

Jani Sipola

**OPIKSELUTILOJEN ILMANVAIHDON TEHOSTAMINEN JA JÄÄH-
DYTYSTEHONTARPEEN MITOITUS**

OPIKELUITILOJEN ILMANVAIHDON TEHOSTAMINEN JA JÄÄH- DYTYSTEHONTARPEEN MITOITUS

Jani Sipola
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikka

Tekijä: Jani Sipola

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Opiskelutilojen ilmanvaihdon tehostaminen ja jäähdytystehontarpeen laskenta

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Improving ventilation and calculating cooling load in classrooms

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019

Sivumäärä: 31 + 8 liitettä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja mitoittaa kerrostalon toisessa kerroksessa toimivalle kesäyliopistolle ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmä ole-massa olevan ilmastointijärjestelmän rinnalle. Työn tilaajana toimi Caverion Suomi Oy. Työhön kuuluu myös kokonaisurakan tarjouslaskenta.

Tilat ja ilmanvaihto ovat alun perin suunniteltu toimiston käyttöön. Tilojen käyttö-tarkoituksen muuttuessa ei nykyinen ilmanvaihto täytä ilmanvaihdolle annettuja vähimmäisvaatimuksia. Tilojen yhdistäminen ja henkilömäärän lisääntyminen on johtanut sisäilmalaadun heikkenemiseen: tilat lämpenevät liikaa ja ilma tuntuu tunkkaiselle. Työssä tarkastellaan myös entistä järjestelmää ja pohditaan siihen mahdollisia parannusehdotuksia. Sisäilmaston ja jäähdytystehontarpeen simu-lointi tehtiin IDA ICE -Ohjelmistolla. Tasokuvat ja kanaviston suunnittelu tehtiin CADS-Ohjelmistolla.

Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän parannusmahdollisuuksia toisen kerroksen osalta ei ollut ilman suuria muutoksia koko järjestelmään, koska sama ilman-vaihtokone palvelee myös muita kerroksia. Tiloihin tehtyjen mittauksen perus-teella paras ratkaisu oli asentaa uudet ilmanvaihtokoneet ja jäähdytysjärjes-telmä palvelemaan opiskelutiloja. Uudet koneet asennetaan toisen kerroksen ti-loihin. Tällä ratkaisulla saadaan korjattua nykyisen ilmanvaihdon ja jäähdytysjär-jestelmän puutteet kustannustehokkaasti.

Tilojen käyttötarkoitukseluokan muuttaminen täytyisi suunnitella aina erityisen hy-vin, etenkin ilmanvaihdon osalta. Sisäilmaston suunnittelussa tulee kiinnittää eri-tyistä huomiota sisäisiin kuormitustekijöihin, kuten tässä kohteessa lisäänty-neestä henkilömäärästä aiheutuviin lämpö-, kosteus- ja epäpuhtauskuormituk-siin.

Asiasanat: ilmanvaihto, sisäilmasto, IDA ICE

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 ALKUPERÄINEN JÄRJESTELMÄ	7
2.1 Ilmamäärät	10
2.2 Jäähdytysteho	14
3 SISÄILMAN LAADUN MITTAUS	16
4 PAINESUHTEIDEN MITTAUS	17
4 JÄÄHDYTYSTEHOINTARPEEN MITOITUS	18
5 MITTAUSTULOKSIEN ANALYSOINTI	20
5.1 Ilmamäärät	20
5.2 Jäähdytys	21
5.3 Painesuhteet	21
6 ILMANVAIHTOKONEIDEN VALINTA JA PÄÄTELAITTEET	22
7 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	26
8 TARJOUSLASKENTA	28
9 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	31

SANASTO

CAV-järjestelmä	Constant Air Volume, vakioilmavirtajärjestelmä
Induktioilma	Primääri-ilman mukaansa ottama huoneilma lämmityspatterin läpi
Primääri-ilma	Suutinkonvektorien suutinten läpi johdettu ilma

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena suunnitella ja mitoittaa tarpeenmukainen lisäilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmä olemassa olevan järjestelmän rinnalle. Tavoitteena on myös tutkia rakennuksessa käytettyjen suutinkonvektorien toimintaa ja pohtia mahdollisia parannusehdotuksia vanhaan järjestelmään.

Työn tilaajana on Caverion Suomi Oy ja kohteena on Pohjois-Pohjanmaan kesäyliopiston opiskelutilat, jotka sijaitsevat kerrostalon toisessa kerroksessa.

Projektin aluksi tehdään uudet tasokuvat CADS-ohjelmistolla. Näin saadaan käsitys tiloihin tehdyistä muutoksista ja niiden mahdollista vaikutuksista työn etene- miseen.

Ilmanvaihtoa ja jäähdytystä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tilojen käyttöaste, ja jo olemassa olevan ilmanvaihdon, jäähdytyksen ja painesuhteiden vaikutus uusien järjestelmien valintaan ja mitoitukseen. Alkuperäinen ilmanvaihtojärjestelmä ei ole suunniteltu opiskelutiloja varten, vaan tilat ovat toimineet aikaisemmin toimistoina. Toimistotilat on muokattu 2013 opiskelutiloiksi. Tiloissa on yhteensä noin 100 opiskelijaa, jotka on jaettu kolmeen eri tilaan.

2 ALKUPERÄINEN JÄRJESTELMÄ

Kohteena oleva kerrostalo on valmistunut 1970-luvun puolivälin jälkeen ja sen ilmanvaihtojärjestelmä on alkuperäinen, lukuun ottamatta joitain päivityksiä, jota vuosien varrella koneeseen on tehty. Kohteessa on CAV-järjestelmä eli tiloja palvelee vakioilmavirtakone (kuva 1). Kone toimii jatkuvalla käytöllä ja 100 %:n teholla, joten tehostusvaraa ei koneesta löydy. Kone on varustettu jäädytys- ja lämmityspatterilla, se palvelee myös osaksi 1. kerroksen tiloja sekä kellaritiloja. Tutkittavana olevan 2.kerroksen kerrosala on noin 530 m².



KUVA 1. Tuloilmakone TIK 2

Keskitetty ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmä asettaa rajoituksia tilakohtaiselle säädölle. Järjestelmällä ei voida muuttaa tilakohtaisia ilmavirtoja, vaikka lämpökuormat ja epäpuhtauskuormat vaihtelevat kohteessa huomattavasti.

2. kerrokseen tuloilma johdetaan ilmanvaihtokoneelta kanavia pitkin huoneissa oleville suutinkonvektoreille (kuva 2), jotka on varustettu lämmityspattereilla ja joita voidaan ohjata tilakohtaisesti.



KUVA 2. Suutinkonvektori lämmityspatterilla

Tilamuutosten seurauksena luokkahuoneissa on useampi lämmönsäätöyksikkö (kuva 3), joten tasaisen lämpötilan saamiseksi on tilan kaikkia säätimiä säädettävä, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Osassa toimistoista lämmönsäätö vaikuttaa myös viereiseen toimistotilaan, koska yksi lämmönsäätöyksikkö ohjaa useaa lämmityspatteria.



KUVA 3. Lämmönsäätöyksikkö

Jäähdytystehoon ei säätimillä ole vaikutusta, koska jäähdytyspatteri sijaitsee keskitetyssä ilmanvaihtokoneessa. Tuloilman lämpötila mittauksissa vaihteli 21 ja 22,2°C:n välillä.

Tuloilma toiseen kerrokseen johdetaan koneelta neljän eri kanavan kautta. Eri tuloilmakanavien vaikutusalueet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tuloilmakanavien vaikutusalueet

TULOILMAKANAVIEN VAIKUTUSALUEET

Tuloilmakanava 1	Tuloilmakanava 2	Tuloilmakanava 3	Tuloilmakanava 4
Opetustila 1	Opetustila 3	Toimisto 1	Toimisto 7
Opetustila 2	Asiakastoimi	Toimisto 2	Kirjasto
	Toimisto 6	Toimisto 3	Kahvio
	Toimisto 5		
	Toimisto 4		
	Käytävät		

Tuloilmakanavasta 2 on 1990-luvulla tehtyjen kanavamuuotoksien yhteydessä otettu haara ensimmäisen kerroksen tiloihin. Kanavasta otettu ilmavirta on noin

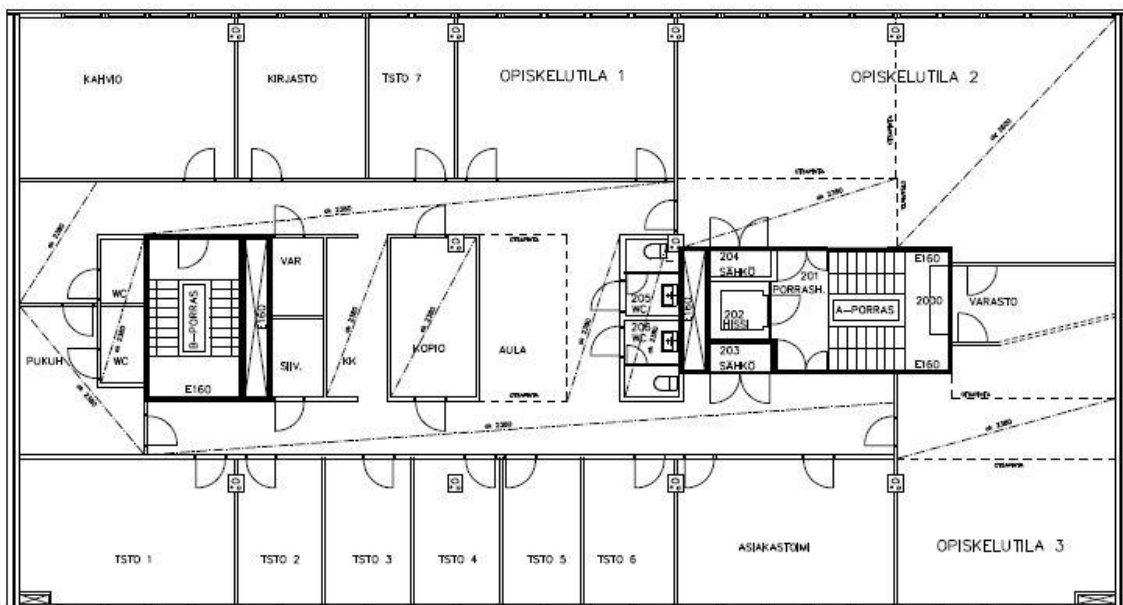
300 dm³/s ja tämän kanava muutoksen palauttaminen ei ollut enää mahdollista. 2. kerroksen osuus tuloilmasta on esitetty taulukossa 4.

Kerroksesta poistoilma johdetaan kuiluissa olevien kanavistojen avulla huippuimureille, jotka sijaitsevat vesikatolla. Lämmöntalteenottoa poistoilmajärjestelmässä ei ole.

Jäähdytyksen tarvitsema vedenjäähdytyskone on sijoitettu 6. kerrokseen ja on uusittu vuonna 2012. Vedenjäähdytyskone on teholtaan 120 kW ja palvelee koko kerrostaloa.

2.1 Ilmamäärät

Aluksi ilmavirrat mitattiin vain opetustiloina toimivista huoneista eli tiloista, joihin lisäilmanvaihtoa eniten tarvitaan (kuva 4).



KUVA 4. Opetustilat 1, 2 ja 3

Tuloilmamittaukset tehtiin paine-eromittauksella suutinkonvektoreista sekä anemometritorven ja kuumalangan avulla. Kaavalla 1 voidaan suutinkonvektorien primääri ilmavirta määrittää yksittäisestä suuttimesta mitatulla paine-erolla, kun tiedetään laitevalmistajan antama k-arvo. (1.) Tässä tapauksessa oli kyseessä Bahco Ventilationin toimittamat laitteet, eikä teknistä tietoa laitteista löytynyt.

Tästä syystä mittaustulokset päätettiin varmistaa vielä kuumalanka-anturilla viiden pisteen menetelmällä kanavista mittaamalla. Menetelmässä ilmavirta lasketaan mittauskohdan poikkipinta-alan ja mitatun ilman nopeuden tulona. Opetustilojen mittaustulokset on esitetty liitteessä 1.

$$q_v = \sqrt{\Delta p} kn$$

KAAVA 1

q_v = ilmavirta, dm³/s

Δp = mitattu paine-ero, Pa

k = valmistajan määrittämä k-arvo

n = avoinna olevien suutinten lukumäärä

Viiden pisteen menetelmällä saaduista tuloksista voidaan laskea ilman virtausnopeuden keskiarvo standardin 5512:n mukaan kaavalla 2.

$$v_{ka} = \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5}{n} * k$$

KAAVA 2

v_{ka} = ilman virtausnopeus, keskiarvo, m/s

$v_1+...v_5$ = virtausnopeuksien summa, m/s

n = mittauspisteiden lukumäärä

k = korjauskerroin (pyöreä kanava = 1)

Ilmavirrat voidaan laskea viiden pisteen menetelmällä saaduista tuloksista kaavalla 3.

$$q_v = v_{ka}A$$

KAAVA 3

q_v = ilmavirta, m³/s

V_{ka} = ilman virtausnopeus, keskiarvo, m/s

A = kanavan poikkileikkauksen pinta-ala, m²

Taulukossa 2 on esitetty esimerkkilaskelma viiden pisteen menetelmällä tehdystä mittauksesta ja lasketusta ilmavirrasta.

TAULUKKO 2. Viiden pisteen menetelmän esimerkkilaskelma

Tila ja kanava	Mittauskohta ja nopeus, m/s					Keskinopeus, m/s	Kanavan halkaisija, m	Poikkileikkauksen pinta-ala, m ²	Korjauskerroin, pyöreä kanava	Ilmavirta, dm ³ /s
	Ylä	Keski	Ala	Sisä	Ulko					
Opetustila 2, kanavan alkupää	7,3	8,3	6,6	6,5	6,5	7,0	0,2	0,0314	1	220,9

Opetustilojen 1 ja 2 tuloilmakanavan alussa on kiinteä ilmavirran mittalaite, joten mittaustuloksia voidaan myös verrata siitä saatuihin lukemiin. Opetustilan 3 tuloilmakanavan alussa on myös kiinteä mittalaite, mutta vuosien varrella kanavasta on otettu haara 1. kerroksen tiloihin, joten mittalaitteesta saatava arvo ei ole näin vertailukelpoinen. Taulukossa 3 on esitetty opetustilakohtaisesti mitatut ilmavirrat sekä asetuksen mukaiset henkilöstön kokonaismäärän perusteella mitoitettut ulkoilmavirrat (2, s. 9).

TAULUKKO 3. Opetustilakohtaiset ilmapvirrat ja poikkeamat asetuksen mukaisista arvoista

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde		PPKYO												
Mittari		TSI VelociCalc 9555-P												
Päiväys		1.2.2019												
Suureet:		Tulo m/s, poisto Pa			Tulokanava tai poistoilmaelin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat	
Huone tai kanava		Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Asento	Mittaus-tulos	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus 6dm ³ /hlö	Mitattu %	Sallittu %		
Tuloilmakanava 1		75	Tulo	Kanava	200		11		346					
Opetustila 1		20	Tulo	Kanava	200				126	120	4,7	±20		
			Poisto 1	KSO	160	-1	21	3,4	16	40	-61,0			
			Poisto 2	KSO	160	-2	18,5	3,3	14	40	-64,5			
			Poisto 3	KSO	160	9	17	5,1	21	40	-47,4			
Opetustila 2		55	Tulo	Kanava	200		7		220	330	-33,4	±20		
			Poisto 1	KSO	160	-3	15	3,1	12	55	-78,2			
			Poisto 2	KSO	160	5	15	4,4	17	55	-69,0			
			Poisto 3	KSO	160	-5	15	2,8	11	55	-80,3			
			Poisto 4	KSO	160	15	15	6,2	24	55	-56,3			
			Poisto 5	KSO	160	15	7	6,2	16	55	-70,2			
			Poisto 6	KSO	160	15	8,7	6,2	18	55	-66,8			
Tuloilmakanava 2			Tulo	Kanava	200		5,4		170					
Opetustila 3		25	Tulo	Kanava	200				47	150	-68,6	±20		
			Poisto 1	KSO	160	-1	6,6	3,4	9	75	-88,4			
			Poisto 2	KSO	160	-2	9	3,3	10	75	-86,8			

Tuloilmakanavan 1 kokonaisilmavirta opetustiloihin 1 ja 2 on 346 dm³/s, kun henkilöperusteisesti mitoitettuna sen tulisi olla 450 dm³/s. Tuloilmakanavan 2 ilmavirta opetustilaan 3 on 47 dm³/s, kun sen tulisi olla 150 dm³/s. Ainoastaan opetustila 1:n tuloilmavirta on riittävä, mutta poistoilman osalta on kaikissa opetustiloissa huomattavaa puutetta.

Heikoin tilanne on opetustilassa 3, jossa ilmavirta tulisi asetuksen mukaan olla 150 dm³/s, joten tarvittava lisäilmavirta on 103 dm³/s. Tämän vuoksi tilassa mitattiin myös sisäilman laatua. Sisäilman laadun mittaustulokset on esitetty kohdassa 3.

Opiskelutilojen vähäisten ilmapvirtojen vuoksi tehtiin kaikkiin kerroksen tiloihin ilmapvirtamittaukset, jotta nähtiin, onko tilanne sama koko kerroksessa. Yhteenveto kerroksen tulo- ja poistoilman kokonaisilmavirroista on esitetty taulukossa 4. Huonekohtaiset mittaustulokset on esitetty liitteessä 2.

TAULUKKO 4. Yhteenveto 2. kerroksen ilmavirroista

Kohde	PPKYO				
Mittari	TSI VelociCalc 9555-P				
Päiväys	28.2.2019				
	Ilmavirrat			Poikkeamat	
Alue	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s	Asetuksen vaatimat tuloilmavirrat	Tuloilma Mitattu %	Poistoilma Mitattu %
Tuloilmakanava 1	346	149	450	-23,2	-66,8
Tuloilmakanava 2	250	96	513	-51,3	-81,3
Tuloilmakanava 3	163	70	101	61,7	-30,4
Tuloilmakanava 4	227	98	115	97,6	-14,4
Erillispoistot		70			
Yhteensä	985	484	1179	-16,4	-58,9

Samalla tarkasteltiin kaikkien tilojen painesuhteita. Paine-eromittaukset tehtiin ulkovaipan yli ja kerroksen sisäiset painesuhteet mitattiin tilakohtaisesti käytävään nähden. Painesuhdemittausten tulokset on esitetty kohdassa 3.1.

2.2 Jäähdytysteho

Jäähdytystehon määrittäminen tiettyyn tilaan keskitetyssä jäähdytysjärjestelmässä lasketaan tuloilman määrästä sekä huoneen ja huoneeseen tulevan ilman lämpötilaerosta. Kaavalla 4 (3, s. 11) saadaan tuloilmasta laskettua huoneeseen vaikuttava tuntuva jäähdytysteho.

$$\dot{Q} = Av_m(T_1 - T_2)\rho c_p$$

KAAVA 4

\dot{Q} = jäähdytysteho, W

A = kanavan poikkileikkauksen pinta-ala, m²

v_m = mitattujen nopeuksien keskinopeus, m/s

T_1 = lämpötila komponentin jälkeen, K

T_2 = lämpötila ennen komponenttia, K

ρ = ilman tiheys. kg/m³

c_p = ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kg K

Mitattujen ilmavirtojen perusteella voidaan laskea kaavaa 3 käyttämällä opetustiloihin saatava jäähdytysteho tuloilmasta. Laskennasta saadut tulokset on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Tuloilmasta laskettu jäähdytysteho

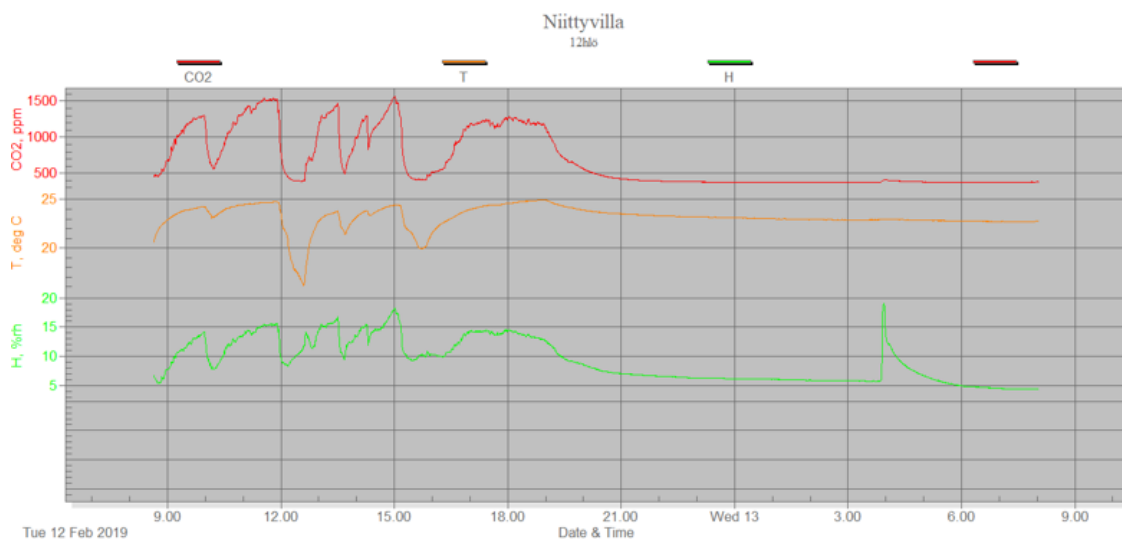
Tuloilmasta saatu jäähdytysteho					
Huone	A_{v_m} m^3/s	ρ kg/m^3	c_p $J/kg\ K$	T_1-T_2	Jäähdytysteho W
Opetustila 1	0,126	1,2	1000	8,0	1210
Opetustila 2	0,22	1,2	1000	8,0	2112
Opetustila 3	0,047	1,2	1000	8,0	451

Laskelmissa on käytetty vakioarvoja kohdissa ρ ja c_p . T_1-T_2 on saatu tilanteessa, jossa huonelämpötila on 24 °C ja tuloilman lämpötila on 16 °C.

Jäähdytystehontarve lasketaan IDA ICE -simulointiohjelmistolla, josta nähdään tarvittava jäähdytysteho opiskelutiloihin. Laskettuja tuloksia voidaan vertailla IDA ICEsta saatuihin tuloksiin

3 SISÄILMAN LAADUN MITTAUS

Sisäilmalaadun mittaus suoritettiin opetustila 3:een. Tilan koko on noin 45 m² ja tilassa on opiskelupaikat 25 henkilölle. Mittauspäivänä oli luokassa 12 henkilöä, joten suurinta mahdollista henkilöistä aiheutuvaa lämpö- ja epäpuhtauskuormitusta ei tähän mittaukseen saatu. Kuvassa 5 on esitetty mittauksista saadut tulokset graafisesti.



KUVA 5. Sisäilman laadun mittaus

Mittaus tehtiin oleskeluvyöhykkeeltä, joka määritellään asetuksessa seuraavalla tavalla "Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on suunniteltu toteutuviksi ja jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä ulko- tai sisäseinästä tai vastaavasta kiinteästä rakennuksen osasta." (4, s. 2). Tuloksista voidaan todeta, että hiilidioksidipitoisuus nousee jo 12 henkilön läsnä ollessa yli suosituksen 1200 ppm, joka on määritelty asetuksessa (4, s. 3). Kosteus ja lämpötila pysyi asetusten rajoissa. Luokkahuonetta on tuuletettu aina tuntien välillä aukaisemalla ikkunat luokasta. Tämä on myös todettavissa mittaustuloksista äkillisenä lämpötilan ja CO₂ -pitoisuuden laskuna.

4 PAINESUHTEIDEN MITTAUS

Rakennuksen painesuhteita mitattaessa tulee huomioida useita asioita, eikä pelkästään yksittäistä mittaustulosta. Ympäristöministeriön julkaiseman kuntotutkimusoppaan mukaan ”Rakennuksen painesuhteet määräytyvät tuulen, savupiipuvaikutuksen ja ilmanvaihdon sekä tilojen käytön yhteisvaikutuksesta. Tyypillisesti painesuhteet vaihtelevat ja ne voivat muuttua hyvin nopeasti ja voimakkaasti. Paine-erojen seurauksena ilma virtaa esimerkiksi huonetilasta toiseen, rakennuksen eri kerrosten välillä tai ulkovaipparakenteiden yli.” (5, s. 118.)

Kohteen mittaukset toteutettiin päivänä, jolloin tuulta ei ollut huomattavasti ja ulkolämpötila oli noin $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taulukossa 6 on esitetty huonekohtaiset painesuhteet ulkovaipan yli sekä käytävätiloihin nähden.

TAULUKKO 6. Huonekohtaiset painesuhteet

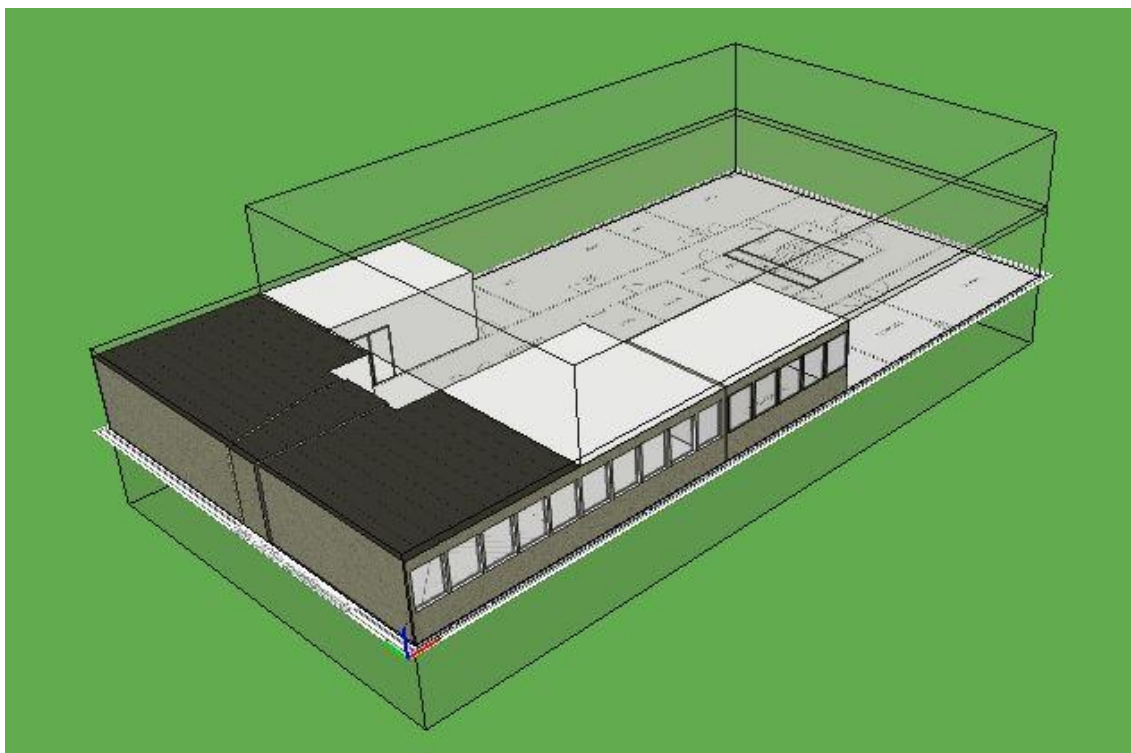
MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde Mittalaite	PPKYO			
	TSI VelociCalc 9555-P			
	Vaipan yli, Pa		Käytävä, Pa	
Huone	Ylipaine	Alipaine	Ylipaine	Alipaine
Opetustila 1	3		0,6	
Opetustila 2	10		0,7	
Opetustila 3	2		0,6	
Toimisto 1	1,4		1,1	
Toimisto 2	1,4		1,4	
Toimisto 3	1,5		1,1	
Toimisto 4	2,6		1,2	
Toimisto 5	0,4		0,3	
Toimisto 6	0,3		0,2	
Toimisto 7	1,8		1	
Asiakastoimi	0,7		0,2	
Kirjasto	4		4,3	
Kahvio	3,6		3,3	

Painesuhteiden mittaustulokset ovat yhdenmukaisia ilmavirtamittausten kanssa. Kerroksen ylipaineisuus on seurausta tulo- ja poistoilman epätasapainosta.

4 JÄÄHDYTYSTEHONTARPEEN MITOITUS

Jäähdytystehontarpeen mitoitusta tehtäessä tarvitaan kohteena olevasta rakennuksesta rakennetiedot. Näiden tietojen avulla voidaan IDA ICE-simulointiohjelmalla luoda kolmiulotteinen malli tiloista. Tässä projektissa 3D-mallinnus tehtiin vain jäähdytystä tarvitseviin tiloihin eli kolmeen opiskelutilaan ja asiakastoimitilaan. Pohjakuvan päälle luodun mallin lisäksi tehtiin 1.kerros ja osittain mallinnuksen kohteena olevan 2.kerroksen kattava 3.kerros. (Kuva 6.)



KUVA 6. 3D-malli simuloitavista tiloista

Kesäajan huonelämpötilaa simuloitaessa ajanjaksoksi asetettiin 1.6 - 31.8 ja käyttöajaksi 8 - 19. Käyttöasteeksi asetettiin 100 %. Yleisesti opetusrakennusten käyttöaste laskee kesän ajaksi, mutta tämä kohde toimii kesäaikana ja myös iltaisin. Jäähdytysrajan arvona on käytetty 25 °C:ta asetuksen mukaisesti. (6, s. 14)

Taulukossa 7 on esitetty osa jäähdytystehontarpeen laskennasta saaduista tuloksista ja asetuksista. Kokonaisuudessaan tulokset on esitetty liitteessä 3.

TAULUKKO 7. Laskentatulokset IDA ICEsta

Vyöhyke	Jäähdytystehon tarve, W	Jäähdytystehon tarve, W/m ²	Aika	Lämpötila, °C	Tuloilma, dm ³ /s	Tuloilman lämpötila, °C
Opiskelutila 2	3937	46	16.7.2019 16:00	25	223	17
Opiskelutila 1	1368	49	23.6.2019 16:26	25	128	17
Opiskelutila 3	2434	54	25.6.2019 11:10	25	47	17
Asiakastoimi	1452	52	25.6.2019 11:10	25	94	17

Tuloilmavirta ja tuloilman lämpötila ovat alkuperäisen järjestelmän mukaiset. Suunniteltava IV-kone ei sisällä jäähdytystä eikä näin ollen vaikuta laskelmien tuloksiin. Erilliseen jäähdytysjärjestelmään päädyttiin, koska uuden IV-koneen tuloilmasta saatava jäähdytysteho on riittämätön kohteeseen vaikka, se olisi varustettu jäähdytyksellä.

IDA ICEsta saatujen tulosten perusteella voidaan suunnitella tiloihin jäähdytysjärjestelmä. Suunnitelmat tilataan kylmäalaan erikoistuneilta yrityksiltä sekä pyydetään samalla virallinen tarjous toimitettavista laitteista. Esimerkki jäähdytysjärjestelmästä on esitetty liitteessä 5. Jäähdytysjärjestelmien tarjouspyynnöissä olevia hintoja ei julkaista.

5 MITTAUSTULOKSIEN ANALYSOINTI

Ilmamäärät mitattiin kolmella eri tavalla. Anemometritorvi-kuumalankamittauksen tuloksissa esiintyi huomattavaa hajontaa muihin mittaustuloksiin verrattuna, joten se jätetään vertailun ulkopuolelle. Osassa mittauksista anemometritorven ja päätelaitteen välistä pääsi induktioilmaa primääriilman lisäksi virtaamaan mukaan, joten tulokset olivat suurempia kuin muilla tekniikoilla toteutetut mittaustulokset.

Suutinkonvektoreista tehty paine-eromittaus on varmin menetelmä mitata ilmamäärät, mutta varmuus laitteen k-arvosta jäi todentamatta, johtuen laitteen iästä ja valmistajasta, joka ei ole ollut olemassa enää vuosikymmeniin. Tästä johtuen tulokset ovat epävarmoja eikä niitä näin ollen otettu vertailuun.

Viiden pisteen menetelmällä ja kuumalangalla mitattuna kanavista saatiin lähelle samoja arvoja kuin opiskelutilojen 1 ja 2 tuloilmakanavan alussa olevasta mittaelimestä. Nämä tulokset on esitetty taulukossa 2. Poistoilmamäärä mitattiin paine-eromittauksella päätelaitteista.

5.1 Ilmamäärät

Kun tarkastellaan opiskelutilojen ja koko 2. kerroksen ilmamääriä, voidaan todeta huomattavaa puutetta niin tulo- kuin poistoilmamäärissä. Tämä johtuu 1970-luvulla olleista asetuksista ja rakennuksen alkuperäisestä käyttötarkoituksesta.

Kohteen rakentamisen aikaan on ollut voimassa lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet vuodelta 1966. Taulukossa 8 on esitetty senaikaiset ja nykyiset vaatimukset sekä niiden mukaiset ilmamäärät kohteen opiskelutiloihin.

TAULUKKO 8. Ilmavirtavertailu sekä mitatut ilmavirrat

Tila/Käyttötarkoitus		Normaaliohjeet v.1966	Finvac opas 2017	Mitatut
Opiskelutilat		4,17 dm ³ /s/hlö	6 dm ³ /s/hlö	dm ³ /s
	Hlö			
Opiskelutila 1	20	83	120	126
Opiskelutila 2	55	229	330	220
Opiskelutila 3	25	104	150	47

Nyt suunniteltava lisäilmanvaihto mitoitetaan tämän hetkisten asetusten mukaisesti.

5.2 Jäähdytys

Alkuperäisen koneen tuloilmasta saatavalla jäähdytyksellä saadaan katettua osa tarvittavasta jäähdytystehosta, mutta lisjäähdytystä tarvitaan kaikkiin tutkittavina oleviin tiloihin.

Lisäilmanvaihtokoneeksi mallinnettiin myös ilmaläpöpumpulla varustettu kone, mutta tarvittavaa tehoa ei tuloilmamäärien vähäisyyden vuoksi saavutettu. Tästä johtuen tiloihin suunnitellaan erillinen jäähdytysjärjestelmä. Taulukossa 6 esitetyt jäähdytystarpeet saadaan katettua split-järjestelmällä, joka sisältää yhden ulkoyksikön ja neljä sisäyksikköä.

5.3 Painesuhteet

Paine-eromittaukset ulkovaipan yli tehtiin kaikkiin tiloihin. Kaikki tilat olivat ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Paine-ero ulkovaipan yli uusien säännösten mukaan tulisi olla tasapainossa, eli tulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi.

Rakennuksen alkuperäisissä suunnitelmissa ilmavirrat olikin suunniteltu yhtä suuriksi, mutta tuloilmakoneen ilmamäärää on tilamuutosten yhteydessä lisätty, eli tehostusvara on otettu jatkuvaan käyttöön. Poistoilmamäärät olivat vastaavasti pienemmät kuin suunnitteluvaiheessa. Poistopuolen huippuimureissa ei säätömahdollisuutta ole. Uuden IV-koneen mitoituksessa ja säädöissä otetaan huomioon nykyinen tilanne, eikä kerrosta muuteta alipaineiseksi, jotta vältetään sisäilmaongelmilta.

6 ILMANVAIHTOKONEIDEN VALINTA JA PÄÄTELAITTEET

Ilmanvaihtokoneita valittaessa tilat jaettiin kahteen osaan, jotta saatiin konekoot pysymään järkevinä. Mitoittavana tekijänä käytettiin poistoilmamääriä, jotka olivat suuremmat kuin tuloilmamäärät.

Opiskelutila 1:een ja asiakastoimitilaan ei johdeta ollenkaan tuloilmaa uusilta koneilta, sillä tilojen tuloilmamäärät ovat jo riittävät. Pelkästään poistoilmamäärää lisäämällä saadaan parannettua alkuperäisen järjestelmän toimivuutta ja vähennettyä tilojen ylipaineistusta. Suuri poistoilmavirta pienentää LTO:n poistoilmahyötysuhdetta ja tuloilman jälkilämmityksen tarvetta. Lisäksi suuri poistoilman osuus vähentää poistoilman kosteuden huurtumista LTO-laitteissa. Taulukossa 9 on esitetty koneiden palvelualueet ja mitoittavat ilmamäärät.

TAULUKKO 9. IV-koneiden palvelualueet

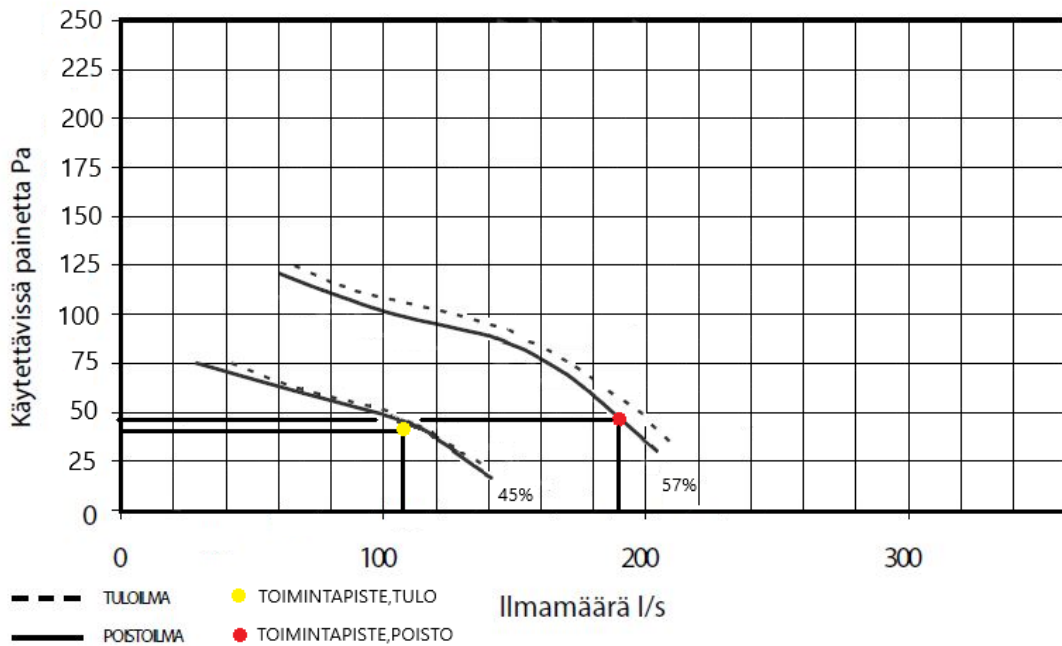
Kohde	PPKYÖ	Mitatut ilmamäärät, dm ³ /s				Konekohtaiset ilmamäärät, dm ³ /s				
		Mitatut ilmamäärät, dm ³ /s		Asetus dm ³ /s		Tarvittava lisäilmamäärä, dm ³ /s		IV-kone 1		IV-kone 2
Tila		Tulo	Poisto	Tulo	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto
Opiskelutila 1		126	51	120	0	69			110	300
Opiskelutila 2		220	99	330	110	231				
Opiskelutila 3		47	19	150	103	131	103	190		
Asiakastoimi		93	34	50	0	59				
Yhteensä		486	203	650	213	490				

Vaikka koneet on mitoitettu siten, että tulo- ja poistoilmamäärät ovat epätasapainossa, täytyy koneet säätää niin, etteivät koneiden palvelualueiden tilat ole missään vaiheessa alipaineisia. Tämä tulee tarkastaa koneiden käyttöönottovaiheessa tehdyillä mittauksilla ja merkitsemällä tulokset mittauspöytäkirjaan.

Ilmanvaihtokoneet opinnäytetyössä valittiin Enerventin mallistosta. Työn toteuttaja pidättää oikeuden mahdollisiin muutoksiin, tässä työssä tehdyissä konevalinnoissa.

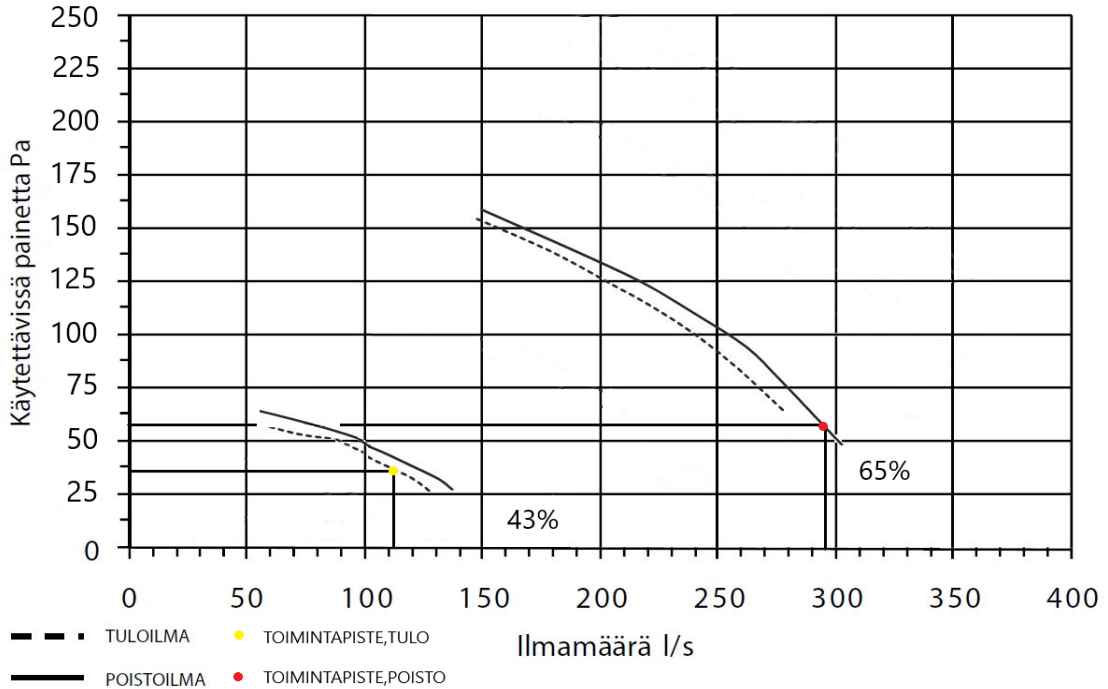
IV-kone 1:ksi valittiin malli Pegasos eAir E ja IV-kone 2:ksi Pegasos XL eAir E. Tehostusvaraa molempiin koneisiin jää yli 30%. Kuvissa 7 ja 8 on esitetty valittujen ilmanvaihtokoneiden ominaiskäyrät sekä puhaltimien toimintapisteet mitoituspisteessä olevilla kanavapaineilla.

Pegasos tulo- ja poistoilman ominaiskäyrä F7/M5 suodattimilla



KUVA 7. Pegasos eAir E:n ominaiskäyrä ja puhaltimien toimintapisteet

Pegasos XL tulo- ja poistoilman ominaiskäyrä F7/M5 suodattimilla



KUVA 8. Pegasos XL eAir E:n ominaiskäyrä ja puhaltimien toimintapisteet

Ilmanvaihtokone 1:n alueeseen kuuluu opiskelutila 3 ja asiakastoimi. Ilmanvaihtokone asennetaan opiskelutila 2:n ja 3:n välissä olevaan varastotilaan. Ulkoilma- ja ulospuhallusilmakanavat johdetaan opiskelutila 2:n kautta samalle seinälle kuin ilmanvaihtokone 1:n kanavat.

IV-kone 2 palvelee opiskelutiloja 1 ja 2. Ilmanvaihtokone asennetaan opiskelutilaan 2. Ulkoseinän viereen rakennetaan konetta varten äänenvaimennettu tila, jolla saadaan vaimennettua koneen aiheuttama ääni luokkahuoneeseen. Tila varustetaan avattavalla ovelta tai suurella huoltoluukulla. (Kuva 9.)



KUVA 9. Esimerkki ilmanvaihtokoneen asennuksesta opiskelutilaan (7)

Koneiden ulospuhallus toteutetaan seinäpuhalluksena ja ulkoilma johdetaan koneelle samalta seinältä.

Päätelaitteiksi tuloilmapuolelle valittiin Climeconin NOP-tuloilmahajottajat. Tuloilmahajottajat valittiin niiden äänitekniisten ominaisuuksien sekä tarkan ja helpon säädettävyyden perusteella. Poistoilmapuolelle valittiin FläktGroupin KSO-pois-

toilmaventtiilit. Ulospuhalluslaitteeksi valittiin Climeconin UPA-malli. Seinäpuhalluksen vaihtoehtoja on vielä rajatusti ja kohteen vaatimilla ilmavirroilla Climeconin UPA-malli on ainoa vaihtoehto. Seinäpuhalluksen perusvaatimuksena poistoilmaluokan 1 ilmalle, johon opiskelutilat kuuluvat, on äänitekniset vaatimukset, muuten ulospuhallusilma voidaan johtaa seinäpuhalluksena rakennuksesta ulos rajoituksetta. Ulkoilmakanavan ulkosäleikkö on FläktGroupin RISV-malli.

7 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Jäähdytysjärjestelmä toteutetaan Multisplit-jäähdytyslaitteella (kuva 10) ja huonekohtaisilla jäähdytysyksiköillä.



KUVA 10. Multisplit-ilmalämpöpumppu (8)

Järjestelmässä voidaan yhteen ulkoyksikköön kytkeä useampi sisäyksikkö, joita voidaan ohjata huonekohtaisesti. IDA ICEsta saatujen jäähdytystehontarpeen laskennan tulosten perusteella pyydettiin usealta kylmäalan yritykseltä suunnitelmat ja tarjoukset kohteeseen. Kaikissa suunnitelmissa oli sisäyksikkövaihtoehtoina, joko seinämalli (kuva 11) tai kattokasetti (kuva 12).



KUVA 11. Multisplit-järjestelmän seinämällisisäyksikkö (8)



KUVA 12. Multisplit-järjestelmän kattokasettimallisisäyksikkö (8)

Opiskelutila 2, joka on suurin pohja-alaltaan ja henkilömäärältään, vaatii kaksi sisäyksikköä. Muiden tilojen jäähdytystarve saadaan katettua yhdellä sisäyksiköllä. Esimerkkikuva jäähdytysjärjestelmästä on esitetty liitteessä 5.

8 TARJOUSLASKENTA

Konevalmistajalta ja jäähdytysjärjestelmän toimittajilta pyydettyjen tarjousten perusteella kokonaisurakasta tehdään tarjouslaskenta työn tilaajalle.

Tarjouslaskennan tuloksia ei esitetä julkisesti.

9 YHTEENVETO

Oppinnäytetyön tarkoituksena oli mitoittaa lisäilmanvaihto Pohjois-Pohjanmaan kesäyliopiston tiloihin, jotka sijaitsevat rakennuksen 2. kerroksessa. Entisten toimistotilojen muuttaminen opiskelutiloiksi ja sitä myötä henkilömäärän lisääntyminen kerroksessa on heikentänyt sisäilman laatua. Tilojen käyttötarkoitukseluokan muuttaminen täytyisi suunnitella aina erityisen hyvin, etenkin ilmanvaihdon osalta. Sisäilmaston suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota sisäisiin kuormitustekijöihin, kuten tässä kohteessa lisääntyneestä henkilömäärästä aiheutuviin lämpö-, kosteus- ja epäpuhtauskuormituksiin.

Työssä pohdittiin myös alkuperäisen järjestelmän parannusmahdollisuuksia, mutta keskitetyn ilmanvaihdon vuoksi mahdollisuutta parantaa ilmanvaihtoa vain kesäyliopistokerroksessa ei ollut ilman suurempia muutoksia koko järjestelmään, sillä sama ilmanvaihtokone palvelee muitakin kerroksia. Huonekohtaisten lämmönsäätimien uusinta niin, että jokaisessa tilassa yhdellä säätimellä voidaan hallita kaikkia tilan lämmityspattereita, helpottaisi halutun lämpötilan saavuttamista. Lämpötilasäädinten uusinnan myötä keskitetyn ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötilaa voidaan laskea nykyisestä. Näin voidaan laskea lämpötilaa tiloissa, joissa henkilöistä aiheutuvaa lämpökuormaa eniten esiintyy. Vastaavasti toimistotiloissa henkilöstö voisi säätää lämmityspatterin avulla lämpötilan huonekohtaisesti halutulle tasolle. Nykyinen säätöjärjestelmä ei tähän kykene.

LÄHTEET

1. Suutinkonvektorit. Lindab Oy. Saatavissa: <http://www.lindab.com/fi/pro/products/pages/fasadium.aspx>. Hakupäivä 25.1.2019.
2. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2017. D2 Hanke. FINVAC ry. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/name/%7BD9B578DC-66D4-44BC-B1AE-DCAB875D5907%7D/144726>. Hakupäivä 5.1.2019.
3. SFS-EN 5511. Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. Saatavissa: <https://sales.sfs.fi>. Hakupäivä 10.2.2019.
4. 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>. Hakupäivä 15.2.2019
5. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>. Hakupäivä 9.3.2019.
6. 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>. Hakupäivä 1.2.2019.
7. Ilmanvaihtokoneen asennus opiskelutilaan. Vallox Oy. Saatavissa: https://www.vallox.com/tietoa_ilmanvaihdosta/koulujen_sisailmaongelmiin_on_myos_helppoja_ratkaisuja.html. Hakupäivä 25.2.2019.
8. Jäähdytysjärjestelmän kuvat. Scanoffice Oy. Saatavissa: <https://www.scanoffice.fi/kuvapankki/ilmalampopumput/>. Hakupäivä 5.4.2019.

LIITTEET

Liite 1 Opetustilojen tuloilmamäärien mittauspöytäkirja

Liite 2 Huonekohtaiset mittaustulokset

Liite 3 IDA ICE simuloinnin tulokset

Liite 4 Uudet ilmanvaihtokoneet ja iv-suunnittelun kuvat

Liite 5 Jäähdytysjärjestelmä esimerkki

Liite 6 Vanha pohjakuva

Liite 7 Uusi pohjakuva

Liite 8 TSI Velocicalc 9555P Kalibrointitodistus

Opetustilojen mittauspöytäkirja		Kanava koko (m)	0,2		Tuloilman lämpötila 21,4°C			
Viiden pisteen menetelmä				Ulkoilman lämpötila -14°C				
	Opiskelutila 1, kanavan alkupää		Opiskelutila 2, kanavan alkupää		Opiskelutila 3, kanavan alkupää		Opiskelutila 3, kanavan loppupää	
Mittauskohta kanavassa	Nopeudet m/s	Ilmamäärät l/s	Nopeudet m/s	Ilmamäärät l/s	Nopeudet m/s	Ilmamäärät l/s	Nopeudet m/s	Ilmamäärät l/s
Ylä	8,9	279,6	7,3	229,3	4,6	144,5	4,05	127,2
Keski	12,5	392,7	8,3	260,8	4,85	152,4	4,1	128,8
Ala	11,1	348,7	6,6	207,3	6,2	194,8	3,6	113,1
Sisä	8,1	254,5	6,5	204,2	5,1	160,2	3,95	124,1
Ulko	14,4	452,4	6,45	202,6	6,1	191,6	3,7	116,2
Keskiarvo	11,0	345,6	7,0	220,9	5,4	168,7	3,9	121,9

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde		PPKYO														
Mittari		TSI VelociCalc 9555-P														
Päiväys		1.2.2019														
Suureet:		Tulo m/s, poisto Pa			Tulokanava tai poistoilmalin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat		Ilmavirrat yhteensä	
Huone tai kanava	Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Azento	Mittaus-tulos m/s, Pa	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus, 6dm ³ /hlö tai 2dm ³ /m ²	Mitattu %	Sallittu %	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s			
Tuloilmakanava 1	75	Tulo	Kanava	200		11		346	450	-23,2	±20	346	149			
Opetustila 1	20	Tulo	Kanava	200				126	120	4,7	±20					
		Poisto 1	KSO	160	-1	21	3,4	16	40	-61,0						
		Poisto 2	KSO	160	-2	18,5	3,3	14	40	-64,5						
		Poisto 3	KSO	160	3	17	5,1	21	40	-47,4		126	51			
Opetustila 2	55	Tulo	Kanava	200		7		220	330	-33,4	±20					
		Poisto 1	KSO	160	-3	15	3,1	12	55	-78,2						
		Poisto 2	KSO	160	5	15	4,4	17	55	-69,0						
		Poisto 3	KSO	160	-5	15	2,8	11	55	-80,3						
		Poisto 4	KSO	160	15	15	6,2	24	55	-56,3						
		Poisto 5	KSO	160	15	7	6,2	16	55	-70,2						
		Poisto 6	KSO	160	15	8,7	6,2	18	55	-66,8		220	99			

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde		PPKYO														
Mittari		TSI VelociCalc 9555-P														
Päiväys		1.2.2019														
Suureet:		Tulo m/s, poisto Pa			Tulokanava tai poistoilmalin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat		Ilmavirrat yhteensä	
Huone tai kanava	Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Azento	Mittaus-tulos m/s, Pa	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus, 6dm ³ /hlö tai 2dm ³ /m ²	Mitattu %	Sallittu %	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s			
Tuloilmakanava 2	31	Tulo	Kanava	200		5,4		170	249	-31,9	±20	170	96			
Opetustila 3	25	Tulo	Kanava	200				47	150	-68,6	±20					
		Poisto 1	KSO	160	-1	6,6	3,4	9	75	-88,4						
		Poisto 2	KSO	160	-2	9	3,3	10	75	-86,8						
Asiakastoimi, 25m ²	3	Tulo	Kanava	200				93	50	85,0	±20	47	19			
		Poisto 1	KSO	160	6	10,5	4,6	15	25	-40,4						
		Poisto 2	KSO	160	9	13,4	5,1	19	25	-25,3		93	34			
Toimisto 6, 10m ²	1	Tulo	Kanava	200				12	20	-40,0	±20					
		Poisto 1	KSO	160	7	13,8	4,8	18	10	78,3						
Toimisto 5, 10m ²	1	Tulo	Kanava	200				12	20	-40,0	±20	12	18			
		Poisto 1	KSO	125	5	12,5	3,3	12	10	16,7						
Toimisto 4, 4,3m ²	1	Tulo	Kanava	200				6	9	-33,3	±20	6	14			
		Poisto 1	KSO	125	10	13	4	14	6	140,4						

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde	PPKYD													
Mittari	TSI VelociCalc 9555-P													
Päiväys	26.2.2019													
Suureet:	Tulo m/s, poisto Pa	Tulokanava tai poistoilmaelin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat		Ilmavirrat yhteensä		
Huone tai kanava	Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Asento	Mittautulos m/s, Pa	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus, 6dm ³ /hlö tai 2dm ³ /m ²	Mitattu %	Sallittu %	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s	
Tuloilmakanava 3	9	Tulo	Kanava	200		5,2		163	101	61,7	±20	163	70	
Toimisto 1, 25m ²	7	Tulo	Kanava	200				70	50	40,7	±20			
		Poisto 1	KSO	160	7	13,8	4,8	18	10	78,3				
		Poisto 2	KSO	160	7	13,8	4,8	18	11	62,1		70	36	
Toimisto 2, 10m ²	1	Tulo	Kanava	200				51	20	153,5	±20			
		Poisto 1	KSO	160	5	12,5	4,4	16	10	55,6		51	16	
Toimisto 3, 15,5m ²	1	Tulo	Kanava	160		2,8		42	31	36,5	±20			
		Poisto 1	KSO	160	10	13	5,3	19	6	218,5		42	19	

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde	PPKYD													
Mittari	TSI VelociCalc 9555-P													
Päiväys	26.2.2019													
Suureet:	Tulo m/s, poisto Pa	Tulokanava tai poistoilmaelin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat		Ilmavirrat yhteensä		
Huone tai kanava	Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Asento	Mittautulos m/s, Pa	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus, 6dm ³ /hlö tai 2dm ³ /m ²	Mitattu %	Sallittu %	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s	
Tuloilmakanava 4	14	Tulo	Kanava	200		7,22		227	115	97,6	±20	227	98	
Toimisto 1, 11m ²	2	Tulo	Kanava	200				32	22	45,6	±20			
		Poisto 1	KSO	160	2	23,5	3,9	19	10	89,1		32	19	
		Poisto 2	KSO	160	2	23,5	3,9	19	10	89,1				
Kirjasto, 16,4m ²	2	Tulo	Kanava	200				62	33	89,6	±20			
		Poisto 1	KSO	160	4	21,7	4,3	20	10	100,3				
		Poisto 2	KSO	160	-9	21,5	2,2	10	10	2,0		62	30	
Kahvio	10	Tulo	Kanava	160				133	60	121,0	±20			
		Poisto 1	KSO	160	9	24,5	5,1	25	6	320,7				
		Poisto 2	KSO	160	9	21,9	5,1	24	10	138,7		133	49	

ILMAVIRTOJEN MITTAUSPÄYTÄKIRJA

Kohde	PPKYD										
Mittari	TSI VelociCalc 9555-P										
Päiväys	26.2.2019										
Suureet:	Tulo m/s, poisto Pa	Tulokanava tai poistoilmaelin			Mittausarvot			Ilmavirta		Poikkeamat	
Huone tai kanava	Henkilö määrä	Tulo/poisto	Malli	Koko mm	Asento	Mittaustulos m/s, Pa	k-arvo	Mitattu dm ³ /s	Asetus, 6dm ³ /hlö tai 3dm ³ /m ²	Mitattu %	Sallittu %
Tuloilmakanava 2, käytävät, 88m ²											
Päätelaite 1		Tulo	PMTc	100		1,3	8,9	10			
Päätelaite 2		Tulo	PMTc	100		3	8,9	15			
Päätelaite 3		Tulo	PMTc	100		0,5	8,9	6			
Päätelaite 4		Tulo	PMTc	100		3,9	8,9	18			
Päätelaite 5		Tulo	PMTc	100		4,9	8,9	20			
Päätelaite 6		Tulo	PMTc	100		1,5	8,9	11			
Yhteensä								80	264	-69,7	±20

Vyöhykkeet, usean simulaation jäähdytys yhteenveto

Vyöhyke	Ryhmä	Vyöhykekerroin, M	Huonelaitteen jäähdytysteho, W	Aika	Jäähdytysteho, W	Poistoilmavirta, L/s	Muu tuloilmavirta, L/s	Muun tuloilman lämpötila, °C	RH%, %	CO2, ppm	PPD, %	Vaippa ja kylmäsilla, t, W	Sisäseinät ja massat, W	Ikkunat & auringon säteily, W	Kon. tuloilma, W	Vuotoilma & aukot, W		Ihmiset, W	Laitteet, W
																ma & aukot, W	W		
Opiskelutila 2		1	3937	16.7.2019 16:00	7949	-215,8	2,229	28,19	56,55	1740	17,77	-768,5	-773,5	1956	-2179	8,703	4844	110,8	
Opiskelutila 1		1	1368	23.6.2019 16:26	3378	-123,7	0,416	24,62	44,92	1217	16,09	-122,3	-676,7	1551	-1245	-0,2633	1563	73,94	
Opiskelutila 3		1	2434	25.6.2019 11:10	3456	-45,53	1,944	25,01	57,15	3126	17,03	-625,1	-160,6	728,3	-459,5	-0,6565	2147	57,6	
Asiakastoimi		1	1452	25.6.2019 11:10	2505	-33,47	0,4155	25,01	46,24	577,8	19,9	-224,3	-1075	3170	-919,2	-0,06708	260,4	14,4	
Varasto		1	78,18	23.6.2019 21:18	78,57	0	0,3348	23,97	34,94	400		-21,72	94,25	0	0	-0,3559	0	0	

Vyöhykkeet, usean simulaation jäähdytys yhteenveto

Vyöhyke	Ryhmä	Vyöhykekerroin, M	Huonelaitteen jäähdytysteho, W	Aika	Valaistus, W	Paikalliset lämmityslaitteet, W	Paikalliset jäähdytyslaitteet, W	Jakeluhäviöt, W	Vaippa ja kylmäsillat, W/m2	Sisäseinät ja massat, W/m2	Ikkunat & auringonsäteily, W/m2	Kon. tuloilma, W/m2	Vuotoilma & aukot, W/m2	Ihmiset, W/m2	Laitteet, W/m2	Valaistus, W/m2	Paikalliset lämmityslaitteet, W/m2	Paikalliset jäähdytyslaitteet, W/m2	Jakeluhäviöt, W/m2	Vyöhyke
Opiskelutila 2		1	3937	16.7.2019 16:00	209,4	0	-3467	48,77	-9,491	-9,553	24,16	-26,91	0,1075	59,82	1,368	2,586	0	-42,82	0,6023	Opiskelutila 2
Opiskelutila 1		1	1368	23.6.2019 16:26	203,5	0	-1368	16,74	-4,4	-24,35	55,8	-44,8	-0,009474	56,24	2,66	7,322	0	-49,22	0,6023	Opiskelutila 1
Opiskelutila 3		1	2434	25.6.2019 11:10	371,3	0	-2091	26,62	-14,14	-3,633	16,47	-10,39	-0,01485	48,57	1,303	8,399	0	-47,3	0,6021	Opiskelutila 3
Asiakastoimi		1	1452	25.6.2019 11:10	210,4	0	-1452	15,24	-8,862	-42,47	125,2	-36,32	-0,00265	10,29	0,5689	8,313	0	-57,37	0,6021	Asiakastoimi
Varasto		1	78,18	23.6.2019 21:18	0	0	-78,18	5,981	-2,187	9,491	0	0	-0,03584	0	0	0	0	-7,873	0,6023	Varasto

Järjestelmät

	Maks., kW	Aika
Tilajäähdytys	8,331	
Jäähdytys	10,86	
Yhteensä	19,19	16.7.2019 16:00

Ilmanvaihtokoneet

IV-kone	Jäähdytys, W	Aika	Lämmitys, W	Jäähdytyksen talteenotto, W	LTO, W	Kostutus, W	Puhaltimet, W
IV-kone	10860	16.7.2019 16:00	0	926,6	0	0	776,7

enervent

Energy Optimizer

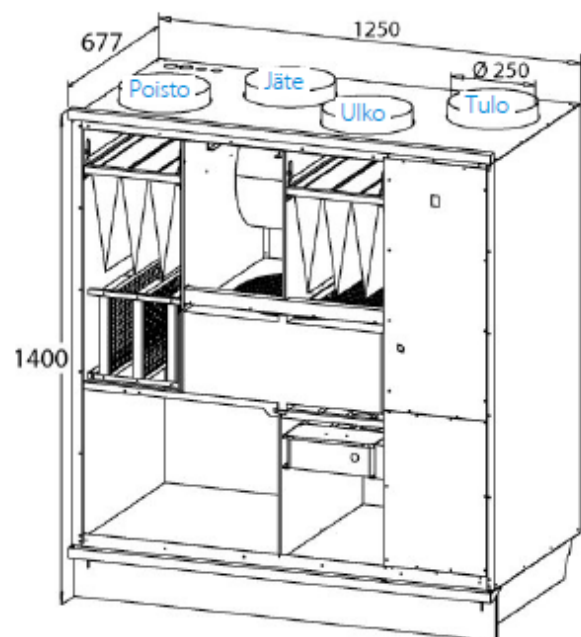
Kohde: **PPKYO, OP3 ja Asiakastoimi**

Käsittelijä: **Jani Sipola**

Sivu 1

2019-03-04

Pegasos eAir E



Laitetiedot

Kanavalähdöt	Ø 250 mm
Ei liesikupuliitettä	
Leveys	1250 mm
Korkeus	1400 mm
Syvyys	677 mm
Paino	203 kg
Suodatustaso	F7 / M5
Kätisyys	Oikea
Asennus lattialle	
Tuotenumero	P06 211 0002
LVI-numero	7935697
Sähkötiedot	400 V/50 Hz, 3~, 3B10A
Kondenssivedenpoisto	Runko: 1/4" (sisäkierre)

enervent

Energy Optimizer

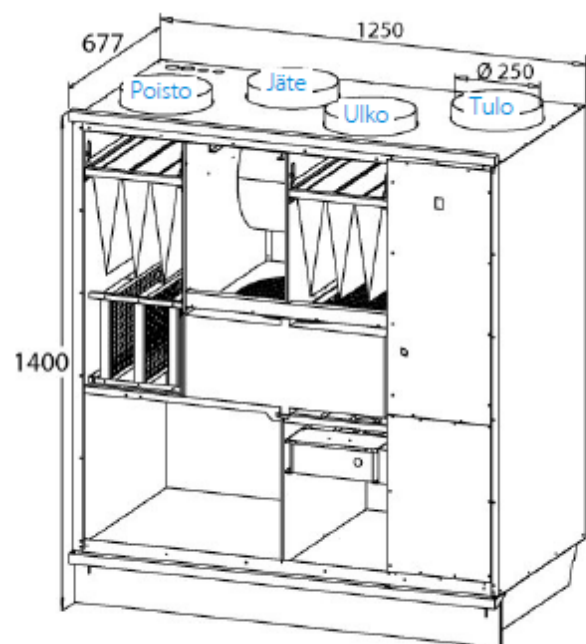
Kohde: PPKYO. OP 1 ja OP 2

Käsittelijä: Jani Sipola

Sivu 1

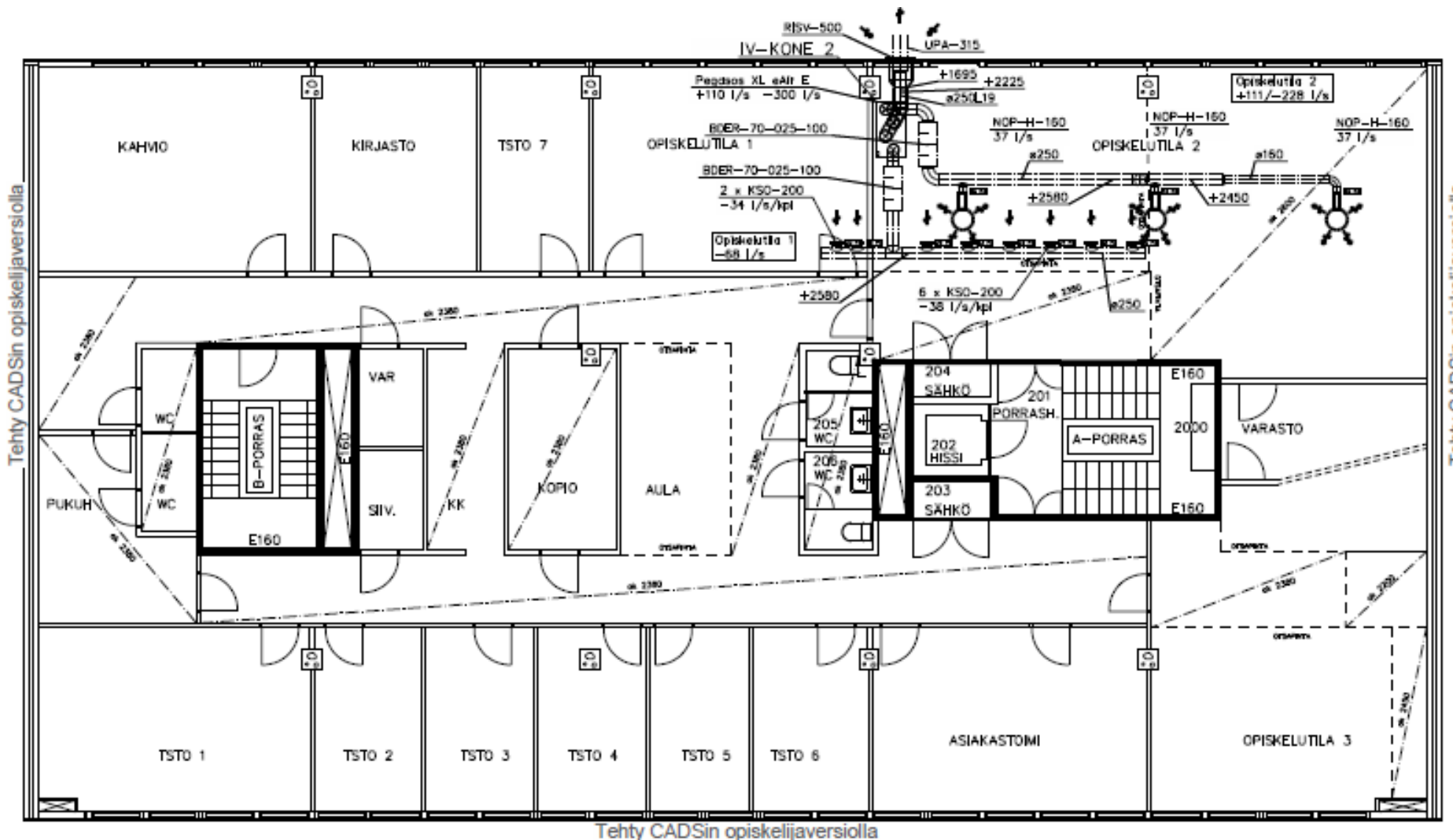
2019-03-04

Pegasos XL eAir E



Laitetiedot

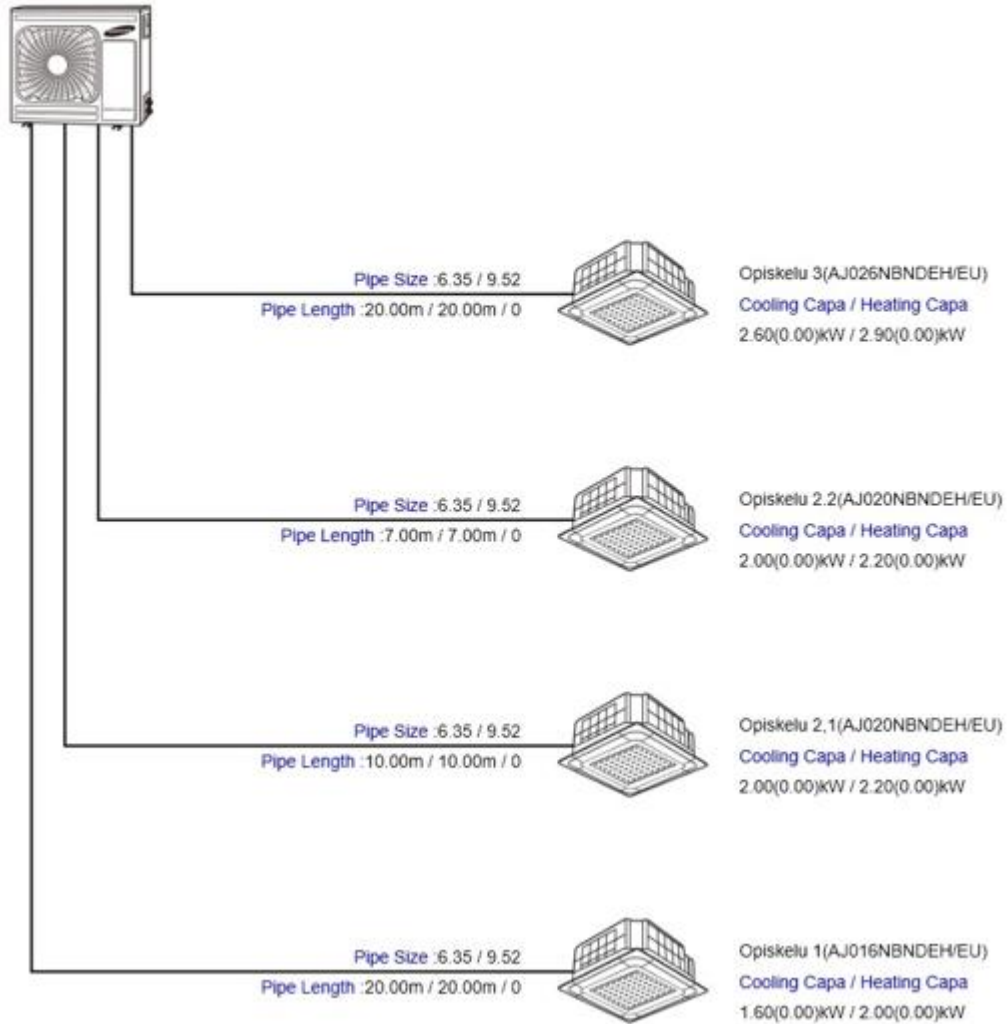
Kanavalähdöt	Ø 250 mm
Ei liesikupuliitääntää	
Leveys	1250 mm
Korkeus	1400 mm
Syvyys	677 mm
Paino	203 kg
Suodatustaso	F7 / M5
Kätisyys	Oikea
Asennus lattialle	
Tuotenumero	P06 211 0102
LVI-numero	7935701
Sähkö tiedot	400 V/50 Hz, 3~, 3C16A
Kondenssivedenpoisto	Runko: 1/4" (sisäkierre)

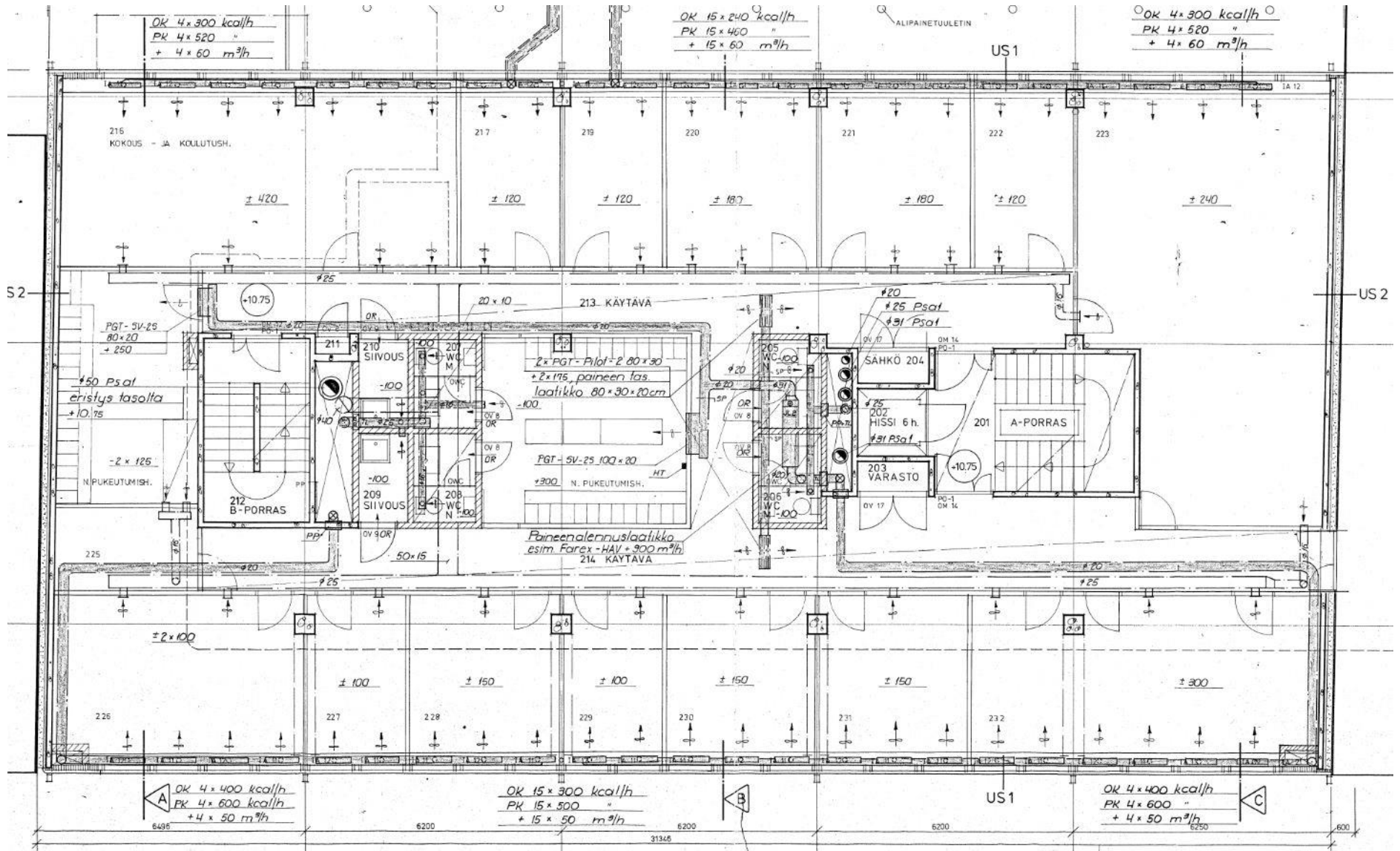


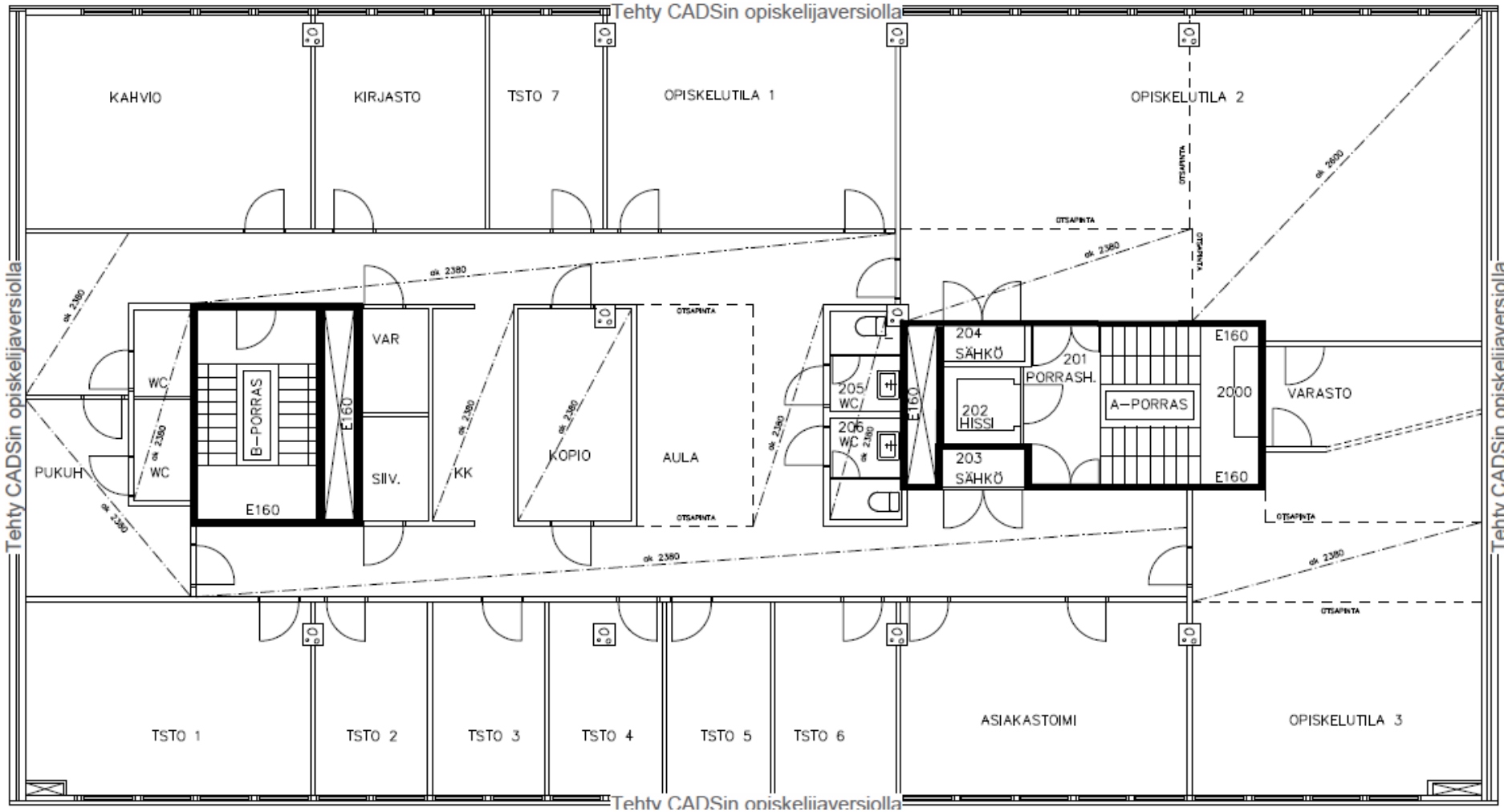
JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ ESIMERKKI

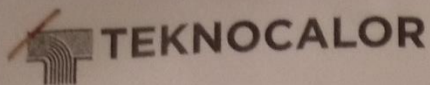
LIITE 5

New Outdoor1(AJ080MCJ4EH/EU)
Cooling Capa / Heating Capa
8.00(0.00)kW / 9.30(0.00)kW







OAMK/
LVI-LAB.

KALIBROINTITODISTUS

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Mittalaite: Mikromanometri
 Tyyppi: TSI Velocicalc 9555P
 Sarjanumero: 9555P0818001

Tutkittavan mittarin lukemat referenssipaineilla

Referenssi Pa	Mittari Pa	Poikkeama % lukemasta
-1000,0	-1007,9	0,8
-100,0	-100,7	0,7
-10,0	-9,8	0,2 Pa
0,00	0,0	0
10,0	9,8	0,2 Pa
20,0	20,0	0,0 Pa
100,0	100,5	0,5
200,0	201,0	0,5
1000,0	1005,9	0,6
2000,0	2011,1	0,6

Kalibroinnissa käytetyt referenssit ja niiden mittausepävarmuus:

Paine-ero: - Furness Controls PPC-500 s/n: 0506001
 - Epävarmuus:
 alueella 20...2000 Pa, 0,1% lukemasta + 0,1 Pa
 alueella 1...19 Pa, 0,21 Pa

Kalibrointiolosuhteet:

Lämpötila 23,5 °C
 Suhteellinen kosteus 43,7 % s.k.
 Ilmanpaine 1010 mbar

Kalibroinnin päivämäärä: 08.07.2018 Seuraava kalibrointi: 08.07.2019

Kalibroinnin suorittaja: Jari Seppä

Referenssien jäljitettävyys, kalibrointi- ja analyysitodistukset näytetään pyydettyäessä laboratoriossamme.

OY TEKNOCALOR AB · KALIBROINTI- JA HUOLTOLABORATORIO
 SINIKELLONKUJA 4 · 01300 VANTAA · PUH 010 820 1100 · FAKSI 010 820 1103