

AUTOMATISOIDUN ILMANVAIHDON KOELAITEYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU, RAKENNUS JA TESTAUS

Jarkko Aalto
Juha Veijonen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2011

Automaatiotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) AALTO, Jarkko VEIJONEN, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 10.1.2011
	Sivumäärä 96	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi AUTOMATISOIDUN ILMANVAIHDON KOELAITERYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU, RAKENNUS JA TESTAUS		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) HUKARI, Sirpa		
Toimeksiantaja(t) Insinööritoimisto Proline Oy SALMELA, Janne		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantona oli rakentaa koelaiterympäristö, jossa tarkastellaan moottoroidusti ohjattujen ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmaventtiilien toimintaa. Työhön asetettiin tavoitteeksi valita koelaiterympäristöön soveltuvat laitteet, suunnitella ohjaukset sekä toteuttaa niiden pohjalta koelaiterympäristö ja tehdä toiminnallinen testaus.</p> <p>Työ sisälsi esisuunnittelu-, perussuunnittelu- ja toteutusvaiheen. Työ toteutettiin ja testattiin toimeksiantajan tiloissa valituilla laitteilla.</p> <p>Työn keskeiseksi tulokseksi saatiin, että automaattioratkaisuilla on mahdollista ohjata ja hallita ilmanvaihdon pääte-elimien toimintaa venttiiliparin ja ohjausjärjestelmän avulla. Työn pohjalta selvisi myös, että toimilaitteiden ohjaus on mahdollista toteuttaa ohjelmallisena säätönä. Lisäksi tuloksien perusteella moottorilla säädettävillä pääte-elimillä voidaan muuttaa tilan ilmanlaatua halutunlaiseksi, riippuen käytettävistä mittaussparametreista.</p> <p>Koelaiterympäristön testausvaiheessa voitiin luotettavasti testata ainoastaan moottoriohjattujen pääte-elinten ja anturien yhteistoimintaa. Koelaiterympäristössä ei siis voinut soveltaa suoraan rakennuksissa käytettäviä ilmanvaihtoratkaisuja.</p> <p>Opinnäytetyön perusteella toimeksiantaja voi aloittaa automatisoidun ilmanvaihtojärjestelmän jatkokehityksen, jos näkee tuotteessa kaupallistamisen mahdollisuuden.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Automaattinen ilmanvaihto, moottoriohjaus, ilmanvaihtoventtiilit		
Muut tiedot		



Author(s) AALTO, Jarkko VEIJONEN, Juha	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 10.1.2011
	Pages 96	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title PLANNING, BUILDING AND TESTING OF THE AUTOMATED VENTILATION TEST DEVICE ENVIRONMENT		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) HUKARI, Sirpa		
Assigned by Engineering Office Proline Oy SALMELA, Janne		
Abstract <p>The purpose of this bachelor's thesis was to build a test device environment, where the function of motor-directed arrival and exhaust valves' activity was studied. The target of the thesis was to select the right equipment to the system, design controls and based on those to implement the test device environment and carry out the functional testing.</p> <p>The project included pre-planning, basic design and implementation phases. The thesis was implemented and tested at Engineering Office Proline.</p> <p>The essential results of the project were that it is possible to control the terminal devices of a ventilation system in a motored way with the present automation solutions with a pair of valves and a control system. Based on the project it was also clarified that the control of actuators is possible to implement as a programmed adjustment. Furthermore the results showed that the air quality of the desired state can be changed using terminal devices which are adjustable with the motor depending on the used measuring parameters.</p> <p>In the test phase of the test device environment it was possible to test reliably only the terminal devices of the motor and the cooperation of the sensors. Therefore in this test device environment it was not possible to directly adapt the ventilation solutions of the buildings.</p> <p>On the basis of this bachelor's thesis the company can begin further development of the automated ventilation system if they see a commercial opportunity in this product.</p>		
Keywords Automated ventilation, motor control, air terminal devices		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT	5
1.1	Tehtävän tausta.....	5
1.2	Toimeksiantajan esittely	5
1.3	Tavoite	6
1.4	Tutkimuksen aineisto	7
1.5	Työnjako.....	8
2	RAKENNUSTEN ILMANVAIHTO	9
2.1	Miksi ilmanvaihtoa tarvitaan?.....	9
2.1.1	Yleistä	9
2.1.2	Ilmanvaihdon tarve ja haitat	10
2.1.3	Ilmanvaihdon määrittäminen.....	12
2.1.4	Hyvän ilmanvaihdon ominaisuudet	13
2.1.5	Huoneilman laatu ja epäpuhtaudet.....	13
2.2	Ilmanvaihdon ratkaisut	14
2.2.1	Painovoimainen ilmanvaihto.....	14
2.2.2	Koneellinen poistoilmanvaihto.....	16
2.2.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	17
3	LAITTEISTO	18
3.1	Ilmastointikoneet	18
3.2	Ilmavirran lämpötilan hallinta	21
4	ILMASTOINTIKANAVAT	23
4.1	Yleistä ilmastointikanavista.....	23
4.2	Ilmanvaihtokanavan mitoitusmenetelmät.....	24
5	AUTOMAATIORATKAISUT ILMANVAIHDOS- SISÄÄN	29
5.1	Yleistä rakennusautomaatiosta.....	29

5.2	Rakennusautomaatiojärjestelmät.....	33
5.2.1	LonWorks.....	33
5.2.2	Langatonjärjestelmä	36
5.3	Hallintajärjestelmät.....	37
5.3.1	Yleistä ohjausjärjestelmistä.....	37
5.3.2	Ohjelmoitava logiikka.....	38
5.3.3	Simatic S7-1200-logiikka	41
5.4	Säätötekniikka.....	42
5.4.1	Yleistä säätötekniikasta.....	42
5.4.2	Säätöjärjestelmä	42
5.4.3	Säätömenetelmät	43
5.4.4	Säätöjärjestelmän viritys.....	44
6	TUTKIMUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	44
6.1	Määrittelyvaihe.....	44
6.1.1	Esisuunnittelu	44
6.1.2	Perussuunnittelu.....	47
6.2	Suunnitteluvaihe	51
6.2.1	Ohjelmistosuunnittelu	51
6.2.2	Instrumentointi ja kaapelointi.....	54
6.3	Koelaitteiston toiminta	57
6.3.1	Toiminnallinen kuvaus	57
6.3.2	Toiminnallisuuden tarkastelu	57
6.4	Käytännön toteutus.....	58
6.4.1	Koelaiterympäristön asennus	58
6.4.2	Toiminnallinen testaus.....	59
6.4.3	Koelaiterympäristön luovutus	61

7	TUTKIMUKSEN TULOKSET.....	62
7.1	Ilmanvaihdon pääte-elinten ohjaus automaattoratkaisulla	62
7.2	Pääte-elinten ohjauksen merkitys asuinviihtyvyyteen	62
7.3	Soveltuvuus käytäntöön.....	63
8	POHDINTA	63
8.1	Yleistä	63
8.2	Yhteenveto	64
8.3	Jatkotutkimusaiheet.....	65
	LÄHTEET.....	66
	LIITTEET	68
	Liite 1. PI-kaavio.....	68
	Liite 2. Mittapisteluettelo	69
	Liite 3. Kytkenäkaaviot	70
	Liite 4. Kytkenälista	85
	Liite 5. Koeympäristön layout kuva.....	90
	Liite 6. Ilmastointiputkien mitoitus.....	94
	KUVIOT	
	KUVIO 1. D2 rakennusmääräyskokoelman ohjeavot ilmanvaihdolle	12
	KUVIO 2. Painovoimaisen ilmanvaihdon perusperiaate	15
	KUVIO 3. Koneellisen poistoilmanvaihdon perusperiaate	17
	KUVIO 4. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon perusperiaate	18
	KUVIO 5. Ilmastointilaitteen perusrakenne	19
	KUVIO 6. Yhdeltä puolelta imevä keskipakopuhallin	20
	KUVIO 7. Aksiaalipuhallin	21
	KUVIO 8. Poikittaisvirtauspuhallin	21
	KUVIO 9. Eri ilmavaihtokanavista ja osista käytettäviä nimityksiä	23
	KUVIO 10. Ilmanvaihdossa käytettävien kanavanosien kertavastuskertoimia.	26
	KUVIO 11. Erilaisia käytössä olevia säätö – ja kuristinpeltejä	27

KUVIO 12. Ilman paine-eron mittaaminen putkessa kuristinpeltiä hyväksi käyttäen.	28
KUVIO 13. Ilman virtausmäärän mittaaminen PT – 100 termoelementillä.	29
KUVIO 14. Rakennusautomaation hierarkia.....	31
KUVIO 15. Valvomo PC-laitteessa.....	32
KUVIO 16. Esimerkki Lon-verkosta.....	34
KUVIO 17. LON -tekniikan siirtotien mahdollisuudet.....	35
KUVIO 18. Langaton mittausjärjestelmä.	36
KUVIO 19. Avoin- ja suljettu ohjaus	38
KUVIO 20. Ohjelmoitavan logiikan rakenne.	39
KUVIO 21. Ohjelmointikielien eri AND-piirit.....	41
KUVIO 22. Säätojärjestelmään vaikuttavat suureet.	43
KUVIO 23. Prosessin toimintasuunnitelma kuvaus.....	46
KUVIO 24. Aksiaalipuhallin	48
KUVIO 25. Ilmavirtauslähetin	49
KUVIO 26. Pro dual PEL 2000 paine-ero lähetin.....	49
KUVIO 27. Siemens S7-1200-logiikka laajennuskortteineen.....	50
KUVIO 28. Toiminnalliset FC – blokit ja Watch table	52
KUVIO 29. Valvomossa oleva huone1 prosessikuvaus.....	53
KUVIO 30. Huoneiden mittausparametrien graafiset kuvaajat.....	53
KUVIO 31. Kenttäkotelo XKK3 kytkennät.	54
KUVIO 32. Kenttäkotelo XKK1:n kytkennät	56
KUVIO 33. Ilmanvaihtokoelaitte kokoonpantuna.	59

TAULUKKO

TAULUKKO 1. Opinnäytetyön jako	9
TAULUKKO 2. Huoneilman kemiallisten epäpuhtauksien raja-arvot S3 laatuluokituksen mukaan	14

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Tehtävän tausta

Työn taustana oli tutkia moottoroidusti ohjattua tulo- ja poistoilmaventtiilien toimintaa, jota on tiettävästi tutkittu jo aikaisemminkin, mutta tutkimuksen tuloksista ei ole julkaistu tietoa. Tästä syystä Insinööritoimisto Proline Oy halusi selvittää, onko nykyaisella automaattioratkaisulla mahdollista ohjata ja hallita ilmanvaihdon säätöä moottoroidusti ilmanvaihdon liitäntäkanavissa olevilla pääte-elimillä, jotka ovat työssä tulo- ja poistoilmaventtiilit.

Automaation kehityksen myötä yhä enemmän käytetään hyödyksi erilaisia automaattioratkaisuja niin teollisuudessa kuin rakentamisessa. Kehittyneet automaattioratkaisut antavat mahdollisuuden toimilaitteiden laajempaan ja keskitettyyn etäkäyttöön ja valvontaan. Valvonnan ja etäkäytön avulla voidaan määrittää tarkat toimilaitteiden säätöparametrit. Näiden yhteisvaikutuksella kyetään saavuttamaan energiasäästöjä.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Insinööritoimisto Proline Oy. Insinööritoimisto Proline Oy on yksityisen omistama suunnittelutoimisto, jossa työntekijöitä on noin 20. Liikevaihto vuonna 2009 oli 730 000 €. Insinööritoimisto Proline Oy on vahvasti yhteistyössä myös eri koulutuslaitosten, kuten Jyväskylän ammattikorkeakoulun kanssa. (Insinööritoimisto Proline Oy 2010.)

Insinööritoimisto Proline Oy:n tuotteet ja palvelut ovat monipuoliset. Yrityksen toiminta koostuu kolmesta pääosa-alueesta:

1. Suunnittelu ja asiantuntijuustehtävät
2. 3D-pikamallit ja 3D-laserkannaus

3. Teollisuuden ja kiinteistöjen huolto ja ylläpitotehtävät

Suunnittelupalveluista mekaniikkaa on Insinööritoimisto Proline Oy:n keskeisintä osaamista, mutta yrityksen osaamiseen kuuluu myös lujuuslaskentaa, hydraulikka- ja pneumatiikkasuunnittelua, putkistosuunnittelua sekä sähkö- ja koneautomaatio-suunnittelua. Proline on lisäksi monipuolisesti mukana erilaisissa suunnitteluprojekteissa ja pyrkii löytämään innovatiivisia ratkaisuja kustannustehokkaasti. Insinööritoimisto Proline Oy ei ole mukana vain suunnittelupuolella, vaan sen tarkoitus on olla mukana koko tuotantoprosessissa. (Insinööritoimisto Proline Oy 2010.)

Monipuolisten suunnitteluosa-alueiden lisäksi Prolinella voidaan tehdä erilaisia proto- /mallikappaleita, joissa käytetään hyödyksi 3D-laserskanneria. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että tietokoneella suunnitellun tuotteen pohjalta tulostetaan ensimmäinen varsinainen tuotteen näköinen ja kokoinen käsin kosketeltava esine. Suunnitelma siirtyy siis käytännössä tietokoneen näytöltä oikean näköiseksi tuotteeksi.

3D-laserskannauksen lisäksi erilaisia pika- ja valumalleja voidaan tehdä Prolinella. Suunnittelun jälkeen tuotteen kestävyys sekä toiminta testataan. Mallinnus voi olla aina rakennusten pienoismalleista valumuotteihin. (Insinööritoimisto Proline Oy 2010.)

Kiinteistöpuolella Proline tarjoaa palvelujaan asuntojen ja kiinteistöjen kuntoarvioihin ja -tutkimuksiin sekä pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmaan eli PTS:n. Myös kiinteistöjen energia- ja sisäilmatutkimukset kuuluvat yrityksen palveluihin. Näihin sisältyy myös lämpökamerakuvaukset ja kosteusmittaukset. (Insinööritoimisto Proline Oy 2010.)

1.3 Tavoite

Opinnäytetyö jaetaan kolmeen tavoiteosaan. Ensimmäisenä tavoitteena on kartoittaa koelaiterympäristön säätöpiireihin ja logiikkaohjausjärjestelmään soveltuvia laitteita, jotka valitaan ja hankitaan toimeksiantajan hyväksymänä. Toisena tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa koelaitteiston säätöpiirit, logiikkaohjaukset sekä laitteis-

tokokoonpano. Kolmantena tavoitteena on testata koelaiterympäristön järjestelmän kokonaistoiminta, josta tehdään toiminnallinen tarkastelu.

Tutkimus rajataan siten, että koelaitteeseen tulee ilmastointikoneen sijaan kaksi puhallinta, joilla voidaan simuloida koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa. Sovitaan ettei puhaltimeen sijoitella ilmastointikoneessa olevia komponentteja, kuten ilman-suodattimia ja lämmöntalteenottoa. Koelaitteisto rakennetaan tiiviiksi ympäristöksi, jossa ei ole ikkunoita ja ovia huoneiston oikean ilmanvaihdon kierron saamiseksi.

Koelaitteeseen tulee kaksi noin kuution kokoista koetilaa. Huoneissa mitataan kolme parametria, jotka ovat kosteus, hiilidioksidi ja lämpötila. Kosteus- ja hiilidioksidi-raja-arvojen mukaan säädetään huoneiden ilmanvaihtoa käyttäen hyväksi tulo- ja poistoilmaventtiilien asemointia, mutta lämpötilasta kerätään vain historiatietoa.

Työn alussa tutustutaan ilmanvaihdon eri toteutustapoihin ja toimeksiannossa määriteltyihin ehtoihin, kuten moottorin sijoittamista ilmanvaihtoputken sisään toimilaitteen yhteyteen. Tämän takia työssä on määritelty ilmanvaihtoputken kooksi 100mm, eikä koelaitteiston ilmanvaihtokanaviin laiteta erillisiä säätö- tai sulkupeltejä.

Koelaiterympäristöstä piirretään layout-kuvat sovitun mitoituksen mukaisesti. Piirrettyjen ja hyväksytyjen layout-kuvien perusteella on tarkoitus rakentaa koelaiterympäristö ja kytkeä järjestelmän laitteet suunniteltujen kytkentäkaavioiden ja kytkentälis-tojen mukaan. Lisäksi koelaiterympäristöön tarvittavista laitteista ja osista tehdään tarjouspyynnöt, joiden perusteella hankitaan laitteet, joilla koelaiterympäristössä tapahtuva ilmanvaihdon simulointi kyetään tekemään.

1.4 Tutkimuksen aineisto

Ilmastointilaiteteollisuus ei ole julkaissut tutkimustuloksia moottoriohjattua tulo- ja poistoilmaventtiileistä, mutta useat ilmanvaihtoteollisuudessa toimivat yritykset ovat luultavasti tutkineet jossain vaiheessa moottoriohjattua ilmanvaihtoventtiilin toimintaa. Vähäisten julkaistujen tutkimustulosten johdosta ei kyettä vertailemaan saatuja tuloksia aikaisempien tutkimusten tuloksiin.

Markkinoilla on jo moottorihjattuja ilmanvaihdon tehostusventtiilejä, jotka toimivat sisäisellä piirikortilla olevan kosteusanturin mukaan ja niiden käyttöpaikaksi on suositeltu kosteita tiloja. Tutkimuksessa käytetty ohjausmenetelmä eroaa hieman markkinoilla jo olevista tuotteista.

Koelaiterympäristön suunnittelun lähtökohtana on pyritty noudattaa D2-rakennusmääräyksissä ja sisäilmayhdistyksen suosittamia arvoja. D2-rakennusmääräyksiä ja sisäilmayhdistyksen määrittämiä suositusarvoja käytetään merkittävästi hyödyksi rakennusten suunnittelun, huoltohenkilökunnan ja käyttäjien valistustyössä.

Koelaiterympäristössä tapahtuva tutkimustyö on kohdistettu toimeksiantajan uuden ilmanvaihtotekniikan mahdollistamiseksi sekä tuloksien arvioinnin jälkeen myöhemässä vaiheessa tapahtuvan mahdollisen kaupallistamisen perustana.

1.5 Työnjako

Opinnäytetyö tehtiin parityönä, jonka seurauksena työ jaettiin puoliksi. Vaikka työ jaettiin puoliksi esimerkiksi laitevalintojen kohdalla, päätökset tehtiin yhteistuumin toimeksiantajan ja opinnäytetyöntekijöiden kanssa. Kaikkia osa-alueita ei voitu jakaa vain toisen vastuulle, koska osassa työalueissa tarvittiin kahden henkilön työpanosta esimerkiksi koelaiterympäristön asennus, testaus ja kokoonpano (ks. taulukko 1)

TAULUKKO 1. Opinnäytetyön jako

Tekijä	
Jarkko Aalto	Juha Veijonen
Tutustuttiin opinnäytetyön aiheeseen, jonka jälkeen kerättiin lähtötietoja ja käsiteltiin niitä. Koelaiterympäristön laiteteknillisten suoritusvaatimusten ja automaatioas-teen kartoitus ja suunnittelu.	
Työhön käytettävien laitteiden kartoitus, tarjouspyynnöt ja valinta: Anturit, puhaltimet, koelaiterympäristön layout suunnittelu	Työhön käytettävien laitteiden kartoitus, tarjouspyynnöt ja valinta: Virtausmittaus, logiikka, venttiilin moottorit
Yksittäisten toimilaitteiden toiminnallinen testaus valitun logiikan kanssa, varmistetaan toiminnallinen yhteensopivuus	
Sähkösuunnittelu: Toimilaitteilta (anturit, venttiilimoottorit, puhaltimet, paine-eromittaus ja virtausmittaus) kenttäkote- loihin	Sähkösuunnittelu: toimilaitteiden kent- täkoteiloilta järjestelmän pääohjauksote- lolle
Koelaiterympäristön pääjännitekotelon suunnittelu (vikavirtasuojaus, hätäpysäytys hätäseis-painikkeella ja virranjako tarvittaville laitteille)	
Koelaiterympäristön osien hankinta ja kokoonpano layout-kuvien perusteella	
Ohjelmistosuunnittelu: valvomo, puhaltimet, virtausmittaus	Ohjelmistosuunnittelu: laitteisto ko- koonpano, moottorit, anturit, paine- eromittaus
Koelaiterympäristön testaus ja luovutus toimeksiantajalle	

2 RAKENNUSTEN ILMANVAIHTO

2.1 Miksi ilmanvaihtoa tarvitaan?

2.1.1 Yleistä

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa epäpuhtauksia asunnon ja oleskelutilojen sisäilmasta. Ilmanvaihto on tärkeä tekijä laadukkaaseen sisäilmaan, koska yksi ilman-

vaihdon tehtävistä on huolehtia riittävästä korvausilman saannista. Kiinteistöjen ilmanlaatuun vaikuttavat monet tekijät. Epäpuhtauksia syntyy ihmisten aineenvaihdunnasta, asumisen erilaisista toiminnoista, rakennus- ja sisustusmateriaaleista, ulkoilmasta sekä tietyissä tapauksissa maaperästä kuten radon. Epäpuhtauden suuruus ja tekijä määräävät ilmanvaihdon vaihtuvuuden. Oikein toteutettu ilmanvaihto on edellytys terveelliselle ja raikkaalle sisäilmalle. (Asumisterveys opas 2005.)

Nykyään ihmiset viettävät yli 90 % ajasta sisätiloissa, mutta monissa rakennuksissa ilmanvaihto toimii huonosti, on puutteellinen tai sitä ei ole lainkaan. Terveellisen sisäilman vajavaisuudesta ihmiset ovat sairastuneet yhä useammin huonosta sisäilmasta johtuviin tauteihin. Terveydellisten ongelmien lisäksi laadukkaan sisäilman puute vaikuttaa myös rakennuksiin, aikaistaen vuosihuoltojen ja korjauksien tarvetta. Vuosihuollot ja korjaukset lisäävät asumiskustannuksia, koska nykyään ihmiset ovat kiinnostuneita yhä enemmän energiataloudellisimmista asuinkeinoista. (Suomen Terveysilma Oy 2010.)

Keskeisin periaate ilmanvaihdossa on, että ilma tuodaan oleskelutiloihin, kuten asuinrakennuksessa makuu- ja olohuoneet. Ilmaa poistetaan likaisista tiloista kuten keittiö, vaatehuone, pesu- ja kylpytilat, eli ilma virtaa siis puhtaista tiloista likaisiin. Lisäksi ilmanvaihdon tulee olla jatkuvaa, tehostettavissa tarpeen mukaan, vedoton äänetön, hajuton ja helposti säädettävissä. (Seppänen & Seppänen 1997.)

2.1.2 Ilmanvaihdon tarve ja haitat

Ilmanvaihdon tarve määräytyy monen osatekijän summana. Ilman happi- ja hiilidioksidipitoisuus, tupakan savu, kosteus, rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt ja muut epäpuhtaudet ovat merkittäviä tekijöitä, kun mitoitetaan riittävää ilmanvaihtoa. (Asumisterveys opas 2005.)

Epäpuhtauspäästö, ilmanvaihto ja altistumisaika vaikuttavat ihmisen altistumiseen sisäilman epäpuhtauksille. Altistumisaikaan asunnossa ei juurikaan voida vaikuttaa, mutta epäpuhtauspäästöihin ja ilmastointiin voidaan. Epäpuhtauspäästöjen tullessa asunnosta olevista rakennus- ja sisustusmateriaaleista voidaan päästöjä aiheuttavat materiaalit poistaa tai vaihtaa ja samalla voidaan tehostaa ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon tehostaminen on yleensä ainoa käytettävissä oleva menetelmä, jos epäpuhtauk-

sia halutaan vähentää ihmisten aineenvaihdunnasta ja toiminnoista aiheutuvista tekijöistä. (Asumisterveys opas 2005.)

Ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon myös ilmanvaihdon häiritteijät. Yleistä asuinviihtyvyyttä häiritseviä tekijöitä ovat huoneisiin kuuluvat puhaltimien, kanavistojen ja venttiilien melu sekä tärinä. Ylimääräinen melu ja tärinä voidaan minimoida valitsemalla vähän ääntä synnyttäviä laitteita sekä käyttämällä ilmanvaihtokanavissa tarpeeksi tehokkaita äänenvaimentajia. Meluhaittoja voidaan ehkäistä myös ilmavirtojen oikealla säädöllä ja äänenvaimennuksella varustettujen venttiilien käytöllä, myös oikealla tiivistämisellä ja eristyksellä voidaan ehkäistä meluhaittoja. (Hengitysliito Heli ry opas 2006.)

Asunnon vetoisuus voi myös aiheuttaa terveyshaittoja, mikä johtuu huonosta korvasilman sisäänotosta tai liian suuresta tuloilmavirrasta. Kun asunnon ilmanvaihtojärjestelmä on epätasapainossa, on vaarana epäpuhtauksien kulkeutuminen asunnon tai rakennusten muiden tilojen välillä. Lisäksi mahdollinen häiritteijä, joka aiheutuu ilmanvaihdon tarvetta määrittäessä, on sisäilman liiallinen kuivuminen, kylmyys sekä kosteus.

Kuiva sisäilma on seurausta liian suuresta ilmanvaihtuvuudesta henkilöä kohden. Tunkkaisuus, hajut ja kosteuden tiivistyminen ikkunoihin ja muille pinnoille on merkki liian pienestä ilmanvaihdosta. Päivittäiset arkitoimet kuten pyykinpesu, suihkussa käynti, ruoan valmistus, saunominen jne. lisäävät myös sisäilman kosteutta. (Asumisterveys opas 2005.)

Ilmankosteuden ollessa suuri ilma tiivistyy vesihöyryksi. Vaarana on, että vesihöyry imeytyy huokosiin pintoihin ja kuivuessaan irrottaa erilaisia kemiallisia aineita. Kun kosteus jää rakenteisiin, se on hyvä kasvualusta erilaisille mikrobeille, kuten homeille. Toimivan ilmanvaihdon avulla voidaan ehkäistä tällaiset uhkakuvat. (Suomen Terveysilma Oy 2010.)

Etenkin talvella sisätiloissa kärsitään kuivuudesta, vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus on korkea. Sisätiloihin johdettuna ilma lämpenee ja suhteellinen kosteus pienee.

2.1.3 Ilmanvaihdon määrittäminen

Ilmanvaihdolle on annettu valmiiksi ohje- ja tarvearvoja, jotka on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D2 ”Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto” -ohjeessa. Rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti voidaan mitoittaa asunnolle ja muille tiloille riittävä huoneiston ilmanvaihtuvuus sekä ilmanvaihtuvuuskerroin. D2 rakentamismääräyksellä varmistetaan, että ilma vaihtuu kaikissa huoneissa riittävästi, kun niissä oleskellaan tai pesuhuoneissa, kun ne ovat käytössä tai märkiä. Rakentamismääräysten avulla voidaan myös määrittää kaikille asuin- ja toimistorakennukset, oppilaitokset, ravintolat, hotellit jne., riittävät mitoitusarvot ilmanvaihdolle. (ks. kuvio 1). Niissä tiloissa, joissa henkilö- ja epäpuhtauskuormitus vaihtelee merkittävästi, on ilmanvaihdon ohjaus tarpeellinen. (Valtion ympäristöhallinto 2010.)

ASUINRAKENNUKSET

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilmavirta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
– käyttöajan tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
– käyttöajan tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
– käyttöajan tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuone		#S	8	33 / 38	0,30	
– käyttöajan tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	

A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm³/s.

B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.

C Kuitenkin vähintään 6 dm³/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.

D Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.

E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm³/s)/m².

S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

KUVIO 1. D2 rakentamismääräyskokoelman ohjearvot ilmanvaihdolle (Valtion ympäristöhallinto 2010)

2.1.4 Hyvän ilmanvaihdon ominaisuudet

Ilmanvaihtojärjestelmässä, joka on oikein mitoitettu ja asennettu, puhdas ilma tuodaan huoneisiin ja likainen poistetaan ilmanvaihdon avulla. Ilma myös kiertää ja jakautuu oikeaan suuntaan hyvin toteutetussa ilmanvaihdossa, puhtaista tiloista likaisiin eikä missään vaiheessa suoraan tuloilmalaitteesta poistoilmaventtiilin kautta ulos.

Huoneilman on oltava riittävän alipaineinen verrattuna ulkoilmaan, jotta ilma voi kiertää huoneistossa oikein. Ilma virtaa siis suuremmasta paineesta pienempään ja helpointa reittiä. Ilman oikean kierron lisäksi riittävä alipaineisuus estää kosteuden kulkeutumisen rakenteisiin. Paine-eron huoneilman ja ulkoilman välillä tulisi olla noin 20 Pa, jottei ikkunoiden ja ovien avaaminen vaikeutuisi sekä virtauksista syntyvät äänet aiheuttaisi häiriöitä asuinviihtyvyyteen. Lisäksi toimiva ilmanvaihto on helppo huoltaa ja käyttää, eikä sen puhdistaminen venttiilien, ilmastointikanavien ja muiden komponenttien osalta ole monimutkaista. (Seppänen & Seppänen 1997.)

Ilman kierron ja alipaineisuuden lisäksi hyvässä ilmanvaihdossa on otettu huomioon ilmanvaihtokanavan tasapainotus. Oikea tasapainotus tarkoittaa sitä, että kanavisto on suunnitelmien mukaisesti säädetty. Kanaviston oikealla tasapainotuksella pystytään hallitsemaan painesuhteita ohjaamaan ilmavirtojen kulkua. (Sisäilmayhdistys ry 1995.)

2.1.5 Huoneilman laatu ja epäpuhtaudet

Sisäilmanlaadusta on annettu suositus sisäilmastoluokitus 2008- sisäympäristön uudet tavoitearvot - oppaaseen, jossa on annettu raja-arvot huoneilman laadulliselle tasolle. Sisäilmastoluokitus 2008-sisäympäristön uudet tavoitearvot oppaan on uusiutunut Sisäilmayhdistys ja Rakennustietosäätiö (RTS) ympäristöministeriön tuella. Ympäristöministeriö on myös työturvallisuuslainsäädännön puitteilla määrännyt työskentelytilojen raja-arvot ilman epäpuhtauksien pitoisuuksille. (Sisäilmayhdistys 2010.)

Huoneilman laatu on luokiteltu kolmeen sisäilmanlaatuluokkaan S1-S3 (ks. taulukko 2). Epäpuhtauksia voidaan tunnistaa huoneilmasta eri mittalaitteilla, kuten antureilla ja mittareilla. Mittalaitteet voivat olla huonetilaan kiinteästi asennettuina tai mittaukset voidaan tehdä siirrettävillä mittauslaitteilla. (Sisäilmayhdistys 2010.)

TAULUKKO 2. Huoneilman kemiallisten epäpuhtauksien raja-arvot S3 laatuluokituksen mukaan (ks. Hämäläinen 2008.)

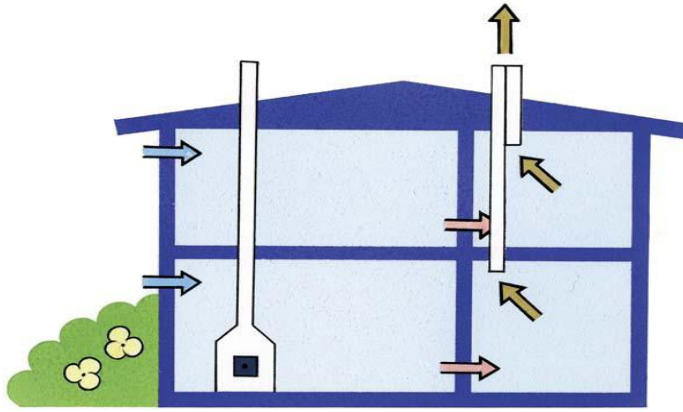
Aine	Lähde esimerkkejä	Pitoisuuden raja-arvo
Kosteus	Ulkoilma, vesi	45 %
Aldehydit	Rakennusmateriaalit, tekstiilit	30 - 100 µg /m ³
Ammoniakki (NH ₃)	orgaanisen aineen hajoamisreaktiot	40 µg/m ³
Formaldehydi (CH ₂ O)	lastulevyjen liima	100 µg/m ³
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC/TVOC)	rakennus - ja sisustusmateriaalit	600 µg/ ³
Hiilidioksidi (CO ₂)	Ulkoilma 350ppm ja ihmisen hengitys	1200 ppm
Hiilimonoksidi (CO)	Liikenne	8 mg/m ³
Otsoni (O ₃)	Kopiokoneet ja lasertulostimet	80 µg/m ³
Radon (Rn)	Maankuori ja kiviaines	200 Bq/m ³
Styreeni (C ₈ H ₈)	Liutinaine	40 µg/m ³

Hiilidioksidin määrää pidetään perussäätöarvona sisäilmanlaadussa. Raja-arvona pidetään 1500 ppm (cm²/m³), mutta suositeltuna säätöarvona käytetään 800 ppm pitoisuutta ja S3 sisäilmanlaatuluokitusluokassa arvo on 1200 ppm. (Sisäilmayhdistys 2010.)

2.2 Ilmanvaihdon ratkaisut

2.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa käytetään hyväksi sisä- ja ulkoilman lämpötilaeroista johtuvaa ilman tiheyseroa, jolloin syntyy terminen ”savupiippuefekti”, jossa sisäilma lämpimämpänä pyrkii nousemaan ylös ja tilalle siirtyy kylmempää ulkoilmaa. Ilmiö näkyy rakennuksessa siten, että kylmä ilma pyrkii alhaalla sisäänpäin ja lämmin ilma ylhäällä huoneistosta ulos (ks. kuvio 2).



KUVIO 2. Painovoimaisen ilmanvaihdon perusperiaate (Hengitysliitto Heli 2006)

Ilmanvaihdossa käytettävät laitteet rajoittuvat kanaviin, suojalaitteisiin (hattu), tulo- ja poistoilmaventtiileihin, ikkunassa olevaan karmirakoventtiiliin tai seinässä olevaan lautasventtiiliin. Tuloilma-, karmirako- ja lautasventtiileitä säätämällä voidaan vaikuttaa ilmavirran tehoon. (Sulku 2006.)

Poistoilmakanavien päät tulee suojata suojahatuilla tai muilla kanaviin asennettavilla suojalaitteilla, kuten veturilla tai roottorilla. Peltikanavissa tämä on veden valumisen takia erityisen tärkeää, koska vesi kerääntyy lammikoiksi, josta se voi vuotaa rakenteisiin tai valuu poistoilmaputkistosta takaisin sisätiloihin.

Ilmanvaihtoon vaikuttavia tekijöitä ulkolämpötilan lisäksi on tuulen voimakkuus ja suunta, mutta tuuli vaikuttaa kokonaisilmanvaihtoon merkittävästi vasta, kun sen voimakkuus ylittää 5 m/s. Näin suuria tuulia esiintyy Suomessa vain 10 – 30 % ajasta. (Seppänen 1996.)

Ilmanvaihdon tehostuskeinona voidaan käyttää tuuletusta, jolloin aukaistaan ikkunoita tai ovia tilapäisen kuormituksen tasaamiseksi, muu pitkäaikainen tuuletus lämmityskauden aikana ei ole suotavaa energiantuhlauksen vuoksi.

Painovoimainen ilmanvaihto oli yleisin ilmanvaihtoratkaisu aina 1960-luvulle, mutta nykyään sitä ei suosita. Syitä tähän on, ettei ilmanvaihtoa voida taata, silloin kun ulko- ja sisälämpötilat ovat lähellä toisiaan ja tuulta ei esiinny. (Seppänen & Seppänen 1997.)

Painovoimaisen ilmanvaihdon energiatehokkuus on nykyisiin rakennusmääräyksiin nähden liian heikko, koska poistuvasta ilmasta on otettava lämpöä talteen 45 % tu-

loilman lämmitykseen tarvitusta lämpömäärästä. Lämpöenergian talteenottoa voidaan tehostaa myös muillakin keinoilla, jos talteenotto on haastavaa tai mahdotonta riittävässä määrin poistoilmasta. Tällaisia keinoja lämmöntalteenotossa on rakenteiden lämpöeristämisen - ja ilmanpitävyyden parantaminen. (Valtion ympäristöhallinto 2010, luku 4.1.2.)

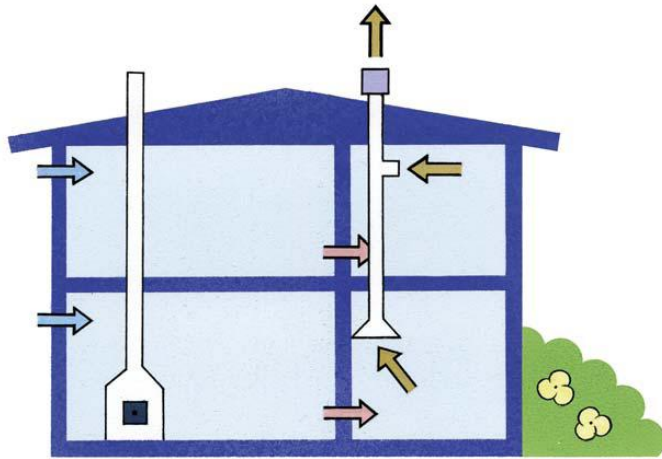
Painovoimaisessa järjestelmässä jokainen poistoventtiili johdetaan omana horminaan vesikaton yläpuolelle. Tämä siksi, ettei poistoilma voisi siirtyä huoneistosta toiseen. Tällöin syntyisi paloturvallisuusriski, ja tämä ei olisi asumishygienian kannalta suotavaa.

Talosuunnittelulliselta kannalta painovoimaisessa ilmanvaihdolla varustetussa kerrostalossa huoneistojen tilat pitää keskittää joka kerroksessa samaan paikkaan, koska venttiilit pitää asentaa samaan kanavaryhmään välttämällä pitkiä vaakavetoja. Kanavaryhmillä estetään myös turhat välipohjien ja vesikaton läpiviennit. (Seppänen 1996.)

2.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto on kerrostaloissa nykyisin käytetyin ratkaisu. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poisto- ja korvausilman tuonnissa käytetään samoja venttiileitä, kanavaratkaisuja ja niiden sijoittelu on sama, kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa.

Kanavointi voidaan myös yhdistää päällekkäisten huoneistojen kanssa samaan hormiin, jolloin kanavaan on asennettu puhallin tai huippuimuri tehostaa ilmanvaihtoa (ks. kuvio 3). Poistoilmapuhallin tai huippuimuri voidaan asentaa myös liesituulettimen yhteyteen. (Seppänen 2006.)



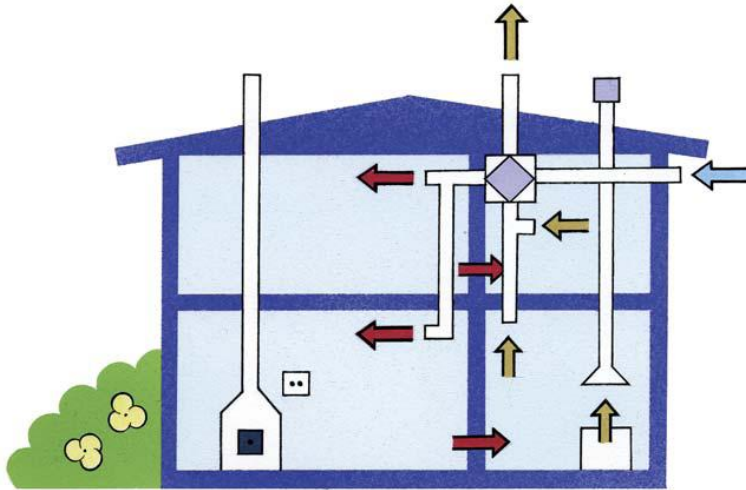
KUVIO 3. Koneellisen poistoilmanvaihdon peruseriaate (Hengitysliitto Heli 2006)

Poistoilmanvaihdolla on samat heikkoudet kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa, koska raittiin ilman tuonti perustuu rakenteen läpi asennettuihin venttiileihin tai rakenteiden vuotoihin.

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa lämmöntalteenotto on rakennusmääräyksissä tullut pakolliseksi vuonna 2003. Talteenotto voidaan järjestää, koska poistoilma kootaan puhaltimelle, jolloin poistoilmavirtaan voidaan asentaa lämmöntalteenottopatterit. Tällöin rakennusmääräysten mukainen 45 % tuloilman lämmitykseen tarvitusta lämpömäärästä kyetään saavuttamaan. (Valtion ympäristöhallinto 2010, luku 4.1.2.)

2.2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellista tuloilmanvaihtoa käytettäessä säästetään energiaa, koska rakenteesta voidaan tehdä tiivis eikä sitä tarvitse tuoda vuoto- tai venttiilivirtana suoraan ulkoilmasta. Etuna on myös, että jokaiseen huoneistoon saadaan haluttu tarkka ilmavirta (ks. kuvio 4).



KUVIO 4. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon peruseriaate (Hengitysliitto Heli 2006)

Koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa käytettäessä kerrostaloissa voidaan ilmastointia jakaa asunto- ja porraskohtaisiksi ilmastointilaitteiksi. Asuntokohtaisella laitteella tarkoitetaan järjestelmää, jossa jokaisessa huoneistossa on oma ilmastointikone, joka sisältää puhaltimen, säätölaitteen ja lämmöntalteenoton.

Asukas kykenee tarpeensa mukaan säätämään säätölaitteistosta ilmastointia. Energiataloudellisesti ilmanvaihto voidaan pienentää silloin, kun asunto on tyhjiällä ja normalisoida, kun asunto on käytössä.

Poistoilmakanavaan sijoitetulla lämmöntalteenottimella saavutetaan D2 rakentamismääräyskokoelmassa määritelty 55 %:n vähimmäislämpötilasuhde, kun tulo- ja poistoilman massavirrat ovat yhtä suuret. (Valtion ympäristöhallinto 2010 luku 4.1.2.1.)

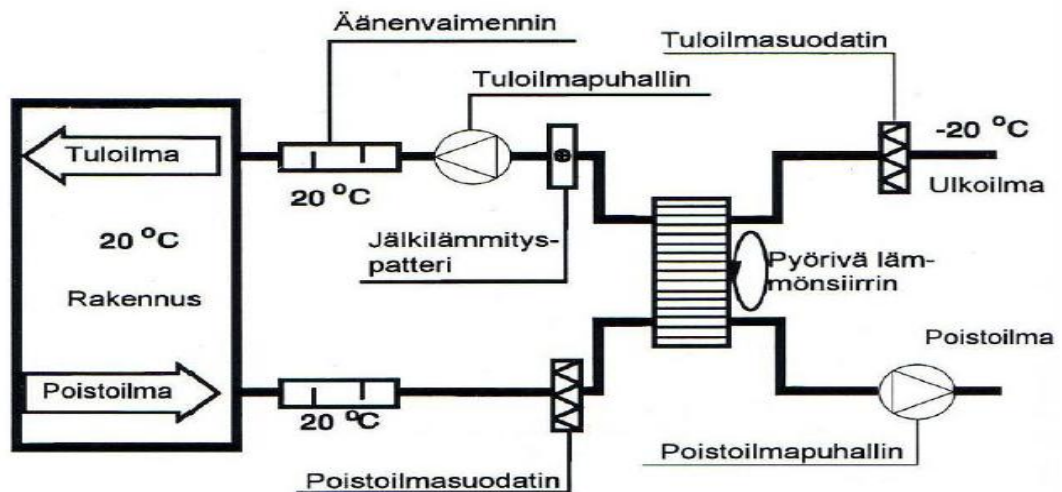
3 LAITTEISTO

3.1 Ilmastointikoneet

Ilmastointikoneet ovat ilmanvaihdon keskeinen osa, kun tulo – ja poistoilma johdetaan ja jaetaan ilmanjakolaitteilla tasaisesti rakennuksen eri osiin. Ilmastointikoneet ostetaan nykyisin tehdasvalmisteisina moduuleina, jotka voidaan suurimmissa koh-

teissa helposti koota paikan päällä tai tuoda pienempiin kohteisiin yhtenä toimituksena.

Tehdasvalmisteiset ilmastointikoneet on varustettu lämmöntalteenottokennostolla, tulo – ja poistoilman suodattimilla ja lämmityspattereilla, jos lämmöntalteenottimen teho ei riittäisikään tuloilman tarpeelliseen lämmittämiseen (ks. kuvio 5). Lisäosina ilmastointilaitteisiin voidaan myös lisätä kostutinosia ja jäähdytyspatteri.



KUVIO 5. Ilmastointilaitteen perusrakenne (Harju 2003)

Suurissa kohteissa, kuten kerrostalot ja virastorakennukset, ilmanvaihtokoneistoissa käytetään tulo- ja poistoilmapuhaltimia. Pientalokohteissa ilmanvaihtokoneistoissa tarvitaan yleensä kolme eri puhallinta: pää-, poisto- ja tuloilmavirtapuhallin. Pääpuhallin mitoitetaan lämmöntalteenottoon tarvittavan kiertoilmavirran mukaan. Poisto- ja tuloilmavirtapuhaltimilla huolehditaan tulo- ja poistoilmanvaihto. Nämä puhallimet mitoitetaan kohteessa tarvittavien ilmavirtojen perusteella. (Seppänen & Seppänen 1997.)

Kaupallisessa ilmanvaihtokoneessa tulee D2-rakennusmääräyksen mukaan olla lämmitys- ja jäähdytyskennojen tulo- ja lähtöpuolelle lämpömittarit. Lisäksi ulko-, tulo-, poisto- ja jäteilmakanaviin pitää asentaa lämpömittarit. Ilmanvaihtokoneiden suodattimille on asennettava paine-eromittarit, joilla voidaan seurata suodattimien toimintaa. Mittarit tulisi sijoittaa paikkoihin, joihin on helppo päästä, ja ne ovat helposti luettavissa. (Valtion ympäristöhallinto 2010. luku 3.1.3.4)

Puhaltimet

Yleisimmin ilmastointitekniikassa käytetyt puhaltimet ovat keskipako-, aksiaali- ja poikittaisvirtauspuhallin. Puhaltimen valintaan tärkeimpinä vaikuttavia suureita on ilmavirta, paine-ero, melun kehitys, tilantarve, hyötysuhde ja ominaiskäyrän muoto.

Puhaltimet luokitellaan kolmeen eri luokkaan: pienpaine-, keskipaine- ja suurpaine puhaltimet. Pienpaine puhaltimissa (alle 720 Pa) ja keskipaine puhaltimissa (720 – 3600 Pa) virtaavaa ilmaa voidaan pitää kokoon puristumattomana ja suuripaine puhaltimissa (yli 3600 Pa) täytyy tiheyden puristumisen muutokset ottaa huomioon laskennallisesti. (Seppänen 1996.)

Keskipakopuhallin

Keskipakopuhaltimen toimintaperiaate on, että ilmavirtaus ohjataan pyörivän yhden-suuntaisen säleikön välistä, jolloin läpivirtaus kääntyy häviöittä aksiaalisesta virtauksesta radiaaliseksi eli säteensuuntaiseksi (ks. kuvio 6).



KUVIO 6. Yhdeltä puolelta imevä keskipakopuhallin (Ebmpapst 2010)

Aksiaalipuhallin

Aksiaalipuhaltimissa ilman virtauksen saa aikaiseksi pyörivä siipipyörä, joka on samankeskeisesti sylinteripinnan kanssa eli ilma virtaa akselin suuntaisesti (ks. kuvio 7). Ilman virtausnopeuteen vaikuttavat siipikulma ja kehänopeus, joka saadaan laskettua pyörimisnopeuden ja siipien säteen avulla. (Seppänen 1996.)



KUVIO 7. Aksiaalipuhallin

Poikittaisvirtauspuhallin

Poikittaisvirtauspuhaltimessa imu- ja poistovirtaus sijaitsee siipipyörän ulkokehällä. Vaikka siipipyörän halkaisija on pieni, pystytään poistovirtauspuhaltimella siirtämään suuria ilmamääriä. Puhallin sopii asennettavaksi pieniin ilmanvaihtolaitteisiin (ks. kuvio 8).



KUVIO 8. Poikittaisvirtauspuhallin (Ebmpapst 2010)

3.2 Ilmavirran lämpötilan hallinta

Lämmönsiirtimet jaetaan rekuperatiivisiin ja regeneratiivisiin siirtimiin. Rekuperatiivisessa lämmönsiirtimessä poistoilman lämpö siirretään tuloilmaan niitä erottavan levyn lävitse, joten tulo- ja poistoilmakanavat joudutaan tuomaan samaan tilaan. Lämmönsiirtimessä lämmöntalteenotto voidaan toteuttaa risti-, vasta- tai myötävirtausperiaatteella. Käytetyin ratkaisu on ristivirtauslevy. (Seppänen & Seppänen 1997.)

Regeneratiivisessa lämmön siirtimessä tuloilmasta kerättävä lämpö varastoidaan, yleensä väliaineena on vesi. Tällöin poisto – ja tuloilmakanavia ei tarvitse sijoittaa samaan tilaan, mutta lämmön talteenotto ei ole tehokkainta. (Seppänen & Seppänen 1997.)

Lämmityspatteri voi olla joko sähkökäyttöinen tai nestekäyttöinen. Lämmityspatterilla voidaan huolehtia lämmönsiirtimen jälkeistä tuloilman lämmittämistä, jos tuloilmavirta on vielä liian kylmää johdettavaksi huoneistoihin.

Ilmansuodatus

Koneellisessa ilmanvaihdossa ilmansuodatin sijoitetaan tuloilmavirtaan ensimmäiseksi komponenteiksi ja poistoilmasuodatin tulokanavaan siten, että se on ennen ilmastointikonetta. Suodattimet jaetaan karkea-, hieno-, mikro- ja sähkösuodattimiin.

Karkeasuodattimien tarkoituksena on erottaa ilmavirrasta näkyvää pölyä tai muita ilmassa leijuvia partikkeleita, kuten lehtiä, koska nämä suodattimet ovat ilmastointilaitteen ensimmäinen osa ulkosäleikön jälkeen. Suodattimet valmistetaan kuitumaisesta aineesta tai metallista. Suodattimet voivat olla joko kertakäyttöisiä tai ne voidaan puhdistaa tietyin väliajoin ja asettaa takaisin paikoilleen. (Seppänen 1996.)

Hienosuodattimien tarkoituksena on erotella ilmavirrasta noin 10 μm :n partikkeleita, jotka päätyvät hengitysteiden yläosiin. Suodattimet valmistetaan kuitumaisesta kestävästä materiaalista. Suodattimista tehdään kennomaisia moduuleita, joissa suodatinkangas muotoillaan pussimaiseksi suuremman pinta-alan saavuttamiseksi. Suodattimen likaannuttua koko suodatinmoduuli on vaihdettava uuteen, koska sitä ei voida puhdistaa. (Seppänen 1996.)

Mikrosuodattimien tarkoituksena on erotella ilmavirrasta alle 2 μm :n partikkelit, jolloin ne tarvitsevat esisuodatuksen. Suodattimia käytetään ydinlaitoksissa radioaktiivisen pölyn poistamiseksi ja laboratorioissa tuloilman suodatukseen puhdashuoneissa. (Seppänen 1996.)

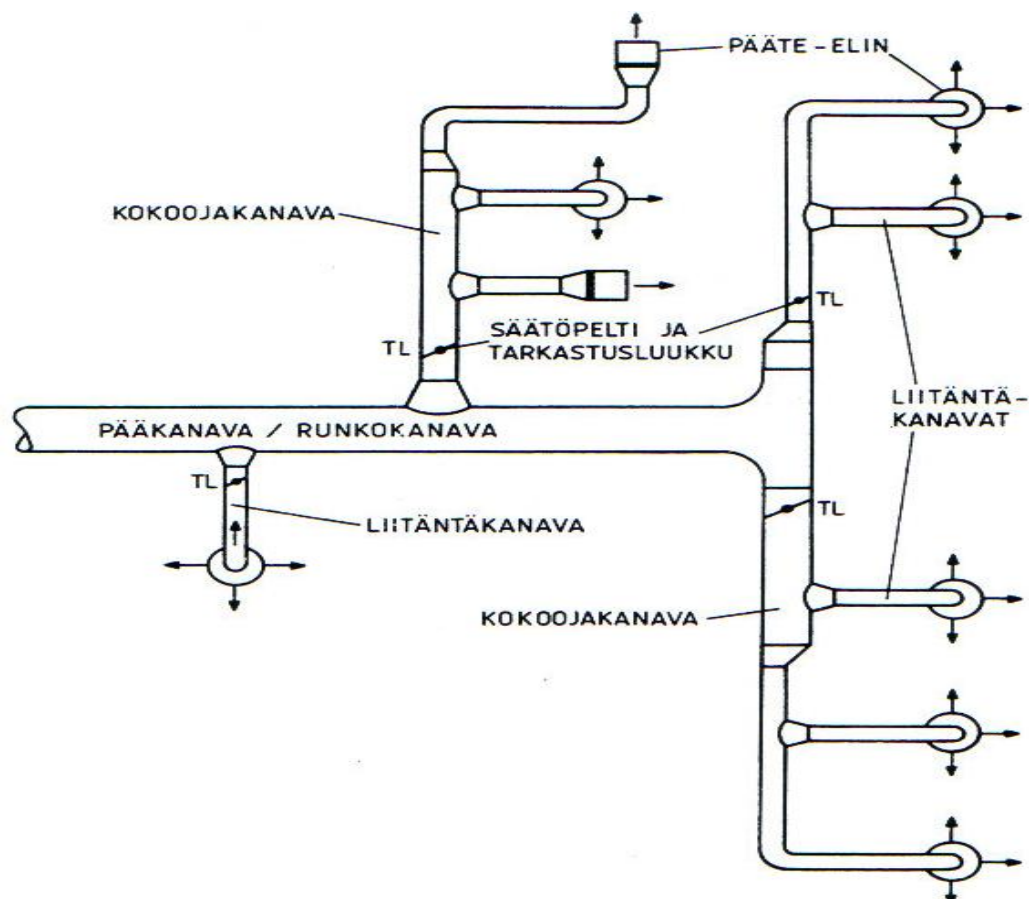
Sähkösuodattimet sisältävät kolme pääosaa: suodatinkennot, tasavirtalähde ja ohjauksyksikön. Suodattimen toimintaperiaate on, että tuleva ilmavirtaus kulkee ensimmäisen kennoston läpi, jolloin syntyvässä sähköpurkauksessa ionit tarttuvat hiukka-

siin. Varautuneet hiukkaset kulkeutuvat toiseen vastakkaisvarautuneeseen keräyskennostoon, jolloin pölyhiukkaset tarttuvat kennostoon. Sähkösuodattimet on varustettu automaattisella puhdistimella. (Seppänen 1996.)

4 ILMASTOINTIKANAVAT

4.1 Yleistä ilmastointikanavista

Ilmanvaihtokanavisto muodostuu suorista kierresaumatusta kanavista, muunnos – ja muotokappaleista, pääte-elimistä eli säätö – tai palokuristimista, haarakappaleista ja ilmanvaihtokanaville suunnitelluista kiinnikkeistä (ks. kuvio 9).



KUVIO 9. Eri ilmavaihtokanavista ja osista käytettäviä nimityksiä (Seppänen 1996)

Ilmanvaihtojärjestelmän on kestävä oikeinkäytettynä rakennuksen suunniteltu käyttöikä, joten suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota oikeaan huoltoon ja käytönaikaiseen kunnossapitoon. (Valtion ympäristöhallinto 2010, luku 3.1.2.)

Kanavan suunnittelu

Rakennuksen ilmanvaihtokanavisto on suunniteltava ja rakennettava siten, että se vastaa rakennuksen käyttötarkoitusta. Tällöin suunniteltu ilmanvaihto luo käyttötilojen osalta normaalissa sääolossa halutunlaisen sisäilmaston. (Valtion ympäristöhallinto 2010, luku 3.1.1.)

Suunnitellessa on otettava huomioon ilmanvaihtokanavien sijoittelu, ilmanjakotapa, mitoitus, ilmanvaihdon integrointi rakenteellisiin osiin, kuten läpiviennit, ontelolaattojen käyttö, valaisimet ja ikkunan ratkaisu.

4.2 Ilmanvaihtokanavan mitoitusmenetelmät

Kanavien mitoituksen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat kanavan painehäviöt ja siitä johtuva puhallintehon tarve ja melu. Kanavien mitoituksessa käytetyt menetelmät ovat kokemusperäinen-, vakio kitkapaine- ja staattisen paineen takaisin saamiseen perustuva menetelmä.

Yksinkertainen mitoitusmenetelmä määritetään runkokanavissa olevan ilman virtausnopeudeksi 8 – 10 m/s ja liitäntäkanavissa ilmavirtaus on 1–3 m/s. Pääte-elinten yli oleva ilmanvirran nopeus on 5 – 8,5 m/s. (Seppänen 1996.)

Vakio kitkapainehäviön menetelmässä kitkapainehäviötä pidetään kanavan mittayksikköä kohden vakiona koko ilmanvaihtokanavassa. Tällöin suurissa kanavissa nopeus on suurempi kuin pienemmissä kanavissa, mutta epäsymmetrisissä kanavistoissa tarvitaan säätöpeltejä haarakanavien lisäpainohäviöiden saamiseksi. Säätöpeltejä käytettäessä kanavisto on vaikea tasapainottaa haarakanavien eri painehäviöiden takia.

Staattisen paineen takaisin saamiseen perustuva menetelmä perustuu virtausnopeuden pienentämiseen liitossaarojen jälkeen siten, että staattisen paineen nousu on

yhtä suuri kuin painehäviö seuraavassa haarassa. Tällä menetelmällä saadaan lähekkäisten haarakanavien alkupäähän ja venttiilien kohdalle sama staattinen paine, jolloin kanavan tasapainotus on helppoa.

Ilmanvaihtokanavien painehäviön määrittäminen

Ilmanvaihtokanavan kokonaisuuspainehäviöt on syytä tietää, kun mitoitetaan tarvittavaa puhallinta. Tämä on erityisen tärkeää, kun kanavareitin painehäviö on erittäin suuri ilman säätötoimenpiteitä. Kanavan kokonaisuuspainehäviö saadaan laskemalla käytettyjen yksittäisosien paikallisvastukset ja kitkahäviöt yhteen.

Kitkahäviö saadaan määriteltyä käyttämällä peltikanaville käytettävää likikaavaa, jossa Re arvo on Reynoldsin luku.

$$\lambda = 0,0072 + \frac{0,61}{Re^{0,35}} \quad (1)$$

Reynoldsin luku saadaan määriteltyä kaavalla, jossa d on kanavan halkaisija, v on virtausnopeus kanavassa ja ν on ilman kinemaattinen viskositeetti.

$$Re = \frac{dv}{\nu} \quad (2)$$

Virtausnopeus v voidaan määrittää kaavalla, jossa q_v on ilmantilavuusvirta ja A on pinta-ala

$$v = \frac{q_v}{A} \quad (3)$$

Suorissa putkistoissa painehäviö lasketaan kaavalla, jossa on λ kitkakerroin, d on kanavan halkaisija, l kanavan pituus, ρ on ilman tiheys ja v ilman nopeus

$$\Delta p_1 = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (4)$$

Muiden kanavanosien aiheuttamat painehäviöt voidaan määrittää kaavasta, jossa

$\sum \zeta$ mutkien määrä (esim. 1...4) ja kertavastuskerroin (ks. kuvio 10) ja Pd on virtauksen dynaaminen paine.

$$\Delta p_2 = \sum \delta \cdot Pd \quad (5)$$

Virtauksen dynaamisen paine voidaan määrittää kaavasta, jossa ρ on ilman tiheys ja v ilman nopeus.

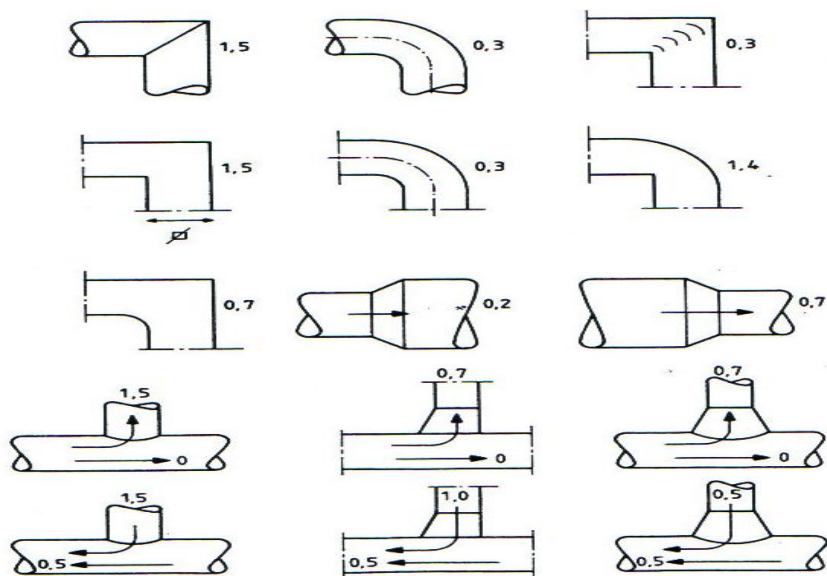
$$Pd = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (6)$$

Kitkapainehäviö kanavametriä kohden, voidaan määrittää kaavalla, jossa Δp painehäviö ja l on pituus

$$R = \frac{\Delta p}{l} \quad (7)$$

Kanavan kokonaispainehäviö saadaan kaavasta, jossa Δp_ζ on mutka tai muu kanavaosa ja Δp_λ on suora, $\sum \zeta$ mutkien määrä (esim.1...4) ja kertavastuskerroin, l on pituus ja R kitkapainehäviö.

$$\Delta p_i = \Delta p_\delta + \Delta p_\lambda = \sum \delta \cdot Pd + l \cdot R \quad (8)$$



KUVIO 10. Ilmanvaihdoissa käytettävien kanavanosien kertavastuskertoimia (Seppänen 1996)

Ilmanvaihtokanavan osat

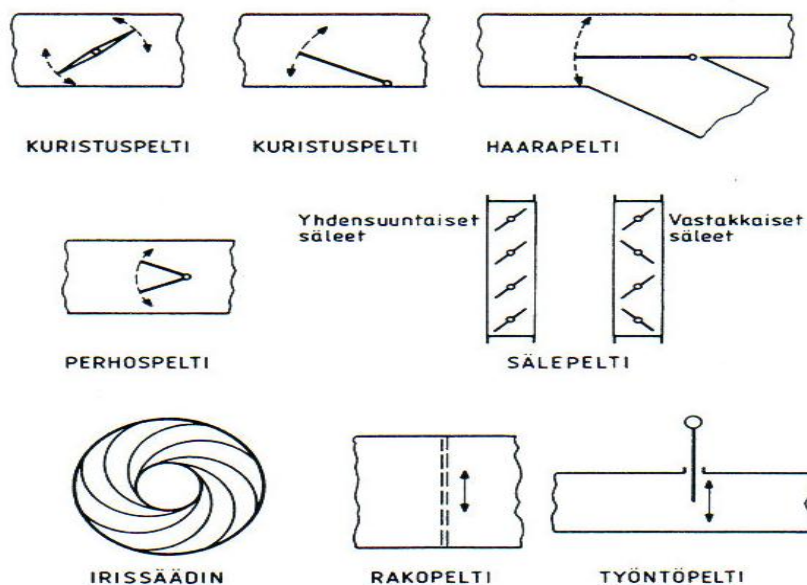
Ilmastointikanavat tulee asentaa käyttöön tarkoitetuilla liitoskappaleilla tai valmiilla muunnos- ja muotokappaleilla, jotka ovat suunniteltu hieman halkaisijaltaan pienemmäksi, kuin suora kierresaumakanava. Muunnos- ja muotokappaleisiin on asennettu kuminen tiiviste liitossauman tiiveyden parantamiseksi. Pyöreät kanavat tulee lukita paikoilleen peltiruuveilla, jotta saumat eivät pääse mahdollisten värinöiden rasituksesta irtoamaan.

Kanavat tulee asentaa valmistajien ripustus- ja kiinnitys ohjeiden mukaisesti, ettei putkisto pääse putoamaan tai taipumaan asennus-, puhdistus- tai huoltotöiden yhteydessä.

Kanavien huonosta tiiveydestä aiheutuvia haittoja ovat epäpuhtauksien leviäminen sisätiloihin, jonka seurauksena puhaltimen tuottoa joudutaan suurentamaan vuoto- virtojen verran, joka kasvattaa melutasoa.

Ilmanvaihtokanavien säätäminen

Virtauksensäätö - ja sulkulaitteita tarvitaan ilmanvaihtokanavien ilmavirtojen muuttamiseen tai estämiseen. Laitteistot sijoitetaan yleensä sisä- ja päätte-elinten yhteyteen. Sisäelimiä ovat haarakappaleet ja päätte-elimiä ovat venttiilit (ks. kuvio 11).



KUVIO 11. Erilaisia käytössä olevia säätö- ja kuristinpeltejä (Seppänen 1996)

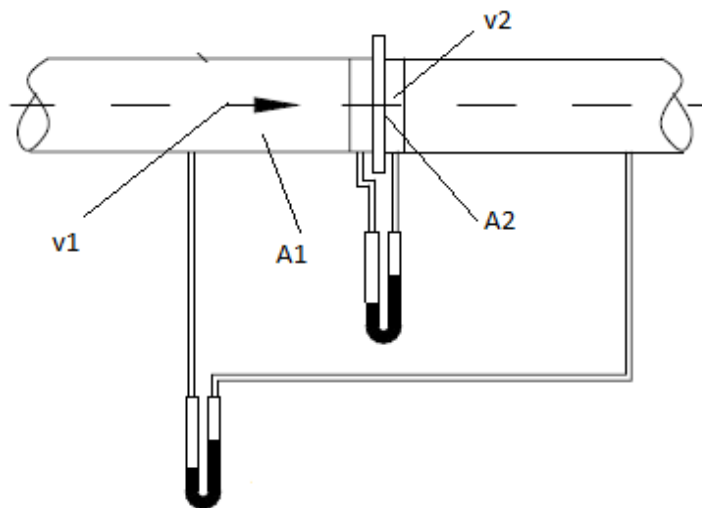
Virtauksen säätölaitteiden tarkoituksena on pitää ilmavirta halutussa vakio arvossa ilmavirtausnopeuksien muutoksesta huolimatta. Virtaussäätimet jakaantuvat itsetoimiviin ja ulkoisella ohjauksella säädettäviin laitteisiin. Itsetoimivassa laitteessa kääntyvä läppä toimii tunto- ja toimilaitteena. Ulkoisen ohjauksen toimilaite on yhteydessä ohjausjärjestelmään, josta se saa jokaisen säätöparametrin erikseen.

Palonrajoitin

Palonrajoittimien tehtävänä on estää savun ja palon leviäminen ilmanvaihtokanavan välityksellä muualle rakennukseen. Rajoittimet asennetaan paloalueen rajan läpäisykohtiin. Palon sattuessa sulkupelti sulkeutuu automaattisesti. Sulkeutumismekanismina voidaan käyttää esijännitettyä joustaa tai pellinpainoa pidättelevän sulakkeen laukeaminen. (Seppänen 1996.)

Mittalaitteet

Ilmanvaihtokanavassa ilmavirran mittaaminen onnistuu mittaamalla säätölaitteen yli olevaa paine-eroa, jonka suuruus vaihtelee säätölaitteen asennosta ja läpi virtaavasta ilmavirrasta (ks. kuvio 12).



KUVIO 12. Ilman paine-eron mittaaminen putkessa kuristinpeltiä hyväksi käyttäen

Tällöin säätölaite toimii sekä mittauslaitteena ja ilmavirran säätimenä. Paine-ero perustuu virtausteoriaan, joka voidaan johtaa lausekkeista:

$$Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (9)$$

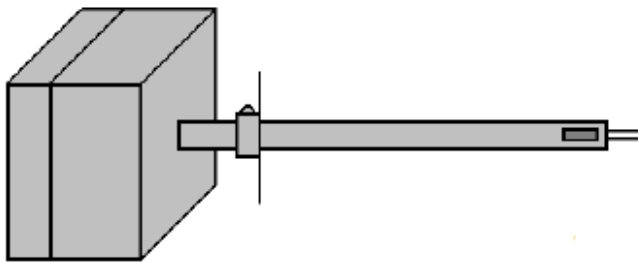
ja

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{vakio} \quad (10)$$

jossa Q on virtausmäärä, v on virtausnopeus, A on putken poikkipinta-ala ja ρ on aineen tiheys. Virtausnopeuden ja paine-eron välinen riippuvuussuhde on esitetty lausekkeessa

$$p_1 - p_2 = \frac{(v_2^2 \cdot v_1^2)}{2 \cdot \rho} \quad (11)$$

jolloin virtausmäärän mittaaminen voidaan toteuttaa myös, niin sanottuna kuuma-lankamittauksena PT-100 tai NTC -100 termo-elementillä. Termoelementtiä käytetään paikoissa, jossa ei voida käyttää ilmapirtaukseen kuristinpeltejä (ks. kuvio 13).



KUVIO 13. Ilman virtausmäärän mittaaminen PT – 100 termoelementillä (Envic 2010)

Anturin lähetinosa on sijoitettu tiiviiseen pintakoteloon ja mittapää asennetaan ilmastointiputken sisään haluttuun paikkaan.

5 AUTOMAATORATKAISUT ILMANVAIHDOSSA

5.1 Yleistä rakennusautomaatiosta

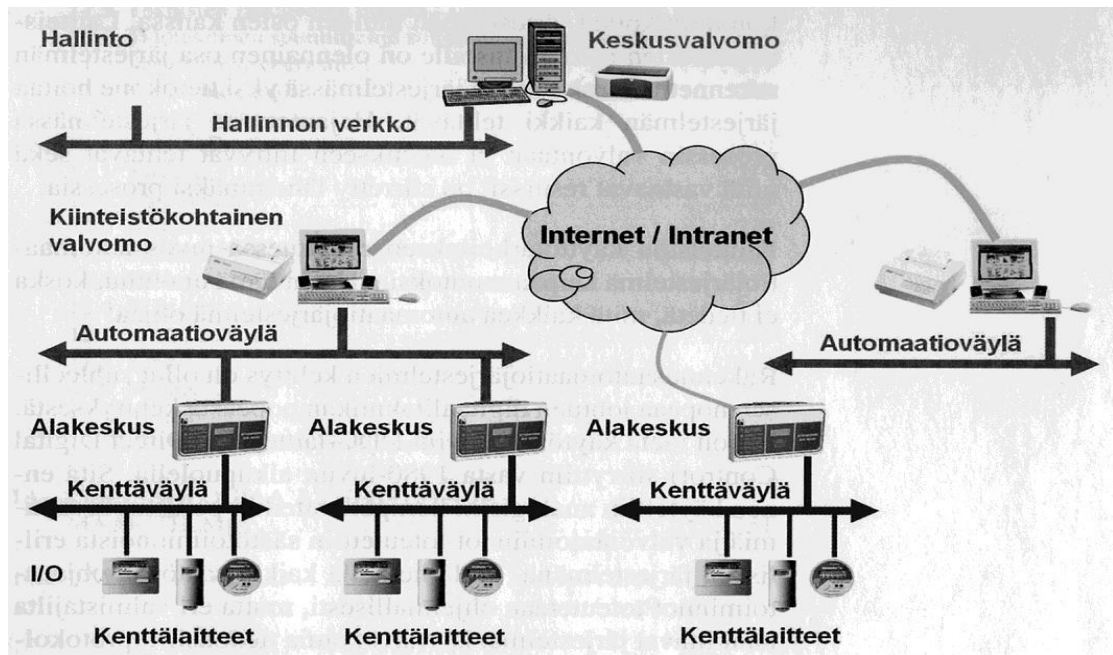
Automaation yksi osa-alue on rakennusautomaatio, joka on kiinteistöjen työkalu mil-lä voidaan vaikuttaa rakennusten sisäilmastoon ja valaistukseen, sekä tulkita laajasti myös rakennusten turvallisuuteen ja ohjata rakennuksen teknisiä laitteita. Nykyaikai-silla rakennusautomaatiojärjestelmillä pyritään minimoimaan energiankulutusta,

laitteiden kulumista sekä melua ja saamaan laitteiden käytöstä paras mahdollinen hyöty. (Suomen Automaatioseura ry 2010.)

Rakennusautomaation merkitys 1990-luvun alusta lähtien on kasvanut merkittävästi. Markkinoille tulleet erilaiset hallinta- ja ohjausjärjestelmät ovat helpottaneet kiinteistöjen omistajia valitsemaan halutunlaisen rakennusautomaatiojärjestelmän. Oikeastaan vasta 1990-luvun lopussa ymmärrettiin rakennusautomaation merkitys kiinteistöjenylläpidossa. Aikaisemmin kiinteistöjen omistajat ovat hankkineet rakennusautomaatiojärjestelmät halvimman mukaan, mutta nykyään halutaan minimoida kaapelointi ja hyödyntää etäkäyttöä, joka tarkoittaa myös taloudellisia panostuksia kiinteistöihin. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Asuntojen ja kiinteistöjen, reaaliaikaista toimintaa, valvontaa ja ohjausta helpottavat yhä voimakkaasti kehittyvät tietoliikennetkaisu-, -yhteydet sekä rakennusten eri informaatiojärjestelmien yhteensopivuuden lisääntyminen. Yhtenä ongelmana tästä tietoliikenteen ja tietojärjestelmän nopeasta kehityksessä on se, että rakennusautomaatiojärjestelmien elinkaari jää lyhyeksi. Tämä tarkoittaa, että rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelussa ja hankintoja tehdessä, on otettava huomioon uuden toiminnon tai ominaisuuden lisääminen, jottei uusi toiminta aiheuttaisi kohtuuttomia kustannuksia. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Rakennusautomaatiojärjestelmät rakentuvat hierarkkisista tasoista, joita ovat hallintajärjestelmä-, valvomo-, alakeskus - ja kenttälaitetaso sekä erilaiset väylätkaisu-. Lisäksi jokin tiedonsiirtotkaisu yhdistää aina kahta eri tasoa (ks. kuvio 14). (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)



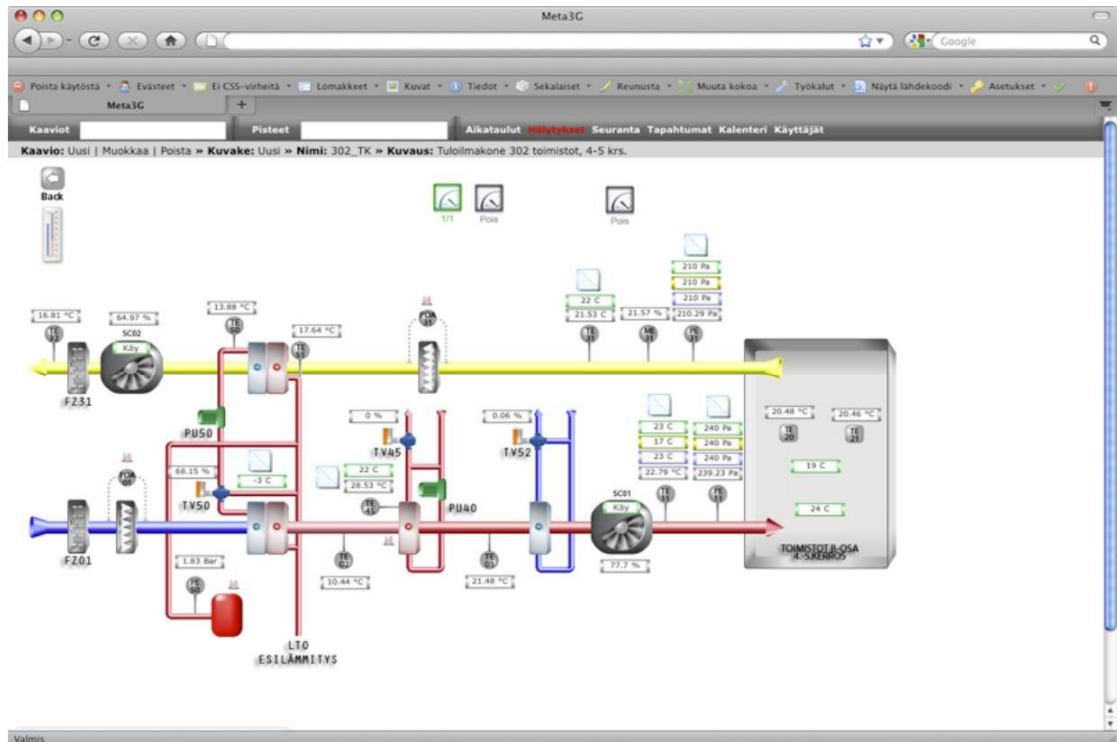
KUVIO 14. Rakennusautomaation hierarkia (Sähkötieto ry 2006)

Hallintajärjestelmätaso

Ylimpänä tasona laajoissa rakennusautomaatiojärjestelmissä voi olla hallintajärjestelmätaso. Se mahdollistaa rakennusautomaatiojärjestelmän yhdistämisen kiinteistön muihin tietojärjestelmiin. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Valvomotaso

Valvomotaso on järjestelmän operointia varten. PC-laitteita käytetään yleisesti hyödyksi valvomolaitteistona. Muita valvomolaitteita ovat operointipäätteet, kirjoittimet ja päivystyslaitteet. (ks. kuvio 15). (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)



KUVIO 15. Valvomo PC-laitteessa (Cinos Solutions Oy 2010)

Alakeskustaso

Alakeskustaso on tarkoitettu prosessin säätö, ohjaus- ja valvonta toimintojen toteuttamiseen. Kiinteistötekniisten laitteistojen lähetyville sijoitetaan yleensä alakeskukset, esimerkiksi ilmastointikone- ja lämmönjakuhuoneisiin sekä sähkökeskuksiin. Alakeskukset sijoitetaan lähelle ohjattavia kojeistoja, koska se helpottaa vianhaku- ja huoltotoimenpiteitä. I/O- pisteitä alakeskuksissa on noin 30–120, mutta suotavaa olisi ryhmitellä ne vieläkin pienimpiin ryhmiin. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Kenttälaitetaso

Kenttälaitetaso on tarkoitettu mittausantureille ja toimilaitteille. Kenttälaitteita rakennusautomaatiossa on erilaiset anturit, lähettimet ja kytkimet. Yleisimmin viesti-alueena rakennusautomaatiossa käytetään 0–10VDC jänniteviestiä tai 4–20mA virtaviestiä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

5.2 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmää valittaessa löytyy kaksi vaihtoehtoa, avoin- tai suljettu järjestelmä. Avoimen- ja suljetun järjestelmän ero syntyy niiden käytettävyydestä. Suljettu järjestelmään eli DDC-järjestelmään ei ole yleensä mahdollista liittää muita rakennuksen tietojärjestelmäliitoksia kuin rakennusautomaatio, kuten valaistuksen ohjaukset ja erillishälytykset.

DDC-järjestelmään (Direct Digital Control) pääsee käsiksi vain järjestelmän toimittanut tai valtuuttanut huoltoliike, vain huoltoliikkeellä on oikeus tehdä muutoksia ja päivityksiä. DDC-tekniikkaan perustuvat useimmat nykyisin käytetyt rakennusautomaatiojärjestelmät, yhä enemmän kuitenkin siirrytään avoimiin järjestelmiin. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Avoin järjestelmä eroaa DDC-järjestelmästä siten, että rakennusautomaatiojärjestelmän lisäksi siihen voidaan liittää useampia sähköisiä tietojärjestelmiä, kuten kulunvalvonta-, murtosuojaus- ja palovaroitinjärjestelmät. Useampaan tietojärjestelmään yhdistäminen tarkoittaa sitä, että eri toiminnot käyttävät yhteistä kaapelointia ja protokollaa, jonka seurauksena jokin muu kuin järjestelmän toimittanut liike pääsee tekemään huoltotöitä tai päivityksiä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Avoimen järjestelmän yksi väyläratkaisu on LON-väylä, joka on ensimmäisiä standardiväyliä, johon muutkin kuin rakennusautomaatiolaitteiden toimittajat tekivät laitteistoja. Muita avoimen järjestelmän ratkaisuja ovat esimerkiksi BACnet, ModBus, SNMP, OPC ja KNX. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Valittaessa avointa tai suljettua järjestelmää, tulee avointa järjestelmää harkita siinä vaiheessa, kun halutaan huoneisiin erilaisia toimintoja rakennusautomaation avulla sekä tehdä järjestelmästä mahdollisimman joustava. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

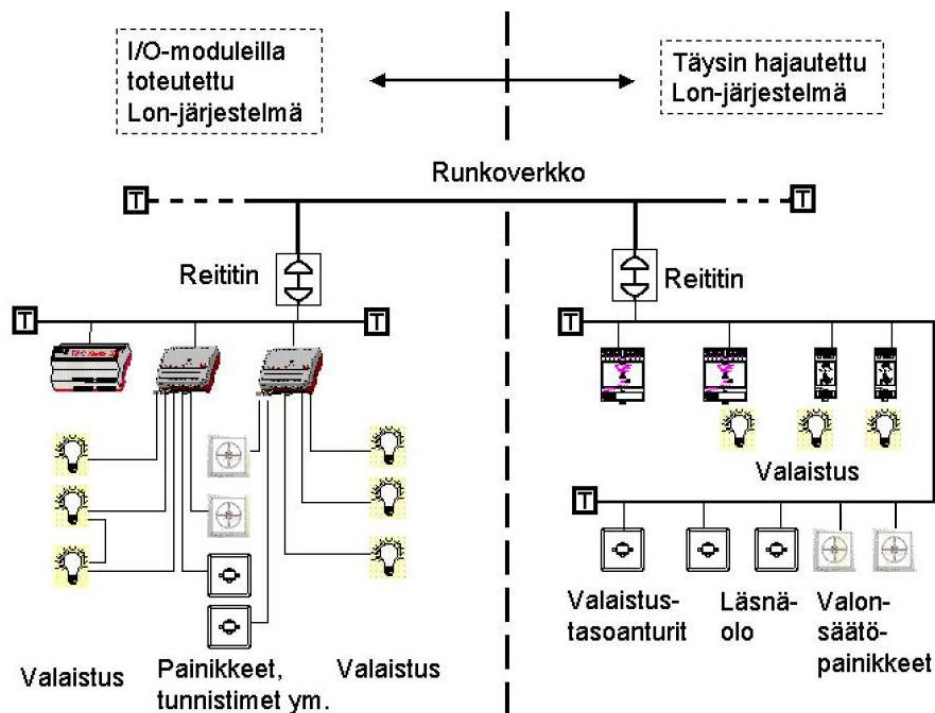
5.2.1 LonWorks

Kiinteistössä yleisin käytetty väylätekniikka on LonWorks ja se on saavuttanut vankan aseman Suomessa avoimena ja hajautettuna järjestelmänä. LonWorksin on kehittä-

nyt amerikkalainen valmistaja Echelon Corporation. LonWorks tekniikka on yleiskäyttöinen väyläratkaisu, niin rakennus- kuin teollisuusautomaatiossa. Rakennustekniikassa sitä käytetään enimmäkseen valaistuksen- ja hissien ohjaukseen, kulunvalvontaan, kiinteistöautomaatioon sekä kulutuksen mittaukseen. (Honkanen 2007.)

LonTalk on LonWorksin tiedonsiirto protokolla, joka on jo valmiina prosessoripiireissä. LonTalk mahdollistaa kenttälaitteiden kommunikoimisen itsenäisesti keskenään. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen laite on oma älykäs yksikkönsä, jota väylässä käytetään vain ohjelmointiin ja tietojen vaihtoon eri yksiköiden välillä. (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)

Lon-verkossa laitteet voidaan tuoda joko I/O-moduulin kautta väylälle tai suoraan Lon-väylään. Mikäli laitteet tuodaan I/O-moduulin kautta väylään mahdollistaa se aiempien hallinta- ja toimilaitteiden käytön (ks. kuvio 16). (Honkanen 2007.)

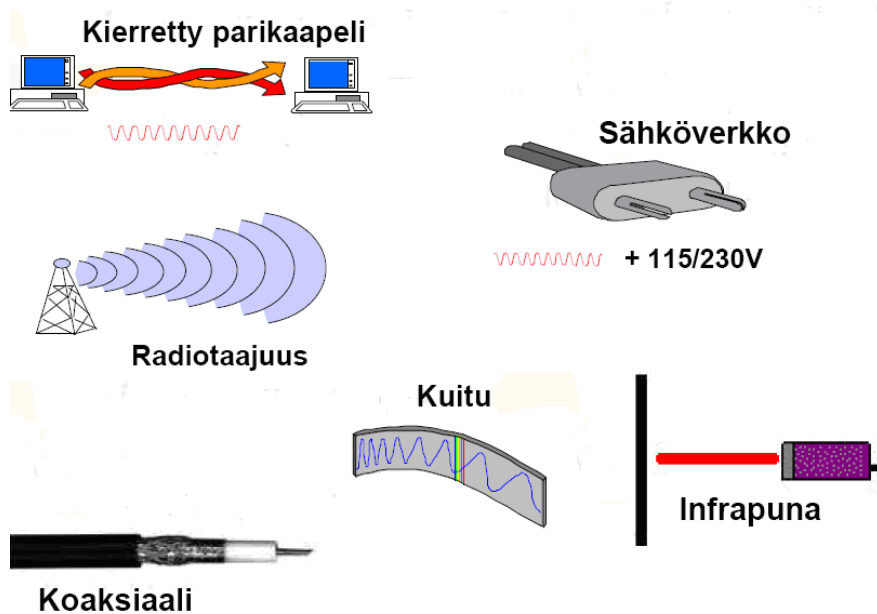


KUVIO 16. Esimerkki Lon-verkosta (Honkanen 2007)

Lon-väylän mahdollistaa useiden rakennusautomaatio antureiden ja toimilaitteiden liittämisen toisiinsa. Tällä tavalla voidaan valmistajasta sekä toisista laitteista riippumaton ohjaus sekä käyttö tuoda samalle väylälle. Laajennettavuuden lisäksi Lon-väylällä säästetään energiankulutusta, se on tehokas ja yksinkertainen ratkaisu, koska

ohjausjärjestelmässä tehostuu osien yhtäaikainen käyttö. Suurena etuna väylätekniikalla on myös siirtoteiden yhdistäminen keskenään reitittimien avulla, sekä siirtoteinä voidaan käyttää useita eri menetelmiä. (Honkanen 2007.)

Fyysisinä siirtoteinä Lon-väylässä käytetään pari-, koakseli-, valokaapeleita, sähköverkkoja, radiotaajuuksia tai infrapunayhteyksiä. Näistä siirtoteistä käytetään yleisimmin parikaapelia (ks. kuvio 17). (Rakennusautomaatiojärjestelmät 2001.)



KUVIO 17. LON -tekniikan siirtotien mahdollisuudet (Honkanen 2007)

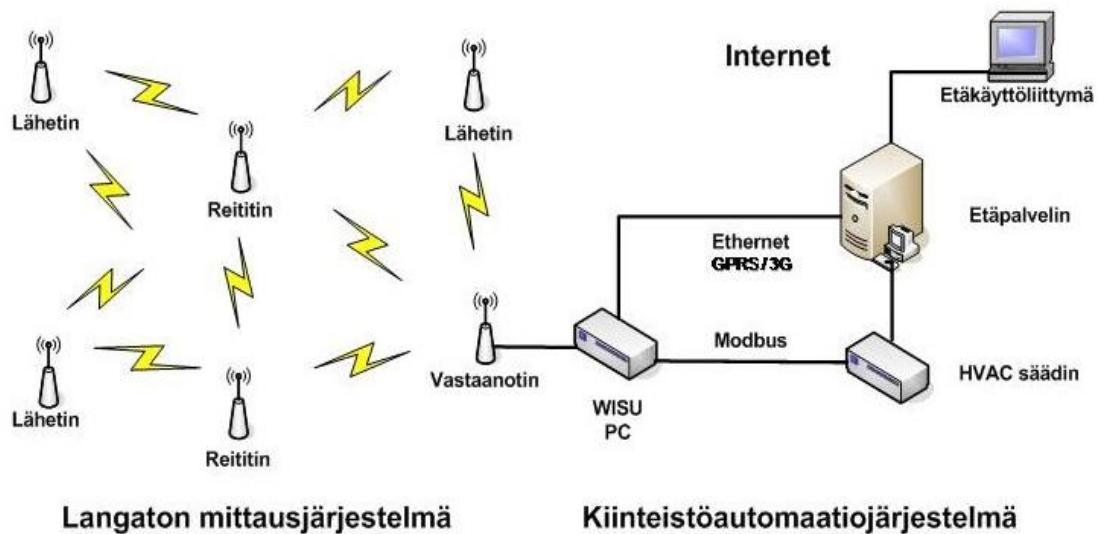
LonWorksin aiheuttamana haasteena on riittävä tietoliikenne osaaminen, koska tietoliikenne on yksi nopeinten kehittyvistä tekniikan osa-alueista ja uutta tekniikka on päivitettävä lähes vuosittain. Samalla pitää varmistaa tietoturva ja sen päivitys kehityksen mukana. Tärkeätä on myös Lonworks-järjestelmän teknisten dokumenttien ajan tasalla pitäminen uudistusten myötä. (Honkanen 2007).

Rakennusautomaatioalalle Lon-väylä tekniikka on nykypäivänä jo levinnyt laajalti. Kuitenkaan niin sanottuja älykotiratkaisuja pientaloihin ei ole juurikaan toteutettu, koska se on etenkin pientaloihin kallis ratkaisu. Lon-tekniikan käyttö on keskittynyt pääasiassa isompiin kokonaisuuksiin, esimerkiksi kerrostalot, toimisto- ja liikerakennukset eli isojen kokonaisuuksien hallintaan, ohjaukseen ja valvontaan. (Mäkynen 2007.)

5.2.2 Langatonjärjestelmä

Rakennusautomaatioissa on mahdollista käyttää langallisten ratkaisujen sijaan langattomia antureita, -kytkimiä sekä -termostaatteja ja yhä enemmän ollaan menossa langattomiin järjestelmiin. Langattomilla ratkaisuilla ei voida ainakaan vielä korvata kaikkea langallista teknologiaa, koska useimmat rakennusautomaatiojärjestelmät vaativat vielä langallisten laitteiden käyttöä. Tämän hetkinen suuntaus on langattoman ja langallisen teknologian yhdistäminen. (Avoin Automaatio ry.2010.)

Langattoman verkon voi muodostaa esimerkiksi reitittimen avulla, jotka reitittävät lähettimien mittaustiedot vastaanottimelle. On mahdollista, että myös reitittimet toimivat mittausantureina. Reitittimet mahdollistavat yhteen verkkoon jopa sadan mittauspisteen liittämisen. Toimintaetäisyys voi olla verkosta riippuen useita kilometrejä (ks. kuvio 18).(Wisepro Oy 2009.)



KUVIO 18. Langaton mittausjärjestelmä (Wisepro Oy 2009)

Nopeasti kehittyvät Internet ja langattomat yhteydet mahdollistavat rakennusautomaatiojärjestelmissä langattomien laitteiden luotettavan käytön. Langattoman verkon mahdollistavat monet erilaiset protokollat, kuten Wlan, ZigBee, RFID, Bluetooth, mobiilisovellukset sekä yritysten omat RF- sovellukset.

Wlan on niin sanottu lähiverkkotekniikka, jossa verkkolaitteet voidaan yhdistää toisiinsa ilman kaapelointia. Wlania voidaan esimerkiksi käyttää kotitalouksissa muut-

tamaan langallinen internetyhteys langattomaksi. Langattoman yhteyden avulla ei tarvitse kaapeloida erillistä sisäverkkoa.

ZigBeen avulla pienet ja yksinkertaiset laitteet voidaan verkottaa langattomasti toisiinsa ja kantomatka yhteyksillä on noin 100m. ZigBee verkkoon voi sisältyä noin 65 000 laitetta. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi valaistuksessa, lämmityksessä ja ilmastoinnissa.

5.3 Hallintajärjestelmät

5.3.1 Yleistä ohjausjärjestelmistä

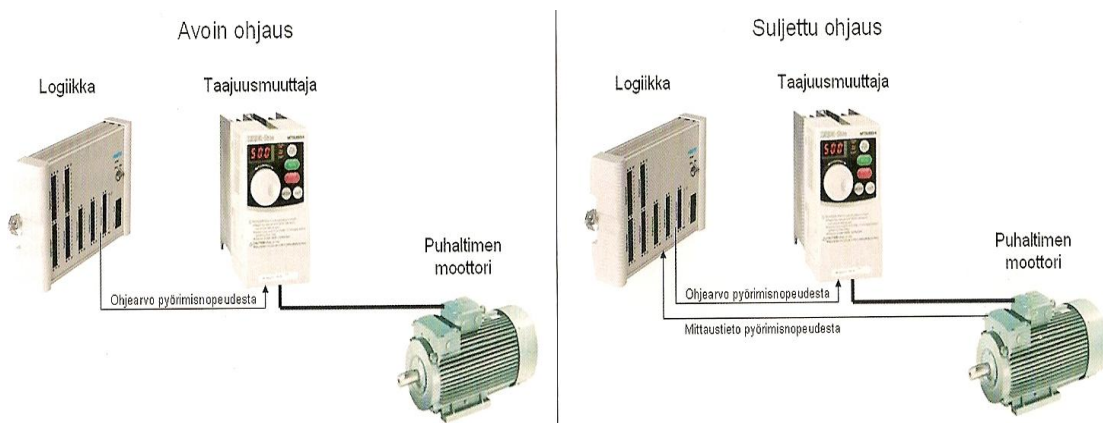
Automaattisesti toimiville koneille ja laitteilla käytetään yleisnimityksenä ohjausjärjestelmä, automaatiojärjestelmä tai säätöjärjestelmä. Ohjausjärjestelmän tehtävänä on koneiden ja tuotantolinjojen ohjaaminen, riippuen laitteiden tilatiedoista tai käyttäjän antamista komennoista. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Ohjelmoitava logiikka (PLC) on yksi ohjausjärjestelmä, jolla voidaan ohjata yksittäistä konetta, mutta se liitetään usein ylemmän tason järjestelmään. Muita ohjausjärjestelmiä on esimerkiksi kiinteästi langoitetut logiikat, sulautettu tietokoneohjaus, liikkeenohjausjärjestelmät jne. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Ohjausjärjestelmään on liitetty yleensä paikallinen tai konekohtainen käyttöliittymä, jolla käyttäjä voi antaa ohjauksia koneelle sekä näkee koneen tilatietoja. Yksinkertaisimmillaan käyttöliittymä sisältää käynnistys- ja pysäytyspainikkeet sekä muutamia merkkivaloja koneiden tilasta. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Operointipaneelilla mahdollistetaan laajempien tilatietojen saaminen käyttäjälle. Operointipaneelit liitetään logiikkaan sarjaliikenneportin (RS232 tai RS485) kautta ja monet logiikkavalmistajat tarjoavat omia operointipaneeleja valmistamaansa logiikkaan. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Toimilaitteen ohjaus voi olla joko avoin- tai suljettu ohjaus. Erona ohjauksilla on se, että avoimessa ohjauksessa ei ole takaisinkytkentätietoa toimilaitteen asennosta. Eli toimilaitteesta ei ole tietoa onko haluttu ohjaus mennyt perille. Toisin kuin suljetussa ohjauksessa, esimerkiksi ohjelmoitava logiikka antaa ohjauksikäskyn ja antureista tulee takaisinkytkentänä tieto siitä, onko haluttu ohjaus toteutunut, mikäli näin ei ole tapahtunut korjaa logiikka sitä haluttuun ohjaukseen (ks. kuvio 19). (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)



KUVIO 19. Avoin- ja suljettu ohjaus (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007)

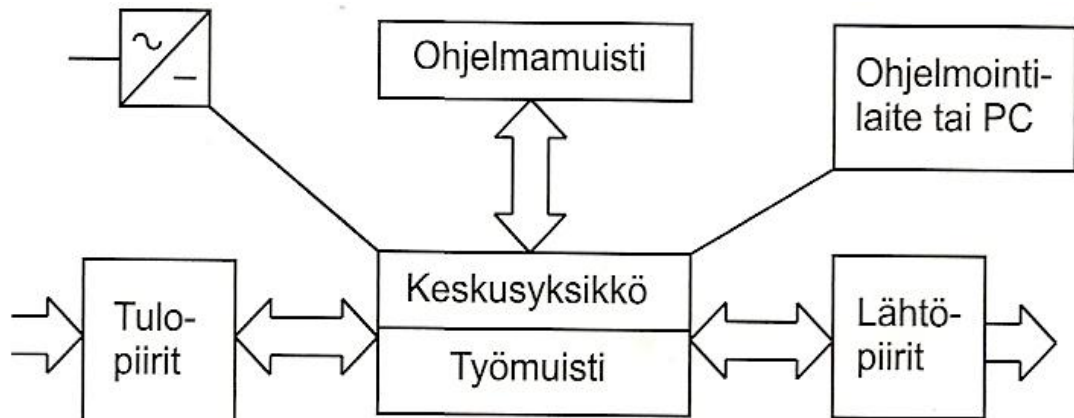
5.3.2 Ohjelmoitava logiikka

Alun perin ohjelmoitavat logiikat eli PLC otettiin käyttöön autoteollisuudessa, mutta yhä enemmän niitä käytetään teollisuuden eri tuotantovaiheissa. Aiemmin logiikat oli myös jaettu kahteen eri logiikkatyyppiin, askeltaviin - ja vapaasti ohjelmoitaviksi logiikoiksi. Askeltavissa logiikoissa automaation hierarkia on suoraviivaisempi, ohjelma etenee askel askeleelta niin sanotusti sekvenssityyppisesti. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Nykyään ohjelmoitavat logiikat jaetaan kiinteän I/O-määrän ryhmään ja erilaisista moduuleista kokoonpantavaksi ryhmäksi. Kiinteän ja moduulisesti rakentuvan logiikan ero tulee siinä, että kiinteän I/O-määrän laajennettavuus on rajoitettu. Täten rajatun I/O-määrän logiikat soveltuvat parhaiten yksittäisten laitteiden ohjaukseen, kun taas moduulisesti rakennetussa logiikassa käyttäjä voi valita tarpeeseen sopivat I/O- ja kenttäväylämoduulit. Valintavaihtoehtojen monipuolisuudesta johtuen, moduulisesti rakennettu logiikka sopiikin parhaiten monimutkaisten ja isojen järjestelmien ohjaukseen. Tänä päivänä valmistajat antavat lähes kaikille logiikoille vaihtoeh-

don niin kiinteän I/O-määrän kuin moduuliseen logiikkaan, riippuen siitä kumpi on prosessille parempi vaihtoehto. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Tyypillisesti ohjelmitava logiikka rakentuu keskusyksiköstä, ohjelmamuistista, tulomoduuleista (tulopiirit), lähtömoduuleista (lähtöpiirit) sekä ohjelmointilaitteesta (ks. kuvio 20). (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)



KUVIO 20. Ohjelmitavan logiikan rakenne (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Keskusyksikkö

Ohjelmitavaa logiikkaa voidaan kutsua pieneksi tietokoneeksi, koska siinä on oma keskusyksikkö eli CPU, joka on toteutettu mikroprosessorilla. Mikroprosessori ja käyttöjärjestelmä ohjaavat logiikan sisäisiä toimintoja sekä huolehtivat viestintäliikenteestä logiikan ja muiden oheis- ja ohjelmointilaitteiden välillä. Keskusyksikkö käsittelee logiikalle ohjelmituja käskyjä yksi kerrallaan, joka mahdollistaa niin loogiset operaatiot kuin aritmeettiset laskutoimitukset. Lisäksi CPU:ssa on työmuistia, joka on käyttäjän paristovarmennettua luku- ja kirjoitusmuistia (RAM). (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Tulomoduulit

Tulomoduuleihin eli tulopiireihin kytketään kenttälaitteet, joita ovat esimerkiksi anturit tai kytkimet. Kenttälaitteet antavat sähköisenä viestinä mikroprosessorille prosessin tilatiedon. Tulomoduuleihin kytkettyjen kenttälaitteiden signaalit voivat olla

joko digitaalisia tai analogisia. Digitaalisella signaalilla tarkoitetaan kaksitilaista signaalia eli 1 tai 0 ja analogisella signaalilla tarkoitetaan virtaviestiä 0-20 mA tai 4-20 mA. Myös jänniteviestit 0-10 V, 2-10 V, 0-5 V ja 1-5V ovat mahdollista tuoda analogisena signaalina tulomoduuliin. Jänniteviestejä käytetään enemmissä määrin rakennusautomaatioissa, kun virtaviestejä taas muussa teollisuudessa. Virtaviestien etuna pidetään sen hyvää häiriönsietokykyä, koska se ei ole niin herkkä sähköisille häiriöille kuin jänniteviesti. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Lähtömoduulit

Lähtömoduuleihin eli lähtöpiireihin voidaan kytkeä toimilaitteita esimerkiksi sähkömoottoreita, releitä ja kontaktoreita. Lähtömoduulin piirien tehtävänä on huolehtia toimilaitteiden ohjauksesta, prosessorin käsittelemän ohjelmamuistin tiedon mukaisesti. Lähdöt jaetaan yleisesti rele- tai transistorilähdöiksi. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Ohjelmamuisti

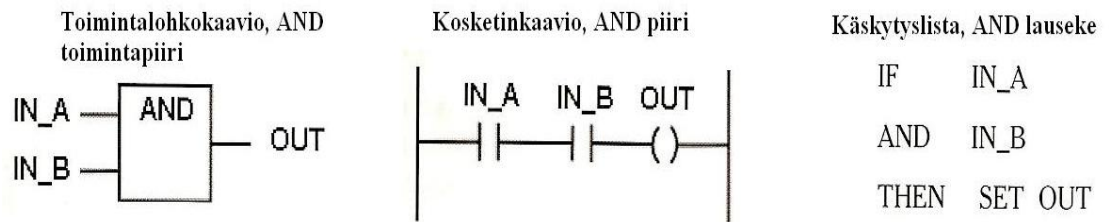
Ohjelmamuistiin tallennetaan kirjoitettu ohjelma, jolla automatisoitu laite toimii. Kirjoitettu ohjelma sisältää kaiken tiedon, miten tiettyä laitetta halutaan ohjata. Ohjelmamuistissa on kaksi muistityyppiä, joko tyhjenevä luku- kirjoitusmuisti (RAM) tai pysyvä lukumuisti (ROM). (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Ohjelmointilaitte

Ohjelmointilaitteella tai ohjelmointiohjelmistolla kirjoitetaan ohjausohjelma, joka siirretään ohjelmamuistiin. Ohjelmointilaitteet ja – ohjelmistot mahdollistavat ohjelman testauksen ja vianhaun. Ohjelmointilaitteeseen voidaan asentaa ohjelmointiohjelmisto, jolloin PC-tietokone toimii ohjelmointilaitteena ja tietokoneeseen asennettu ohjelmointiohjelma toimii ohjelmoinnin työkaluna. Liitäntäkaapeleiden avulla voidaan siirtää kirjoitettu ohjelma logiikkaan ja sieltä ohjattaville laitteille. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielinä käytetään yleisesti käskytslistaa (STL), kosketinkaaviota (LAD) tai toimintalohkokaaviota (FBD) (ks. kuvio 21). Ohjelmaedito- rilla kirjoitetaan ja havainnollistetaan ohjelma, jonka jälkeen ohjelma käännetään

konekielille ja siirretään logiikan ohjelmamuistiin. (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)



KUVIO 21. Ohjelmointikielien eri AND-piirit (Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat 2007.)

5.3.3 Simatic S7-1200-logiikka

Siemensin S7-1200 tuoteperheen logiikka on yksi markkinoilla olevista lukuisista ohjelmitavista logiikoista. Se on helppokäyttöinen, tehokas, pienikokoinen ja modulaarinen automaatiolaite, pienten ja keskisuurten laitteiden ohjaustehtäviin. Modulaarisuudesta johtuen se on myös mahdollista liittää laajempiin ohjausjärjestelmiin. (Siemens AG 2010.)

Siemensin S7-1200 logiikan ohjelmointityökaluna toimii Step 7 Basic, jossa on ohjelmointia helpottamiseksi valmiita kirjastoja. Logiikka on myös yhteensopiva Simaticin HMI Basic- paneeliin, käytännössä tarkoittaen sitä, että yhdellä työkalulla pystytään yhdistämään sekä logiikkaohjelman teko että käyttöliittymän teko. (Siemens AG 2010.)

Logiikan kokoonpanoa rakennettaessa ei teholähteeksi voida valita kuin 24VDC 2A. Tämä tarkoittaa, että logiikkaa ei voida suoraan kytkeä useita logiikkaa kuormittavaa toimilaitetta, vaan siihen saattaa joutua hankkimaan ulkoisen virtalähteen. Vähäinen tehollähteiden valinnanvaraisuus on yksi S7-1200 puute.

CPU:n eli keskusyksikön osalta löytyy kattavasti eri vaihtoehtoja sekä kaikki CPU vaihtoehdot ovat laajennettavissa maksimissaan kolmella kommunikointimoduulilla ja yhdellä signaaliyksiköllä. Lisäksi muutamassa CPU-moduulissa on myös mahdollisuus laittaa I/O-laajennusmoduuleita, jolloin logiikkaan voidaan liittää huomattavasti enemmän kenttälaitteita. Keskusyksiköt sisältävät jo itsestään joitakin digitaalilähtöjä

ja -tuloja sekä analogituloja. Lisäksi valittavissa on vielä erikseen onko lähtömoduuli rele- vai transistorityyppiä. (Juha Elektro 2010.)

Erillisiä digitaalisia lähtö- ja tulomoduuileja löytyy kattavasti, mutta erillisten analogia moduulien vaihtoehdot on rajattu. Etenkin analogiakorteista, joissa tulo ja lähtö on samassa kortissa jää ainoastaan yksi vaihtoehto, 4 analogilähtöä ja 2- tuloa. (Juha Elektro 2010.)

Yleisesti voidaan sanoa, että Simatic S7-1200 sarjan logiikka on S7-200 ja S7-300 välimaastoon sijoittuva nykyaikainen ohjelmoitava logiikka.

5.4 Säätötekniikka

5.4.1 Yleistä säätötekniikasta

Säätötekniikalla tarkoitetaan, että tarkasteltavan prosessin laitteista saadaan yksikäsittelistä ja tarkkaa mittaustietoa. Mittaustietoa kerätään mittaustekniikan menetelmin, joilla kehitetään mittalaitteiden mittaustiedonkäsittelyä ja itse mittalaitteita.

Jotta mittalaitteista saadut mittaustiedot voidaan muuttaa ohjaukseksi, tarvitaan automaattiseen ohjaukseen liittyvää tekniikka. Tätä tekniikka kutsutaan instrumentoinniksi. Mittaustietojen ja instrumentoinnin avulla säädetään haluttua laitetta tai komponenttia. Järjestelmän laitteen toimintaa ohjataan vertailemalla saatuja mitta-arvoja ennalta määriteltyihin arvoihin. (Savolainen & Vaittinen 2003.)

Automaatiossa mittaustietojen ja ohjausparametrien yhteisvaikutuksesta kyetään prosessin laitteita säätämään säätöpiireissä, kun ne ovat yhdistetty standardiviestijärjestelmällä. Säätöpiirin päätöksentekomenetelmiä ja laskentakaavoja siirrettäessä ohjelmoitavien laitteiden välillä tietotekniikkaa hyväksi käyttäen, puhutaan ohjelmoitavasta automaatiosta. (Savolainen & Vaittinen 2003.)

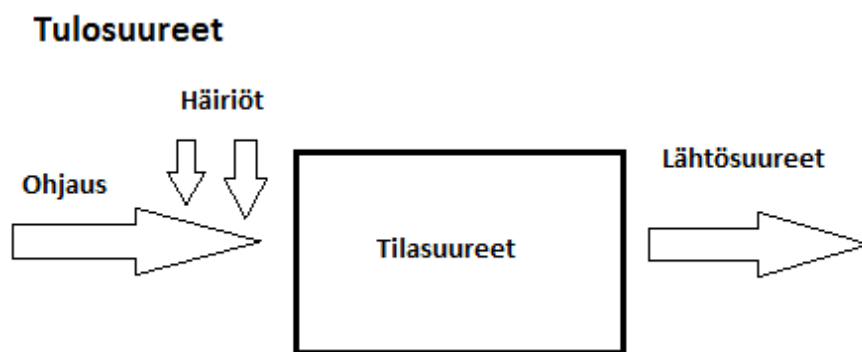
5.4.2 Säätöjärjestelmä

Säätö- ja automaatiosuunnittelussa suunnittelijoiden tulee kyetä määrittelemään järjestelmän rajat, eli mitä kuuluu säädettävään järjestelmään ja mitkä jäävät järjestelmän ympäristöön. Järjestelmän rajaamisen jälkeen kyetään määrittelemään järjes-

telmässä perussuureita ja osia eli tilasuureita ja ympäristön muutosta kuvaavia suureita, joita kutsutaan tulosuureiksi.

Tulosuureita ovat ohjaussuureet ja häiriösuureet, joista ohjaussuureita kyetään muuttaman järjestelmän kannalta halutunlaisiksi. Häiriösuure on järjestelmän ohjaukseen suoraan tai välillisesti vaikuttava suure, johon ei voida vaikuttaa.

Lähtösuureet ovat tilasuureiden funktioita, joihin vuorovaikuttavat järjestelmän ja ympäristön suuret. Lähtösuureita kutsutaan säätösuureiksi, jonka säätöalgoritmeilla halutaan järjestelmä pitää ohjeellisessa arvossa, muuttamalla säätöjärjestelmän ohjaussuureiden arvoa (ks. kuvio 22).



KUVIO 22. Säätöjärjestelmään vaikuttavat suuret

5.4.3 Säätömenetelmät

Järjestelmän säätömenetelminä käytetään yleisesti avointa -, takaisinkytkettyä -, myötäkytkettyä, -kaskadi - ja suhdesäätöä. Avoimessa kytkennässä toimilaitteita säädetään ilman takaisinkytkentää. Takaisinkytkennässä saatu mittaustieto lähetetään mittaussignaalina ero-elimeseen, jossa se vähennetään asetusarvossa. Ero-elimessä saadun poikkeama mukaan säätövahvistimessa lasketaan uusi lähtöarvo.

Myötäkytkentäisessä säädössä käytetään järjestelmästä aiemmin saatuja suureita, josta määritetään tarvittava uusi ohjaus. Säädössä olevat kuormitushäiriöt voidaan mitata, jolloin ne voidaan eliminoida takaisinkytkennän avulla.

Kaskadisäädössä on kaksi säätösilmukkaa. Sisäsäädin toimii nopeatoimisena apusäätimenä, jolloin häiriöt saadaan kompensoitua erittäin nopeasti. Ulkosäädin toimii pääsäätimenä, jolla ohjataan apusäätimen arvoa.

Suhdesäätöä käytetään silloin, kun useampien prosessimuuttujien välistä seossuhdetta halutaan pitää vakiona. Tällöin mittaus tapahtuu järjestelmänprosessien omis-
sa tulokanavissa ja säätö tapahtuu muuttujien tiedon perusteella.

5.4.4 Säätöjärjestelmän viritys

Virittämällä tarkoitetaan säätöjärjestelmän säätölohkossa olevien lukuarvojen eli viritysparametrien määrittämistä, siten että säätöjärjestelmässä ohje - ja oloarvon erotus olisi pieni. Ohje- ja oloarvojen erotuksen ollessa liian suuri järjestelmässä esiintyy säätöpoikkeamaa ja värähtelyä.

Viritysparametreja on P / Propotion tarkoittaa, että ohjaussuure on verrannollinen lähtösuureeseen. Parametri I / Integrate tasoittaa vahvistuksen arvoa lähemmäksi ohjausarvoa ja D / Derivate nopeuttaa vahvistusta.

Virittäminen voidaan tehdä kokeellisin menetelmin, kokeilemalla eri parametrialvoilla tai säätöjärjestelmien virittämiseksi kehitettyjen systemaattisten askelvastemenetelmien tai värähtelyrajamenetelmien perusteella. Viritysparametreja voidaan muuttaa ohjelmallisesti tai manuaalisesti siten, että säädöllä halutut tavoitteet toteutuvat.

6 TUTKIMUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

6.1 Määrittelyvaihe

Automaatiojärjestelmää hankittaessa tulee ensimmäisenä suorittaa niin sanottu määrittelyvaihe, jonka tarkoituksena on kartoittaa hankittava automaatiojärjestelmä. Lisäksi määrittelyvaiheessa sovitaan käytettävät menetelmät riittävän tarkasti, jotta toimittaja kykenee suunnittelemaan ja toteuttamaan projektin yksityiskohtaisesti. Määrittelyvaihe jaetaan kahteen osaan: esisuunnittelu ja perussuunnittelu (Ajo 2001.)

6.1.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelu aloitettiin toimeksiantajan esittämän toimeksiannon mukaisesti. Koe-
laiterympäristössä tuli olla kaksi noin kuution kokoista huonetta, joissa ilmanvaihtoa

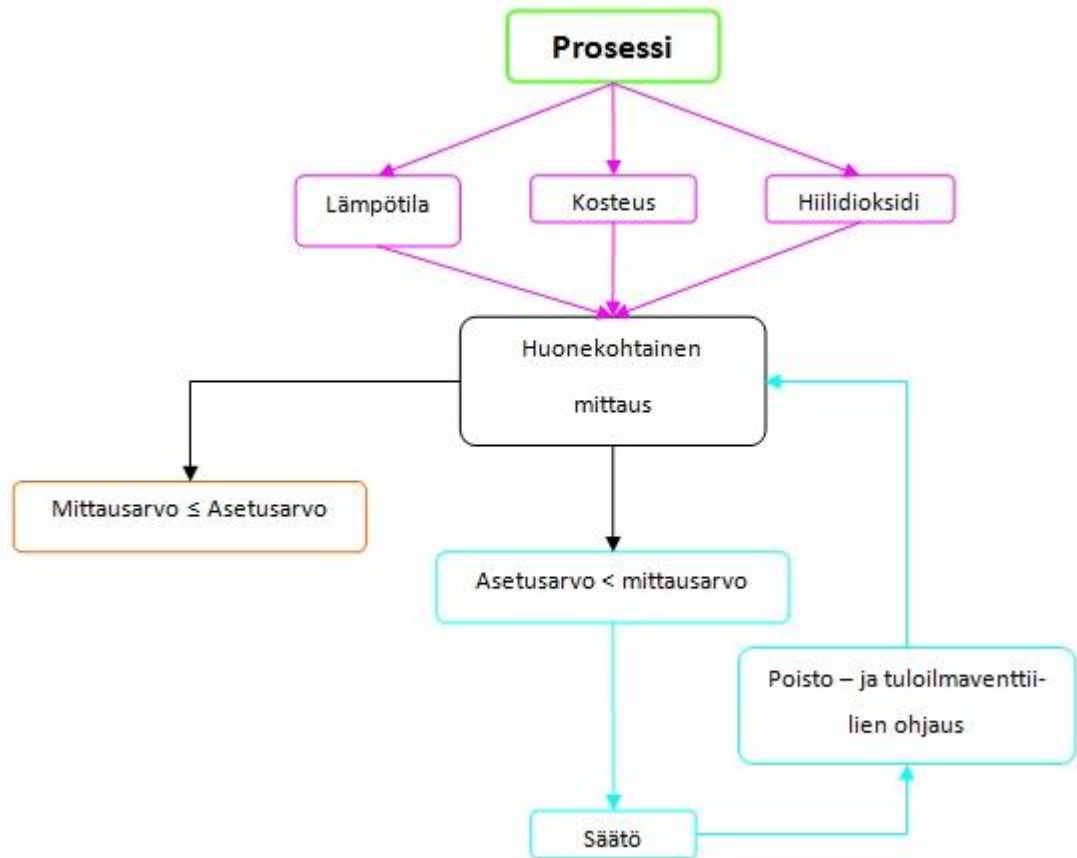
voidaan kokeilla toisistaan riippumattomalla säädöllä ja ilmanvaihtoputket ovat 100mm, jotta ilmanvaihtoventtiilien moottorit mahtuvat ilmanvaihtoputkeen. Ilmanvaihtoventtiilien toiminnallisuudeksi määriteltiin, että jokainen venttiili on moottorihjattu ja venttiiliparista riippuvainen, jotta ilma kiertää halutusti.

Tulo- ja poistoilmaventtiiliparin toiminnallisuuden tarkoituksena on säilyttää huoneistossa alipaineisuus. Huoneistossa oleville huoneistoantureilla voidaan säätää tulo- ja poistoilmaventtiilien aukeamiskulmaa automaattisesti. Ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimen toimintaehtona oli, että puhaltimien on oltava säädettäviä.

Ohjausjärjestelmää valittaessa tulee huomioida, että järjestelmää voidaan hyödyntää myös muissa yrityksen tulevissa projekteissa.

Koelaiterympäristön esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa tehtiin prosessin toimintasuunnitelma kuvaus, jonka perusteelta koelaitteen toimintaa aloitettiin suunnittelemaan. Prosessissa oli tarkoitus mitata huoneilmasta kolmea parametria: lämpötila, hiilidioksidi ja kosteus. Lämpötilasta kerätään vain mittaustietoa (ks. kuvio 23). Yhden mittausarvon ollessa suurempi kuin asetusarvo säädetään poisto- ja tuloilmaventtiilien avauskulmaa siten, että venttiilien säätö on niin kauan päällä kun mittausarvot ovat yhtä suuria tai pienempiä kuin asetusarvot. Muissa tapauksissa säätöä ei tapahdu.



KUVIO 23. Prosessin toimintasuunnitelma kuvaus

Automaatioasteeksi määriteltiin, että automaatiojärjestelmällä kyettäisiin ohjaamaan automaattisesti tulo- ja poistoilmaventtiilien moottoreita, puhaltimen kierrosnopeutta ja keräämään mittausarvoja talteen.

Tulo- ja poistoilmamoottoreiden ohjaus tapahtuu hyväksikäyttäen huoneistokohtaisen anturin mittaustietoja. Anturilta saatavilla mittaustiedoilla voidaan ohjausjärjestelmään määrittellä raja-arvot ohjelmallisesti, joiden perusteella venttiilien ohjaus tapahtuu (ks. liite 1. PI-kaavio) ja (ks.liite 2. Mittapisteluettelo).

Ilmanvaihtokanavaan asennettavilla ilmanvirtausmittareilla voidaan tarkkailla kanavassa olevaa ilmanvirtausta, jonka virtausmäärä on riippuvainen ilmanvaihtoventtiilin asennosta ja puhaltimien kierrosnopeudesta.

Järjestelmässä toteutetaan tiedonkeruu erillisellä tiedonkeruuohjelmalla, tarjottavalla palvelin ratkaisulla tai ohjausjärjestelmän omalla tiedonkeruuohjelmalla. Ohjausjärjestelmän oma tiedonkeruuohjelma soveltuu pienimuotoiseen tiedonkeruu-

seen ja muut erilliset tiedonkeruuohjelmat sekä palvelin ratkaisut soveltuvat pitkäaikaiseen tiedonkeruuseen.

6.1.2 Perussuunnittelu

Tarjouspyynnöt toteutettiin esisuunnittelussa tehdyn toiminnallisuuskuvauksen mukaisesti, jossa on määritelty järjestelmän automaatioaste ja kokonaisratkaisut. Tarjouspyynnöt laadittiin tarvittavista laitteistoista, kun toimeksiantaja oli hyväksynyt toiminnallisuuskuvauksen.

Järjestelmän laiteista lähetettiin tarjouspyyntöjä ja tulleiden tarjousten perusteella suoritettiin laitevalinnat. Laitevalintojen jälkeen on tarkasteltava toimintakuvausta uudelleen, jos valittavissa olevat laitteet muuttavat sitä aikaisemmin päätetystä toimintakuvauksesta. Alkuperäisen toimintakuvauksen laitteista muuttui venttiilien moottorit, puhaltimet, virtausmittaus ja lisättiin paine-eromittaus huoneistojen alipaineisuuden varmistamiseksi. Lisäksi koelaitteen ohjausjärjestelmään jouduttiin laajentamaan hankkimalla sellainen keskusyksikkö, joka mahdollistaa lisäkorttien käytön.

Virtausmittaus jouduttiin lisäämään, koska toimeksiantaja ei halunnut putkistoon erillistä kuristinta, jolla paine-eroa olisi kyetty putkistosta mittaamaan.

Venttiilinmoottorit

Venttiilin moottoreiksi pyydettiin tarjouspyyntöjä laitteista, jotka mahtuvat 100 mm ilmanvaihtokanavan sisäpuolelle. Moottorin ohjauksien ehtoina tulisi olla, että ne pystyvät kommunikoimaan ohjausjärjestelmän kanssa, siten että niistä saadaan myös takaisinkytkentä tieto 0...10V. Takaisinkytkentätiedon avulla voidaan tarkkailla onko moottorin ohjaus perille ja onko moottori halutussa asemassa.

Puhaltimet

Puhaltimissa tarjouspyyntöjä tehtiin aksiaalipuhaltimesta ja keskipakoispuhaltimesta. Aksiaalipuhaltimessa tarvitaan erillinen tyristori, jotta automaattinen säätö on mahdollista. Vaihtoehtoinen aksiaalipuhallin on suoraan kanavaan asennettavissa (ks. kuvio 24).



KUVIO 24. Aksiaalipuhallin (Ventur 2009)

Keskipakopuhaltimessa on valmiina asennettu tyristorisäädin, mutta se ei ole suoraan kanavaan asennettavissa ja tarvitsee itse muotoillun kiinnityslaipan, koska puhaltimessa on neliön muotoinen ulostulo ja ilmanvaihtokanavat ovat muodoltaan pyöreitä (ks. kuvio 6, s.19).

Poisto- ja tuloilmapuhaltimiksi päätettiin ottaa imevä kaavullinen G3G108BB0102 keskipakopuhallin, sen sisältämän oman tyristorisäätimen ja halvimman hinnan perusteella, vaikka sen asentaminen on hankalampaa pyöreään putkeen.

Virtausmittaus

Ilmanvirtausmittareita tarvittiin kaksi kappaletta, koska simuloidaan ilmastointikonetta kahdella puhaltimella. Koska erillisiä säätö- tai kuristuspelejä ei haluttu asentaa ilmanvaihtokanavan sisään, oli paine-ero mittareilla ilmavirran mittaus pois suljettu. Vaihtoehtoiksi jäi käytännössä PT-100 termoparilla tapahtuva kuumalankamittaus tai pitot-putki, joilla voidaan mitata virtauksen paikallista nopeutta paineeron avulla.

Virtausmittausmenetelmäksi valittiin PT-100 kuumalankamittaus. Ilmavirtalähetin on AFD-1, koska siihen voidaan näyttöä hyväksikäyttäen parametroida mitta-alue, jotka ovat 0-1 ms, 0-5 ms tai 0-10 m/s. Lisäksi mittapää on 320 mm pituinen, joten se sopii käytettäväksi 100 mm ilmanvaihtokanavaan, syöttöjännite on 24VAC/DC ja lähtöviesti 0-10V.(ks. kuvio 25).



KUVIO 25. Ilmavirtauslähetin (Envic 2010)

Paine-ero mittaus

Paine-ero mittaus tarvittiin, jotta voidaan varmasti todeta koelaitteen huoneistojen olevan joko yli- tai alipaineisia. Paine-ero mittaus tapahtuu kahdella muoviputkella, jotka asennetaan mitattaviin kohteisiin siten, että putket ovat halutun paine-eron muodostaman elimen mittapisteen eri puolilla. Mittaustieto tuodaan muoviputkia pitkin lähettimelle (ks. kuvio 26).



KUVIO 26. Produal PEL 2000 paine-ero lähetin

Paine-ero lähettimeksi valittiin Produalin valmistama PEL 2000 paine-ero lähetin, jossa lähettimen nolla pisteellä on automaattinen nol्लाustoiminto, jolloin sitä ei tarvitse kalibroida käytönaikana. Lisäksi nopeiden paine-erojen kompensoimiseksi lähettimeen on valittavissa suurempi aikavakio, jotta lähtöviestiin vaikuttavien paine-ero muutoksia voidaan välttää. Syöttöjännite on 24 VDC ja mittausviesti on 0-10V.

Ohjausjärjestelmä

Aikaisemmin oli jo sovittu, että ohjausjärjestelmäksi valitaan Siemensin tarjoamasta tuoteperheestä jokin logiikkaratkaisu. Ohjelmoitavaa logiikkaa valittaessa annettiin

reunaehdoiksi, että logiikassa pitää olla laajennusmahdollisuuksia. Siemensin tuoteperheestä pyydettiin tarjouksia Logo!-sta, S7-200, S7-300 ja S7-1200.

Logo! on pienohjausjärjestelmä, jossa on mahdollista laajentaa 24 digitaalituloon, 16 digitaalilähtöön, 8 analogiatuloon ja kahteen analogialähtöön saakka. Logo! pienlogiikan käyttötarkoituksena ovat pienimuotoiset automaatiototeutukset ja modernisoinnit.

Jos tarvitaan laajennettavuutta tai halutaan hallita suurempia kokonaisuuksia mahdollistavat sen S7-200-, S7-300- tai S7-1200-logiikat. S7-200 sarjan logiikka tullaan korvaamaan tulevaisuudessa S7-1200-logiikalla, mutta S7-1200 sarjan laajennettavuutta rajoittaa sen virtalähteiden koko. S7-300-logiikka käytetään yleensä teollisuuden ja erilaisten laitteiden ohjausten sovelluksessa. Sovelluskohteina ovat esimerkiksi kappaletavarakohteet.

Ohjausjärjestelmäksi valittiin Siemensin S7-1200-logiikka, koska se oli edullisin laajennettavista logiikkaratkaisusta. Saaduista tarjouksista Starterkit-paketti osoittautui parhaimmaksi, koska se sisälsi: Simatic Step7 v10.5 ohjelman, KTP400 Basic Mono display näytön, CPU:n, jossa oli valmiina 14DI, 10DO ja kaksi AI. Tämän lisäksi laajennettiin logiikkaa kolmella analogi I/O-kortilla, joissa on neljä AI:tä ja kaksi AO:ta. Lisäksi tarvittiin sarjaportti moduuli sekä logiikan virtalähde (ks. kuvio 27).



KUVIO 27. Siemens S7-1200-logiikka laajennuskortteineen (Pin d.o.o 2009)

Kotelo

Toimeksiantajan antamien reunaehtojen mukaan tehtiin layoutpiirustuksia, jotka hyväksyttiin toimeksiantajalla. Hyväksynnän jälkeen lähetettiin layout-kuvat tar-

jouspyyntöjen liitteenä eri yrityksille. Yritykset antoivat vastauksia erilaisista valmispaketti ratkaisuksista.

Saatujen tarjouspyyntöjen perusteella esitettiin ne toimeksiantajalle, joka hylkäsi valmispakettitarjoukset niiden hintavuuden takia. Tämän seurauksena rakennettiin itse piirrettyjen layout-piirustusten perusteella kotelo.

Kotelon ohuista polykarbonaattilevyistä johtuen jouduttiin tukirakennetta vahvistamaan, jotta se kantaisi kansilevyyn kiinnitettyjen ilmanvaihtokanavien ja laitteiden painon.

Anturit

Antureista reunaehtoina oli, että yhdessä anturissa oli oltava kaikki kolme mitattavaa mitta-arvoa ja antureiden oli oltava yhteensopivia logiikan kanssa.

Anturiksi otettiin huonetilan seinään kiinnitettävä anturipaketti, jossa oli kosteus-, lämpötila- ja hiilidioksidimittaukset samassa laitteessa. Anturi toimii 24 VAC jännitteellä ja kaikista mittauksista saadaan 0–10V mittaustieto. Mittausalueet: Kosteus 0–100 %, lämpötila 0–50 °C ja hiilidioksidi 0–5000 ppm:n.

6.2 Suunnitteluvaihe

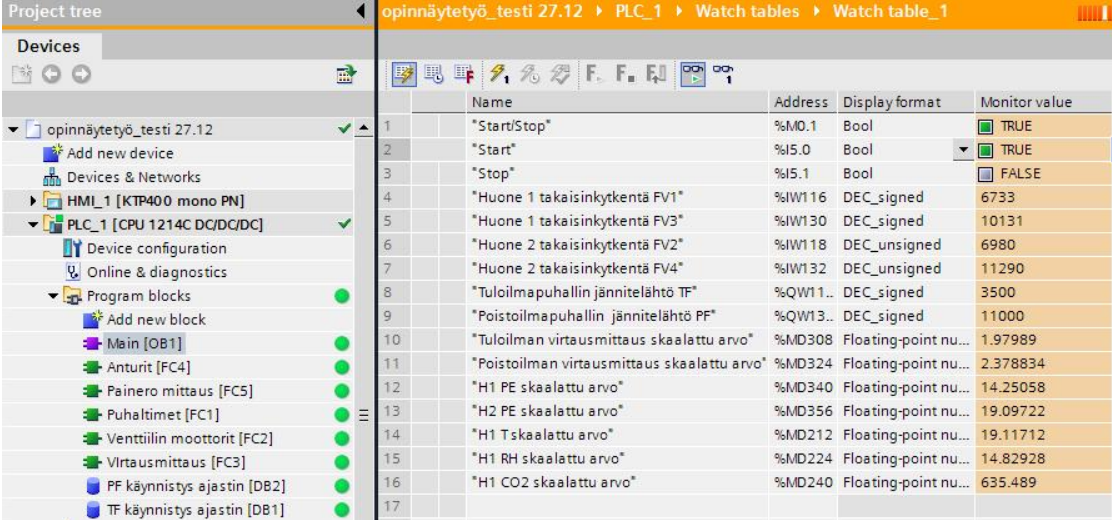
6.2.1 Ohjelmistosuunnittelu

Ohjelmasuunnittelu rakennettiin Siemens Step7 v10.5. Ohjelmistoon on määriteltävä käytettävissä oleva laitteistorakenne, jotta ohjelmisto kykenee automaattisesti määrittämään IP- yhteydet laitteiden välille. Määrittelyvaiheessa ohjelmisto jakaa logiikkakokonaisuudessa oleville korteille oman osoitteiston tulo- ja lähtömoduuleille.

Koelaiterympäristön ohjelmisto rakennettiin siten, että toimilaitteille ja mittauksille tehtiin oma FC-block: puhaltimille, antureille, virtausmittauksille, venttiilimoottoreille ja paine-ero mittauksille, joihin tehtiin haluttu toiminnallisuus.

Puhaltimien toiminta muodostettiin aloituskäskyllä, jolloin puhaltimet ajetaan kymmenen sekunnin ajan kahteen volttiin, joka on puhaltimien käynnistysjännite. Käyn-

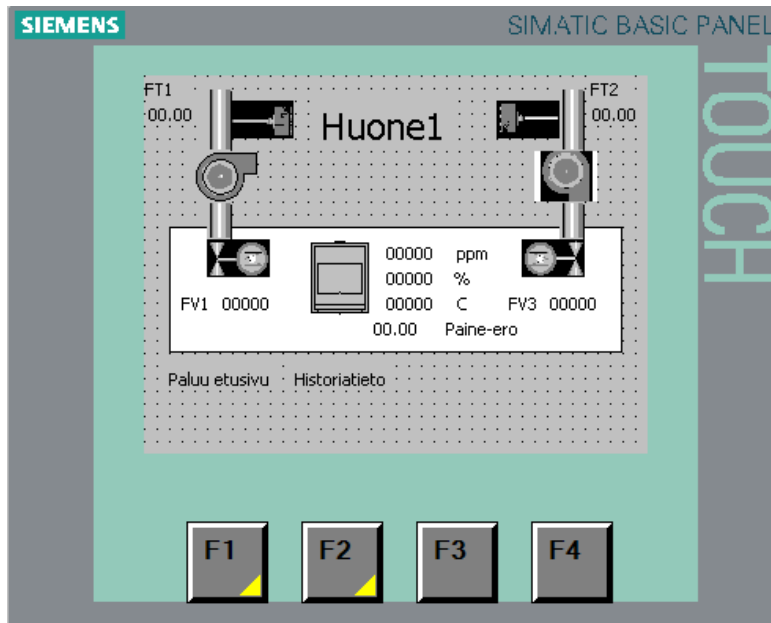
nistysjännitteen jälkeen puhaltimien kierrosnopeutta on mahdollista, joko kasvattaa tai pienentää. Kaikkien laitteiden toimintalohkoja kutsutaan main-lohkossa, jotta ohjelmakokonaisuus on hallittavissa ja se toimii halutulla tavalla. Ohjelmiston jakaminen erillisiin FC-lohkoihin helpottaa ohjelmallisen koodin lukemista ja tekee rakenteesta selkeämmän. Rakennettua ohjelmaa voidaan simuloida Step7 ohjelmassa olevalla Watch tablen toiminnolla (ks. kuvio 28).



	Name	Address	Display format	Monitor value
1	"Start/Stop"	%M0.1	Bool	TRUE
2	"Start"	%I5.0	Bool	TRUE
3	"Stop"	%I5.1	Bool	FALSE
4	"Huone 1 takaisinkyntä FV1"	%IW116	DEC_signed	6733
5	"Huone 1 takaisinkyntä FV3"	%IW130	DEC_signed	10131
6	"Huone 2 takaisinkyntä FV2"	%IW118	DEC_unsigned	6980
7	"Huone 2 takaisinkyntä FV4"	%IW132	DEC_unsigned	11290
8	"Tuloilmapuhallin jännitelähtö TF"	%QW13..	DEC_signed	3500
9	"Poistoilmapuhallin jännitelähtö PF"	%QW13..	DEC_signed	11000
10	"Tuloilman virtausmittaus skaalattu arvo"	%MD308	Floating-point nu...	1.97989
11	"Poistoilman virtausmittaus skaalattu arvo"	%MD324	Floating-point nu...	2.378834
12	"H1 PE skaalattu arvo"	%MD340	Floating-point nu...	14.25058
13	"H2 PE skaalattu arvo"	%MD356	Floating-point nu...	19.09722
14	"H1 T skaalattu arvo"	%MD212	Floating-point nu...	19.11712
15	"H1 RH skaalattu arvo"	%MD224	Floating-point nu...	14.82928
16	"H1 CO2 skaalattu arvo"	%MD240	Floating-point nu...	635.489
17				

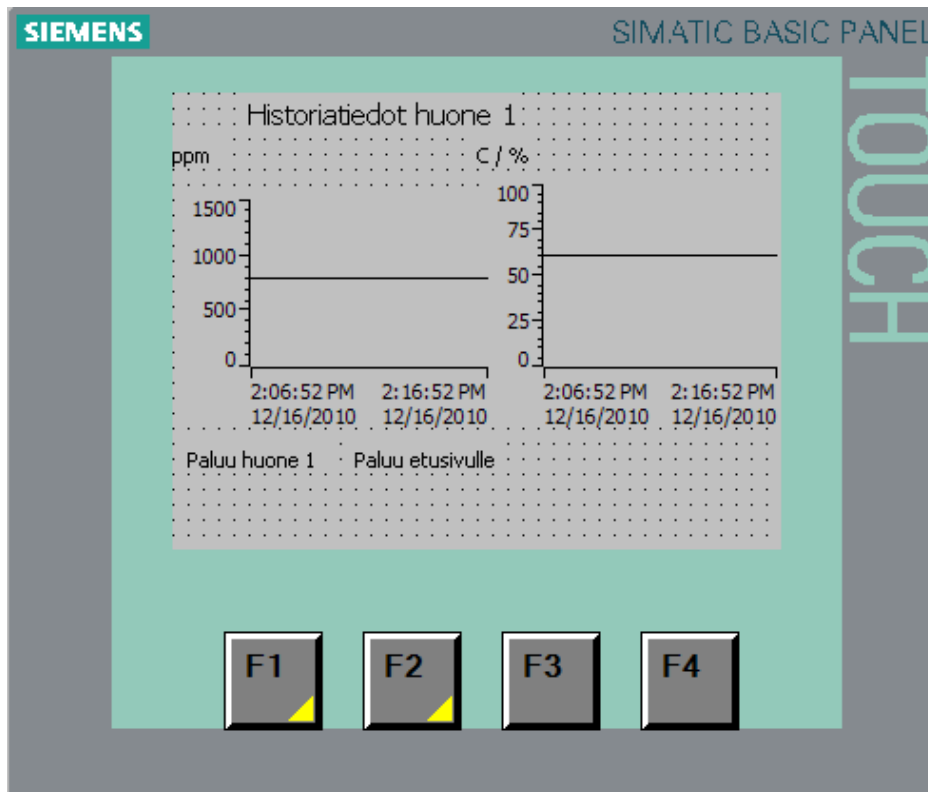
KUVIO 28. Toiminnalliset FC – blokit ja Watch table

Valvomotoiminta tapahtuu Siemensin KP400 Mono paneelin avulla, johon rakennettiin valikkorakenne eri toiminnoille. Etusivulla on pysäytys ja käynnistys painikkeet ja pääsy alisivuille. Alasivut ovat huone1 ja huone2, joissa on kuvaus prosessista ja esitetty reaaliaikaiset tiedot antureiden-, virtauksien – ja paine-eromittauksista sekä venttiilien asemointitiedosta (ks. kuvio 29).



KUVIO 29. Valvomossa oleva huone1 prosessikuvaus

Huone 1 ja 2 alasivuilta pääsee erilliselle historiatietosivulle, josta käyttäjä näkee reaaliaikaisen anturien mittaustiedot graafisena kuvaajana. Grafiikkaan on myös merkitty säätörajat, jonka ylityksen jälkeen kyseisen huoneen ilmanvaihto tehostuu (ks. kuvio 30).

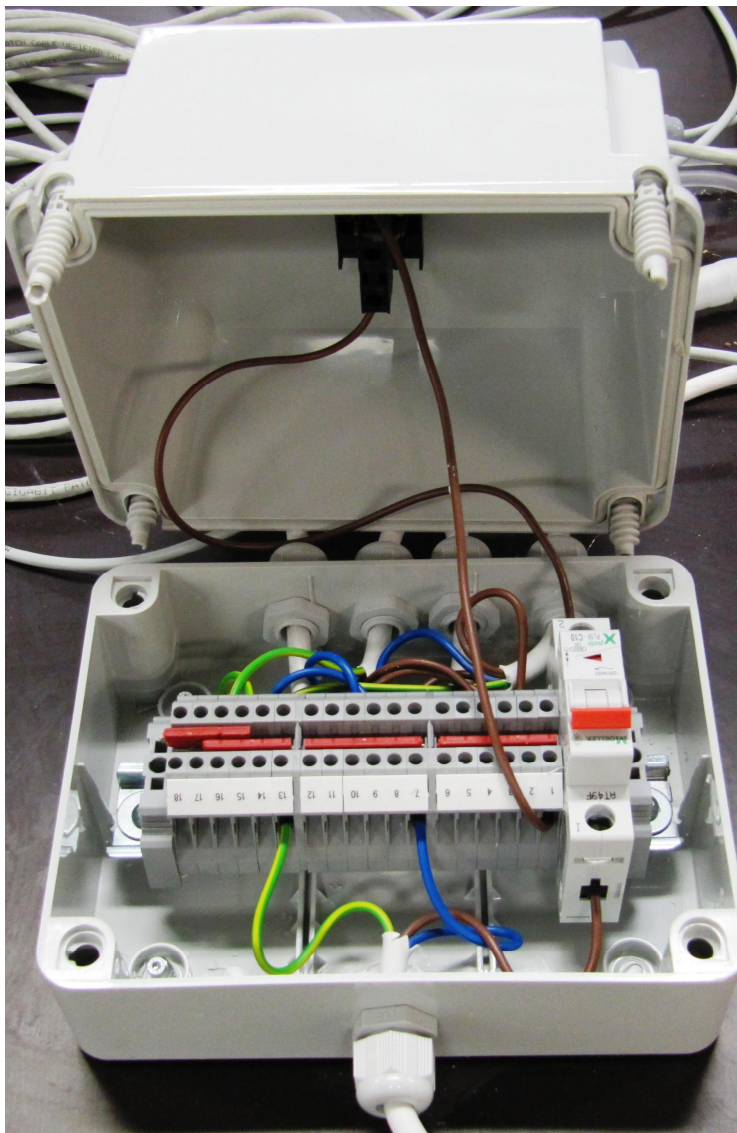


KUVIO 30. Huoneiden mittausparametrien graafiset kuvaajat

6.2.2 Instrumentointi ja kaapelointi

Instrumentoinnissa on määritelty paikat logiikalle, lisävirtalähteelle, anturille, venttiilimoottoreille, puhaltimille ja virtausmittauksille sekä paine-erolähtettimeksi.

Jännitesyöttö 230 VAC tuotiin jännitteenjako koteloon, jossa se vietiin vikavirtasuojan kautta hätäseis- painikkeelle ja sen jälkeen riviliittimille (XKK3-), jossa jännite jaettiin järjestelmän laitteille, jotka ovat tulo- ja poistoilmapuhallin, lisävirtalähde ja logiikan virtalähde (ks. kuvio31) (ks. liite 3. Kyt kentäkaaviot, 13/15) (ks. liite 4. Kyt kentälista 5/5).

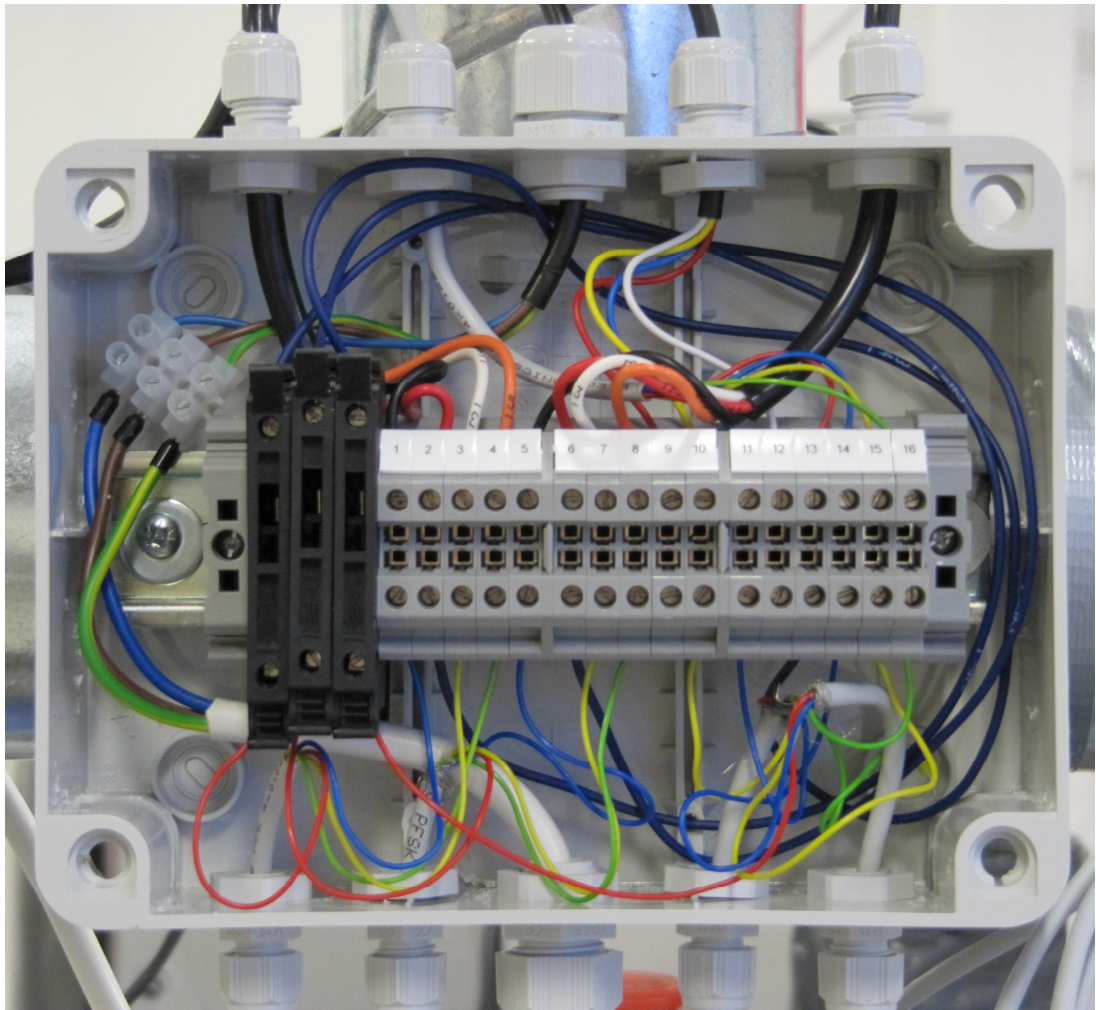


KUVIO 31. Kenttäkotelo XKK3 kytkennät.

Logiikka sijoitettiin koelaiterympäristön kansilevyyn, mutta sitä ei sijoitettu koteloon tai erilliseen sähkökaappiin toimeksiantajan pyynnöstä. Logiikka kaapeloitiin kaapelikouruja pitkin riviliittimille (XLogiikka-) (ks. liite 4. Kytkentälista 1/5 ja 2/5).

Anturit sijoitettiin kumpaankin huoneistoon poistoilmaventtiin läheisyyteen, koska huoneistoihin aiheutetaan häiriötä kosteudella ja hiilidioksidilla. Anturit asennettiin huoneiston seinään hieman puolenvälin yläpuolelle ja kaapeloitiin suoraan logiikan riviliittimille (XLogiikka-) (ks. liite3. Kytkentäkaavio 1/15 ja 6/15).

Neljä venttiilimoottoria asennettiin ilmavaintokanavan sisään, jossa se kiinnitettiin ilmanvaihtokanavan seinämään ja sen toimielin kiinnitetään ilmanvaihtokanavan pääte-elimeen, jolloin se saa aikaan halutun liikkeen pääte-elimessä. Kaapelointi tapahtui tuloilmaventtiileissä kenttäkotelon (XKK1-)riviliittimille ja poistoilmaventtiilissä kenttäkoteloon (XKK2-) riviliittimille, josta ne johdotettiin (XLogiikka-) riviliittimille. Sekä kenttäkotelo (XKK1- ja XKK2-) ovat samalla lailla kytkennälliset (ks. kuvio32) (ks. liite 3. Kytkentäkaavio 2/15, 3/15, 7/15 ja 8/15) (ks. liite 4. Kytkentälista 1/5, 2/5, 3/5, 4/5).



KUVIO 32. Kenttäkotelo XKK1:n kytkennät

Puhaltimet asennettiin tulo- ja poistoilmakanaviin, jossa ne simuloivat ilmastointikoneen toimintaa. Kaapelointi tehtiin siten, että tuloilmapuhallin johdotettiin kenttäkoteloon (XKK1-) kautta logiikan (XLogiikka-) riviliittimille ja poistoilmapuhallin (XKK2-) kautta logiikan (XLogiikka-) riviliittimille (ks. liite 3. KytKentäkaavio 4/15 ja 9/15).

Virtausmittarit asennettiin ilmastointiputken päihin ennen tulo- ja poistoilmapuhaltimia, koska tällöin puhaltimista aiheutuvat pyörteilyt eivät aiheuta häiriötä mittaukseen. Kaapelointi tapahtui tuloilman virtausmittauksessa (XKK1-) kenttäkotelon kautta logiikan (XLogiikka-) riviliittimille ja poistoilman virtausmittauksessa (XKK2-) kenttäkotelon kautta logiikan (XLogiikka-) riviliittimille (ks. liite 3. KytKentäkaavio 5/15 ja 10/15).

Paine-erolähettimeksi asennettiin koelaitteen kansilevyyn, johon on porattu reikä paine-eromittauksessa käytettävää kumiputkea varten, siten että toinen asennettiin

koelaitetilan ulkopuolelle ja toinen sisäpuolelle. Paine-eromittalaitteet kytketään suoraan logiikan (XLogiikka-) riviliittimille (ks. liite 3. KytKentäkaavio 14/15 ja 15/15).

Työssä tarvittiin ohjausjärjestelmän virtalähteen kanssa lisävirtalähdettä, joka sijoitettiin samaan DIN kiskoon logiikan kanssa. Lisävirtalähde on kaapeloitu ohjausjärjestelmän kolmelle AI/AO kortille ja sulakkeen kautta (XLogiikka-) riviliittimien plus ja miinus liittimille (ks. liite 3. KytKentäkaavio 12/15).

Toimilaitteiden kaapeloinnissa käytetään ylivirtasuojauksia, jotka suojelevat toimilaitteita ja ohjausjärjestelmää mahdolliselta rikkoutumiselta tai ylivirralla. Ylivirtasuojauksia tapahtuu sulakkeilla, jotka ovat asennettu kenttäkoteloihin.

6.3 Koelaitteiston toiminta

6.3.1 Toiminnallinen kuvaus

Ohjausjärjestelmäksi valittiin ohjelmoitava S7-1200-logiikka, johon tehdään Step7 10.5 ohjelmalla ohjelma, joka sisältää järjestelmän kaikkia ohjauksia ja säätöpiirejä. Ohjelmistolla rakennetaan työssä tarvittava valvomonäyttö. Step7 ohjelmistolla tehdyt logiikka ohjaukset sekä valvomonäyttö ladataan samanaikaisesti logiikalle.

Poisto- ja tuloilmaventtiilejä liikuttavat moottorit, joilla voidaan asemoida venttiilit haluttuun asemaan, sisäilman antureiden mittaussparametrien mukaan. Huoneistokohtaiset anturit toimivat mittausvälineinä, joilla simuloidaan sisäilman epäpuhtauksien määrää. Virtauslähettimellä mitataan ilmanvaihtokanavassa olevaa ilman virtausmäärää ja paine-eromittauksilla tarkkaillaan huoneistojen alipainesuutta. Puhaltimet toimivat huoneistojen ilmankierrättäjinä.

Opinnäytetyössä toteutetaan automaattisen ilmanvaihdon ohjaus käyttäen hyödyksi ilmanvaihdon pääte-eliminiä, jotka ovat poisto- ja tuloilmaventtiilit. Ilmanvaihdon hallinta toteutetaan koelaitteessa huoneistokohtaisesti.

6.3.2 Toiminnallisuuden tarkastelu

Opinnäytetyössä rakennetulla koelaitteympäristössä haetaan vastausta kysymyksiin:

1. Onko nykyaikaisella automaattioratkaisulla mahdollista ohjata ja hallita ilmanvaihdon pääte-elimä moottoroidusti?
2. Onko sillä merkitystä asuinviihtyvyyteen?
3. Voidaanko tutkimusta soveltaa käytäntöön?

6.4 Käytännön toteutus

6.4.1 Koelaiterympäristön asennus

Kotelon runko rakennettiin puusta. Puinen tukirakenne on tehty 48 x 48 mm rimasta ja sitä vasten on asetettu 50x 50 mm kulmarima, siten että polykarbonaattilevy jää niiden väliin. Seinät ovat 4 mm paksua polykarbonaattilevyä. Polykarbonaattilevyn päälle on asennettu tukirakenteeksi puinen 25 x 25 mm lista, johon asennetaan ikkunatiiviste tiivistämään katon ja seinän välinen rako, koska katon haluttiin olevan irrotettava. Polykarbonaattilevyt on kiinnitetty liimaamalla tukirakenteeseen ja ne ovat saumattu silikonilla. Silikoni tiivistää rakenteen mahdollisimman tiiviiksi, jolloin kyetään saamaan haluttu alipaineisuus huoneistoon.

Pohja- ja kansilevy ovat 18 mm filmivaneria, joista kanteen on porattu ilmavaihtoputkia varten neljä läpivientiä. Lisäksi kattoon on tehty paine-ero mittauksille ja antureiden kaapeleille neljä reikää ja huoneistoihin syötettäville häiriöille, jotka ovat CO₂ ja kosteus on tehty neljä reikää (ks. kuvio 33). Ilmanvaihtoputket mitoitettiin ja sahattiin määrämittäisiksi, jonka jälkeen ne asennettiin piirustusten pohjalta (ks. liite 5. Kotelon layout 1/4 – 4/4).



KUVIO 33. Ilmanvaihtokoelaite kokoonpantuna

6.4.2 Toiminnallinen testaus

Järjestelmän kokoonpano ja testaus

Koelaiteympäristön toiminnallinen testaus aloitettiin S7-1200-logiikan kokoonpanolla liittämällä tarvittavat komponentit DIN-asennuskiskoon ja toisiinsa. Asennuksen jälkeen logiikka kaapeloitiin jännitesyöttöjen sekä tulo- ja lähtömoduulien kanssa. Tämän jälkeen määriteltiin ohjelmistoon sama komponenttikokoonpano, jotta logiikan ohjelmointi tulisi mahdolliseksi.

Logiikan kokoonpanon jälkeen jatkettiin yksittäisten toimilaitteiden testausta S7-1200-logiikan kanssa, jolloin myös tutustuttiin paremmin logiikan käyttöympäristön toimintoihin ja samalla määriteltiin mittauksien raja-arvot ohjelmallisesti.

Koelaiteympäristön rakenne

Koelaiteympäristön rakenteellisen kokoonpanon ja ohjauskytkentöjen jälkeen testattiin toimilaitteiden toimivuutta sijoitetuilla paikoilla, jolloin kyettiin havainnoimaan

laitteiden todellinen toiminta. Laitteet ohjelmoitiin toimimaan esisuunnitteluvaiheessa määritellyllä tavalla. Laitteiden toimintakuntoon saaton jälkeen tehtiin vaadittavat säätöparametrit ja testattiin niiden säätöominaisuudet.

Logiikka

Aluksi ongelmakohteiksi syntyi logiikkaohjelmiston erilainen käyttöympäristö. Ohjelmassa erilaista oli koko käyttöympäristön valikkorakenne, yksityiskohtaisempi säätövalikko ja ohjelmiston sekä laitekokonaisuuden yhteysprotokollan hallinta verrattuna Jyväskylän ammattikorkeakoulun automaatiotekniikan koulutusohjelmassa käytettäviin ohjelmistoihin. Koulussa käytettävät ohjelmistot ovat enimmäkseen S7-300 sarjan ohjelmistoja.

S7-300-logiikan ohjelmistossa yhteys muodostettiin USB-porttiin asennettavan kaapelin avulla. S7-1200-logiikan ohjelmistossa yhteys muodostettiin IP-pohjaisesti RJ-45-kaapelin avulla siten, että logiikalle ja muille samassa kokonaisuudessa oleville laitteille määriteltiin aliverkkoon oma IP-osoitteensa.

Puhaltimet

Ilmanvaihtoputkien painehäviöiden mitoituksessa koelaiterympäristössä ei ole merkitystä, koska ilmanvaihtoputkisto oli symmetrinen ja kanaviston kokonaispituus oli pieni painehäviöiden syntyä varten (ks. liite 6. Ilmastointiputkien mitoitus). Oikeissa ilmanvaihtokokonaisuuksissa painehäviöiden laskeminen on erittäin tärkeää ilmastointikoneiden puhallustehon määrittämiseksi.

Ensimmäisiä koeajoja testiympäristön valmistumisen jälkeen tehdessä huomattiin, ettei puhaltimien kierrosnopeutta kyetä säätämään suhdessä. Säädössä ongelmana oli työn alussa tehty rajaus, joka tarkoitti, ettei koelaitteiston ilmanvaihtokanaviin asenneta erillisiä säätö- tai sulkupelejä. Tämä pois sulki paine-ero mittauksen käytön putkistossa.

Säätö – ja sulkupeltien puutteen vuoksi jouduttiin valitsemaan ilmanvirtausmittaus, jolla ei voida säätää puhaltimien kierrosnopeutta portaattomasti. Syy tähän on, että puhaltimien pyöriessä ja tulo- ja poistoilmaventtiilien ollessa alkuasennossa paine kanavassa kasvaa ja tällöin virtausnopeus pienenee. Venttiilien avautuessa putkistos-

sa oleva paine pienenee ja virtausnopeus kasvaa, eli tässä tapauksessa puhaltimien kierrosnopeuden säätö ilmavirtamittausta hyväksikäyttäen oli pois suljettu vaihtoehto.

Ongelma ratkaistiin siten, että puhaltimet asetettiin toimimaan kaksitilaisina. Kokeellisin menetelmin puhaltimien kierrosluvut asetettiin sellaisiksi, että venttiilien ollessa normaali – tai tehostus asennossa huoneissa on noin 20 Pa paine-ero.

Tulo- ja poistoilmaventtiilin koeajot

Venttiilin liikeradat määriteltiin kokeellisesti ajamalla aluksi jokainen venttiili kiinni, josta saatiin lukuarvo, jossa venttiilin tiedettiin olevan kiinni. Tämän jälkeen jokainen venttiili ajettiin yksitellen suurimpaan mahdolliseen aukiolo kohtaan, jossa sillä on vapaa liikkuvuus ja se ei osu runkorakenteisiin.

Venttiilien asemointi ja puhaltimien tuoton mitoitus perustui kokemusperäisten nopeuksien käyttöön. Pyrkimyksinä siihen, että ilmanvaihtoa tehostaessa saadaan suu-rempia ilmavirtauksia, jotta tuloilma saadaan tehokkaasti sekoittumaan oleskelutilaan ja tällä tavoin saadaan jäteilma poistumaan huoneilmasta nopeasti.

Venttiilien liikeradan asemoinnin jälkeen määriteltiin venttiilien normaaliasennot, jonka tiedoista määriteltiin puhaltimen kierrosnopeus. Siten, että normaaliasennossa tuloilmaventtiilin yli oli 1 m/s ilmavirtaus, jolloin tulokanavassa oli 0,5 m/s ilmavirta ja poistoilmakanavassa oli noin 0,7 m/s.

Tehostetussa ilmanvaihdossa tulo- ja poistoilmaventtiilejä ajettiin samanaikaisesti ja samassa suhteessa määriteltyyn aukioloarvoon, jolloin tuloilmakanavassa oli noin 2,6 m/s ilmavirtaus ja poistoilmakanavassa noin 3m/s.

6.4.3 Koelaiterympäristön luovutus

Automatisoidun ilmanvaihdon koelaiterympäristö luovuttiin Insinööritoimisto Proline Oy:lle 10.1.2011 sisältäen suunnitteludokumentit. Suunnitteludokumentaatio käsittää layout piirustukset, kytkentäkaaviot, kytkentälistan, PI- kaavion, mittapisteluettelo, laiteluettelon ja koelaiterympäristön käyttöohje.

7 TUTKIMUKSEN TULOKSET

7.1 Ilmanvaihdon pääte-elinten ohjaus automaattioratkaisulla

Nykyisillä automaattioratkaisuilla on mahdollista ohjata ja hallita ilmanvaihdon pääte-elimien toimintaa moottoroidusti. Langallinen ohjaus tulee kyseeseen silloin, kuin kaapelointi välimatkat ovat pienet ja ei haluta käyttää vikaherkkää langatonta tekniikkaa. Langallista järjestelmää on hyödyllisintä käyttää jos tehdään kokeellista testiympäristöä, koska testiympäristössä kaapelointimatkat ovat lyhyitä.

Tutkimuksen avulla voidaan todeta, että riittävän automaatioasteen täyttävä langallinen laiteympäristö mahdollistaa pääte-elinten ohjauksen automatiikan avulla. Riittävä automaatioaste sisältää tarvittavat mittaukset huoneista ja toimilaitteen ohjauksen, joiden mukaan voidaan ohjata pääte-elimien asemointia.

Koelaiterympäristössä antureilta tuleva analoginen mittaustieto Analog Input (AI) tuodaan ohjausjärjestelmään, jossa se muutetaan ohjelmallisesti halutuksi Analog Output (AO) ohjausviestiksi pääte-elimien moottorille, jolla saadaan aikaiseksi haluttu toiminnallisuus.

7.2 Pääte-elinten ohjauksen merkitys asuinviihtyvyyteen

Automaattisella ohjauksella voidaan vaikuttaa asuinviihtyvyyteen tehostamalla ilmanvaihtoa vain silloin kuin se on tarpeellista. Tutkimuslaitteistolla saatiin koelaiterympäristön ilmanlaatu pysymään halutunlaisena riippuen mitatuista arvoista.

Opinnäytetyössä kyettiin toteamaan huoneiston paine-eromittauksen avulla, että huoneistoissa on oikeanlainen alipaineisuus. Tällä tavalla huoneistoon syntyi oikeanlainen ilmankierto.

7.3 Soveltuvuus käytäntöön

Opinnäytetyössä käytetyssä koelaiterympäristössä ei voida suoraan soveltaa rakennuksissa käytettäviä ilmanvaihtoratkaisuja, vaan ainoastaan luotettavasti testata moottori ohjattujen pääte-elinten ja anturien yhteistoimintaa. Mielestämme yhden venttiiliparin säätö ei vaikuta todellisuudessa suurissa ja keskisuurissa ilmanvaihtoratkaisuissa ilmastointikoneiden säädettävyyteen, vaan vaikutukset näkyvät vasta useiden venttiiliparien säädössä.

Koelaiterympäristön huonetila oli liian pieni käytettyjen laitteiden toiminnan nopeuteen nähden, koska toimilaitteet on mitoitettu käytettäväksi oikeissa huoneympäristöissä. Mittalaitteisiin on suunniteltu keskiarvolaskenta nopeiden muutosten kompensoimiseksi. Työssämme huonetilavuuden pienuudesta johtuen syötettävien häiriöiden vaikutus mittalaitteisiin oli nopea ja suuri.

8 POHDINTA

8.1 Yleistä

Opinnäytetyö tuo Insinööritoimisto Proline Oy:lle lisää osaamista automaatio suunnitteluun, koska se ei ole yrityksen pääosa-alueita. Lisäksi työ voi tuoda yritykselle mahdollisuuden uuteen kaupalliseen tuotteeseen, joka edellyttää kuitenkin vielä jatkotoimenpiteitä ja lisätutkimuksia.

Työ tehtiin toimeksiantajan ideoista ja ajatuksista tutkimustyönä. Automatisoidun ilmanvaihto tutkimustyön pohjalta toimeksiantaja on aloittanut jatkotoimenpiteinä markkinoinnin teknisistä tarpeista ja vaatimuksista kohderyhmille.

Työ edisti omaa ammatillista kehittymistä automaatioinsinöörin eri suunnitteluvaiheiden toteuttajana. Työssä suunniteltiin laitevalinnat, toiminnallisuus ja tekniset ratkaisut perustuen automaatiotekniikan koulutukseen. Itsenäinen työskentely antoi valmiuksia ja kokemuksia työelämään siirtyessä.

8.2 Yhteenveto

Opinnäytetyön aihe oli erittäin haastava, mutta opettavainen. Haastavuuden opinnäytetyöhön toi se, että koulutusohjelmassa ei ole käyty juurikaan rakennusautomaatiota kokonaisuutena, vaan keskityttiin yksittäisten toimilaitteiden ohjauksiin. Haastavuutta lisäsi myös se, että jouduimme suunnittelemaan työn täysin alusta, mutta tämä oli erittäin opettavaista. Opimme eri suunnitteluvaiheiden huolellisen läpikäynnin tärkeyden aina esisuunnittelusta laitteen luovutukseen.

Suunnittelussa tärkeitä vaiheita ovat esisuunnittelu ja perussuunnittelu. Esisuunnittelussa käydään läpi automaatioaste ja toiminnallisuus, jonka jälkeen pystytään tekemään laitteista tarjouspyynnöt ja niiden perusteella laitevalinnat. Perussuunnittelu vaiheessa huomasimme laitevalintoja tehdessä, että on erittäin tärkeää hahmottaa laiteympäristö kokonaisuutena eikä yksittäisinä laitteina, jotka sopivat vain ohjauksjärjestelmän kanssa. Huomasimme myös, että jos esisuunnitteluun ei ole paneuduttu kunnolla on vaarana virheelliset laitevalinnat.

Työssä esisuunnittelu ja alustavat laitevalinnat tehtiin itsenäisesti, mutta laitevalinnoissa ennen tilaamista kysyttiin varmistus joidenkin laitteiden oikeellisuudesta toimeksiantajalta ja koululta. Lopullinen hyväksyntä laitteisto- ja koeympäristö vaihtoehtoista tulivat opinnäytetyön tekijöiden ja toimeksiantajan toimesta.

Tekisimme muutamat asiat toisella tavalla kuin työtä aloittaessa, esimerkiksi esisuunnitteluvaiheessa kokonaisuus tulisi hahmottaa itselle huomattavasti selkeämäksi ennen laitevalintojen kartoittamisen aloittamista. Tämä siksi, että järjestelmään tarvittavat laitteet ovat varmasti toiminnallisuudeltaan halutunlaiset.

Toinen asia minkä tekisimme toisin, että laitteiden kytkennät tulisi selvittää paremmin laitehankintoja tehdessä ja laitteiden mukana tulee varmasti oikeat kytkentäkaaviot. Tällä varmistetaan laitteiden yhteensopivuus suunniteltuun järjestelmään.

8.3 Jatkotutkimusaiheet

Koelaiteympäristössä jatkotutkimusaiheina olisivat putkistoon asennettavat kuristuslaipat ja paine-eromittaukset, jotta puhaltimien moottorien portaaton säätö tulisi mahdolliseksi. Lisäksi koelaiteympäristössä voitaisiin kokeilla eri anturityyppien toimintaa kuten VOC anturilla. VOC anturi mahdollistaa useamman eri huoneilman epäpuhtauden tunnistamisen kuten esimerkiksi kehon kaasut, kodinhoitotuotteet ja erilaisten rakennusmateriaalien päästöt.

Koelaiteympäristössä jatkotoimenpiteenä tulisi testata ylipaineisuutta vapaasti hengittäviin kohteisiin, koska kesällä rakenteet kostuvat korkean kosteuden takia. Liiallinen rakenteiden kostuminen estettäisiin ylipaineistetulla sisäilmalla, jolloin ilmankierrolla estettäisiin rakenteisiin jäävä kosteus. Lisäksi koelaiteympäristössä tulisi testata miten ikkunoiden ja ovien lisääminen vaikuttaa koelaiteympäristön ilmankiertoon.

Lisäksi olisi hyvä selvittää moottoroitujen ilmanvaihto pääte-elimien sijoittamista teollisuuden kohteisiin eli onko mahdollista hyödyntää moottoroituja pääte-elimia ja onko niille tarvetta teollisuuden ilmanvaihdossa.

LÄHTEET

Ajo, R. 2001 Laatu Automaatiossa. Saarijärvi: Saarijärven Offset.

Alikoski, J., Forsman, K., Harjanne, P., Heikkilä, P., Koskenranta, T., Piikkilä, V., Ruoho, T., Räikkönen, J., Sahlsten, T., Siirtola, M., Sulku, J. & Sutinen, Ö. 2001. Sähkötekniset Tietosanjärjestelmät, Rakennusautomaatiojärjestelmät. Tampere: Tammer-Paino.

Asumisterveys opas. Sosiaali- ja terveysministeriö 2005. Vammala: Vammalan Kirjapaino.

Avoin Automaatio ry. 2010. Viitattu 10.11.2010.

<http://www.avoinautomaatio.fi/index.php?k=20012>

Cinos Solutions Oy. 2010. Viitattu 11.11.2010

<http://cinost.fi/index.php?page= tuotteet>

Ebmpapst Oy. 2010. Viitattu 10.11.2010. <http://www.ebmpapst.fi/fi/>

Envic Oy. 2010. Viitattu 10.11.2010. <http://www.envic.fi/TL-AFT1D.pdf>

Faulhaber. 2010. Viitattu 29.11.2010.

<http://www.faulhaber.com/servlet/com.itmr.waw.servlet.Anzeige?fremdaufruf=ja&kdid=40929&sprachid=1&htdigurl=/n428412/i428419.html>

Harju, P. 2003. LVI-tekniikan perusteet. 5. p. Helsinki: Otava.

Hengityslitto Heli. 2006. Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. Viitattu 9.11.2010.

http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Oppaat_aineistot/Asu_terveesti/Terveellisen_rakennuksen_ilmanvaihto.pdf

Honkanen, H. 2007. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.11.2010.

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honhar/ma/KAT_LonWorks.pdf

Hämäläinen, A. 2008. Sisäilmaluokitus 2008, julkistustilaisuus. Viitattu 11.11.2010.

<http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/rakli-hamalainen.pdf>

Insinööritoimisto Proline Oy. 2010. Viitattu 12.11.2010. <http://www.pro-line.fi/index.html>

Juha Elektro 2010. Viitattu 19.11.2010. <http://tuotteet.juha-elektro.fi/catalog/8994/Simatic%20S7-1200%20logiikkasarja>

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki : WSOY Oppimateriaalit.

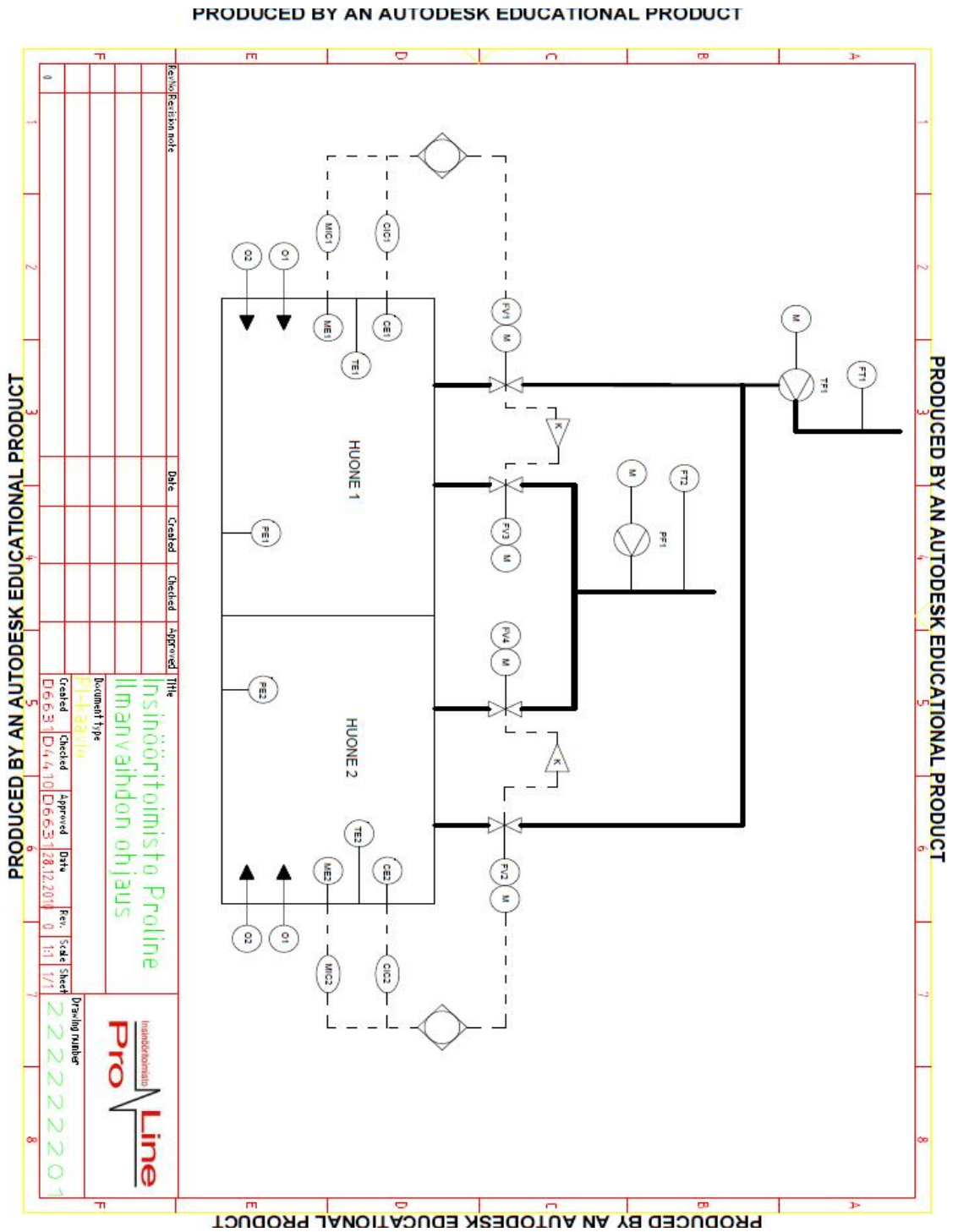
Mäkynen, O. 2007, Kodinohjausjärjestelmät. Tutkintotyö. Viitattu 10.11.2010.

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9824/M%C3%A4kynen.Olli.pdf?sequence=2>

- Pin d.o.o. 2009. Viitattu 2.12.2010. <http://www.pindoo.co.rs/S7-1200.jpg>
- Piikkilä, V., Sahlstén, T & HKR-rakennuttajat. Sähkötieto ry. 2006. Sähkötekniset tietojärjestelmät. ST-käsikirja 21. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Tampere: Tammer-Paino.
- Savolainen, J & Vaittinen, R. 2003. Sääntötekniikan perusteita. 5.p. Saarijärvi: Gummerus.
- Seppänen, O. 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Helsinki: Kirjapaino Kiitorata.
- Seppänen, O & Seppänen, M. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jyväskylä: Cumerus.
- Siemens AG 2010. Viitattu 19.11.2010. [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden tuotteet ja ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat logiikat simatic/s7 1200.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm)
- Sisäilmayhdistys. 2010. Viitattu 11.11.2010. [http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset tilat/sisailmasto/kemialliset epauhtauudet/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/kemialliset_epauhtauudet/)
- Sisäilmayhdistys ry. 1995. Viitattu 9.11.2010. [http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/ilmanvaihdon perusteet/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/ilmanvaihdon_perusteet/)
- Sulku, J. 2006. Painovoimainen ilmanvaihto - suunnitteluohje. Viitattu 9.11.2010. http://www.econo.fi/tutkimukset/documents/painovoimainen_ilmastointi.pdf
- Suomen Automaatioseura ry. 2010. Viitattu 10.11.2010. <http://www.automaatioseura.fi/index/toiminta.php?id=1004&sivu=d8bf6c97>
- Suomen Terveysilma Oy. 2010. Viitattu 9.11.2010. http://www.terveysilma.fi/index.php?browser_id=49
- Valtion ympäristöhallinto. 2010. D2 Suomen rakennusmääräyskokoelma 2010, Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Viitattu 9.11.2010. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=369556&lan=FI#a3>
- Ventur. 2009. Viitattu 29.11.2010. <http://www.ventur.eu/sites/en/products/product/31>
- Wexon Oy. 2010. Viitattu 29.11.2010. <http://www.wexon.fi/luettelo/>
- Wisepro Oy. 2009. Viitattu 11.11.2010. http://www.wisepro.fi/?page_id=106

LIITTEET

Liite 1. PI-kaavio



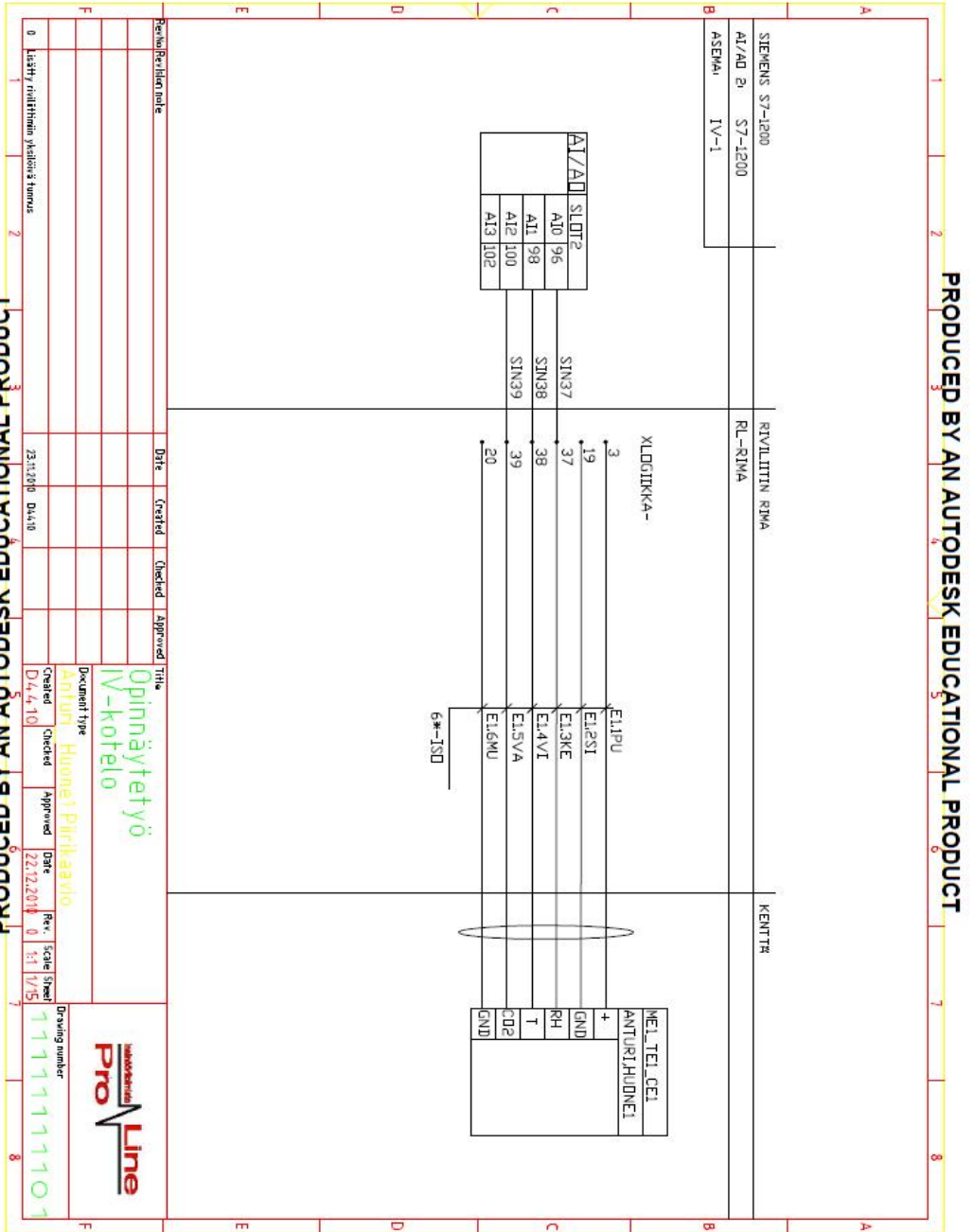
Liite 2. Mittapisteluettelo

Mittapisteluettelo						
Opinmäytelyö Automatisoidun ilmanvaihdon suunnittelu, rakennus ja testaus						
Tekijät: Jarkko Aalto ja Juhna Veijonen, IIA6S1						
Pos.tunnus	Pos. nimi	Yksikkö	Mittausalue	Pos. tyyppi	Lisätieto	
ME1	kosteusmittaus	%	0...100	AI	Mittaus huone 1	
ME2				AI	Mittaus huone 2	
TE1	lämpötilamittaus	°C	0...50	AI	Mittaus huone 1	
TE2				AI	Mittaus huone 2	
CE1	hiilidioksidimittaus	ppm	0...5000	AI	Mittaus huone 1	
CE2				AI	Mittaus huone 2	
FT1	virtausmittaus	m/s	0...20	AI	Mittaus tulolilmakanava	
FT2				AI	Mittaus poistolilmakanava	
FV1	Lineaariskelmoottori ohjaus	V	2...10 V	AO/AI	Tulolilna venttiili huone 1	
FV2				AO/AI	Tulolilna venttiili huone 2	
FV3				AO/AI	Poistolilna venttiili huone 1	
FV4				AO/AI	Poistolilna venttiili huone 2	
PE1	Paine-eromittaus	Pa	0...2000	AI	Mittaus huone 1	
PE2				AI	Mittaus huone 2	
TF1	Puhaltimet	V	0...10	AO	Tulolilmapuhallin	
PF1				AO	Poistolilmapuhallin	
REV.		PVM.	TEKIJÄ	HYVÄKSYNYT		
0	Ensimmäinen versio	21.10.2010	D6631	D4410		

Liite 3. Kyt Kentäkaaviot

Kyt Kentäkaaviot 1/15

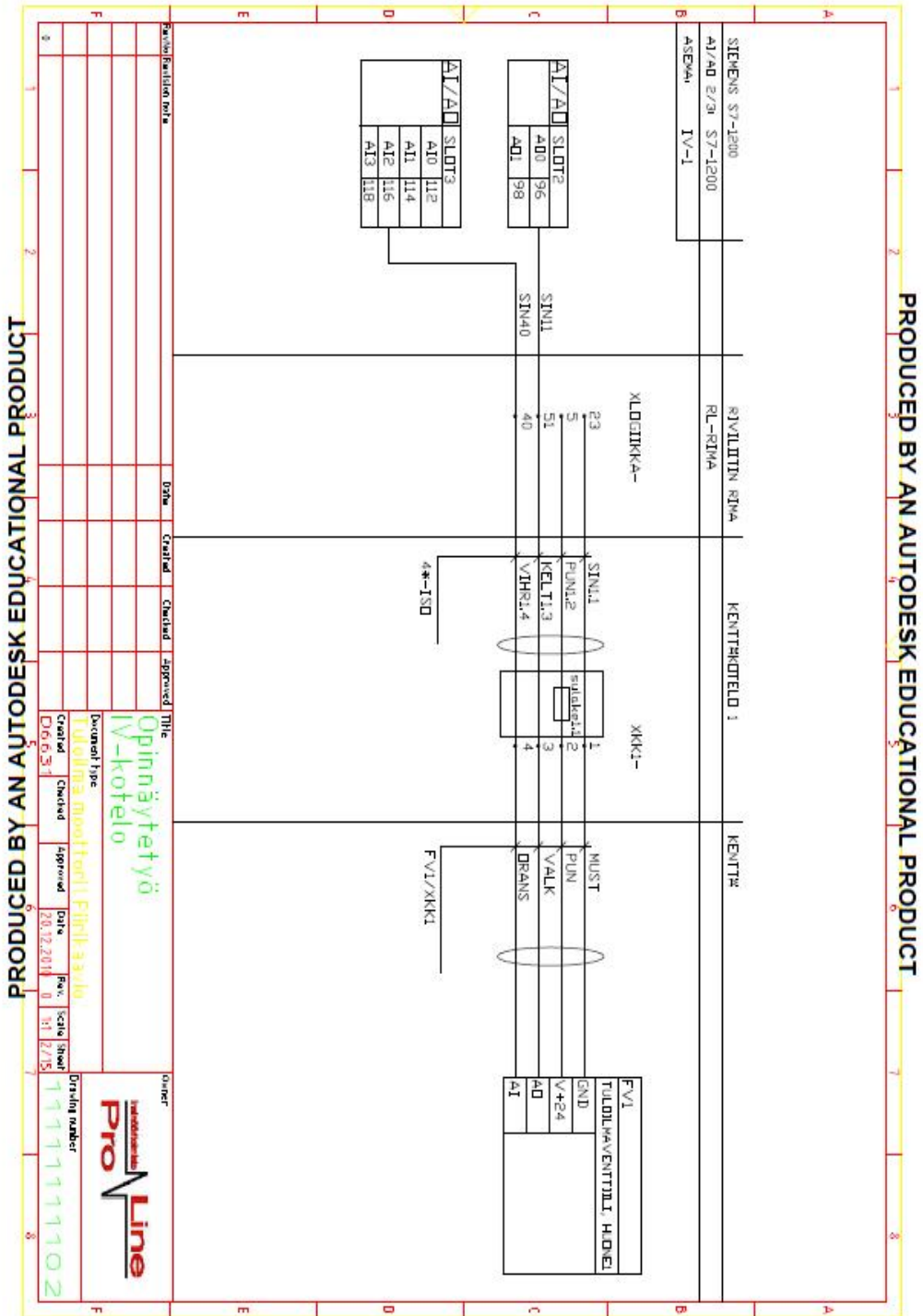
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 2/15

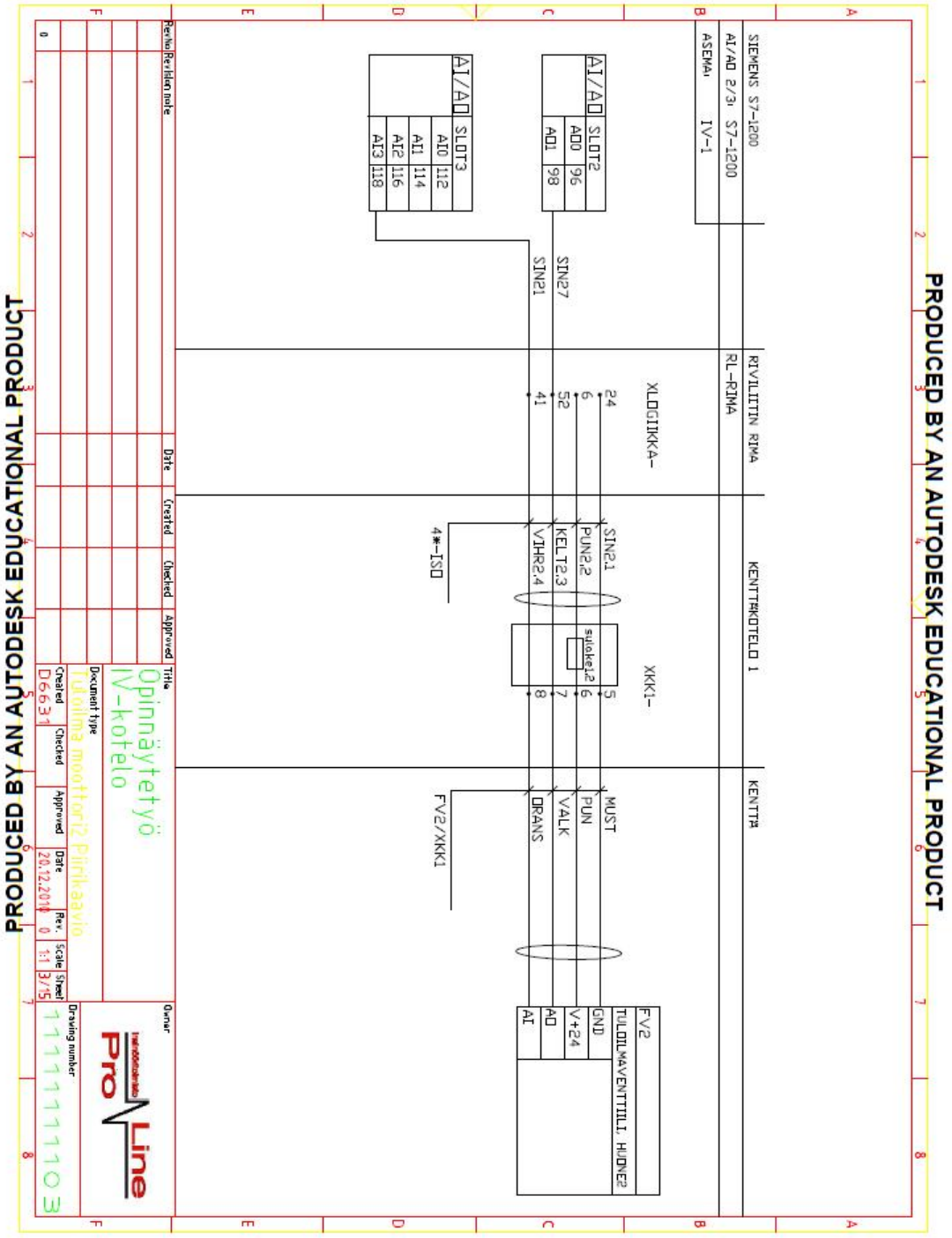
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 3/15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



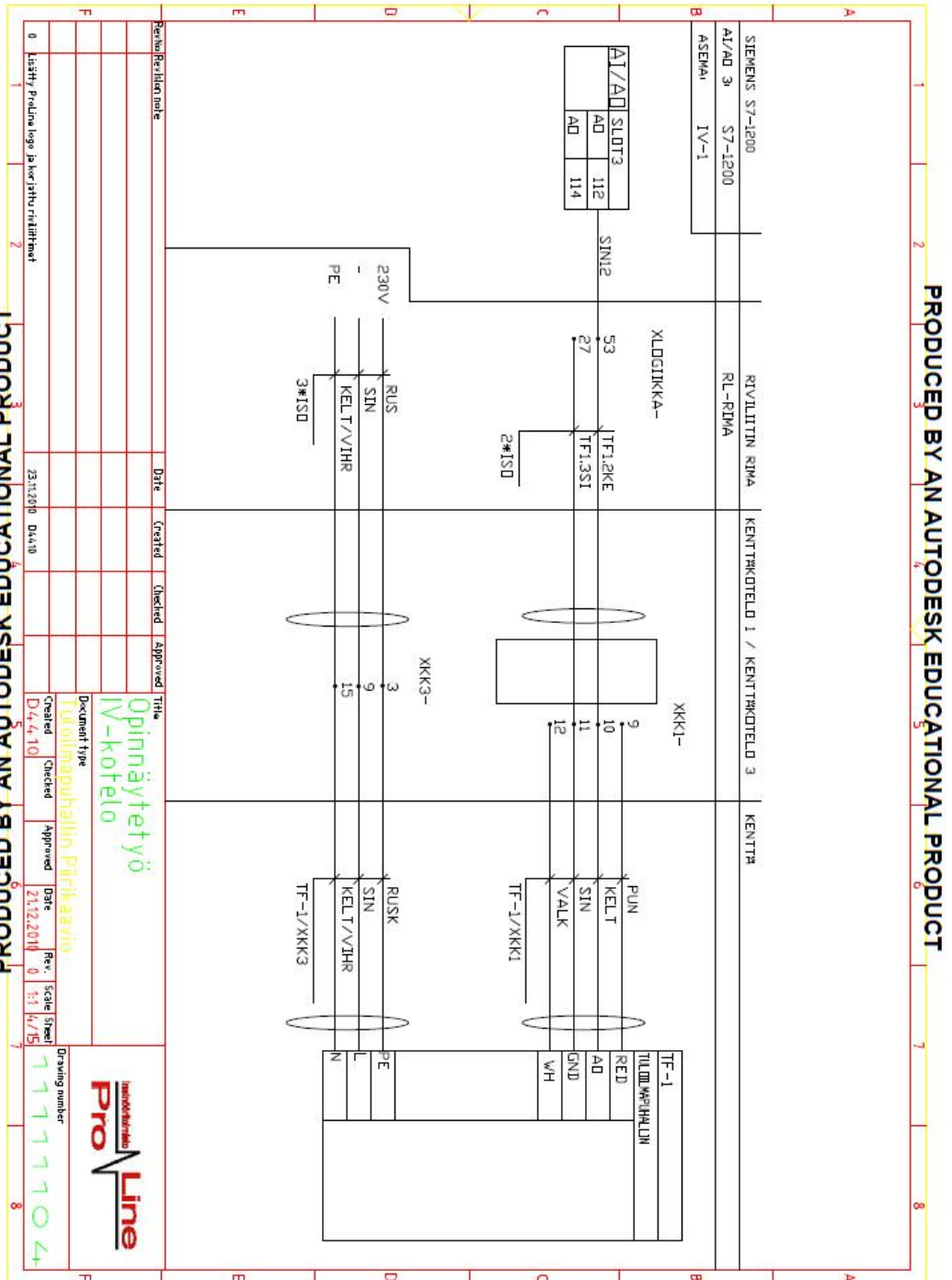
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 4/15

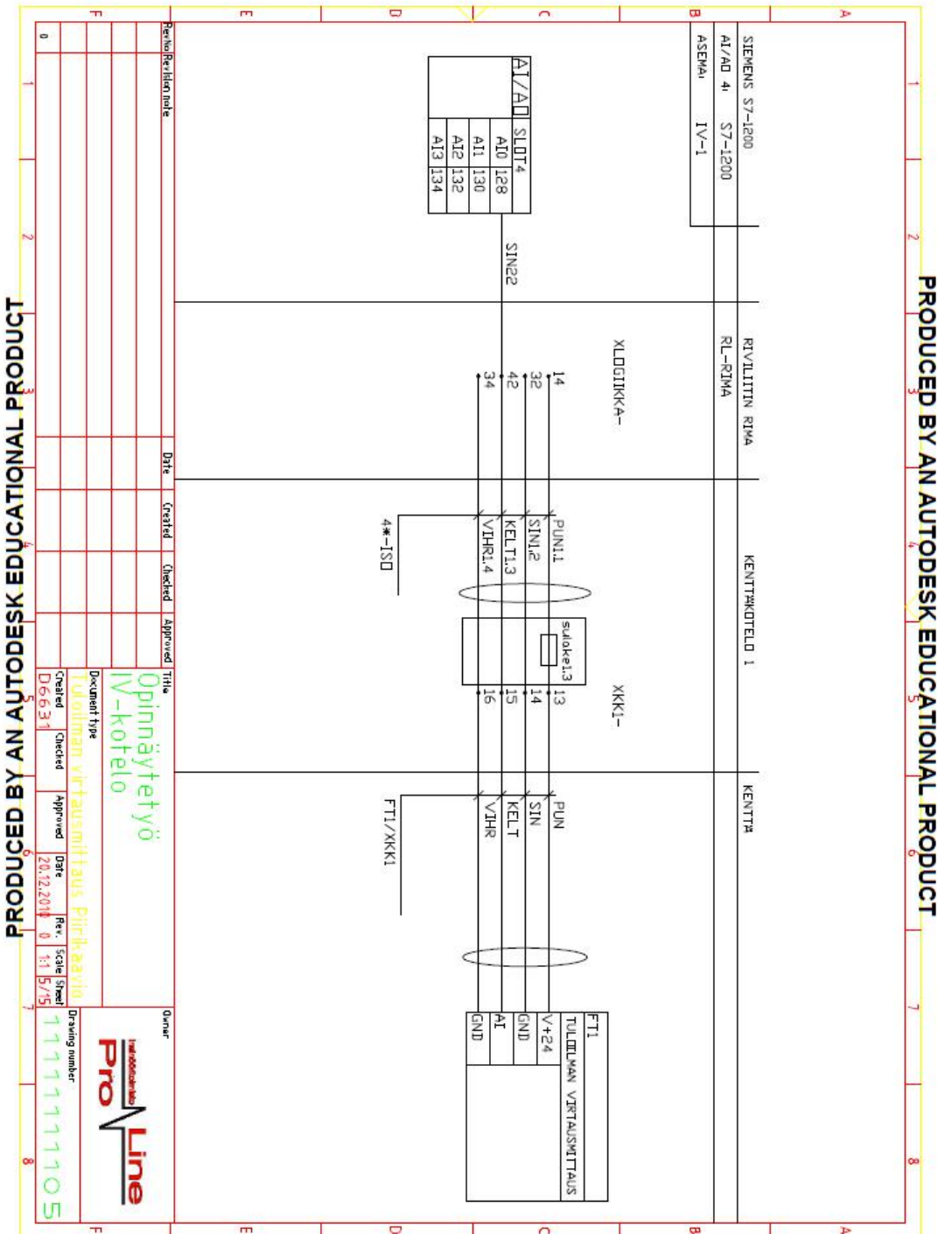
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 5/15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Opinnäytetyö
IV-kotelo
Tulotilan virtalisyttäminen
Piirikaavio
D6631



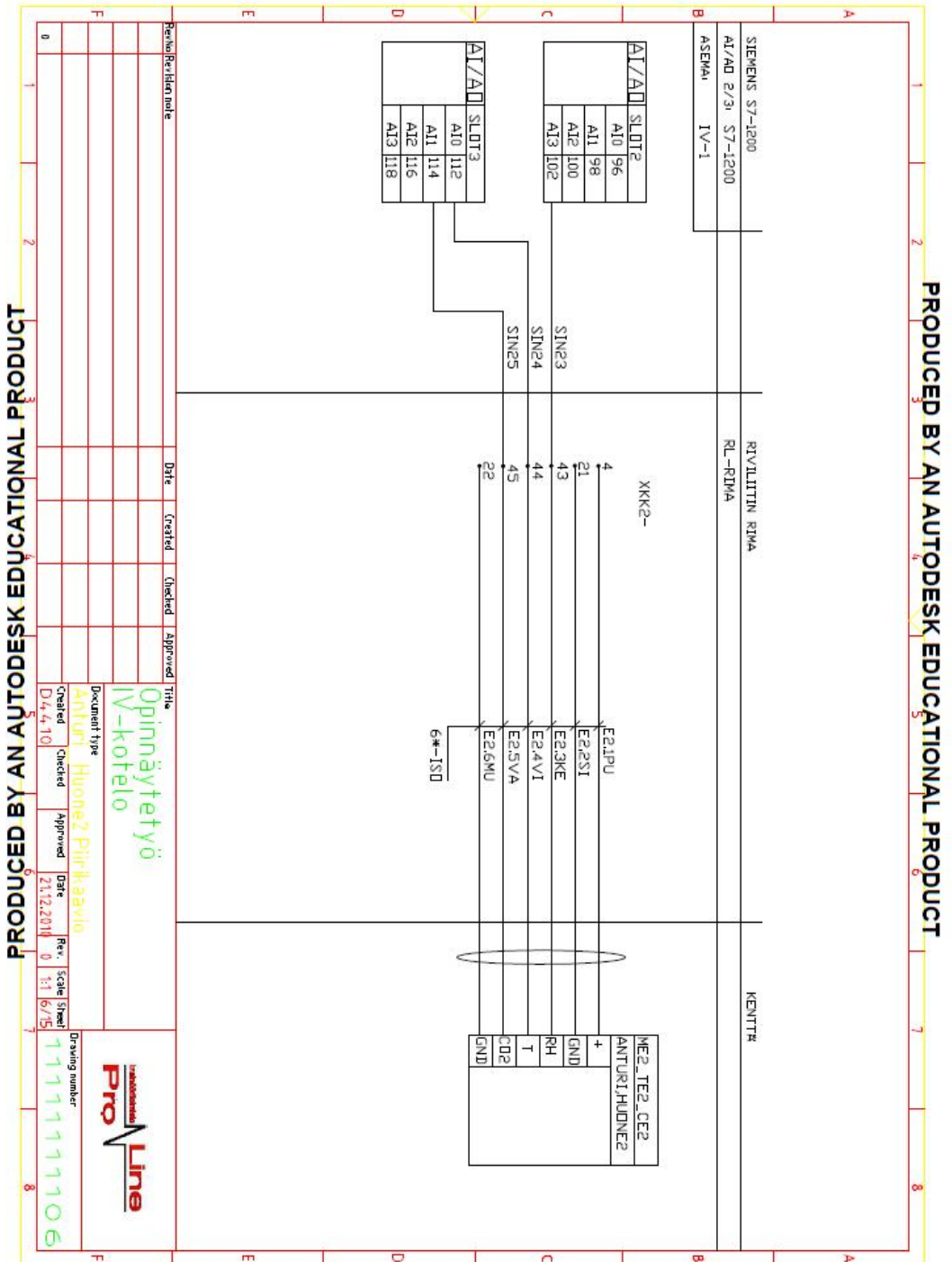
Owner
Drawing number
111111111105

Document type
Created
Checked
Approved
Date
Rev.
Scale
Sheet

Revision/Revisioiden nimi
Date
Created
Checked
Approved
Title

Kytentäkaaviot 6 /15

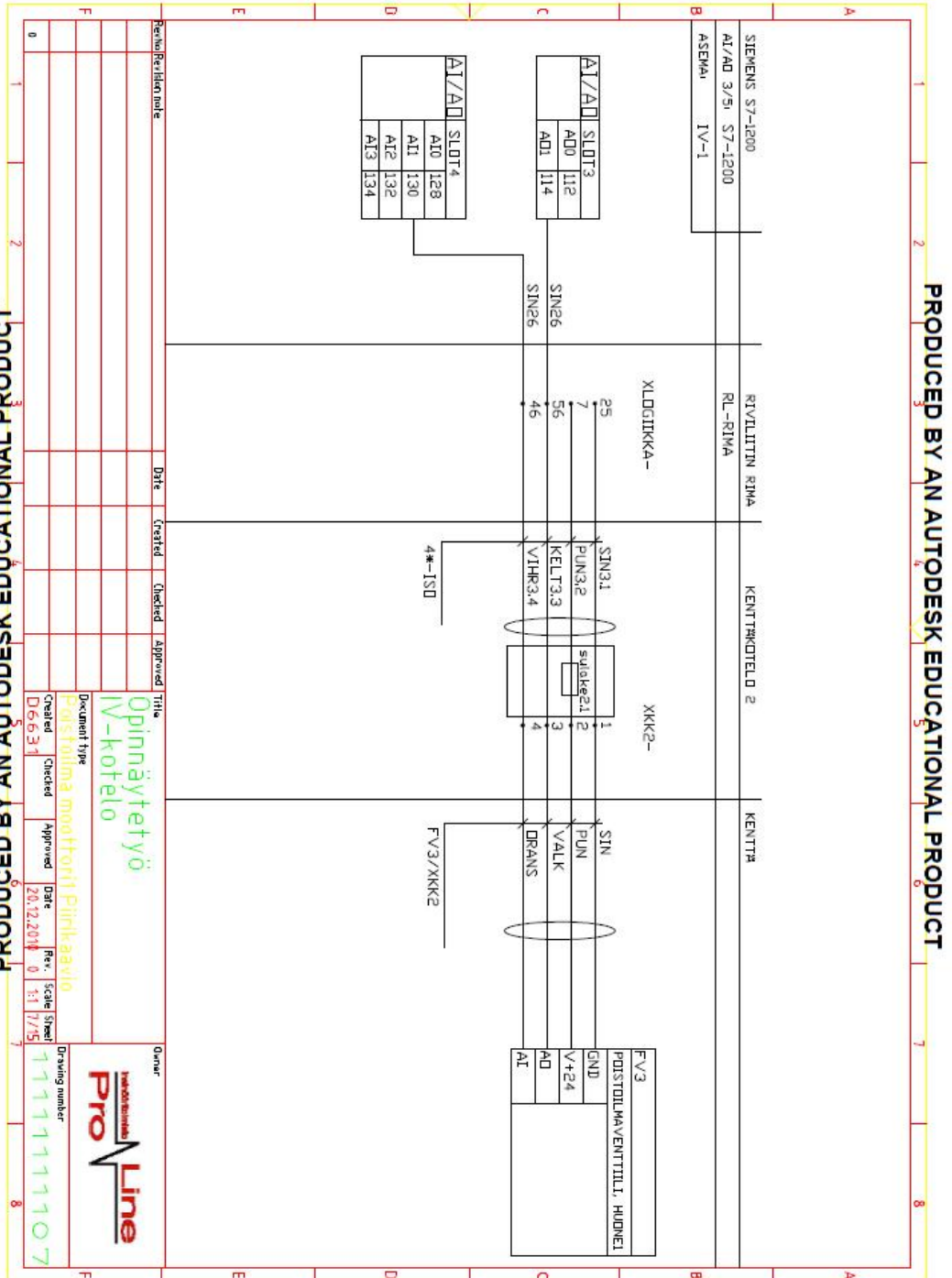
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 7 /15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

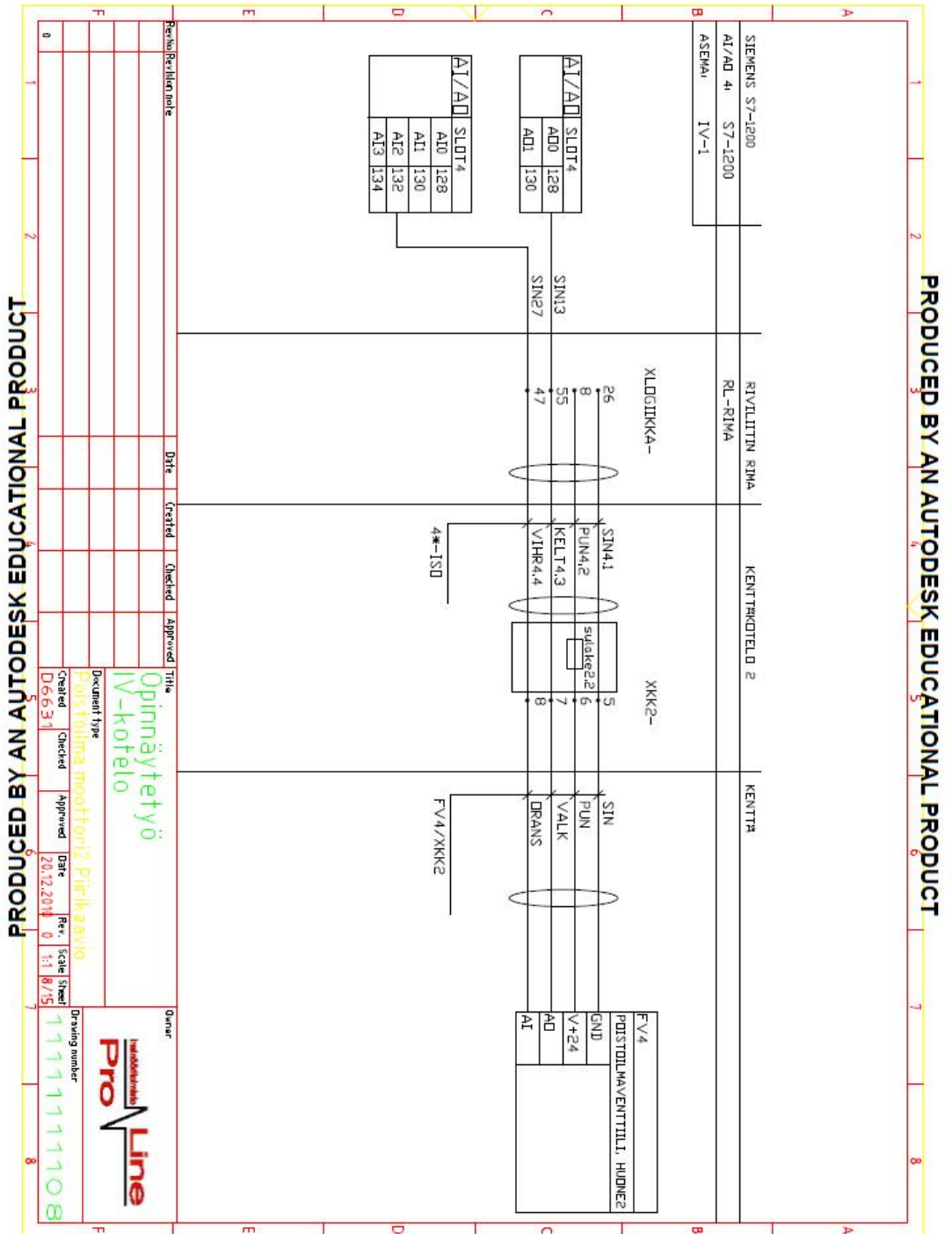


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 8 /15

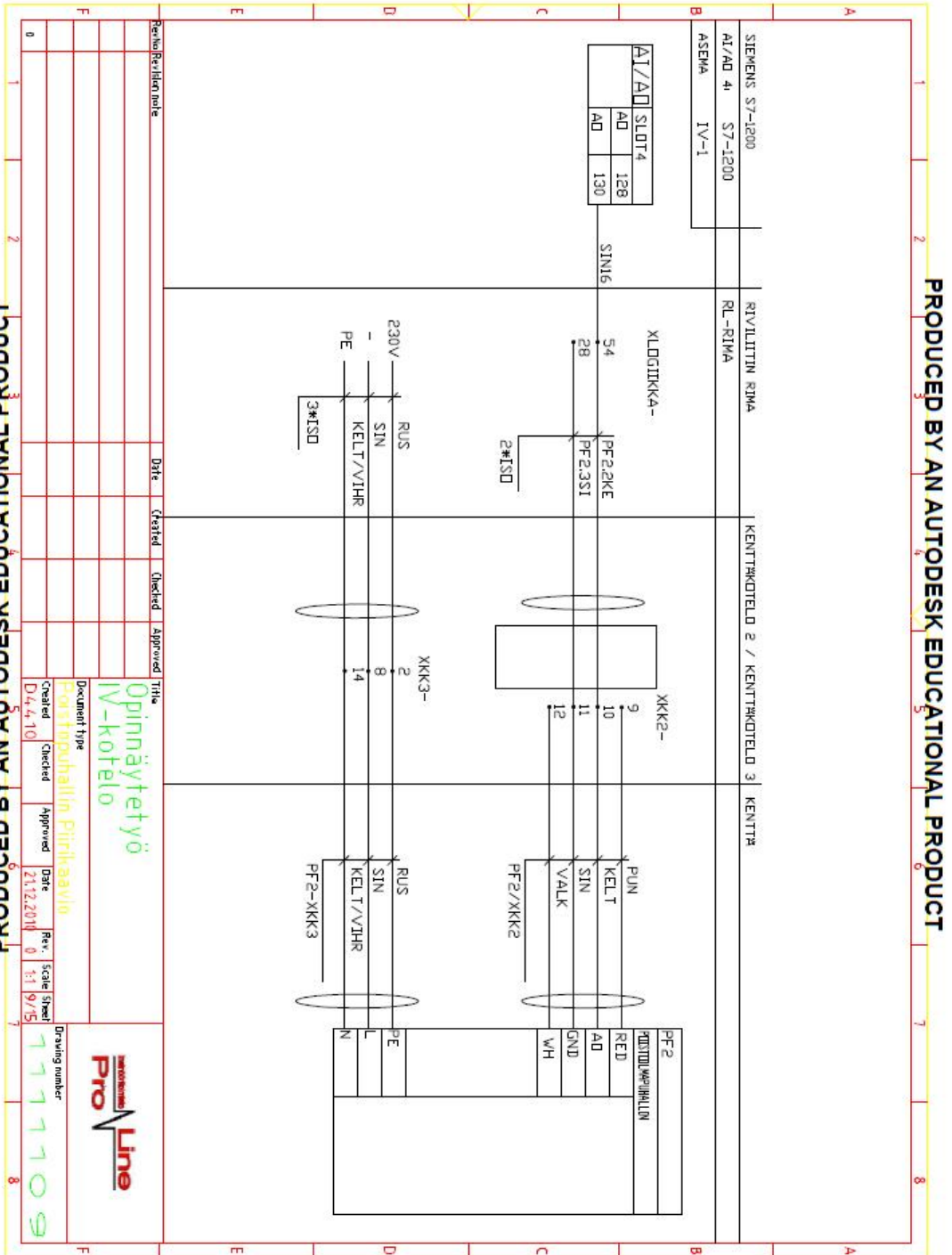
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 9 /15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



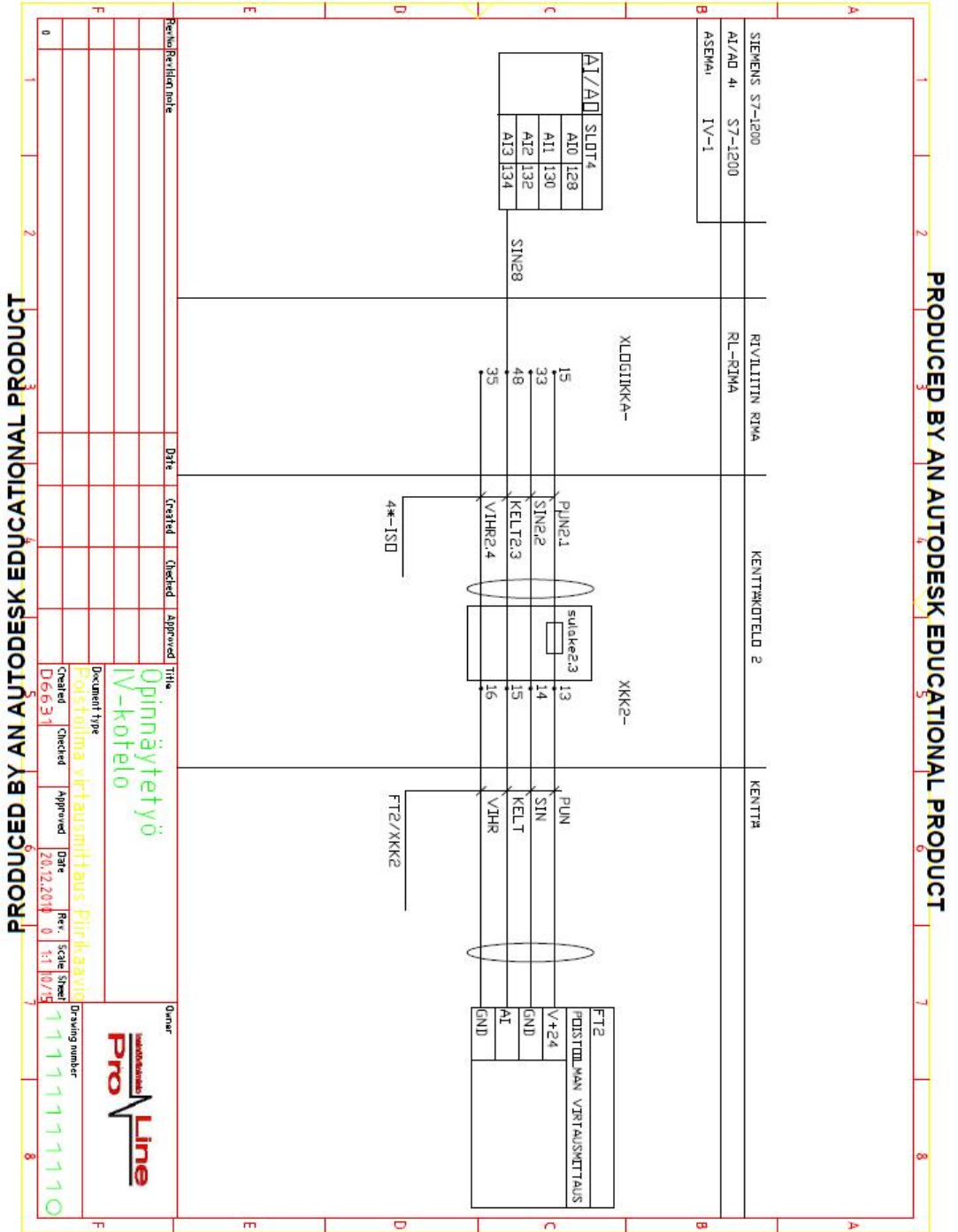
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kyt Kentäkaaviot 10 /15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



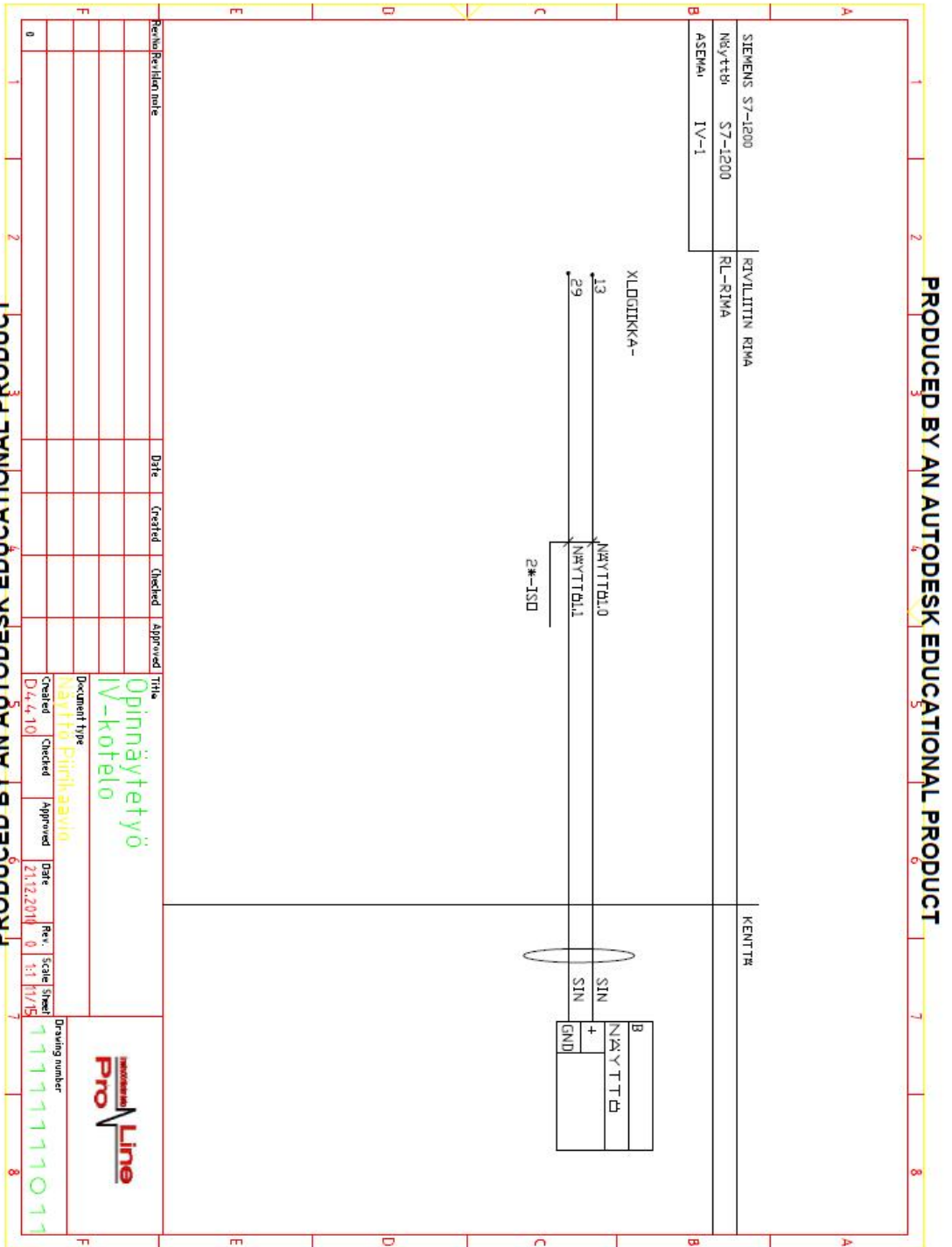
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

KytKentäkaaviot 11 /15

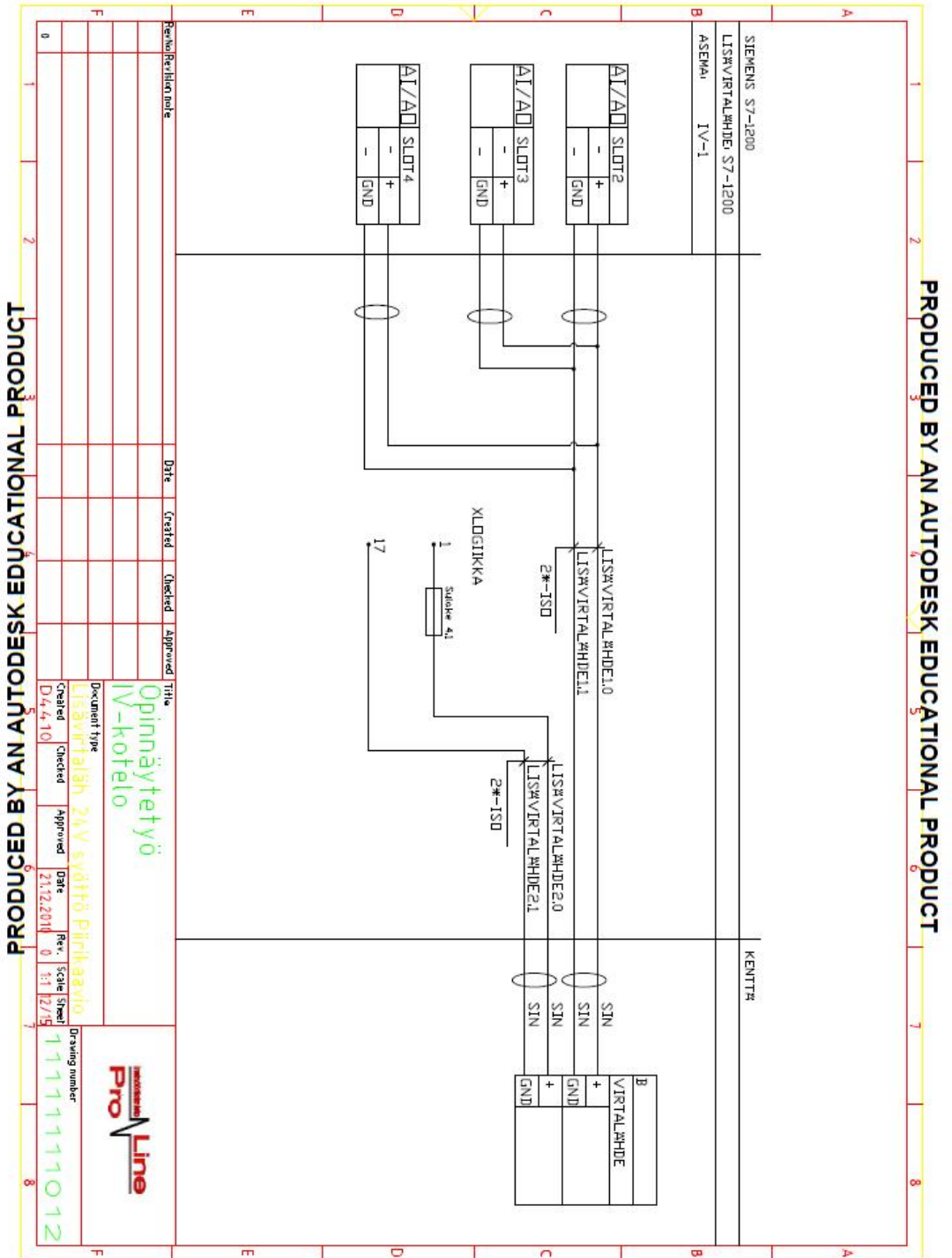
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 12 /15

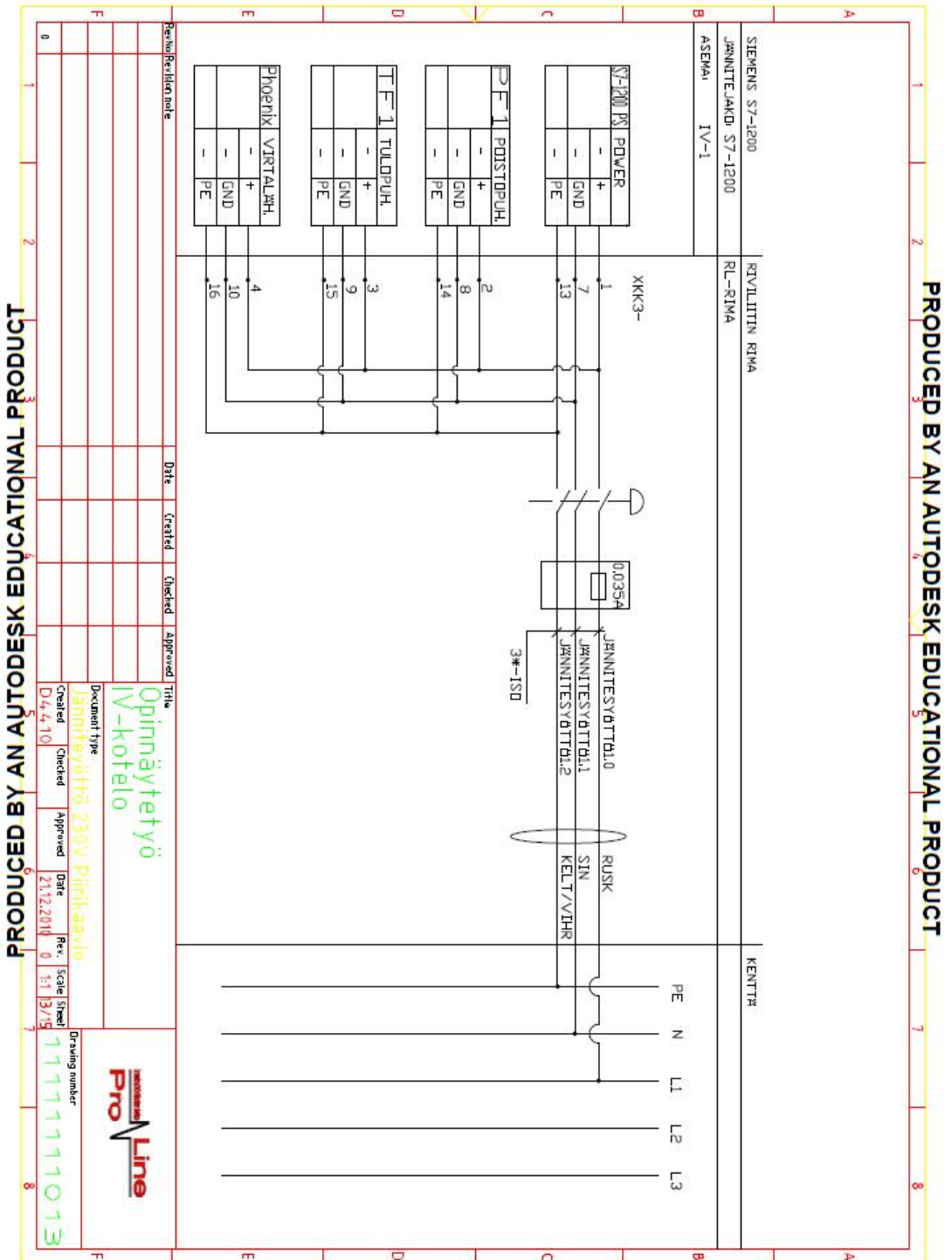
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytöntäkaaviot 13 /15

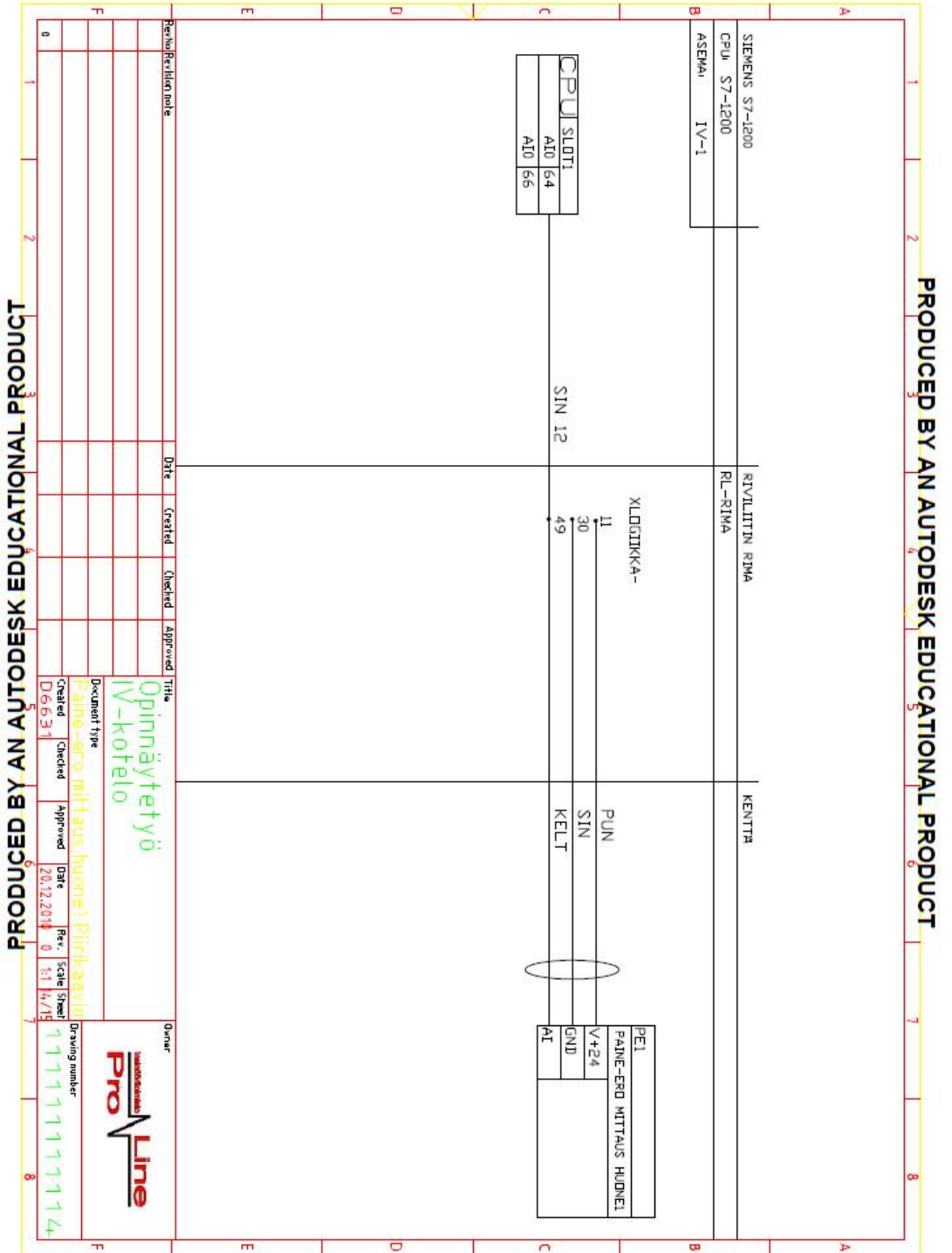
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytöntäkaaviot 14 /15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

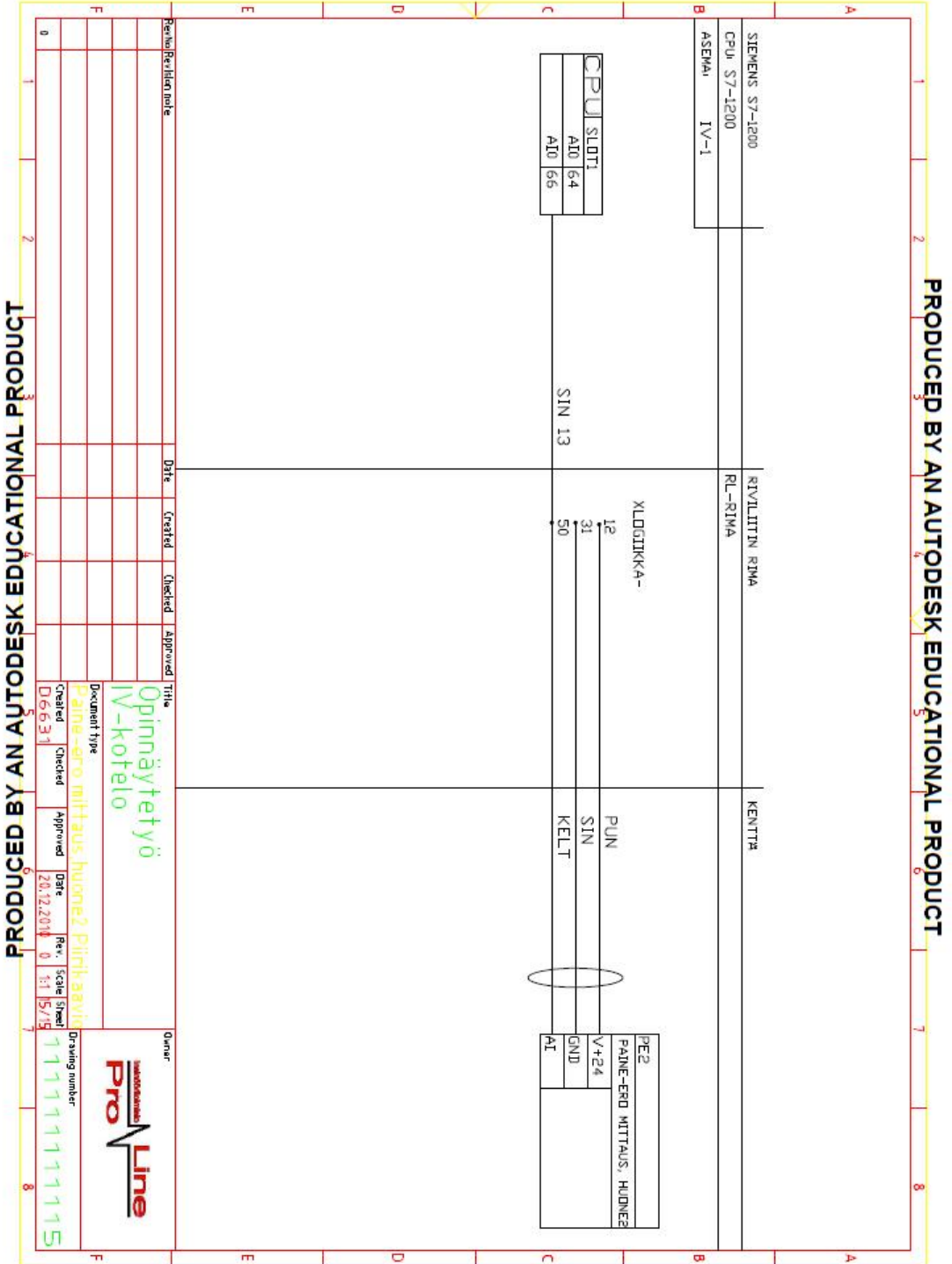


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Kytentäkaaviot 15/15

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Liite 4. Kyt Kentälista

Kyt Kentälista				
Logiikka			XLogiikka-	Sivu 1 / 5
Kortti / Paikka	Johdin	Tulo	Riviliitin numero	Lähtö / Johdin
	si 1	24V	1	lisävirtalähde
			2	
			3	E1.1PU
			4	E2.1PU
			5	FV1.2PU
			6	FV2.2PU
			7	FV3.2PU
			8	FV4.2PU
			9	
			10	
			11	PE1.1PU
			12	PE2.1PU
			13	Näyttö1.0
			14	FT1.1PU
			15	FT2.1PU
			16	
	si 2	(-)	17	lisävirtalähde
			18	
			19	E1.2SI
			20	E1.6MU
			21	E2.2SI
			22	E2.6MU
			23	FV1.1SI
			24	FV2.1SI
			25	FV3.1SI
			26	FV4.1SI
			27	TF1.2SI
			28	PF2.3SI
			29	Näyttö1.1
			30	PE1.2SI
			31	PE2.2SI
			32	FT1.2SI
		33	FT2.2SI	
		34	FT1.4VI	
		35	FT2.4VI	
		36		

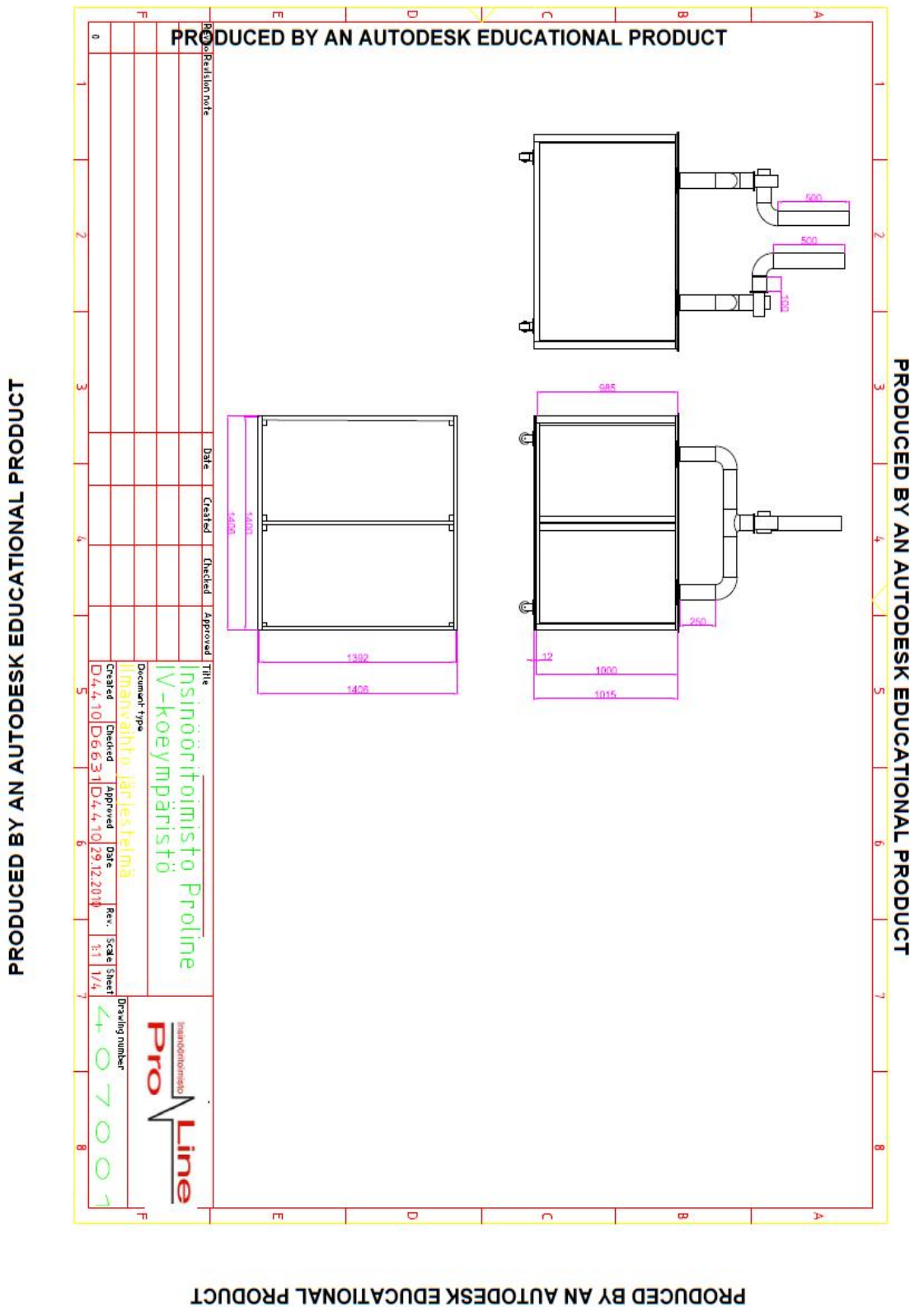
KytKentälista				
Logiikka			XLogiikka-	Sivu 2 / 5
Kortti / Paikka	Johdin	Tulo	Riviliitin numero	Lähtö
kortti 1 (AI 0)	si 37	AI	37	E1.3KE
kortti 1 (AI 1)	si 38		38	E1.4VI
kortti 1 (AI 2)	si 39		39	E1.5VA
kortti 2 (AI 2)	si 40		40	FV1.4VI
kortti 2 (AI 3)	si 21		41	FV2.4VI
kortti 3 (AI 0)	si 22		42	FT1.3KE
kortti 1 (AI 3)	si 23		43	E2.3KE
kortti 2 (AI 0)	si 24		44	E2.4VI
kortti 2 (AI 1)	si 25		45	E2.5VA
kortti 3 (AI 1)	si 26		46	FV3.4VI
kortti 3 (AI 2)	si 27		47	FV4.4VI
kortti 3 (AI 3)	si 28		48	FT2.3KE
CPU (AI 0)	si 12		49	PE1.3KE
CPU (AI 1)	si13		50	PE2.3KE
kortti 1 (AO 0)	si 11		AO	51
kortti 1 (AO 1)	si 127	52		FV2.3KE
kortti 2 (AO 0)	si 112	53		TF1.2KE
kortti 2 (AO 1)	si 126	54		PF2.2KE
kortti 3 (AO 0)	si 113	55		FV4.3KE
kortti 3 (AO 1)	si 16	56		FV3.3KE
		DI	57	
			58	
			59	
			60	
		DO	61	
			62	
			63	
			64	

KytKentälista			
Johdin	XKK1-	Sivu 3/ 5	
Tulo	Riviliitin numero	Lähtö/ Johdin	
FV1.1SI	1	1	FV1- GND
S1.1	2	2	FV1-V+24
FV1.3PU	3	3	FV1-valkoinen / AO
FV1.4VI	4	5	FV1- oranssi/AI
FV2.1SI	5	1	FV2-GND
S1.2	6	2	FV2-V+24
FV2.3KE	7	3	FV2-valkoinen /AO
FV2.4VI	8	5	FV2 oranssi/AI
X	9	1	TF1-punainen
TF1.2KE	10	2	TF1-keltainen/AO
TF1.3SI	11	3	TF1-sininen/GND
X	12	4	TF1-valkoinen/DI
S1.3	13	1	FT1 -V+24
FT1.2SI	14	2	FT1-GND
FT1.3KE	15	3	FT1-AI
FT1.4VI	16	4	FT1-GND
FV1.2PU	Sulake1.1	S1.1	
FV2.2PU	Sulake1.2	S1.2	
FT1.1PU	Sulake1.3	S1.3	

KytKentälista			
Johdin	XKK2-	Sivu 4 / 5	
Tulo	Riviliitin numero	Lähtö	
FV3.1SI	1	1	FV3- GND
S2.1	2	2	FV3-V+24
FV3.3KE	3	3	FV3-valkoinen / AO
FV3.4VI	4	5	FV3- oranssi/AI
FV4.1SI	5	1	FV4-GND
S2.2	6	2	FV4-V+24
FV4.3KE	7	3	FV4-valkoinen /AO
FV4.4VI	8	5	FV4 oranssi/AI
X	9	1	PF2-punainen
PF2.2KE	10	2	PF2-keltainen/AO
PF2.3SI	11	3	PF2-sininen/GND
X	12	4	PF2-valkoinen/DI
S2.3	13	1	FT2 -V+24
FT2.2SI	14	2	FT2-GND
FT2.3KE	15	3	FT2-AI
FT2.4VI	16	4	FT2-GND
FV3.2PU	Sulake2.1	S2.1	
FV4.2PU	Sulake2.2	S2.2	
FT2.1PU	Sulake2.3	S2.3	

KytKentälista		
Johdin	XKK3-	Sivu 5 / 5
Tulo	Riviliitin numero	Lähtö/ Johdin
V+230	1	Logiikan Power PS
	2	PF2
	3	TF1
	4	Lisävirtalähde
	5	
	6	
(-)	7	Logiikan Power PS
	8	PF2
	9	TF1
	10	Lisävirtalähde
	11	
	12	
PE	13	Logiikan Power PS
	14	PF2
	15	TF1
	16	Lisävirtalähde
	17	
	18	

Liite 5. Koeympäristön layout kuva

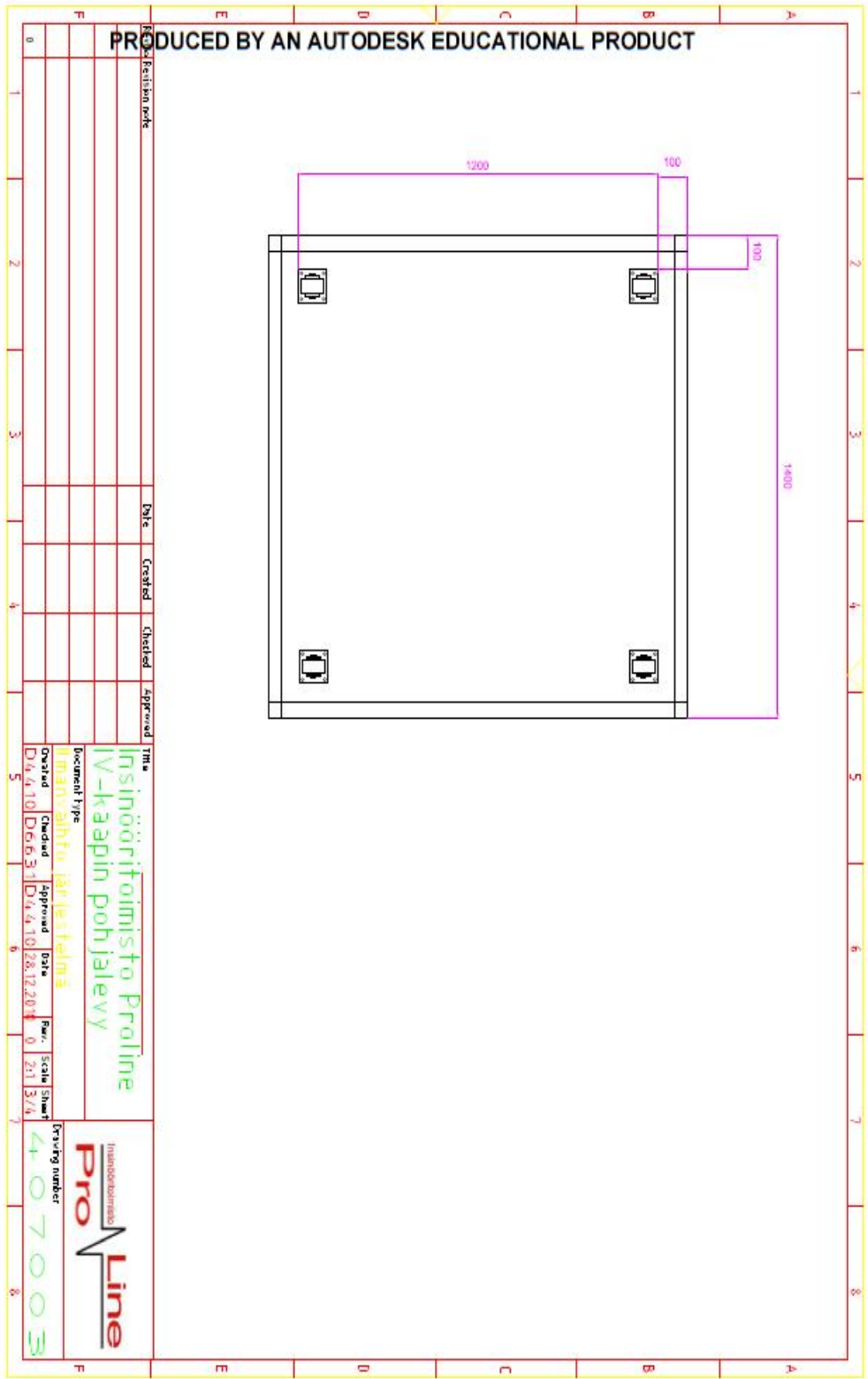


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Section note		Date	Created	Checked	Approved	Title	Document type Insinööritoimisto Proline IV-kaapin kattolevy		Document number 407002	
Revision note							Document type Insinööritoimisto Proline IV-kaapin kattolevy		Document number 407002	
Revision note							Document type Insinööritoimisto Proline IV-kaapin kattolevy		Document number 407002	
Revision note							Document type Insinööritoimisto Proline IV-kaapin kattolevy		Document number 407002	
Revision note							Document type Insinööritoimisto Proline IV-kaapin kattolevy		Document number 407002	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Revised	Revised by	Date	Created	Checked	Approved	Title
						Insinööritöimistö Proline IV-koeympäristö
						Document type Kokkiön laivakki
						Drawn D6631
						Checked D4410
						Approved D6631
						Date 28.12.2014
						Rev. 0
						SCALE 2:1
						Sheet 4/4
						Drawing number 407004

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Liite 6. Ilmastointiputkien mitoitus

Ilmanvaihtuminen poistoilmakanava

poistoilma normaali huoneisto $0,5 \frac{1}{h}$ (D2 rakennusmääräys) ja meidän huonetila on

$0,98 \text{ m}^3$ poistoilma ilmamäärä saadaan laskemalla

$$0,5 \frac{1}{h} \cdot 0,98 \text{ m}^3 = 0,49 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Tuloilmakanava

Tuloilma määritetään 20 % pienemmäksi alipaineen saamiseksi

$$0,49 \frac{\text{m}^3}{h} \cdot 0,8 = 0,392 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Ilmannopeus tuloilmakanava

$$v = \frac{q_v}{A} = \frac{3 \cdot 0,392 \frac{\text{m}^3}{h}}{(0,1 \text{ m})^2 \cdot 3600 \frac{s}{h}} = 0,032667 \frac{\text{m}}{s}$$

poistoilmakanavassa

$$v = \frac{q_v}{A} = \frac{3 \cdot 0,49 \frac{\text{m}^3}{h}}{(0,1 \text{ m})^2 \cdot 3600 \frac{s}{h}} = 0,040833 \frac{\text{m}}{s}$$

Re-luku tuloilmakanava

$$Re = \frac{d v}{\nu} = \frac{0,1 \text{ m} \cdot 0,032667 \frac{\text{m}}{s}}{15,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{s}} = 208,07$$

Re-luku poistoilmakanava

$$Re = \frac{dv}{\nu} = \frac{0,1 \text{ m} \cdot 0,040833 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{15,7 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 260,083$$

Peltikanaville käytetään yleisesti likikaavaa kitkalle

$$\lambda = 0,0072 + \frac{0,61}{Re^{0,35}}$$

tuloilmakanavan kitka

$$\lambda = 0,0072 + \frac{0,61}{208,07^{0,35}} = 0,10138$$

Poistoilmakanavan kitka

$$\lambda = 0,0072 + \frac{0,61}{260,083^{0,35}} = 0,094305$$

Painehäviön määrittäminen tuloilmakanavaan

$$\Delta_p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = 0,10138 + \frac{5,152 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(0,03667 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,146168 \text{ Pa}$$

Painehäviö määrittäminen poistoilmakanavaan

$$\Delta_p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = 0,094305 + \frac{5,152 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(0,040833 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,1569 \text{ Pa}$$

Kitkapainehäviö

$$R = \frac{\Delta_p}{l}$$

Kitkapainehäviö tulokanavan suoraa putkessa metriä kohti

$$R = \frac{\Delta_p}{l} = \frac{0,146168 \text{ Pa}}{5,152 \text{ m}} = 0,028371 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

Kitkapainehäviö poistokanavan suorassa putkessa metriä kohti

$$R = \frac{\Delta_p}{l} = \frac{0,1569 \text{ Pa}}{5,152 \text{ m}} = 0,03045 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

Virtauksen dynaaminen paine tulokanavassa

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(0,032667 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,00069 \text{ Pa}$$

poistokanavassa

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(0,040833 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 0,00107 \text{ Pa}$$

Kokonaispainehäviö putkistoissa

Lisätään kanavistossa olevien osien likimääräiset kertavastuskertoimet

T-haara 1,5 + 3 X 90 – mutka 0,3 + suoraosuus

tuloilmakanavassa

$$\Delta_{pi} = \sum \zeta_x \cdot P_d + \sum \zeta_y \cdot P_d + \sum \zeta_z \cdot P_d$$

$$\Delta_{pi} = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,00069 \text{ Pa} + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,00069 \text{ Pa} + 5,152 \text{ m} \cdot 0,019678 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} = 0,1030 \text{ Pa}$$

poistokanavassa

$$\Delta_{pi} = \sum \zeta_x \cdot P_d + \sum \zeta_y \cdot P_d + \sum \zeta_z \cdot P_d$$

$$\Delta_{pi} = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,00107 \text{ Pa} + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,00107 \text{ Pa} + 5,152 \text{ m} \cdot 0,018304 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} = 0,09687 \text{ Pa}$$