

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Petteri Nurmi

Hybridi-ilmanvaihto ilmanvaihtoratkaisuna

Insinööriyö 13.09.2009

Ohjaaja: Lvi-suunnittelija Heikki Leskinen
Ohjaava opettaja: yliopettaja Olli Jalonen

Tekijä Otsikko	Petteri Nurmi Hybridi-ilmanvaihto ilmanvaihtoratkaisuna
Sivumäärä Aika	46 sivua 13.09.2009
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	Lvi-suunnittelija Heikki Leskinen, yliopettaja Olli Jalonen
<p>Insinööriyössä tutkittiin Latokartanon peruskoulun luokkahuoneiden ilmanvaihdon toteutusta hybridi-ilmanvaihtojärjestelmällä, ilmanvaihtosuunnitelmien ja toteutuksen yhteensovitusta sekä toteutuksen ongelmia ja niiden ratkaisuja.</p> <p>Hybridi-ilmanvaihdossa yhdistyvät koneellisen ja painovoimaisen ilmanvaihdon tekniikka. Hybridi-ilmanvaihdon perusidea on kuljettaa ilmaa tuulen ja lämpötilaeron aiheuttaman paine-eron avulla huonetilojen tai koko rakennuksen läpi. Suomessa yleisin sekä kohteessa käytettävä hybridi-ilmanvaihtoratkaisu on apupuhaltimen käyttö painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Apupuhallinta käytetään vain jos ilman käyttövoima on riittämätön tai ilman laatu laskee tavoitearvojen alapuolelle.</p> <p>Hybridi-ilmanvaihdon avulla tavoitellaan sähköenergian säästöä, joka saadaan, kun korvataan koneellisen ilmanvaihdon jatkuvakäyttöiset puhaltimet ajoittain käyvillä matalapaineisilla apupuhaltimilla.</p> <p>Latokartanon peruskoulun luokkahuoneiden ilmanvaihto toimii pääosin painovoimaisesti, ilman apupuhaltimia. Kohteessa ilma johdetaan raitisilmatornin kautta tuloilmakammioon, joka sijaitsee luokkahuoneiden alla. Ilma suodatetaan ja tarvittaessa lämmitetään, minkä jälkeen ilma jaetaan kahden kerroksen luokkahuoneisiin ikkunapenkin kautta. Luokkahuoneista lämmennyt poistoilma siirtyy säleikköjen kautta aulatilaan, josta ilma siirtyy painovoimaisesti poistoilmatornin kautta ulos. Raitisilmapeltien ja jäteilmapeltien avautumista ohjataan tuulen nopeuden ja suunnan perusteella. Järjestelmän avulla toteutetaan siis myös aulatilán ilmanvaihto.</p>	
Hakusanat	ilmanvaihto, hybridi-ilmanvaihto, painovoimainen ilmanvaihto, apupuhallin

Author Title	Petteri Nurmi Hybrid ventilation system as a ventilation concept
Number of Pages Date	46 13 September 2009
Degree Programme	Building services engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Heikki Leskinen, HVAC Designer Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>Hybrid ventilation combines mechanical and natural ventilation. Hybrid ventilation transports air through the rooms or through the whole building with the help of the wind and the pressure difference caused by the difference in the temperature inside and outside the building. In Finland, the most common hybrid ventilation system is the use of a low energy extract fan with natural ventilation. The extract fan will only be used if the driving force of the incoming air is inadequate or the quality of the indoor air falls below the target values.</p> <p>Hybrid ventilation results in savings in electric energy which are obtained when the continuously operated fans of the mechanical ventilation are replaced with common low pressure extract fans.</p> <p>The ventilation in the class rooms of the Latokartano elementary school operates mainly naturally without the extract fan. The air is led in through a wind tunnel to a chamber for incoming air located under the classrooms. The air is then filtered and, if necessary, also warmed. After that the air is distributed into the classrooms through the window sills in them. The warm outgoing air exits the classrooms through the ventilation grills into the hall and continues naturally outdoors through the outgoing air tunnel. The control dampers are opened on the basis of the speed and direction of the wind. The hall is ventilated simultaneously with the same system.</p>	
Keywords	ventilation, hybrid ventilation, natural ventilation, low energy extract fan

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Hybridi-ilmanvaihtojärjestelmän esittely	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Energiataloudelliset vaatimukset	7
2.3 Suunnittelu	8
2.4 Erilaisia hybridi-ilmanvaihdon määritelmiä	9
2.4.1 Yhdistetty painovoimainen ja koneellinen ilmanvaihto	9
2.4.2 Puhallinavusteinen painovoimainen ilmanvaihto	9
2.4.3 Painovoiman ja tuulen avustama koneellinen ilmanvaihto.....	9
3 Ilmanvaihdon suunnittelun lähtöarvot, määräykset ja vaatimukset	11
3.1 Palomääräykset	11
3.2 Äänieristysmääräykset	11
3.3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	11
4 Esimerkkikohteen ilmanvaihdon suunnitelma	12
4.1 Yleistä	12
4.2 Järjestelmän ohjaus ja toiminta	13
5 Toteutus.....	18
5.1 Määräykset	18
5.2 Raitisilmatornit.....	19
5.3 Suodattimet	20
5.4 Hormit	22
5.5 Luokkahuoneet ja aula	26
5.6 Apupuhaltimet.....	27
5.7 Poistoilmatornit	28

5.9 Ilmavirtojen mittaus ja säätö	29
6 Toteutusvaiheen ongelmat ja ratkaisut	29
7 Loppuyhteenveto ja päätelmät	30
Lähteet.....	31
Liitteet	
Liite 1: Pystyleikkaus raitisilmatornista	33
Liite 2: Poikkileikkaus raitisilmatornista, pohjakerros.....	34
Liite 3: Poikkileikkaus raitisilmatornista, 1. kerros.....	35
Liite 4: Poikkileikkaus raitisilmatornista, tornin yläosa.....	36
Liite 5: Luokkahuoneiden ilmavirtojen mittauspöytäkirja.....	37
Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205.....	39

1 Johdanto

Työssä tutkitaan hybridi-ilmanvaihtoa ilmanvaihtoratkaisuna esimerkkikohteen kautta sekä mahdollisia toteutusvaiheessa ilmeneviä ongelmia. Kohteena oli Latokartanon peruskoulun ala-aste. Tutkittavana oli rakennuksen ulkovyöhykkeellä sijaitsevien luokkahuoneiden ilmanvaihto, joka on toteutettu hybridi-ilmanvaihdolla. Muu osa rakennuksesta on toteutettu tavanomaisella ilmanvaihtojärjestelmällä, jota ei tässä työssä käsitellä.

2 Hybridi-ilmanvaihtojärjestelmän esittely

2.1 Yleistä

Luonnollisella ilmanvaihdolla toteutetussa rakennuksessa perusideana on käyttää rakennusten tiloja ilman kulkureitteinä ja kuljettaa ilmaa tuulen ja lämpötilaeron aiheuttaman paine-eron avulla huonetilojen tai koko rakennuksen läpi. Tiukentuneet vaatimukset sisäilmaston ja energiatalouden suhteen ovat johtaneet viime vuosikymmeninä siihen, että toimistojen ilmanvaihtolaitteet ja -järjestelmät ovat kehittyneet monimutkaisiksi, tilaa vieviksi ja kalliiksi asentaa sekä huoltaa. Vastareaktionä on joissakin Euroopan maissa lähdetty kehittämään onohduksissa ollutta painovoimaista ilmanvaihtoa. Perinteisessä painovoimaisessa ilmanvaihdossa on seuraavia puutteita:

- Ilmavirtoja ei voida tyydyttävästi hallita.
- Sisäilmaston taso ei vastaa nykyisiä vaatimuksia.
- Energiankulutus on suuri, koska poistoilman lämpöä ei saada talteen.

Tietokoneiden ja rakennusautomaation kehitys voivat kuitenkin parantaa painovoimaisen ilmanvaihdon mahdollisuuksia kahdella tavalla. Ensinnäkin järjestelmä voidaan suunnitteluvaiheessa simuloida ja optimoida erilaisissa sääoloissa ja erilaisilla sisäilmaston kuormitusprofiileilla. Toiseksi itse järjestelmän toimintaa voidaan ohjata keskitetysti ja tarpeen mukaisesti mitattavien suureiden perusteella. Tällöin järjestelmään voidaan yhdistää hallitummin myös koneellisen ilmanvaihdon laitteita. Hybridi-ilmanvaihdossa rakennus on varustettu apupuhaltimin tehostamaan ilmanvaihtoa olosuhteissa, joissa ilma ei vaihdu riittävän tehokkaasti luonnonvoimien avulla. Rakennusautomaatiojärjestelmä mittaa sisäolosuhteita ja ohjaa ilmanvaihtojärjestelmää todellisen käyttäjätarpeen mukaan. Etenkin keski- Euroopassa ovat luonnollisen ilmanvaihdon eri variaatiot toimisto- ja koulurakennuksissa suosittuja.

Puhaltimien käyttö on välttämätöntä mm. seuraavista syistä:

- ulkoilman suodatustarve ennen ilman johdattamista rakennukseen
- ulkoilman lämmitystarve ennen ilman johdattamista rakennukseen
- poistoilman lämmön talteenoton tarve

2.2 Energiataloudelliset vaatimukset

Hybridi-ilmanvaihdon energiatehokkuus perustuu siihen sähköenergian säästöön, joka saadaan, kun korvataan koneellisen ilmanvaihdon jatkuvakäyttöiset puhaltimet ajoittain käyvillä matalapaineisilla tuuletuspuhaltimilla.

Rakennusmääräyskokoelma osa D2 vuodelta 2003 [1], jota sovellettiin tähän kohteeseen, kiinnittää ilmanvaihdon energiataloudellisuuden aikaisempaa enemmän huomiota. Kohdassa 4.1.2 vaatimuksena on järjestely, jolla saadaan poistoilmasta talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 30 %:a ilmanvaihdon lämmittämiseen tarvittavasta lämpömäärästä.

Vaatimuksen on katsottu edellyttävän pääsääntöisesti ilmanvaihtojärjestelmän varustamista poistoilman lämmöntalteenotolla. Hybridi-ilmanvaihdolla toteutetuissa

järjestelmissä ei yleensä voida käyttää poistoilmanvaihdon lämmöntalteenottoa painehäviöiden takia.

Määräysten mukaan vastaava lämpöenergian tarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa myös muilla tavoin, mm. parantamalla ilmanvaihdon ohjattavuutta tarpeen mukaan. Saman määräyskohdan mukaan voidaan lämmöntalteenoton vaatimuksesta luopua, jos sen rakentaminen osoitetaan epätarkoituksenmukaiseksi[1].

Uusi D2, joka astuu voimaan 1.1.2010 [2], määrittää kohdassa 4.1.2., rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 %:a ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa mm. seuraavilla tavoilla:

- parantamalla rakennuksen vaipan lämmöneristystä
- parantamalla rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä tai
- vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla.

2.3 Suunnittelu

Hybridi-ilmanvaihdon hyvän suunnittelun lähtökohtina ovat mm. seuraavat edellytykset:

- Huonekorkeus on vähintään 3 metriä huoneen matalammassa päädyssä, pari metriä enemmän korkeammassa päädyssä. Huoneet mieluummin vinokattoisia, poistoilma johdetaan ulos katon korkeimmasta kohdasta.
- Tuloilma tuodaan mieluummin syrjäytysperiaatteella matalalta lattiatason yläpuolelta huonetilaan.
- Rakennusrunko on massiivinen, rakenteet ovat näkyvissä, jotta yöjäähdytys toimisi.
- Ilman siirtyminen rakennuksen läpi mahdollisimman pienellä painehäviöllä

- Ilmanvaihdon kanavistot ja laitteet suunnitellaan huolellisesti.
- Tuloilma-aukot ja poistoilmapiiput on sijoitettu ilmanvaihdon kannalta optimaalisesti.

2.4 Erilaisia hybridi-ilmanvaihdon määritelmiä

2.4.1 Yhdistetty painovoimainen ja koneellinen ilmanvaihto

Järjestelmä pohjautuu erillisiin koneelliseen ja luonnolliseen ilmanvaihtojärjestelmään. Säättöjärjestelmä joko vuorottelee kahden järjestelmän välillä tai käyttää järjestelmiä eri tarkoituksiin. Esimerkkinä on koneellinen ilmanvaihto kesällä sekä talvella ja painovoimainen ilmanvaihto välikausina (Liberty Tower Japanissa). Toinen esimerkki on koneellisen ilmanvaihdon käyttö toimistoaikana ja luonnollisen ilmanvaihdon käyttö yöjäähdytykseen (IVEC toimistotalo Belgiassa). Tähän kategoriaan kuuluu myös järjestelmä, jossa käyttäjä saa valita joko ikkunatuuletuksen tai koneellisen jäähdytyksen (Wilkinson Australiassa) [3].

2.4.2 Puhallinvusteinen painovoimainen ilmanvaihto

Järjestelmä perustuu luonnolliseen ilmanvaihtoon, jota avustaa tulo- tai poistoilmapuhallin. Puhallin käynnistyy, kun luonnollisen ilmanvaihdon käyttövoima on pieni tai kun ilmanvaihdon tarve on tavallista suurempi [3].

2.4.3 Painovoiman ja tuulen avustama koneellinen ilmanvaihto

Järjestelmä pohjautuu koneelliseen ilmanvaihtojärjestelmään, joka käyttää hyödyksi painovoimaa ja tuulta käyttövoimana. Tähän kuuluu koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät, joissa painehäviöt ovat niin pienet, että luonnollisen käyttövoiman osuus on merkittävä [3].

Taulukko 1. Painovoimaiseksi suunnitellun toimistotalon ilmanvaihtojärjestelmän painehäviöt verrattuna koneellisen ilmanvaihdon tyypillisiin painehäviöihin, kun koneellinen järjestelmä on mitoitettu matalalle, normaalille ja korkealle painetasolle. Koneellisten järjestelmien painehäviöt on otettu standardiehdotuksesta prEN 13779, November1999 [3].

KOMPONENTTI	Painehäviö, Pa			
	Painovoimainen	Matala paine	Normaali	Korkea paine
Tuolilmapuoli				
Kanavisto	3	100	200	300
Lämmitys/jäähdytyspatteri	4	40	80	120
Lämmön talteenotto	4	100	150	200
Suodatin	-	50	150	250
Äänenvaimennin	-	30	50	80
Tuloilmalaite	1	30	50	100
Ilman sisäänotto	1	20	50	70
Poistoilmapuoli				
Kanavisto ja poistoilmaelin	2	100	200	300
Lämmön talteenotto	4	100	200	300
Suodatin	-	50	100	300
Jäteilma-aukko	1	20	40	60
PAINEHÄVIÖT YHTEENSÄ	20 Pa	640 Pa	1270 Pa	1930 Pa

Hybridi-ilmanvaihdon järjestelmäpaineet ovat vain muutamia prosentteja koneellisen järjestelmän järjestelmäpaineista. Puhallinenergian kulutus voi olla hybridi-ilmanvaihdossa vielä tätäkin prosenttiosuutta pienempi, koska hybridijärjestelmä toimii osan aikaa lämpötila-erojen ja tuulen voimalla.

3 Ilmanvaihdon suunnittelun lähtöarvot, määräykset ja vaatimukset

Rakentamista ja suunnittelua ohjaavia rakennusteknisiä määräyksiä ja ohjeita annetaan Suomen rakentamismääräyskokoelmissa. Nämä määräykset ja ohjeet täydentävät maankäyttö- ja rakennuslakia ja -asetusta.

3.1 Palomääräykset

Rakentamismääräyskokoelmassa ”E1, Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2002” [4], on ohjeita ja määräyksiä paloturvallisuuteen liittyvissä asioissa. Rakentamismääräyskokoelmassa ”E7, Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus, ohjeet 2004” [5], on ohjeita ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuuteen liittyvissä asioissa.

3.2 Äänieristysmääräykset

Rakentamismääräyskokoelmassa ”C1, Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, 1998” [6], annetaan ohjeita ja määräyksiä rakennuksien ääneneristykseen ja LVIS-laitteiden äänitasoihin.

3.3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

Rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat määräykset ovat rakentamismääräyskokoelmassa ”D2, rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2003” [1].

4 Esimerkkikohteen ilmanvaihdon suunnitelma

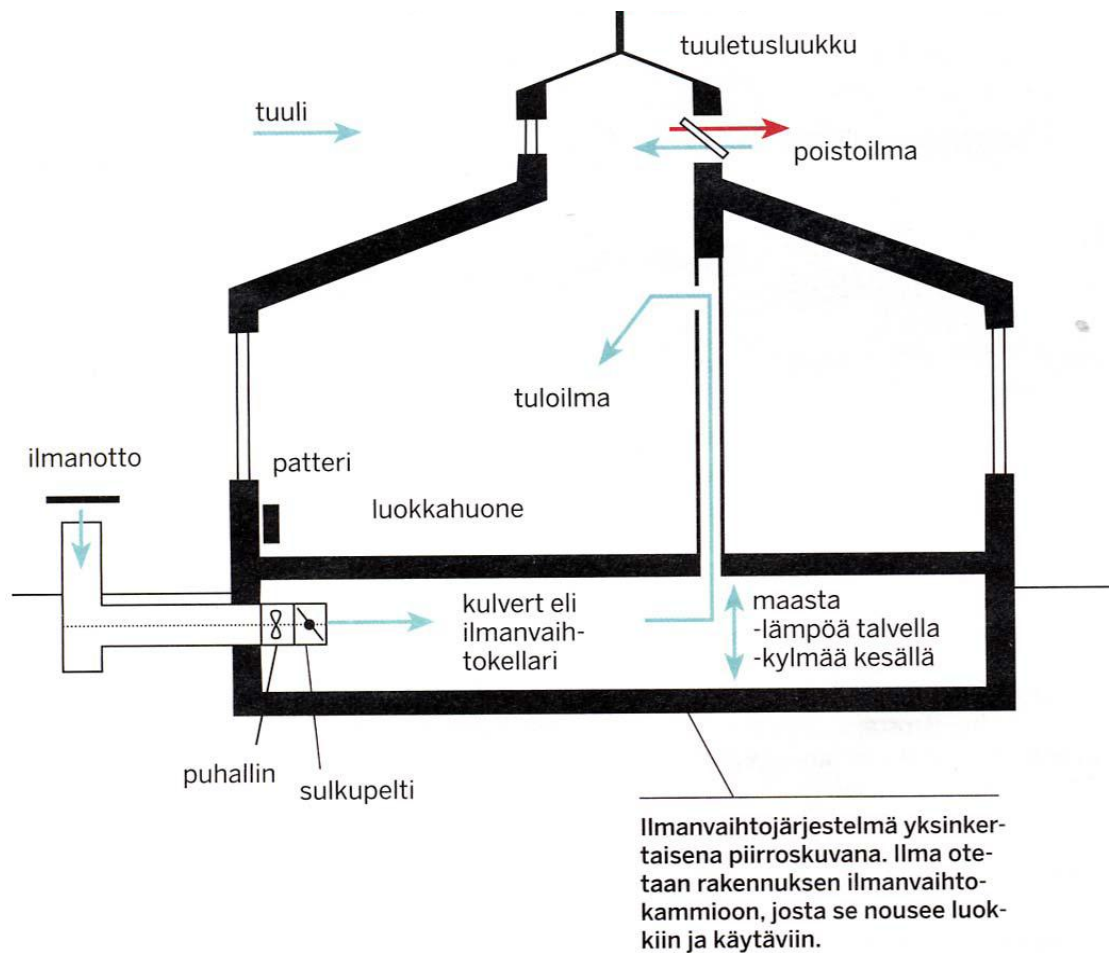
4.1 Yleistä

Latokartanon peruskoulu sijaitsee Helsingissä, Viikin kaupunginosassa. Rakennuksen bruttoala on 5561 m², hyötyala 3672,5 m², kerrosala 5315 k-m², sekä tilavuus 27400 m³. Rakennus otetaan käyttöön syyslukukaudella 2009.

Luokkahuoneiden lukumäärä on 32 kpl. Ilmamäärät luokkahuoneissa ovat 136 l/s/huone. Luokkahuoneet sijaitsevat kahdessa kerroksessa.

Hybridi-ilmanvaihdon kokonaisilmamäärä on 4352 l/s. Luokkahuoneiden ilmanvaihto toimii pääosin painovoimaisesti, ilman tehostuspuhaltimia. Raitisilmapeltien ja jäteilmapeltien avautumista ohjataan tuulen nopeuden ja suunnan perusteella.

Kohteessa ilma johdetaan raitisilmatornin kautta tuloilmakammioon, joka sijaitsee luokkahuoneiden alla. Ilma suodatetaan ja tarvittaessa lämmitetään, minkä jälkeen ilma jaetaan kahden kerroksen luokkahuoneisiin ikkunapenkin kautta. Luokkahuoneista lämmennyt poistoilma siirtyy säleikköjen kautta aulatilaa, josta ilma siirtyy painovoimaisesti poistoilmatornin kautta ulos (kaavio 1). Näin ollen järjestelmän avulla toteutetaan myös aulatilaa ilmanvaihto [7].

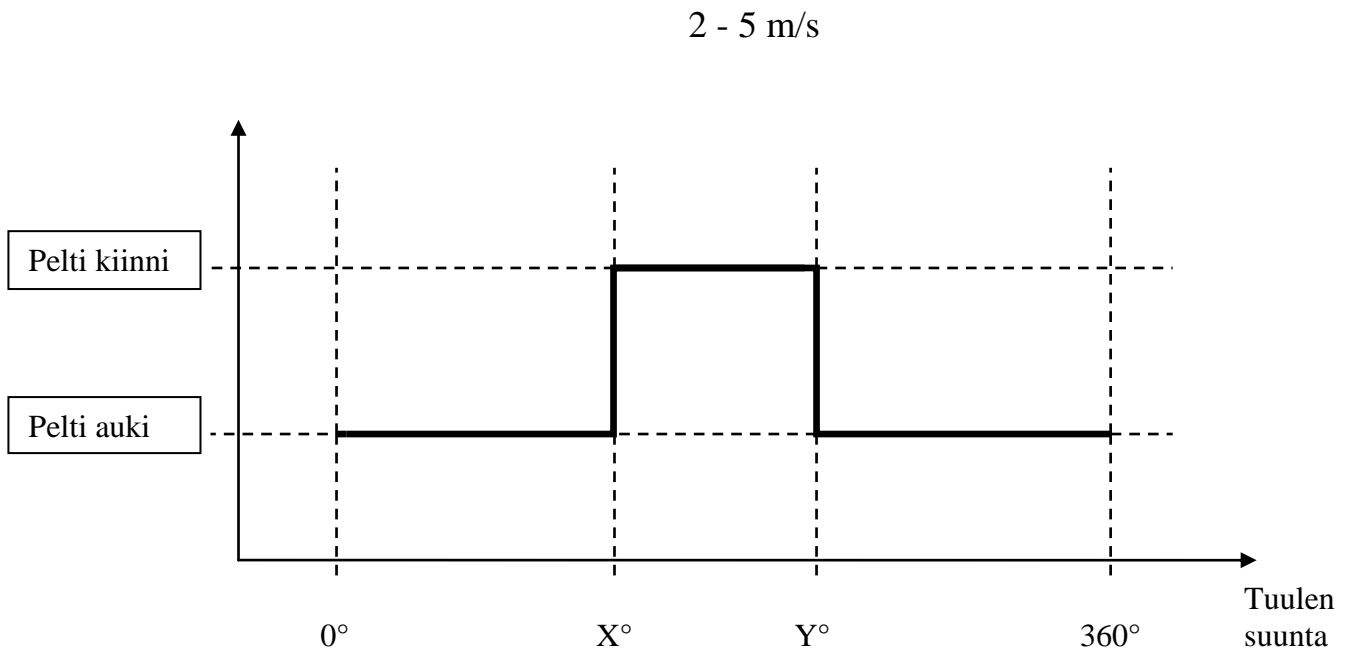


Kaavio 1. Järjestelmän periaatekaavio [8].

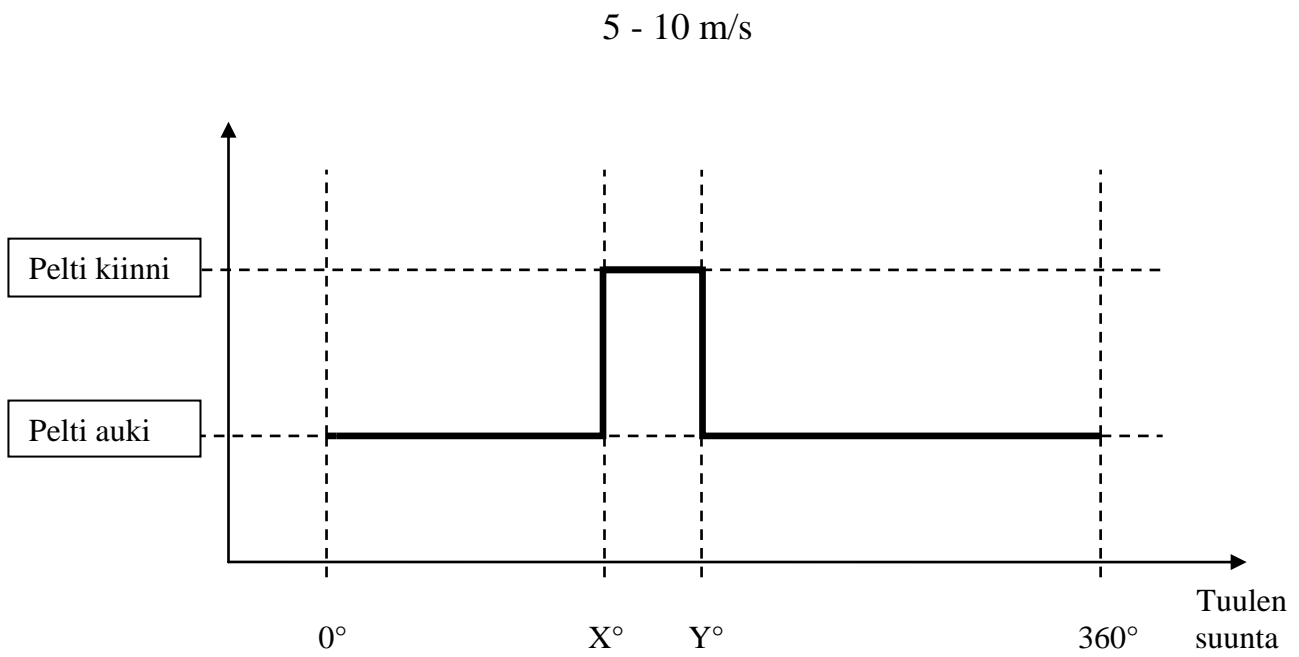
4.2 Järjestelmän ohjaus ja toiminta

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta päiväkäytössä

Ilmanvaihtojärjestelmä toimii pääosin painovoimaisesti, ilman tehostuspuhaltimia. Raitisilmapellit, jäteilmapellit sekä painovoimaisen toiminnan pellit ovat auki. Raitisilma- ja jäteilmapelttien avautumista ohjataan tuulen nopeuden ja suunnan perusteella oheisten käyrästäjien (kaavio 2 ja 3) mukaisesti [8].



Kaavio 2. Peltien ohjaus tuulen nopeuden ollessa 2-5 m/s [8].



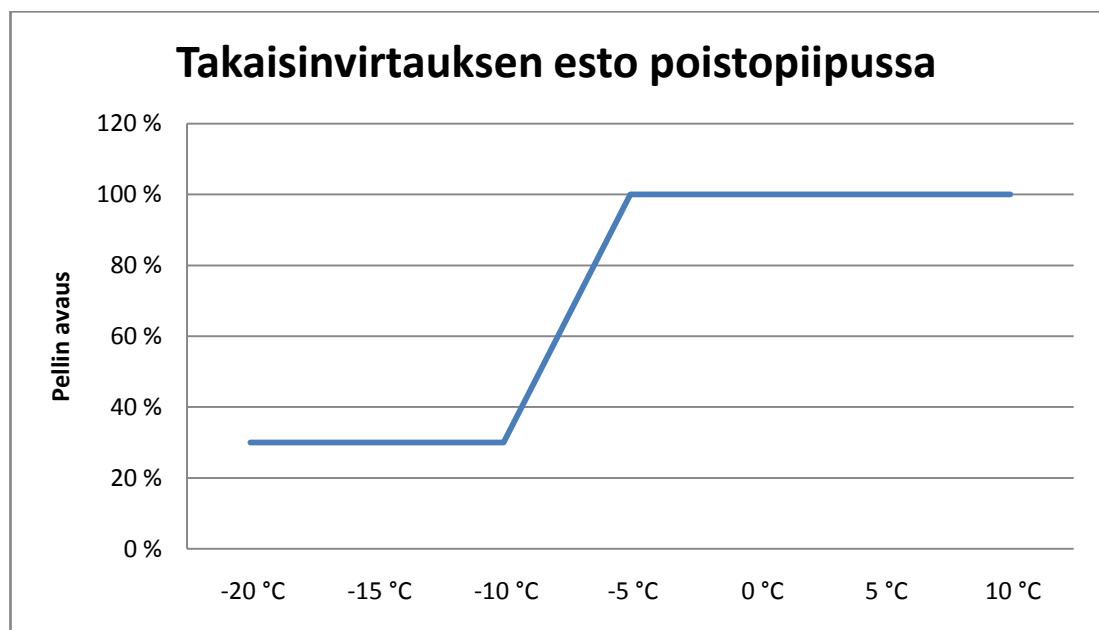
Kaavio 3. Peltien ohjaus tuulen nopeuden ollessa 5-10 m/s [8].

Kaikkien raitisilmatornissa olevien ulkopeltien ja poistopiipussa olevien sulkupeltien auki/kiinni-asetukset on voitava määrittellä vallitsevasta tuulen suunnasta riippuvaiseksi.

Erillisiä peltien auki/kiinni-yhdistelmiä tehdään neljälle valittavissa olevalle tuulivoimakkuudelle sekä yksi pienelle tuulivoimakkuudelle (0 - 2m/s) jolloin kaikki pellit ovat IV-järjestelmän käyntiaikana auki.[8.]

Takaisinvirtauksen esto poistopiipussa

Jäteilmapeltien avausta ohjataan jäteilmän lämpötilan ja aulan keskilämpötilan eron mukaan seuraavasti (kaavio 4):



Jäteilmän lämpötila – kotiaulan lämpötila

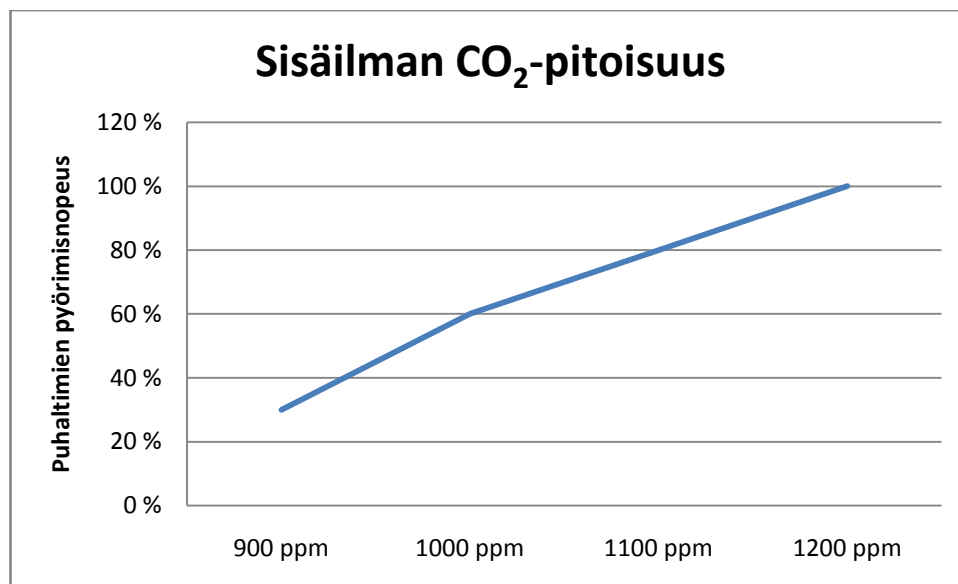
Kaavio 4. Takaisinvirtauksen esto poistopiipussa [8].

Sisäilman CO₂-pitoisuus

Ilmanvaihtoa tehostetaan rinnan käyvillä tuloilmapuhaltimilla, kun sisäilman laatu alittaa tavoitetason yhdessä tai useammassa opetustilassa.

Puhaltimen tehostusta ohjaamaan on ennalta valittavissa joku seuraavista vaihtoehdoista:

- Puhaltimen vaikutusalueella oleva suurimman CO₂-pitoisuuden mittaava anturi.
- Kahden tai useamman suurinta CO₂-pitoisuutta mittaavan anturiyhdistelmän keskiarvo.
- Kahden tai useamman suurinta CO₂-pitoisuutta mittaavan anturiyhdistelmän painotettu keskiarvo.



Kaavio 5. Puhaltimien TK205.1-TK205.3 pyörimisnopeus suhteessa sisäilman CO₂-pitoisuuteen [8].

Puhaltimien käynnistyessä painovoimaisen toiminnan pellit sulkeutuvat.[8.]

Liian tehokas ilmanvaihto

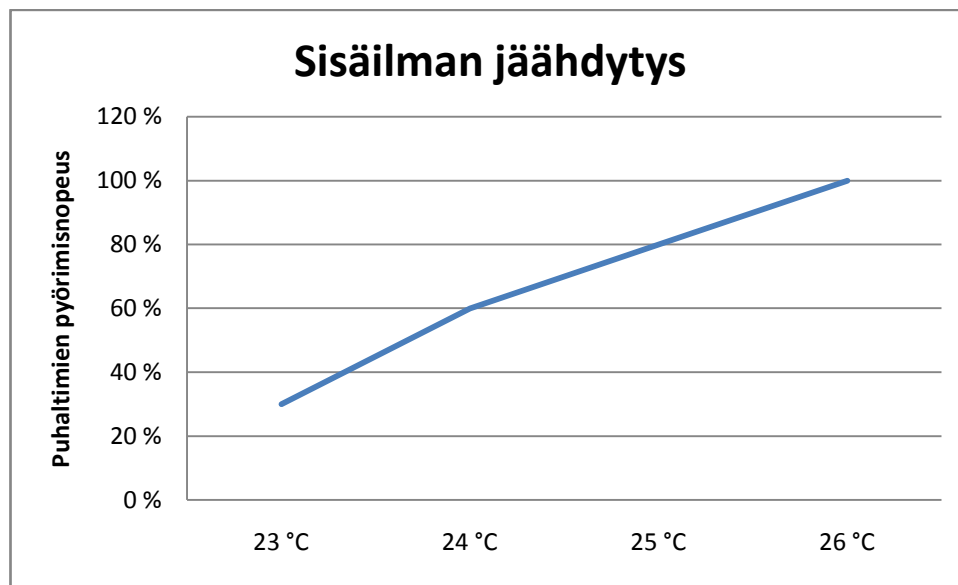
Jos sisäänpuhallusilman lämpötila alittaa asetusarvon (+15 °C) tuloilman lämmityspatterin jälkeen, rajoitetaan ilmapirtaa pienentämällä ensin puhaltimien pyörimisnopeutta ja sulkemalla sen jälkeen raitisilmatornin tuloilmapeltejä sekä poistoilmatornin poistopeltejä [8].

Sisäilman jäähdytys

Ilmanvaihtoa tehostetaan rinnan käyvillä tuloilmapuhaltimilla, kun sisäilman lämpötila ylittää tavoitetason yhdessä tai useammassa opetustilassa.

Puhaltimen tehostusta ohjaamaan on valittavissa joku seuraavista vaihtoehdoista:

- Puhaltimen vaikutusalueella oleva, korkeimman lämpötilan mittaava anturi.
- Kahden tai useamman, korkeinta sisälämpötilaa mittaavan anturiyhdistelmän keskiarvo.
- Kahden tai useamman, korkeinta sisälämpötilaa mittaavan anturiyhdistelmän painotettu keskiarvo.



Kaavio 6. Puhaltimien TK205.1-TK205.3 pyörimisnopeus suhteessa sisäilman lämpötilaan [8].

Puhaltimien käynnistyessä painovoimaisen toiminnan pellit sulkeutuvat. Suurempaa ilmanvaihdon tehokkuutta edellyttävä mittaustulos (CO₂ tai TE) on määräävä [8].

Ilmanvaihtojärjestelmä seisonta-aikana

Raitisilmapellit ja poistopellit ovat kiinni. Tehostuspuhaltimien pellit ovat kiinni. Tehostuspuhaltimien rinnalla olevat painovoimaisen toiminnan pellit ovat kiinni. Lämmityspatterin säätimen rajoitustoiminta estää aina lämmityspatterin lämpötilaa laskemasta alle asetetun rajoitusarvon (esim. 20 °C) ohjaamalla lämpötilamittauksen perustella moottoriventtiiliä. Lisäksi toiminnassa on erillinen rakennusautomaatiikan alakeskuksesta riippumaton jäätymisvaara- ja hälytystoiminta jäätymisvaarakytimen avulla [8].

Yötuuletus

Ilmanvaihto käynnistyy klo 00:00 tilojen normaalia käyttöä edeltävänä yönä, jos ulkoilman lämpötila on yli +12 °C, ja huonelämpötilojen keskiarvo on yli +23 °C ja ulkoilman lämpötila on vähintään 4 °C pienempi kuin huonelämpötilojen keskiarvo.

Yötuuletus pysähtyy, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa:

- Huonelämpötilojen keskiarvo on alle +21 °C.
- Ulkoilman lämpötila on alle +12 °C.
- Ulkoilman lämpötilan ja huonelämpötilojen keskiarvon erotus on alle 2 °C.
- Yötuuletuksen toiminta-aika on päättynyt (klo 7:00).

5 Toteutus

5.1 Määräykset

Urakassa noudatettiin Talotekniikka RYL 2002:n nimetyn kohdan vaatimustekstin vaatimuksia [9]. Kohteen vaativuusluokka on RakMK A2:n mukaan AA [10]. Sisäilmastoluokituksen mukainen sisäilmastoluokka on S2/S3, ja se toteutettiin ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkaa P2 noudattaen.

5.2 Raitisilmatornit

Luokkahuoneiden raitisilma otetaan rakennukseen raitisilmatornien kautta (kuva1). Rakennuksessa on kaksi tornia.

Torneissa sijaitsevat myös neljään ilmansuuntaan sijaitsevat raitisilman sulkupellit (kuva 2). Pellit ovat mallia ASP-3E ZN, valmistaja PKA-laite Oy. koko 1800 x 680. Peltejä on 8 kpl/torni.



Kuva 1. Raitisilmatorni (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 2. Raitisilmatornin sulkupellit (kuva Petteri Nurmi).

5.3 Suodattimet

Raitisilmatornin sisällä sijaitsevat myös suodattimet (kuvat 3 ja 4). Suodattimien luokka on G2, koko 595 x 595 x 360, 24 kpl/torni. Tyyppi on CL-66-6-G2, Halton Oy.



Kuva 3. Raitisilmatornin suodatinseinä, suodattimia ei ole vielä asennettu (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 4. Raitisilmatornin suodatinseinä, suodattimia ei ole vielä asennettu paikoilleen (kuva Petteri Nurmi).

5.4 Hormit

Hormit, joista ilma johdetaan luokkahuoneisiin, sijaitsevat ryömintätilassa (kuvat 5, 6 ja 7). Hormeissa sijaitsevat myös virtauslähettimet ja lämpötila-anturit. Maanalainen hormi tasoittaa eri vuodenaikojen vaihteluita. Kylmänä vuodenaikana maa esilämmittää ilmaa, ja lämpimänä vuodenaikana päinvastoin, maan alta johdettava ilma on viileämpää. Hormi toimii myös suodattimena. Ilman mahdolliset epäpuhtaudet laskeutuvat hormin lattialle ja tarttuvat hormin seiniin. Hormien puhdistus on helppo suorittaa imuroimalla.



Kuva 5. Tuloilmahormi luokkahuoneisiin (kuva Petteri Nurmi).

Kuvissa 6 ja 7 näkyvät tulohormin katossa luokkahuoneisiin ilmaa jakavat kanavat. Kanavat, jotka jakavat ilmaa 1. kerrokseen, on varustettu äänenvaimentimin. Ilma johdetaan luokkahuoneisiin ikkunapenkkin kautta (kuva 9). Ilmamääriä moottorisäätöpeltien avulla, jotka sijaitsevat kanavien päissä (kuvat 6 ja 7).



Kuva 6. Tuloilmahormi luokkahuoneisiin (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 7. Luokkahuoneisiin ilmaa jakavat kanavat (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 8. Tuloilman lämmityspatteri (kuva Petteri Nurmi).

Kuvassa 8 näkyy lämmityspatteri, jolla tuloilmaa tarvittaessa lämmitetään. Patteri on Ekocoil Oy:n lamellipatteri, lämmitysteholtaan 89 kW. Ilman painehäviö patterin läpi on erittäin pieni, n. 1,8 Pa.



Kuva 9. Luokkahuoneen ikkunapenkki. Ilma virtaa luokkahuoneeseen alaosan säleikön läpi (kuva Petteri Nurmi).

5.5 Luokkahuoneet ja aula

Luokkahuoneista ilma johdetaan katonrajassa sijaitsevien säleiköiden kautta aulatilään.



Kuva 10. Luokkahuoneen poisto-/siirtoilmasäleikkö (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 11. Luokkahuoneen säleiköt aulan puolelta kuvattuna (kuva Petteri Nurmi).



Kuva 12. Säleikkö, joka johtaa poistoilmatorniin, aulasta kuvattuna (kuva Petteri Nurmi).

5.6 Apupuhaltimet

Ilmanvaihtoa tehostetaan rinnan käyvillä tuloilmapuhaltimilla (kuva 13), kun sisäilman laatu alittaa tavoitetason yhdessä tai useammassa opetustilassa. Puhaltimien vieressä sijaitsevat painovoimaisen toiminnan sulkupellit, jotka ovat auki, kun puhaltimet eivät käy. Puhaltimien käynnistyessä pellit sulkeutuvat takaisinvirtauksen estämiseksi.

Ilmanvaihdon apupuhaltimina käytetään ZIEHL-ABEGG Oy:n valmistamia mallia FREVENT FE050-4HK.4F.V7 , 3 kpl/torni. Puhaltimien moottorit ovat ns. EC-moottoreita, joissa taajuusmuuttaja on integroitu moottoriin. Painovoimaisen toiminnan sulkupeltinä käytetään PKA-laite Oy:n peltiä ASP-3E ZN.



Kuva 13. Apupuhaltimet (kuva Petteri Nurmi).

5.7 Poistoilmatornit

Poistoilmatorneja, joiden kautta poistoilma johdetaan ulos, on rakennuksessa kaksi kappaletta. Torneissa sijaitsevat jäteilmapelit, joita ohjataan myös tuulen suunnan ja nopeuden mukaan.

Poistoilmapelteinä käytetään mallia ASP-3E ZN, valmistaja PKA-laite Oy. Kokoja 1800 x 700 on 8 kpl sekä 1600 x 1000 on 4 kpl/ torni.

5.9 Ilmavirtojen mittaus ja säätö

Luokkahuoneiden ilmamäärien mittaus suoritettiin apupuhaltimien (kuva 13) ollessa käynnissä Kokonaisilmamäärä mitattiin ennen apupuhaltimien imupuolelta raitisilma-aukosta monipiste-menetelmällä ja yksittäisten luokkahuoneiden ilmamäärä luokkahuoneeseen johtavasta pystykanavasta.

Ilmamäärien säätötyö suoritettiin siten, että puhaltimien kierrosluku säädettiin taajuusmuuttajasta vaadittuun pyörimisnopeuteen (liite 2) . Luokkahuoneiden ilmamääräsäätö suoritettiin kuristamalla tuloilmahormissa sijaitsevia moottoripeltejä (kuva 6 ja 7). Ilmavirtojen mittauspöytäkirja on liitteenä 5.

6 Toteutusvaiheen ongelmat ja ratkaisut

Toteutusvaiheen suurimmaksi ongelmaksi muotoutui ilmansuodatukselta aiheutuva ilman painehäviö. Kohteeseen oli suunniteltu sähkösuodatus. Suodattimien laskennallinen painehäviö oli 0 - 1 Pa.

Sähkösuodatusta ei ole käytetty aikaisemmin vastaavissa kohteissa. Sähkösuodatuksen toteutus havaittiin projektin edetessä aikataulullisesti liian haastavaksi, joten tilaaja pyysi vaihtoehtoista ratkaisua. Suunnittelimme itse perinteisen suodatinseinän riittävällä suodatinpinta-alalla (kuvat 3 ja 4 sekä liite 1, sivut 1-4). Suodatinseinän pinta-ala on $8,6 \text{ m}^2$. Suodattimien laskennallinen painehäviö oli 2 Pa.

Toinen ongelma olivat raitisilmatornit. Raitisilmatornien toteutus ei vastaa ideaalitapausta, jossa tuuli pääsee vapaasti puhaltamaan tulosuunnastaan torneja vasten. Tuloilmatorni on sijoitettu rakennuksen kulmaan ”kainaloon”, eikä siihen pääse tuuli suoraan kuin kahdelta ilmansuunnalta (kuvat 1 ja 2).

Tornien toteutustapa johti siihen, että tornien peltien avauslogiikka piti määritellä uudestaan siten, että edellä mainittujen rajoitusten haitta saadaan minimoitua.

7 Loppuyhteenveto ja päätelmät

Järjestelmän pääasialliset energiakustannukset tulevat apupuhaltimien sähkökulutuksesta. Puhaltimet toimivat pääasiassa kesäisin, jolloin koulu on tyhjillään.

Kun raitisilma otetaan rakennukseen ulkoa ja johdetaan maanalaista käytävää pitkin rakennukseen, voidaan kanavan puhtaudesta pitää koko ajan huolta. Tämä on yksi järjestelmän suuria etuja. Toinen etu on järjestelmän äänettömyys.

Järjestelmän varsinaista toimivuutta kuormitustilanteessa kohteessa ei pystytty todentamaan, koska tämän opinnäytetyön valmistuttua lukukausi oli vasta käynnistynyt. Mittaukset ja laitteiston viritykset jatkuvat pitkin talvea eri lämpötiloissa.

Eurooppalaiset luonnollisen ilmanvaihdon konseptit soveltuvat myös Suomeen. Ne vaativat kuitenkin joidenkin rakennuskäytäntöjen muutosta, laitetekniikan kehittämistä, ekologista ajattelua sisäilmatavoitteisiin sekä viranomaisohjauksen kehittämistä. Suomessa on käytettävissä luonnonvoimia (tuuli, lämpötilaero) vähintään yhtä paljon kuin muissakin Euroopan maissa, joten luonnonvoimien hyödyntäminen ilmanvaihdon käyttövoimana sähkön rinnalla pitäisi olla mahdollista. Talviajan suuri lämpötilaero huone- ja ulkolämpötilan välillä pitäisi pystyä hyödyntämään. Se vaatii kuitenkin tuotekehityspanosta sekä järjestelmä- että laitetasolla.

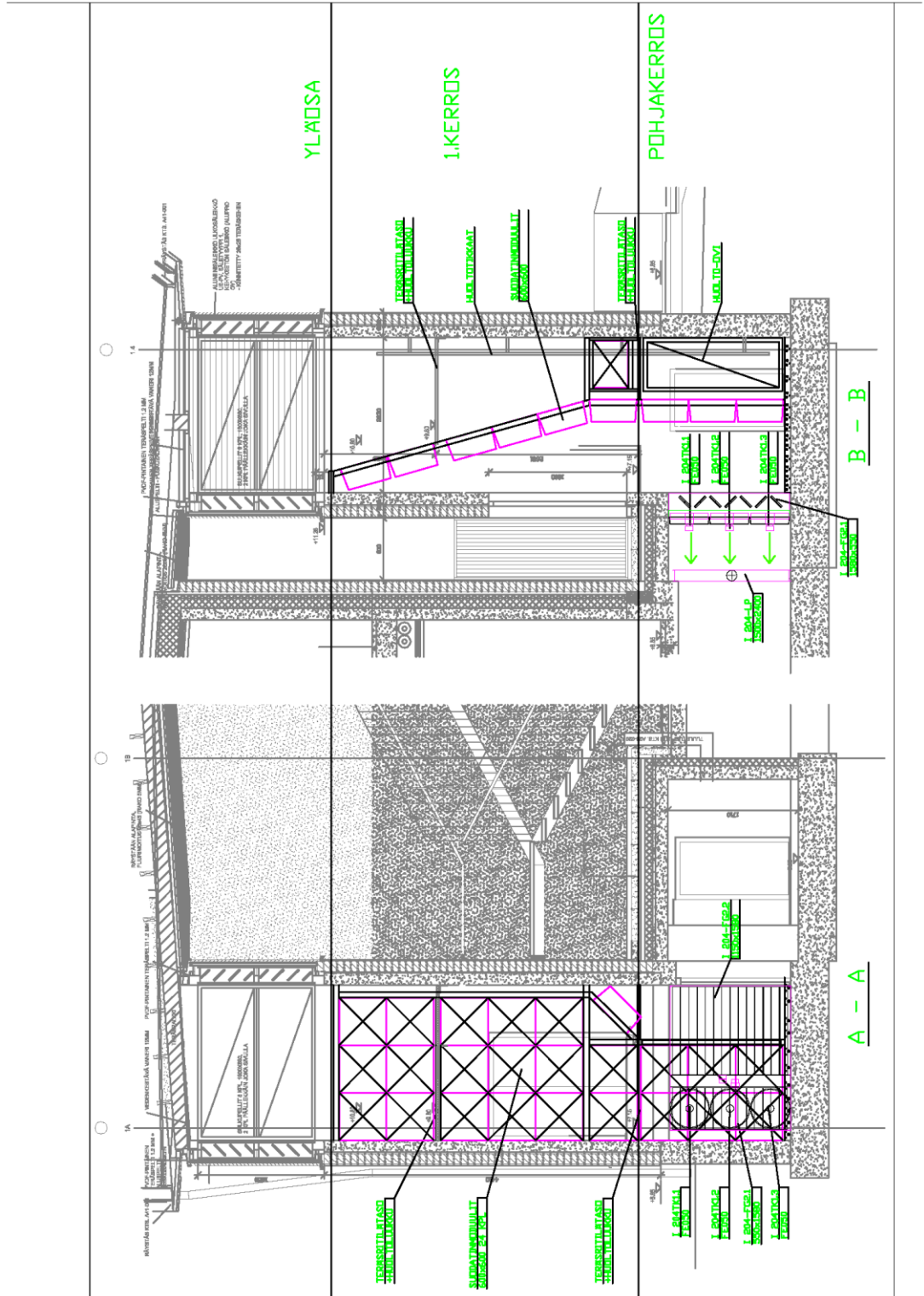
Järjestelmäkehitys matalapaineiseen suuntaan edellyttää uudenlaisia suodatus- ja lämmöntalteenottoratkaisuja. Rakennuksessa olevia tiloja kuten huoneita, käytäviä jne. tulisi voida käyttää ilmanvaihtoreitteinä. Kanavointi tehtäisiin tarpeen mukaan. Sisäilmastotavoitteiden asettamisessa tulisi ottaa huomioon ekologiset näkökohdat siten, että esimerkiksi lämpötilatasot joustaisivat ulkolämpötilan mukaan sekä kesällä että talvella.

Lähteet

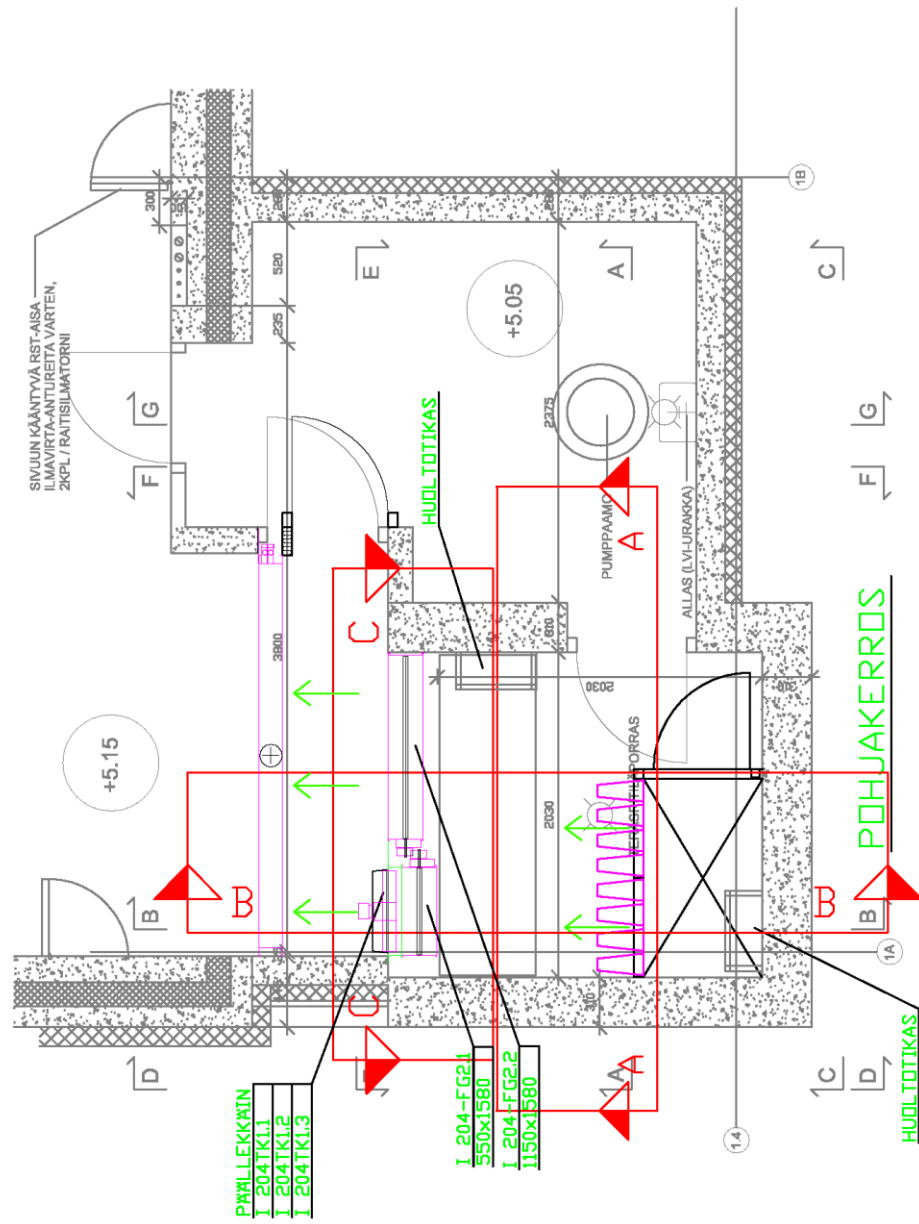
- 1 Rakennusten ilmanvaihto ja sisäilmasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö, 2003.
- 2 Rakennusten ilmanvaihto ja sisäilmasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö, 2010.
- 3 Heikkinen, Jorma, Heinonen, Jarkko, Vuolle, Mika, Laine, Tuomas & Liljeström, Kimmo. VTT:n tiedotteita-research Notes 2179. Toimistorakennusten hybridi-ilmanvaihto. Espoo: Otamedia, 2002.
- 4 Rakennusten paloturvallisuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki: ympäristöministeriö, 2002.
- 5 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö, 2004.
- 6 Äänieristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1. Helsinki: ympäristöministeriö, 1998.
- 7 Latokartanon peruskoulun LVI-työselitys. Espoo: Insinööritoimisto Akvedukti Oy, 2007.
- 8 Latokartanon peruskoulun toimintakaaviot LVI-0511-407 ja LVI-0511-408. Espoo: Insinööritoimisto Akvedukti Oy, 2007.
- 9 Talotekniikka RYL 2002. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry. Helsinki: Rakennustieto Oy, 2003.
- 10 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A2. Helsinki: ympäristöministeriö, 2002.
- 11 Ripatti, Harri. Luonnollinen hybridi-ilmanvaihto. Helsinki: Rakennustieto Oy, 2005.
- 12 Ventilation distance learning course, Module 1: Natural and Hybrid Ventilation. Rehva , 2007.

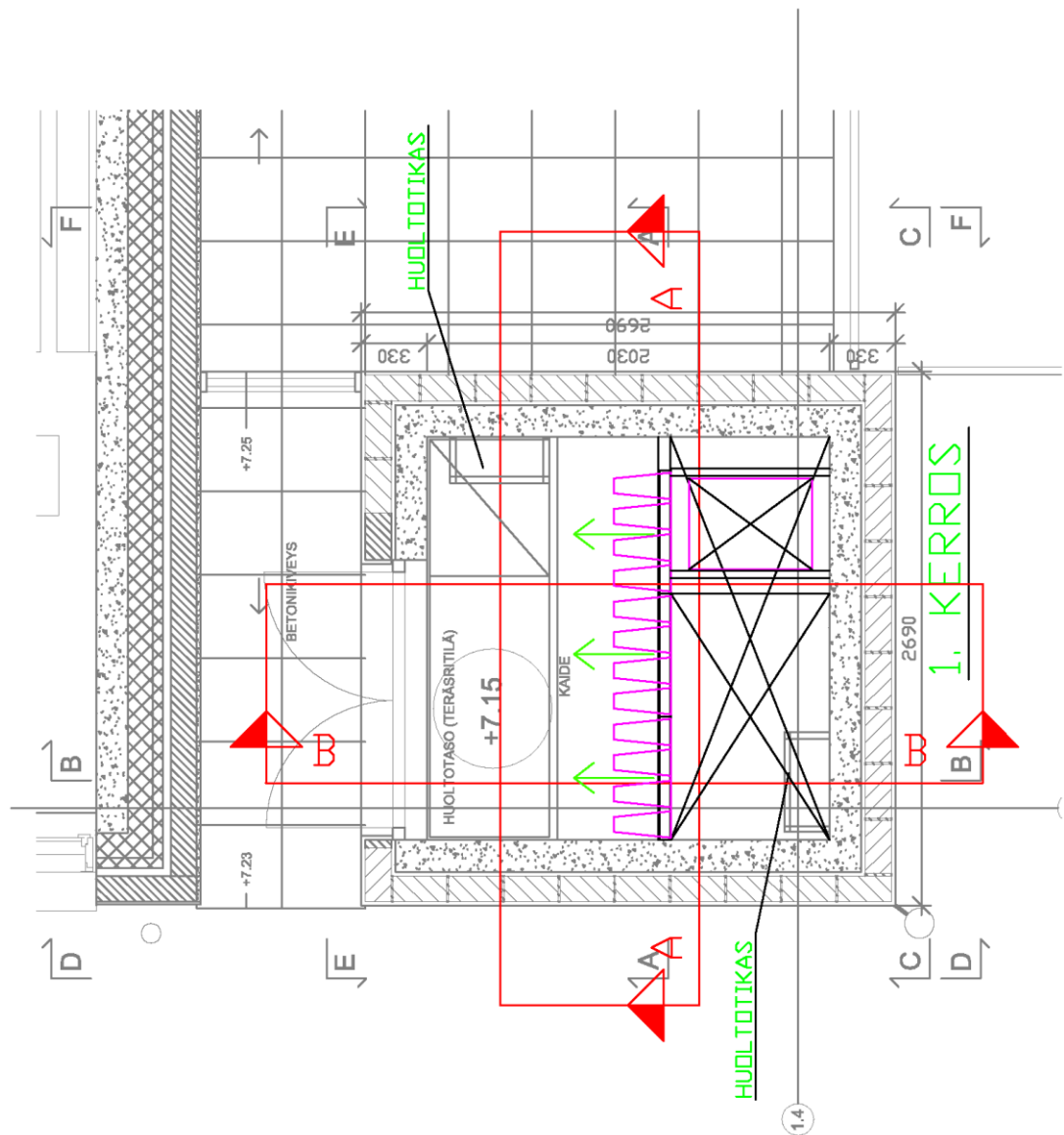
- 13 Tampereen Steiner-kouluun toteutettiin hybridi-ilmanvaihto. Rakennuslehti, 24.1.2008, s. 12-14.

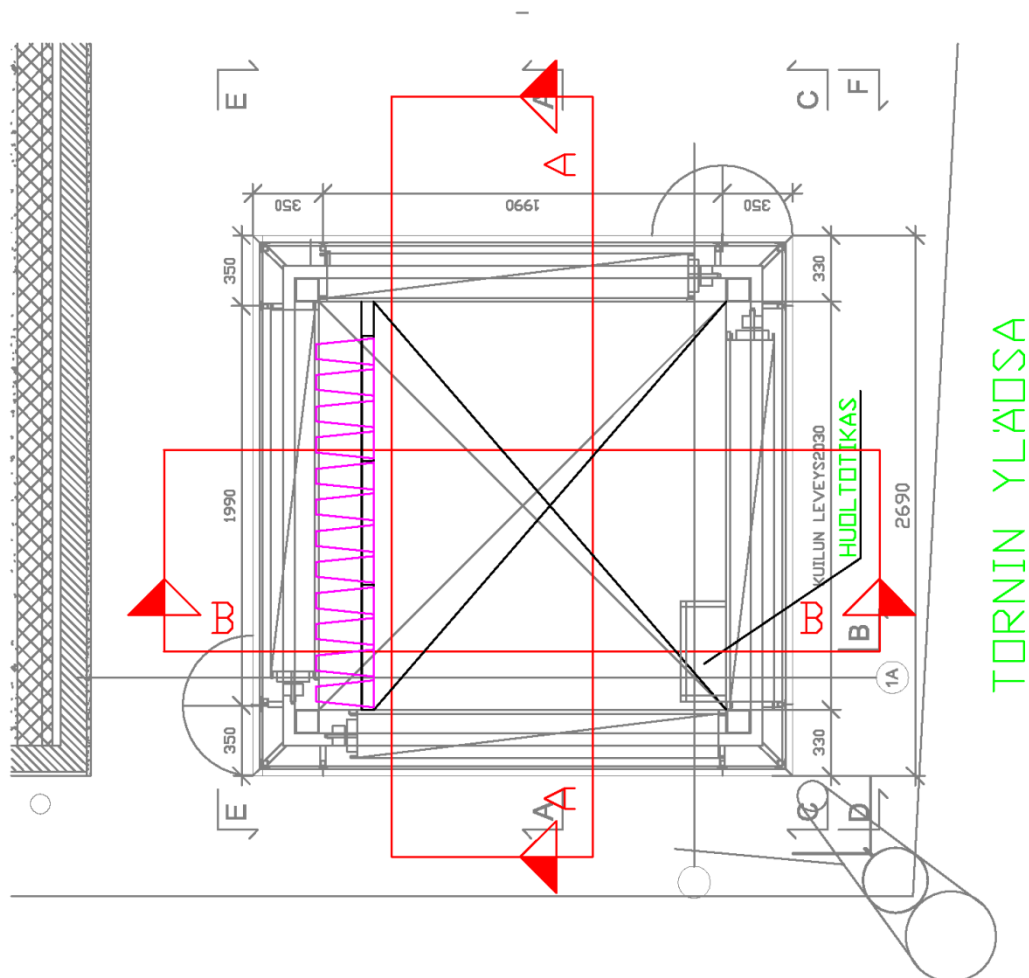
Liite 1: Pystyleikkaus raitisilmatornista



Liite 2: Poikkileikkaus raitisilmatornista, Pohjakerros



Liite 3: Poikkileikkaus raitisilmatornista, 1. kerros

Liite 4: Poikkileikkaus raitisilmatornista, Tornin yläosa

Liite 5: Luokkahuoneiden ilmapvirtojen mittauspöytäkirja (sivu 1/2)

LV-LI-KARTTOITUS ESTERHOLM		ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA										
Keskustie 4 A 31 00800 HKI		Kaup.osa/Kylä VIIKKI										
puh 09-755 7047 fax 09-72794430 GSM 0400-402557 / 040-5912234		Tonitti/RNo 1										
Huone n:o tai tila		Korttelitila 36205										
1 Krs OSA 4		Kohde LATOKARTANON PERUSKOULU										
Tuloilma l/s		Poistoilma l/s										
kpl	Puhalluselein	m/s	Pa	Ventt.as.	Mitattu	Suunniteitu kpl	Poistoelein	m/s	Pa	Ventt.as.	Mitattu	Suunniteitu
	KUILU 1	1 D-550*1500	3,2	(5,5V)	2328	2256						
	KUILU 2	1 D-550*1500	3,2	(5,5V)	2290	2256						
	FG 5.111	1 D - 400	1,1		138	136						
	FG 5.111b	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.112	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.112b	1 D - 400	1,3		160	136						
	FG 5.114	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.114b	1 D - 400	0,5		63	136						
	FG 5.115	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.115b	1 D - 400	1,2		150	136						
	FG 5.117	1 D - 400	1,1		138	136						
	FG 5.117b	1 D - 400	1,2		150	136						
	FG 5.118	1 D - 400	1,2		150	136						
	FG 5.118b	1 D - 400	1,2		150	136						
	FG 5.120	1 D - 400	0,7		82	136						
	FG 5.120b	1 D - 400	0,7		82	136						
	FG 5.121	1 D - 250	0,8		39	40						
	FG 5.122	1 D - 400	1,3		160	136						
	FG 5.122b	1 D - 400	1,1		138	136						
	FG 5.209	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.209b	1 D - 400	1		126	136						
	FG 5.210	1 D - 400	1,1		138	136						
	FG 5.210b	1 D - 400	1,2		150	136						
	FG 5.212	1 D - 400	1		126	136						

Mittari: TSI DP - CALC

Liite 5: Luokkahuoneiden ilmapurtojen mittauspöytäkirja (sivu 2/2)



Ketutie 4 A 31 00800 HKI

puh 09-755 7047 fax 09-72794430 GSM 0400-402557 / 040-5912234

Huone n:o tai tila

Tuloilma l/s

Poistoilma l/s

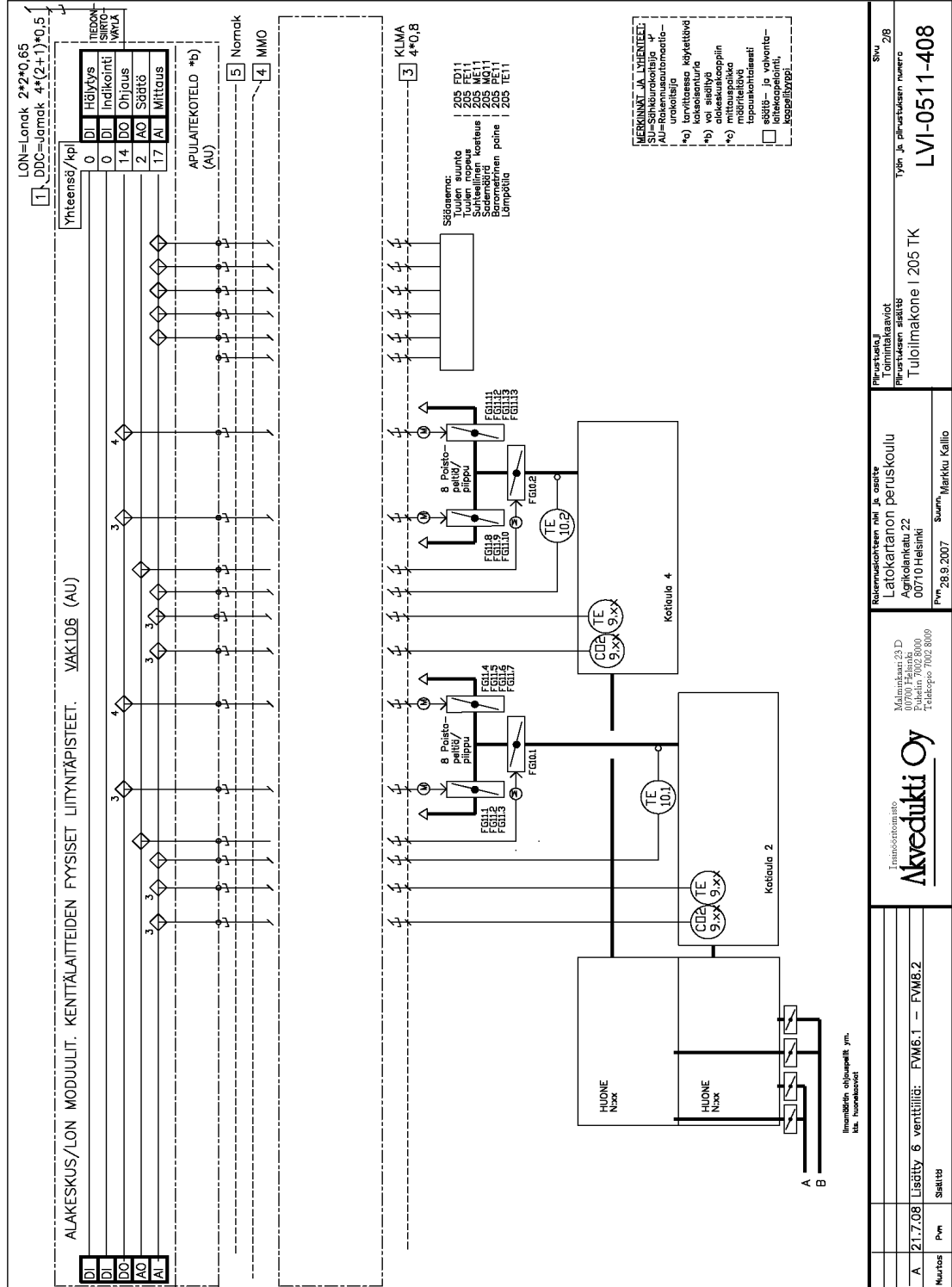
ILMAMÄÄRÄMITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kaup.osa/Kylä _____ VIKKI
 Tontti/RNo _____ 1
 Kortteli/tila _____ 36205
 Kohde _____ LATOKARTANON
 _____ PERUSKOULU

	kpl	Puhallusein	m/s	Pa	Ventt.as.	Mitattu	Suunniteitu	kpl	Poistoelin	m/s	Pa	Ventt.as.	Mitattu	Suunniteitu
KUILU 1 - 2														
FG 5.212b	1	D - 400	0,9			113	136							
FG 5.213	1	D - 400	1			126	136							
FG 5.213b	1	D - 400	1			126	136							
FG 5.215	1	D - 400	1,1			138	136							
FG 5.215b	1	D - 400	1			126	136							
FG 5.216	1	D - 400	1,1			138	136							
FG 5.216b	1	D - 400	1,1			138	136							
FG 5.218	1	D - 400	1,2			150	136							
FG 5.218b	1	D - 400	1,2			150	136							
FG 5.219	1	D - 250	0,8			39	40							
FG 5.220	1	D - 400	1,2			150	136							
FG 5.220b	1	D - 400	1,1			138	136							

Mittari: TSI DP - CALC

Liite 6: Toimintakaavio ja –selustus TK205 (sivu 2/8)



Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205 (sivu 3/8)

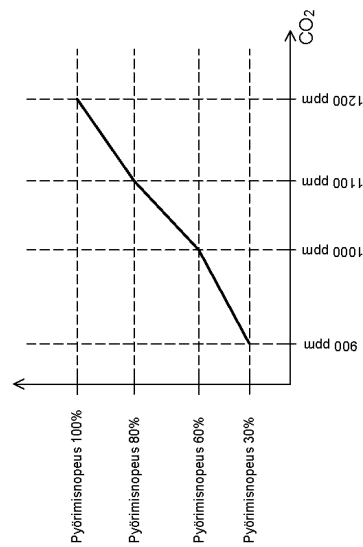
<p>1. OHJAUKSET, ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ Ilmanvaihtojärjestelmä on käytössä aikaohjelman mukaisesti. Sähkösuodattimen toiminnassa kun ilmanvaihtojärjestelmä on käytössä</p> <p>2. TOIMINTA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN PÄIVÄKÄYTÖSSÄ Ilmanvaihtojärjestelmä toimii pääosin painovoimaisesti, ilman tehosuspuahtumia. Raitisilmapelit, jäteilmapelit sekä tehosuspuahtumien sukulpeilit ja niiden rinnalla olevat painovoimaisen toiminnan pelit ovat auki. Raitisilmapelien ja jäteilmapelien avautumista ohjataan tuulen nopeuden ja suunnan perusteella ohaisen käyrästön mukaisesti. Puhaltimien toimintaa ohjataan ohjeisten käyrien mukaisesti. Kun puhaltimet ovat käynnissä, ovat painovoimaisen käytön rinnakkaispelit kiinni. Lämpötila- ja jäteilmäpelien pitää tuuloilman lämpötilan saattamällä tuuloilman tilauksen TE5 lämmitys patterin moottoriventtiiliä FV5.</p> <p>Lämmitys patterin saattimen (Vak) rajoitus toiminta estää paluuveden lämpötilaa laskeutumaan alle raja-arvon (esim. 15°C) saattamalla lämmitys patterin lämpötilan tilauksen TE14 perusteella lämmitys patterin moottoriventtiiliä FV5. Lisäksi, erillinen, Vak:sta riippumaton jäätymisvaarakäynnin ja hälyys toiminta jäätymisvaarakäynnin TAZ14 avulla.</p> <p>3. TOIMINTA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN SEISONTA-AIKANA Raitisilmapelit ovat kiinni. Poistopellit ovat kiinni. Tehostuspuhaltimien pelit ovat kiinni. Tehostuspuhaltimien rinnalla olevat painovoimaisen toiminnan pelit ovat kiinni. Lämmitys patterin saadin (Vak) pitää paluuveden lämpötilan seisonta-ajan aseusarvossa (esim. 20°C) saattamalla lämpötilan tilauksen TE14 perusteella moottoriventtiiliä FV5. Lisäksi, erillinen, Vak:sta riippumaton jäätymisvaarakäynnin ja hälyys toiminta jäätymisvaarakäynnin TAZ14 avulla.</p> <p>4. JÄÄTYSVAARAKÄYNNIN TAZ14 RAJOITUS- JA HÄLYYS TOIMINTA TAZ14:ssa on asetettava lämpötilan rajoitus- sekä hälyysarvo. Jäätymisvaarakäynnin rajoitus toiminta estää aina lämmitys patterin lämpötilaa (TE14) laskeutumaan alle asetetun rajoitusarvon (esim. 12°C) saattamalla lämpötilan tilauksen TE14 perusteella lämmitys patterin moottoriventtiiliä FV5. Jos lämmitys patterin lämpötila kuitenkin alittaa TAZ14 asetetun hälyysarvon, lämmitysvaarakäynnin hälystä ja siihen lukittu tehosuspuahtimet pysähtyvät. Puhaltimien pelit sulkeutuvat ja painovoimaisen ilmanvaihdon rinnakkaispelit sulkeutuvat. Hälytyksen kuitaus on käsipalauttinen, kuitauspainike on ko. koneitilassa. Lämpötilan tilaus TE14 on patterin paluupuolen rnpaukkeessa. Mikäli koneeseen liittyy useita pattereita, jokaisella patterilla on oma jäätymisvaarakäynnin.</p> <p>5. RAITISILMAPELTIEN JA POISTOPELTIEN OHJAUKSET Tuulen suunnan ja nopeuden perusteella ohjeisten käyrien mukaisesti. Poistokanavan lämpötilan perusteella. Tuuloilmavirtauksen perusteella, jos käytävällä miatun mittauksen keskiarvo ylittää aseusarvon suljetaan raitisilmapelit ja porrastetut</p> <p>6. Sähkösuodattimen pesuohjelma Valvontajärjestelmä käynnistää sähkösuodattimen pesun kun käynnistälaskenta ylittää aseusarvon edellisellä pesulla, pesu öisin, seisonta-aikana. Ulkolämpötila >0C.</p> <p>7. Raitisilmakuulun lattialämmitys Lämmitys on käytössä sähkösuodattimen pesun jälkeen asetellun ajan sekä aika- ja lämpötilaohjelman perusteella</p>	<p>8. KYTKENNÄLLISET OHJAUKSET, HÄLYTYKSET JA LUKITUKSET (toim.kaavio R-LOG) Käynnistämiseksi sähkökeskuksesta (RK) tehävät lukitus toiminnat (ohjauksen virta- ja ohjauksen virta) on sähkösuodattimen tulostus) ovat seuraavat: Ilmanvaihtojärjestelmä ei saa käynnistyä, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa: * jäätymisvaarakäynnin TAZ14 on hälyystilassa * lämmitys patterin pumppu P1 on seis-tilassa * turvakäynnin Q1 (P1) tai Q2 (TK) on auki * iv-hätäpysäytys hälyys on voimassa (iv-kone lukittu RK:ssa iv-hätäpysäys-konaktoriin) Muut kytkennälliset lukitukset: * Raitisilmakäynnin huolto-oven kytkin estää sähkösuodattimen tai sen pesun toiminnan</p> <p>9. OHJELMALLISET LUKITUKSET JA HÄLYTYKSET Kone ei saa käydä jos ulkoilman lämpötila on alle 4°C ja jokin seuraavista ehdoista on voimassa (liittyi kohteen lämmitys irittimen/iv-lämpöpöytäkohteen toimintaan). * lämmitys irittimen/iv-verkoston pääpumppu on seis-tilassa * lämmitys irittimen/iv-verkoston lämpötila alle lukuun hälyys rajan * lämmitys irittimen/iv-verkoston painehälyys on voimassa Muut ohjelmalliset hälytykset: * tulo- tai poistoinnen (TE5/TE10) lämpötila ylärajanhälyys (esim. +50°C) pysäyttää järjestelmän paluulämpökeskuksesta), sitten valvomosta, jonka jälkeen jokaisen iv-kojeen toiminta palautuu ohjelman mukaiseen tilaan * tulo-/poistoinnen alarajahälyys iv-hätäpysäytys ja palohälyys siirtyvät ohjelmallisesti tiedosirtoväylän kautta alakeskukseen ja RK:n lukituskonaktoriin, joka pysäyttää koneen sen ohjauksellisten tilavasta riippumatta. Hälytyksen kuitausmenetely on seuraava: * valvomossa tulee olla tieto kuitaamattomasta hälyyksestä * iv-hätäpysäytys kuitataan ensin ko. painikkeella avaimella tai työkalulla (palohälyys paluulämpökeskuksesta), sitten valvomosta, jonka jälkeen jokaisen iv-kojeen toiminta palautuu ohjelman mukaiseen tilaan 10. HÄIRÖPYSÄYTYKSEN JÄLKEINEN UUELLEENKÄYNNISTYS Sähkökeskuksesta, iv-hätäpysäyksen tai palohälyyspysäyksen jälkeen rakennuksen iv-koneiden tulee käynnistyä erikseen (erilliset käynnistysviiveet) 11. HISTORIASEURANTA (MINIMI) Aina seurannassa (tulolaa, saattavissa esim. 3-edellistä viikkoa, vanhin tieto poistuu): * saatoipirin (-piirin) asetussarvot * saatoipirin (-piirin) säätöön vaikuttavat mittaukset * saatoipirin (-piirin) toimintatien (toimilaitteiden) asetustieto (AO) * tieto laajuusmuutajista (muuttajilla) puhaltimien pyörimisnopeudesta * koneen käyttötilastusta kumuloivalla laskurilla ja asetettavalla hälyysrajalla 12. Yötuuletus Ilmanvaihto käynnistyy klo 00:00 tilojen normaalia käyttöä edeltävänä yönä, jos ulkoilman lämpötila on yli +12°C sekä huoneilämpötilojen keskiarvo on yli +23°C ja ulkoilman lämpötila on vähintään 4C pienempi kuin huoneilämpötilojen keskiarvo. Yötuuletus pysähtyy, jos jokin seuraavista ehdoista on voimassa: - huoneilämpötilojen keskiarvo on alle +21°C - ulkoilman lämpötila on alle +12°C - ulkoilman lämpötilan ja huoneilämpötilojen keskiarvon erotus on alle 2C - yötuuletuksen toiminta-aika on päättynyt (klo 07:00)</p>
<p>21.7.08 Uudistettu: FVM5.1 – FVM8.2</p>	<p>21.7.08 Uudistettu: FVM5.1 – FVM8.2</p>
<p>Numero Pvm Salkki</p>	<p>Numero Pvm Salkki</p>

<p>Seurusteluohjeen nro. & osto Laitokartanon peruskoulu Agronomimäki 22 00710 Hälsäntie Pvm: 28.9.2007 Suuri Markku Kalio</p>	<p>Projekti ja Lomittamisnro Projektiin nro LVI-0511-408</p>	<p>Seurusteluohjeen nro. & osto Laitokartanon peruskoulu Agronomimäki 22 00710 Hälsäntie Pvm: 28.9.2007 Suuri Markku Kalio</p>
---	---	---

Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205 (sivu 4/8)

Sisäilman CO₂ pitoisuus

Puhaltimet TK205.1 - TK205.3



Sisäilman laatu/ ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa tehostetaan rinnan käyville tuulimapuhaltimilla kun sisäilman laatu alittaa tavoitetason yhdessä tai useammassa opetusluokassa.

Puhaltimen tehostusta ohjataan on oltava emältä valittavissa joku seuraavista vaihtoehdoista:

1. Puhaltimen vaikutusalueella oleva suurin CO₂-pitoisuuden mittaava anturi.
2. Käden tai useamman suurinta CO₂-pitoisuutta mittaavan anturyhdistelmän keskiarvo.
3. Käden tai useamman suurinta CO₂-pitoisuutta mittaavan anturyhdistelmän painotettu keskiarvo.

Puhaltimien käynnistyessä painovoimaisen toiminnan pelit FG2.3 ja FG2.4 sulkeutuvat.

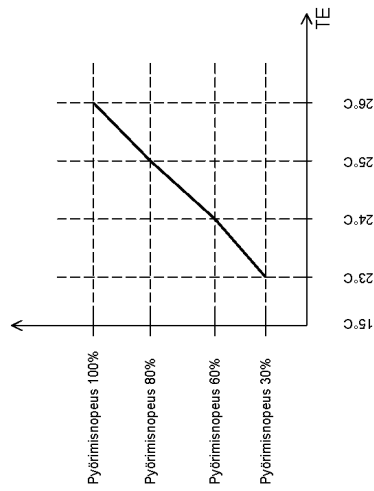
Toimintakäyrän kaikkien asetusarvojen tulee olla valittavissa.

Liian tehokas ilmanvaihto

Jos sisäänpuhallusilman lämpötila alittaa asetusarvon (+15°C) tuulilaman lämmityspatterin jälkeen rajoitetaan ilmavirtaa pienentämällä ensin puhaltimien pyörimisnopeutta ja sulkemalla sen jälkeen ratsistolamatin tuulimapelitejä sekä postistolamatin polstoppeltejä.

Sisäilman jäähdytys

Puhaltimet TK205.1 - TK205.3



Sisäilman lämpötila/ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa tehostetaan rinnan käyville tuulimapuhaltimilla kun sisäilman lämpötila ylittää tavoitetason yhdessä tai useammassa opetusluokassa.

Puhaltimen tehostusta ohjataan on oltava ennalta valittavissa joku seuraavista vaihtoehdoista:

1. Puhaltimien vaikutusalueella oleva korkeimman lämpötilan mittaava anturi.
2. Käden tai useamman korkeinta sisälämpötilaa mittaavan anturyhdistelmän keskiarvo.
3. Käden tai useamman korkeinta sisälämpötilaa mittaavan anturyhdistelmän painotettu keskiarvo.

Puhaltimien käynnistyessä painovoimaisen toiminnan pelit FG2.3 ja FG2.4 sulkeutuvat.

Suurempaa ilmanvaihtoa tehokkuutta edellyttävä mittaustulos (CO₂ tai TE) on määrätävä.

Toimintakäyrän kaikkien asetusarvojen tulee olla valittavissa.

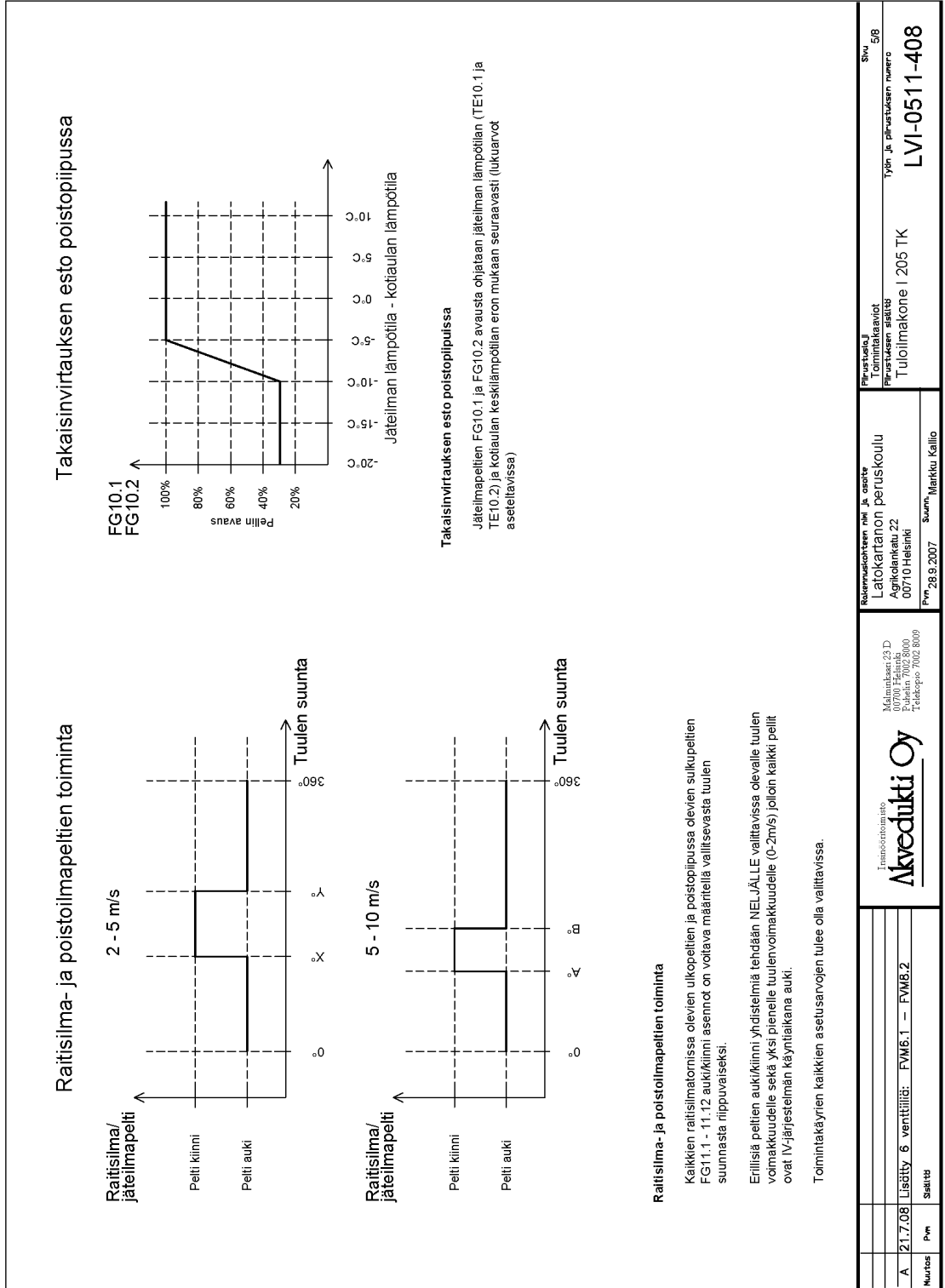
Ilmanvaihdon toimisto
Akvedukti Oy
 Mäntynpää 23 D
 00700 Helsinki
 Puhelin: 7022 3100
 Faksilinja: 7022 0009

Luokitus Pvm Salkki
 A 21.7.08 Lisetty 6 venttiiliä: FVM6.1 – FVM6.2

Valmistajan nimi ja osoite
 LatoKarhainen peruskoulu
 Agrikolankatu 22
 00710 Helsinki
 Pvm: 28.9.2007
 Suunn. Markku Kallio

Projektin nimi ja sivu
 Toimintakaavio
 Työn ja piirustuksen numero
 LVI-05111-408

Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205 (sivu 5/8)



Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205 (sivu 6/8)

Laitteiden muut tekniset vaatimukset on esitetty urakan työselostuksessa.						
Laitetunnus	Laitteen nimi	Määrä kpl	Tarkenne	Tekniset arvot	Hankinta *1)	Huom.
FG..	MOOTTORIPELLIN TOMILAITTE	26		24V jousipalautus		
FG..	MOOTTORIPELLIN TOMIL	10 2 2		0-10V		
FV5	MOOTTORVENTTIILI	1				
FV/Mx.1	MAGNEETTIVENTTIILI	8		230 V, NS25		Jännitteetön =kiinni
FV/Mx.2	MAGNEETTIVENTTIILI	8		230 V, NS25		Jännitteetön =auki
TE5-10	LÄMPÖTILA-ANTURI	7	Käytävä			
TE5	LÄMPÖTILA-ANTURI	1		keskiarvo		
TE14	LÄMPÖTILA-ANTURI	1	vesi			asennus paluupuolen ripaputkeen
TEL1	LÄMPÖTILA-ANTURI	1	lettiä			
TAZ...	JÄÄTYMSVAARAKYTKIN	1		sisältää rajoitinsäätimen		käsikäyttöön koneissa
FEB 1, 6,2	VIRTAUSLÄHETIN	2	käytävä	Vaisala ultraäänituulianturi WS425		
FE7 1, 7,2	VIRTAUSLÄHETIN	2	käytävä	Vaisala ultraäänituulianturi WS425		
TI	LÄMPÖMITTARI	4	käytävä	0..50C/4kpl, -30..+30C/1kpl		
KA	APURELE	2		230V		
	RAILTILINMAKUILUNLÄHTIÄMMITYS	1			SU	
XS1	OVIKYTKIN	1		Lukittava	SU	Merkkivalo
Q1-4	TURVAKYTKIN	4		varustettu apukarjella	SU	
SC1, -2	TAAJUUSMUUTTAJA	2		ohjelmitu sovelluskohtaisesti (tehot rajat jne)	IU	lopulliset viritykset käyttökohteessa
	SÄÄÄSENA	1		Vaisala WXT510		

Määrä	26					
Määrä	10 2 2					
Määrä	1					
Määrä	8					
Määrä	8					
Määrä	7					
Määrä	1					
Määrä	1					
Määrä	1					
Määrä	2					
Määrä	2					
Määrä	4					
Määrä	2					
Määrä	1					
Määrä	1					
Määrä	4					
Määrä	2					
Määrä	1					

Akvedukti Oy Järvenpää Malminkatu 23 D 02400 Helsinki Puh. 09-2428700		Rakennuskohteen nimi ja osoite Latokanannon peruskoulu Agriolankatu 22 00710 Helsinki Pvm. 28.9.2007 Suunn. Markku Kallio		Piirustus Toimintakaavio Piirustuksen sisältö Työn ja piirustuksen numero LVI-0511-408	
---	--	--	--	--	--

Liite 6: Toimintakaavio ja –selostus TK205 (sivu 7/8)

Liityntäpiste / Laitetunnus:	Ohjelmatunnus	Keskustelualueen tunnus	Ohjelmatunnus								HÄLYTYSLUOKAT: A1: palohälytys tai sen jälleenanto A2: hissihälytys A3: murtohälytys B1: lmsa-kiirehälytys C1: lmsa-huolto C2: lmsa-ennakkohuolto
			Historiasaantia ja trendit	Käyntiaika-laskenta	Aikaohjelmat	Aamutus (erikoisaikaohjelma)	Lisäaikaohjelma (erikoisaikaohjelma)	Lto-hyötyosuus (erikoisaikaohjelma)	Käyttö-, huolto-, laskenta	Hälytys historialoki	
TK	TULOIMAKONE		x	x	x	x	x	x	x	C1, C2	Käyntiaikalaskennassa on asetettava häiriöraja (C2)
FE6, -7	VRTAUSLÄHETIN		x							C1	Virtausnopeus ja laskeellinen ilmamäärä tilavuusvirtana dim's
TAZ14	JÄÄTYMSVAARAKYTKIN									B1	
TE2, -14	LÄMPÖTILA-ANTURI		x							B1	
TE5	LÄMPÖTILA-ANTURI		x							B1, C1	Palovaarahaalytys ja liukuva raja-arvohälytys
TE10	LÄMPÖTILA-ANTURI		x							B1, C1	Lifttyy käyntiajan- ja seosnta-ajan säätöohjelmat
TE11	LÄMPÖTILA-ANTURI									B1	
TEL1	LÄMPÖTILA-ANTURI, Lattia		x							B1	
FV5	MOOTTORVENTTILI		x							B1	Lifttyy käyntiajan- ja seosnta-ajan säätöohjelmat
SC1, -2	TAAJUUSMUUTTAJA									B1	
P1	LÄMMITYSPATTERIN PUMPPU									B1	
BH1	RAITSLINAKUULUN LÄTTÄLÄMMI		x	x						B1	
FD11	TUULEN SUUNTA										
FE11	TUULEN NOPEUS										
ME11	SUITEELISEN KOSTEUS										SAÄASEMA
MQ11	SADENAARA										SAÄASEMA
PE11	BAROMETRINEN PAIN										SAÄASEMA
TE11	ULKOLÄMPÖTILA										SAÄASEMA
290H-S21	IV-HÄTÄSES PAINIKKYTKIN									B1	1 kpl/raekaus. Hälytys siirtyy järjestelmän tiedonsiirtoverkossa.
290 K	IV-HÄTÄSES KONTAKTORI										1 kpl/ryhma- tai ohjauskeskus. Pysäyttää kaikki iv-puhallimet.

HUOMI: KAIKKI OHJELMAT TOIMIVAT SEKA KENTTÄLAITEOHJELMISSA ETTÄ VALVOMO-OHJELMISSA

*1) = kts. "HKR/Standardiverkko-ohjelmien (SNVT) käyttösuositukset 14.8.2000", jossa on esitetty numeroa vastaavaan verkkomuuttujan toiminta.

*2) = kts. "DDC-järjestelmän ohjelmaluettelo", sen vastaavaa numeroa jossa on esitetty ko. kohdan toiminta

Liityntäpiste / Laitetunnus	Ohjelmatunnus	Keskustelualueen tunnus	Historiasaantia ja trendit	Käyntiaika-laskenta	Aikaohjelmat	Aamutus (erikoisaikaohjelma)	Lisäaikaohjelma (erikoisaikaohjelma)	Lto-hyötyosuus (erikoisaikaohjelma)	Käyttö-, huolto-, laskenta	Hälytys historialoki	Hälytykset
A 21.7.08	Liitetty 6 venttiiliä: FVM6.1 – FVM6.2										
Muutos	Pvm	Selitys									

Akvedukti Oy Järjestelmäsuunnittelu Malminkatu 23 D 00101 Helsinki Puhelin: 042 816 100 Faksi: 042 816 101	Rakennuskohteen nimi ja osoite Latokentän peruskoulu Agnolankatu 22 00710 Helsinki Pvm: 28.9.2007 Suunn. Markku Kallio	Pivustaja / Toimintakaavio Pivustus- ja Tuloilmakone 1205 TK LVI-0511-408
---	---	---

Liite 6: Toimintakaavio ja – selostus TK205 (sivu 8/8)

URAKOITSIJAN SUORITTAMA RAKENNUSAUTOMAATIOIDEN ITSELLELUOVUTUSTARKASTUS																			
- rakennuttajan ja urakoitsijoiden välisen toimintakokoon yhtenä edellytyksenä on että itselleluovutustarkastus on tehty vähintään "Kenttälaitetyöt" osalta																			
- vastaanottotarkastukseen yhtenä edellytyksenä on että myös itselleluovutustarkastuksen osa "Toiminnot ja ohjelmat loppupirustusten mukaisesti" on tehty kokonaan																			
- em. toimintakoe ja vastaanottotarkastus voidaan suorittaa jos itselleluovutustarkastuksessa on todettu että urakkaan liittyvät työt on hyväksytysti tehty																			
Laitetunnus	Laitteen nimi	Kenttälaitetyöt							Toiminnot ja ohjelmat loppupirustusten mukaisesti					HUOM. -Mahdolliset muutokset tai puutteet ja selitys mistä ne johtuvat					
		Aseennus	Kytkenä	Laitetunnus	merkinnät	Lukitukset ja ohjaukset	toiminnat	Säätö, perus-	toiminnot	Ohjaukset ja lukitukset	ohjaukset ja säätö	Säätö	virityksinä		Valvom-ohjelmat	Muut ohjelmat	Tarkastuspäivä ja kuittaus (Urakoitsija)		
TL.	LAMPOMITTARI																		
FDL.	PAINE-EROMITTARI																		
FG.	MOOTTORIELLIN TOIMILAITE																		
TK	TULOILMAKONE																		
FEB.-7	VIRTAUSLAHETIN																		
TAZ-14	JÄÄTYMISVAARAKYTKIN																		
IE2.-14	LAMPOTILA-ANTURI																		
IES.-10,-11	LAMPOTILA-ANTURI																		
FV5	MOOTTORVENTTILI																		
SC1.-2	TAAJUUJUUTTAJA																		
P1	LÄMMITYSPAITERIN PUMPPU																		
290HK-S21	M-HÄTÄSEIS PAINIKETOIMINTA																		
290 K	M-HÄTÄSEIS KONIFAKTORI																		
Q..	TURVAKYTKIN																		

		Rakennuskohteen nimi ja osoite		Pirustus- ja sivunumero	
		Lätkökantaman peruskoulu		työn ja pirustuksen numero	
		Asikkalankatu 22		LVI-0511-408	
		00710 Helsinki			
		Pvm 28.9.2007		Suunn. Markku Kallio	
Malminkatu 23 D			Puhelin 020 808 000		
Toukokuu 2007			Toukokuu 2007		
Akvedukti Oy					
		Lisäyksiä			
A 21.7.08		Lisäyksiä 6 vertiiliä: FVM6.1 – FVM8.2			
Merkitys	Pvm	Sallittu			