	32
2224 Poistoilman päätelaitteet	300	39	339	5
241 Rakennusautomaatio	692	90	782	12
IVA -työt yhteensä:	5 273	685	5 958	93
Arvonlisävero			1 430	22
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			7 389	115
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	768	100	868	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	451	0	451	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	6 492	785	7 277	
Arvonlisävero			1 747	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			9 024	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Luokka 64 m2 (192 ls, 2-asentopelti) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööritoimisto S.K.	IV -ja AU työt1 Luokka 64 m2, 192 l/s,	Pvm. 17.2.2016
IVA- työt	3-asentopelti (1 Trip-säädin) suunn.ratkaisu	
Vaihe:	Mallipiirustus 1:50	
Paikkakunta:	Helsinki	
Haahtela-ind.:	85,0 / 1.2015	
Hintataso:	88,0 / 1.2016	
Laajuus:	71 brm2, 64m2	

	alv	kate	64 Sisältää katteen	€/m2
	0 %	13 %		
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	1 718	223	1 941	30
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	700	91	791	12
2223 Poistoilmakanavat	1 825	237	2 062	32
2224 Poistoilman päätelaitteet	304	40	344	5
241 Rakennusautomaatio	1 415	184	1 599	25
IVA -työt yhteensä:	5 962	775	6 737	105
Arvonlisävero			1 617	25
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			8 354	131
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	803	104	907	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	504	0	504	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	7 269	879	8 148	
Arvonlisävero			1 956	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			10 104	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Luokka 64 m2 (192 ls, 3- asentopelti, 1 Trip-säädin) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööriyö S.K.

IV -ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s),

Pvm. 11.2.2016

IVA- työt**Vakioilmavirta, suunnitteluratkaisu**

Vaihe:

Mallipiirustus 1:50

Paikkakunta:

Helsinki

Haahtela-ind.:

85,0 / 1.2015

Hintataso:

88,0 / 1.2016

Laajuus:

20 brm2, 18m2

	alv	kate	64 Sisältää katteen	€/m2
	0 %	13 %		
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	310	40	350	5
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	132	17	149	2
2223 Poistoilmakanavat	330	43	373	6
2224 Poistoilman päätelaitteet	56	7	63	1
241 Rakennusautomaatio	0	0	0	0
IVA -työt yhteensä:	828	108	936	15
Arvonlisävero			225	4
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			1 160	18
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	182	24	206	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	77	0	77	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	1 087	131	1 218	
Arvonlisävero			292	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			1 510	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Neukkari 18 m2 (72 l/s, Vakioilmavirta) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööriyö S.K.

IV -ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s),

Pvm. 19.2.2016

IVA- työt**IMS-säätö, suunn.ratkaisu v**

Vaihe:

Mallipiirustus 1:50

Paikkakunta:

Helsinki

Haahtela-ind.:

85,0 / 1.2015

Hintataso:

88,0 / 1.2016

Laajuus:

20 brm2, 18 m2

	alv	kate	18 m2	
	0 %	13 %	Sisältää katteen	€/m2
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	1 451	189	1 640	91
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	167	22	189	10
2223 Poistoilmakanavat	1 471	191	1 662	92
2224 Poistoilman päätelaitteet	72	9	81	5
241 Rakennusautomaatio	692	90	782	43
IVA -työt yhteensä:	3 853	501	4 354	242
Arvonlisävero			1 045	58
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			5 399	300
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	334	43	377	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	312	0	312	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	4 499	544	5 043	
Arvonlisävero			1 210	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			6 254	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Neukkari 18 m2 (72 ls, IMS-säätö) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööritoimisto S.K.	IV -ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s),	Pvm. 11.2.2016
IVA- työt	2-asentopelti, suunn.ratkaisu	
Vaihe:	Mallipiirustus 1:50	
Paikkakunta:	Helsinki	
Haahtela-ind.:	85,0 / 1.2015	
Hintataso:	88,0 / 1.2016	
Laajuus:	20 brm2, 18m2	

	alv	kate	64 Sisältää katteen	€/m2
	0 %	13 %		
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	844	110	954	15
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	167	22	189	3
2223 Poistoilmakanavat	864	112	976	15
2224 Poistoilman päätelaitteet	72	9	81	1
241 Rakennusautomaatio	642	83	725	11
IVA -työt yhteensä:	2 589	337	2 926	46
Arvonlisävero			702	11
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			3 628	57
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	270	35	305	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	213	0	213	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	3 072	372	3 444	
Arvonlisävero			826	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			4 270	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Neukkari 18 m2 (72 ls, 2-asentopelti) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööriyö S.K.

IV -ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s),

Pvm. 11.2.2016

IVA- työt**3-asentopelti, suunn.ratkaisu**

Vaihe:

Mallipiirustus 1:50

Paikkakunta:

Helsinki

Haahtela-ind.:

85,0 / 1.2015

Hintataso:

88,0 / 1.2016

Laajuus:

20 brm2, 18m2

	alv	kate	64 Sisältää	
	0 %	13 %	katteen	€/m2
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	844	110	954	15
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	167	22	189	3
2223 Poistoilmakanavat	864	112	976	15
2224 Poistoilman päätelaitteet	72	9	81	1
241 Rakennusautomaatio	1 365	177	1 542	24
IVA -työt yhteensä:	3 312	431	3 743	58
Arvonlisävero			898	14
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			4 641	73
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvi:	307	40	347	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	269	0	269	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	3 888	470	4 358	
Arvonlisävero			1 046	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			5 405	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Neukkari 18 m2 (72 ls, 3- asentopelti) - Rakennusosa-arvio-suunn.ratk

Hanke: Insinööritoimisto S.K.

IV - ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s), Pvm. 19.2.2016

IVAJ- työt

IMS-säätö, suunn.ratk. (vaativa) lis. Jäähdytys

Vaihe:

Mallipiirustus 1:50

Paikkakunta:

Helsinki

Haahtela-ind.:

85,0 / 1.2015

Hintataso:

88,0 / 1.2016

Laajuus:

20 brm2, 18m2

Jakaja

18 m2

	alv 0 %	kate 13 %	Sisältää katteen	€/m2
IVAJ -työt:				
212 Tilan jäähdytys (sisältää paikall. jäähd.laite. kytk.johdot)	1 643	214	1 857	103
2153 Laitteiden liitokset LV-järjestelmiin (kond.veden poisto)	393	51	444	25
2213 Tuloilmakanavat	1 451	189	1 640	91
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	167	22	189	10
2223 Poistoilmakanavat	1 471	191	1 662	92
2224 Poistoilman päätelaitteet	72	9	81	5
241 Rakennusautomaatio (iv-laitteiden säätö ja ohjaus)	692	90	782	43
241 Rakennusautomaatio (paikall. jäähdytyslaitt.)	388	50	438	24
IVAJ -työt yhteensä:	6 277	816	7 093	394
Arvonlisävero			1 702	95
IVAJ -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			8 795	489
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuuluvia)	557	72	629	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	510	0	510	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	7 344	888	8 231	
Arvonlisävero			1 976	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			10 207	

LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

1. Neukkari 18 m2 (72 l/s, IMS-säätö ja jäähd. suunn. ratk) - Rakennusosa-arvio

Hanke: Insinööriyö S.K. **IV -ja AU työt1 Neukkari 18 m2 (72 l/s), Pvm. 19.2.2016**
IVA- työt **IMS-säätö, suunn.ratkaisu v, lisäilma**
Vaihe: Mallipiirustus 1:50
Paikkakunta: Helsinki
Haahtela-ind.: 85,0 / 1.2015
Hintataso: 88,0 / 1.2016
Laajuus: 20 brm2, 18 m2

	alv	kate	18 m2 Sisältää	
	0 %	13 %	katteen	€/m2
IVA -työt:				
2213 Tuloilmakanavat	1 819	236	2 055	114
2214 Tuloilmanpäätelaitteet	167	22	189	10
2223 Poistoilmakanavat	1 839	239	2 078	115
2224 Poistoilman päätelaitteet	72	9	81	5
241 Rakennusautomaatio	692	90	782	43
IVA -työt yhteensä:	4 589	597	5 186	288
Arvonlisävero			1 245	69
IVA -työt YHTEENSÄ (alv 24%)			6 430	357
Työmaapalvelut ja varaukset:				
Työmaapalvelut (rakennusurakkaan kuului:	370	48	418	
-Työnaikaiset apurakenteet ja niiden asennukset				
-Käyttöaineet ja energia				
-Muu käyttö ja ylläpito				
-Avustavat rakennustyöt (ml. läpiviennit)				
Muutos- ja riskivaraukset (kate 0%)	370	0	370	
- lisä- ja muutostyövaraus	2 %			
- rak.aikainen kustannusmuutos	1,60 %			
-riskivaraus	3 %			
	alv 0%	kate		
HANKE YHTEENSÄ (sis. Kate, alv 0%)	5 329	645	5 974	
Arvonlisävero			1 434	
HANKE YHTEENSÄ (sisältyy alv 24%)			7 407	

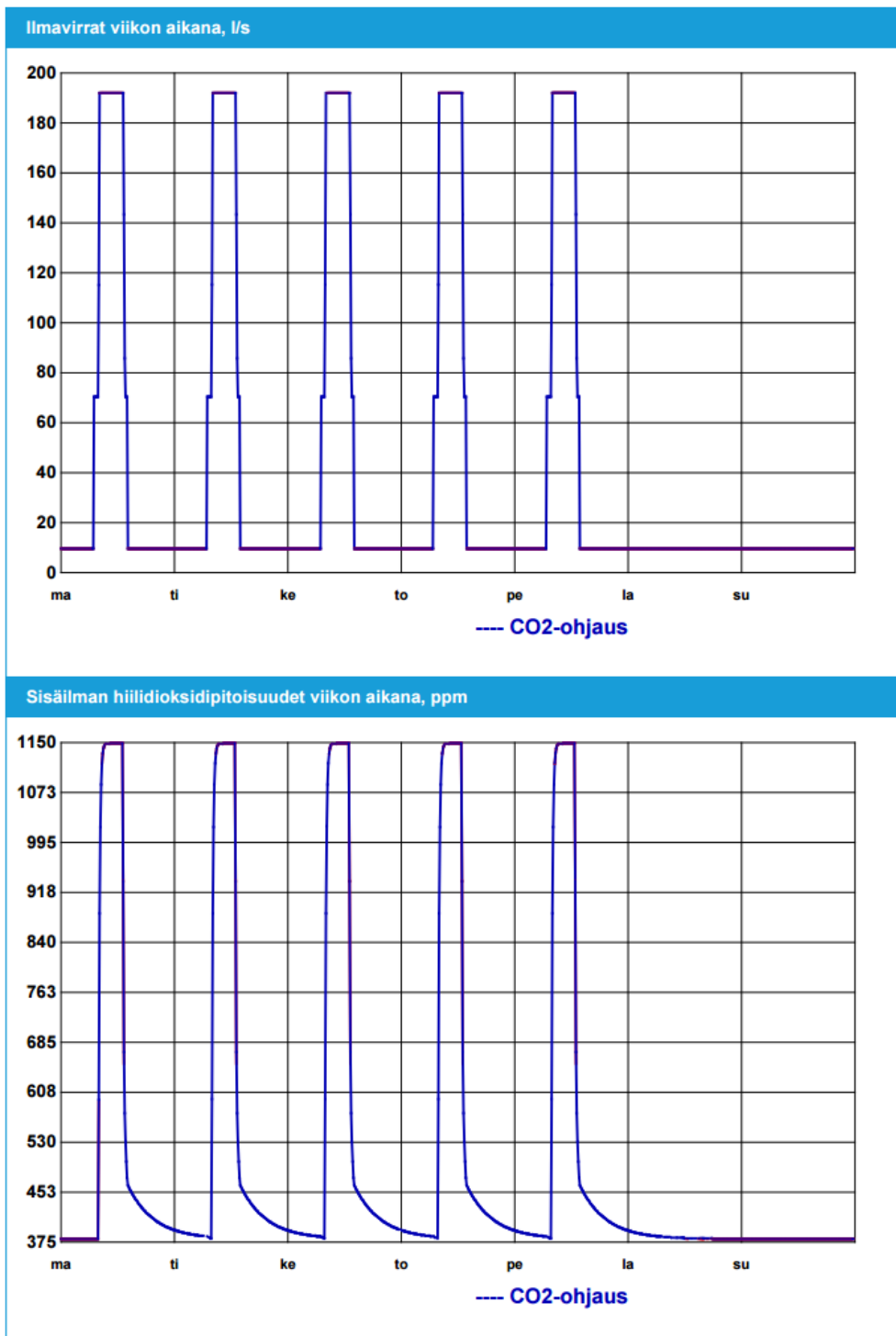
LIITTEET (LVI-töiden RO -arvio):

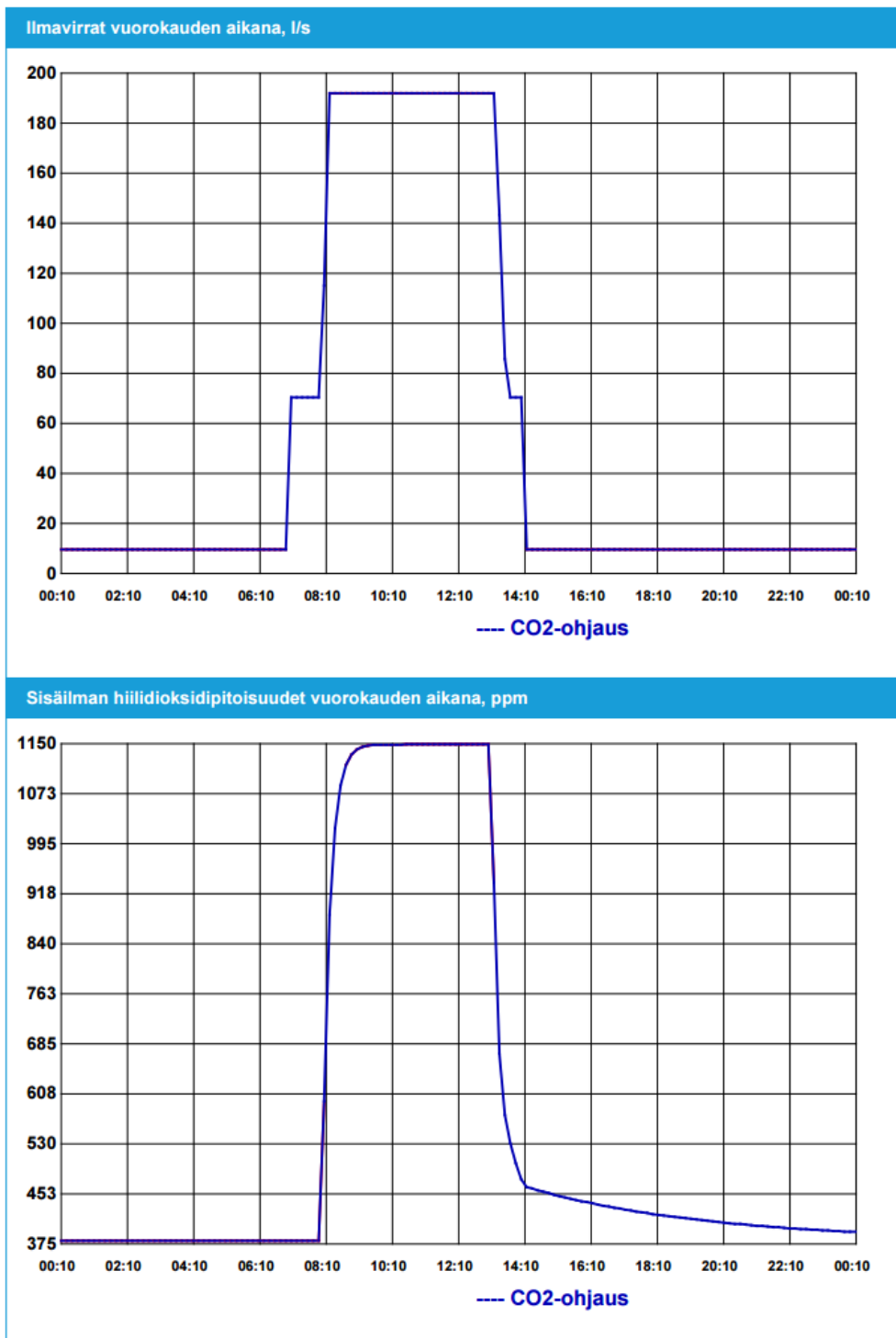
1. Neukkari 18 m2 (190 ls, IMS-säätö lisäilma) - Rakennusosa-arvio -suunn.ratk

Liite 3. Laskentapalvelut.fi raportit

ILMANVAIHDON POISTOILMAVIRTA JA HIILIDIOKSIDIPITOISUUS	
Rakennuskohde: Malli luokkahuone	
Paikkakunta: Vyöhyke I	
Lisätiedot:	
Laskelman tekijä: Samuli Kunnari	Päiväys: 13.11.2015

Laskentatulokset	
Laskennan lähtötiedot	
CO2-säädön piirissä olevien tilojen ilmatilavuus, m ³	192
Vakiosäädön piirissä olevien tilojen ilmatilavuus, m ³	0
CO2-säädön piirissä olevien tilojen huoneala, m ²	64
Vakiosäädön piirissä olevien tilojen huoneala, m ²	0
Henkilöiden lukumäärä tilassa, hlö/m ²	0.398
Käyttöajan maksimi-ilmavirta, l/s/m ²	3.00
Käyttöajan minimi-ilmavirta, l/s/m ²	1.1
Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta, l/s/m ²	0.15
Käyttöaika päivää viikossa	5
Käyttöaika tuntia päivässä	5
Sisäilmaluokka S1 (ppm<750), S2 (ppm<900), S3 (ppm<1200)	1
Aika-askel, min	10
Laskentatulokset	
Standardikäyttö, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	0.744
Tila CO2-ohjauksella, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	0.646
Tila ilman CO2-ohjausta, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	0.000
CO2-ohjaus, kaikki tilat, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	0.646
Standardikäyttö, keskimääräinen kokonaispoistoilmavirta (l/s):	47.60
CO2-ohjaus, keskimääräinen kokonaispoistoilmavirta (l/s):	41.32
Ilmavirta- ja hiilidioksidipitoisuuskuvaajat seuraavalla sivulla.	





ILMANVAIHDON POISTOILMAVIRTA JA HIILIDIOKSIDIPITOISUUS

Rakennuskohde: Malli neukkari

Paikkakunta: Vyöhyke I

Lisätiedot:

Laskelman tekijä:

Samuli Kunnari

Päiväys:

13.11.2015

Laskentatulokset	
Laskennan lähtötiedot	
CO2-säädön piirissä olevien tilojen ilmatilavuus, m ³	45
Vakiosäädön piirissä olevien tilojen ilmatilavuus, m ³	0
CO2-säädön piirissä olevien tilojen huoneala, m ²	18
Vakiosäädön piirissä olevien tilojen huoneala, m ²	0
Henkilöiden lukumäärä tilassa, hlö/m ²	0.266
Käyttöajan maksimi-ilmavirta, l/s/m ²	4
Käyttöajan minimi-ilmavirta, l/s/m ²	1.1
Käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta, l/s/m ²	0.15
Käyttöaika päivää viikossa	5
Käyttöaika tuntia päivässä	9
Sisäilmaluokka S1 (ppm<750), S2 (ppm<900), S3 (ppm<1200)	1
Aika-askel, min	10
Laskentatulokset	
Standardikäyttö, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	1.410
Tila CO2-ohjauksella, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	1.243
Tila ilman CO2-ohjausta, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	0.000
CO2-ohjaus, kaikki tilat, keskim. poistoilmavirta (l/s/m ²):	1.243
Standardikäyttö, keskimääräinen kokonaispoistoilmavirta (l/s):	25.39
CO2-ohjaus, keskimääräinen kokonaispoistoilmavirta (l/s):	22.37
Ilmavirta- ja hiilidioksidipitoisuuskuvaajat seuraavalla sivulla.	

