

Lauri Hovi

Ilmanvaihtokoneluokan sähkösuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

28.2.2017

Tekijä Otsikko	Lauri Hovi Ilmanvaihtokoneluokan sähkösuunnitelma
Sivumäärä Aika	41 sivua + 6 liitettä 28.2.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Jarmo Tapio
<p>Hyria koulutus Oy:ssä käynnistyi laaja-alainen automaatio-oppimisympäristön kehittämisen projekti. Yhtenä projektin kohteena oli ilmanvaihtokoneen hankinta, jota voidaan käyttää opetuksessa ja samalla sillä huolehditaan opettajien toimistotilojen ilmanvaihto ja lämmitys.</p> <p>Ilmanvaihtokoneen sijoitus suunniteltiin luokahuoneeseen, jota voidaan käyttää kiinteistöautomaation oppimisympäristönä. Jotta työskentely luokassa olisi tarkoituksen mukaista, oppimisympäristön täytyy kattaa opetussuunnitelmassa mainitut opetuksen edellytykset. Opinnäytetyössä on aluksi kartoitettu oppimisympäristön määritelmiä ja opetussuunnitelman sisältöä ilmanvaihtokone-luokan suunnittelun perusteena. IV-koneen ja opiskelupaikkojen sijoituksen päättämisen jälkeen luokahuoneessa oli puitteet sähkösuunnitelmien aloittamiselle.</p> <p>Opinnäytetyössä käsitellään ilmanvaihtokone-luokan sähkösuunnitelman toteuttamista. Siinä on laskettu syöttökaapelin vahvuus ja suojausten toiminta. Valaistuksen riittävyys on laskettu pistemenetelmää käyttäen täyttämään standardin vaatimukset luokan valaistuksesta. Työssä on esitetty tasokuva suunniteltavasta tilasta, valaistuksen ohjauspiirikaavion toteutus sekä keskuskaavio.</p> <p>Asennusten valmistuttua standardi edellyttää käyttöönottomittauksia ja niiden dokumentointia. Työssä on selvitetty dokumentoitavien tarkastusten sisältö ja esitetty esimerkkejä mittaustuloksista. Valmiista tilasta on mitattu valaistusvoimakkuus ja ilmanvaihtokoneesta aiheutuneen taustaäänien taso.</p> <p>Valmistuneen opetustilan ansiosta Hyria koulutus Oy:ssä on mahdollista opettaa eri koulutusaloille kiinteistöautomaatioon ja ilmanvaihtokoneen asentamiseen sekä huoltoon liittyviä toimintoja. Luokassa on opetustila 16:lle opiskelijalle.</p>	
Avainsanat	Ilmanvaihtokone, oppimisympäristö, tasokuva, CADS, syöttöjohdon mitoitus, valaistusvoima pistemenetelmällä.

Author(s) Title	Lauri Hovi Electricity Plan of the Ventilation Unit Classroom
Number of Pages Date	41 pages + 6 appendices 28 February 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarmo Tapio, Senior Lecturer
<p>Hyria Education provides secondary level vocational education. The school launched a wide-ranging automation learning environment project. One object of the project was the acquisition of the ventilation unit, which can be used in teaching.</p> <p>The ventilation engine placement was designed to be in a classroom. The classroom is aimed to be used as building automation learning environment. To organize teaching in the classroom, contents of curriculum and what is said about learning environment needed to be clarified.</p> <p>This study deals with the electrical design of the classroom. The supply cable was measured and lighting power was calculated with point by point method. Plan view, lighting control circuit and schematic diagram of electrical center were plotted.</p> <p>After finishing the installation of electric equipment, measurements and documents were made. Standard requirements about measurements were clarified and an example of measured values was introduced. The strength of the classroom lighting and background noise level of ventilation engine were also measured.</p> <p>As a result, a learning environment was created at Hyria Education, where building automation can be taught for 16 students.</p>	
Keywords	Ventilation unit, the learning environment, a plan view, CADs, the supply cable design, Point by point method.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Oppimisympäristö	3
2.1	Oppimisympäristön osa-alueet	4
3	Sähkö- ja automaatiotekniikan opetussuunnitelma	6
3.1	Perustutkinnon tavoitteet	6
3.2	Sähkö- ja automaatioasentajan perustutkinto	8
3.2.1	Sähköasentajien koulutusohjelman pakolliset opinnot	9
3.2.2	Automaatioasentajien koulutusohjelman pakolliset opinnot	9
3.2.3	Sähkö- ja automaatioasentajien valinnaiset opinnot	10
4	Projektin käynnistys	11
4.1	Projektisuunnitelma	12
4.2	Luokan suunnittelu	13
5	Syöttöjohdon mitoitus ja valaisimien valinta	18
5.1	Luokan sähkölaitteiden kokonaisteho ja liittymisjohdon mitoitusvirta	18
5.1.1	Syöttökaapelin automaattisen poiskytkennän tarkistaminen	20
5.1.2	Ryhmäjohtojen automaattisen poiskytkennän varmistaminen	21
5.2	Valaisimen valinta	22
6	Tasokuva	25
6.1	Piirtämisen aloitus	25
6.2	Johtoreitit ja keskukset	27
6.3	Kalusteet ja johdotus	28
6.4	Valaistuksen ohjaus	30
6.5	Pisteluettelo ja määrälaskenta	32
6.6	Keskuskaavio	33
7	Mittaukset	35
7.1	Käyttöönottomittaus	36

7.1.1	Syöttökaapeli	36
7.1.2	Luokkatila	37
7.2	Luokan taustaaänen voimakkuus	37
7.3	Valaistus	39
8	Päätelmiä	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Tasokuva	
	Liite 2. Keskuskaavio	
	Liite 3. Valaistuksen ohjauksen virtapiiri	
	Liite 4. Himmennyksen kytkentä	
	Liite 5. Käyttöönottopöytäkirja	
	Liite 6. Kuvia luokan rakentamisen edistymisestä	

Lyhenteet

EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto.
EMC	Electromagnetic compatibility
KNX	Hajautettu väyläpohjainen kiinteistöautomaation järjestelmä.
OPH	Opetushallitus.
OSP	Osaamispiste.
SFS	Suomen standardisoimisliitto.
VAK	Valvonta-alakeskus, automaation ohjauskeskus.
VVS	Vikavirtasuoja.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee ammatilliseen opetukseen tarkoitettun ilmastointikoneluo-
kan sähkösuunnitteluun liittyviä toimenpiteitä. Työ suoritettiin Hyria koulutus Oy:ssä Rii-
himäellä, ja se oli osa laajempaa automaatio-opetuksen oppimisympäristön kehittämi-
seen liittyvää EAKR-rahoitteista (Euroopan aluekehitysrahasto) projektia. Koneen han-
kinnassa pyrittiin huomioimaan seuraavia opetuksessa huomioitavia seikkoja, jotka olen
selventänyt kuvasarjalla 1.



Kuva 1. Ilmanvaihtokoneen vaatimuksia opetuskäyttöön.

Opetustila valmistui rakennusosaston saneerattavaan harjoitteluhalliin, niin että halli ja-
ettiin kahteen kerrokseen. Ensimmäiseen kerrokseen valmistui luokka ilmastointiko-
neelle sekä putkiasentajien harjoittelutila. Toiseen kerrokseen tehtiin opettajien toimisto-
tilat, joiden ilmanvaihdosta huolehtii luokassa oleva ilmanvaihtokone.

Minun tehtäväni ilmanvaihtokoneen osalta oli tehdä siitä kilpailutus, suunnitella sille opetukseen soveltuva tila, piirtää tilaan sähköpiirustukset ja huolehtia johtoreittien sekä kaapelivetojen toteuttamisesta. Käsitelen opinnäytetyön teknisessä osassa luokkaan tehtyjä kiinteistösähkön sähkösuunnitelmia. Toivonkin, että pystyisin tulevaisuudessa työtehtävissä osallistumaan itseäni kiinnostavaan sähkösuunnitteluun.

Opetustilan suunnittelu on haastava tehtävä – tai ehkä se riippuu siitä, miten aihetta käsittelee. Näkeekö sen tilana, johon laitetaan pistorasiat ja valot vai pyrkiikö löytämään kalusteiden sijoittelulle ja tilan toiminnalle oppimista tukevan tarkoituksen jo sähkösuunnitteluvaiheessa? Opetustila on tarkoitettu oppimisympäristöksi kiinteistöautomaation sekä ilmanvaihtokoneen asennuksen ja huollon opiskeluun. Mikä erottaa oppimisympäristön tavallisesta luokasta? Mitä seikkoja minun täytyy huomioida suunnittelussa, ja voinko jotenkin huomioida laitteiston suunnittelussa tai toiminnassa oppimista tukevia tekijöitä? Jouduin miettimään ja selvittämään suunnittelussa oppimisympäristön merkitystä: miten luokassa toteutetaan pöytien sijoittelu. Opiskelijoiden pöytäsjöituksen toteutus vaikuttaa sähköreittien suunnitteluun, valaistukseen ja atk-järjestelmiin. Oppimisympäristön taustaselvitys on otettava mielestäni huomioon sähkösuunnitelmaa tehdessä.

Luokkatilan suunnittelun edetessä luokahuoneen muutokset oppimisympäristön luonteeseen selvisi konkreettisesti. Koneen sijoittaminen tilan ulkopuolelle (ks. kuvat 5–7) antaa aivan eri puitteet opetukselle kuin luokassa sijaitsevalla koneella. Ryhmäpöytä vaikuttaa luokassa toimintaan eri tavalla kuin pöytäriveissä olevat opiskelijat. Tällaisilla valinnoilla on myös vaikutus sähkösuunnitelman toteutumiseen.

Luokan täytyy täyttää toisen asteen koulutuksen tarpeet kiinteistöautomaation opettamiseen. Käyn läpi opinnäytetyössäni toisen asteen opetussuunnitelman, josta selviää opetuksen järjestämisen mahdollisuudet luokassa. Opetus on aina tavoitteellista toimintaa, tehdään se missä tai miten vain – itseohjautuvasti tai opettajajohtoisesti. Haluan pohtia, kuinka opetuksen tavoitteet on mahdollista toteuttaa suunniteltavassa tilassa.

Luokan suunnitteluun sisältyy paljon huomioitavaa: ilmanvaihtokoneen asennus ja sijoitus (esim. moottorit, taajuusmuuttajat ja anturit), kiinteistöautomaation ohjelmiston toiminta anturitiedon kanssa sekä ohjelmiston hyödyntäminen opetuksen järjestämisessä sekä luokan kiinteistösähköasennukset. Luokan varustamisen kannalta minun on myös selvitettävä opetussuunnitelman edellytykset opettamisen järjestämisestä.

Rajaan työni teknisen osan koskemaan luokan sähkösuunnittelua. Käyn siinä läpi syöttöjohdon mitoituksen ja poiskytkennän tarkastamisen standardin laskumallien mukaan. Selvitän SFS 6000:n ja D1:n sisältöjä näiden asioiden varmistamiseksi. Lisäksi käyn läpi mittaamiseen sekä dokumentointiin liittyvät seikat.

2 Oppimisympäristö

Valmistuvan luokan on tarkoitus toimia kiinteistöautomaation oppimisympäristönä eri koulutusaloille: sähkö- ja automaatioasentajat, putkiasentajat, ilmastointiasentajat ja kiinteistöhuoltajat. Opiskelijat pystyvät huomaamaan, kuinka eri alueet linkittyvät osaksi kokonaisuutta.

Opetustila on tarkoitus rakentaa niin, että siellä pystyy kerrallaan opiskelemaan pienryhmä, 12–16 opiskelijaa. Laitteisto pyritään kokoamaan niin, että kaikki sähkökalusteet ja toimintaan vaikuttavat osat ovat selkeästi esillä sekä liikkuminen koneen ympärillä on mahdollista. Näin opiskelijat pystyvät havainnollistamaan niiden sijainnin ja toiminnan kokonaisuudessaan.

Perinteiseen luokkaopetukseen verrattuna oppiminen eroaa oppimisympäristössä Mannisen [1, s. 29–30] mukaan opiskelijan ja opettajan roolin muuttumisen seurauksena. Toiminnassa korostuu opiskelijan oma aktiivisuus, vastuu ja itseohjautuvuus. Oppiminen on sidoksissa joko reaali maailman tilanteeseen tai simuloituun ympäristöön – tässä tapauksessa ilmanvaihtokoneeseen ja valvonta-ohjelmistoon. Työskentely voidaan toteuttaa niin, että oppilaalla on mahdollisuus olla vuorovaikutuksessa opiskeltavan asian kanssa pohtien asiaa kokonaisvaltaisesti ja usein pitempikestoisessa projektissa opettajan tai muiden asiantuntijoiden tuella. Sähköreitit täytyy rakentaa niin, että näkyvissä on mahdollisimman paljon havainnollistavaa informaatiota.

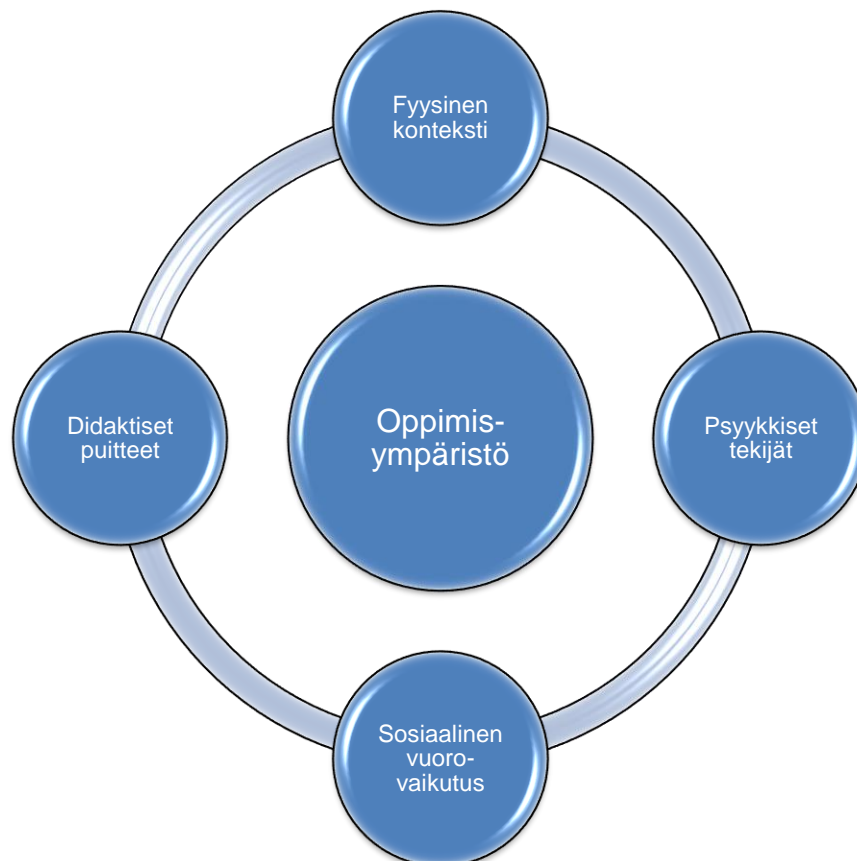
Opetuksen suunnittelussa oppiainekeskeisyyden sijaan korostuu ongelmakeskeisyys. Tällöin opettajan rooli muuttuu opiskelijoiden tukihenkilöksi - tiedon jakajasta organisoidjaksi. Oppimisympäristö käsitteenä kattaa myös työssäoppimisen tai muut koulun ulkopuoliset oppimista tukevat tilat oppilaitosopiskelun lisäksi. [2, s. 11.]

Mielestäni koneen rakenteen opettelussa on hyvä antaa oppilaiden itse selvittää laitteiston toimintaa kuvien avulla ja löytää niiden vastaavuus todelliseen ympäristöön. Vaikka toiminnan hahmottaminen alussa voi tuottaa vaikeuksia, uskon ryhmässä tapahtuvan vuorovaikutuksen tukevan oivaltamista ja oppimista. Luokassa on seinillä kuvat automaation kytkennästä ja koneen prosessia kuvaavaan käyttöliittymään laitetaan kuvavaliikkoja, joita näpäyttämällä esimerkiksi anturin kytkennän valokuva aukeaa. Luokan keskustusten vieressä on kansiot, joista löytyy tarvittavat kuvat eri järjestelmistä ja joita voi selata opiskelun aikana.

2.1 Oppimisympäristön osa-alueet

Oppimisympäristöllä tarkoitetaan opetushallituksen määrittämisen mukaan *fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden* muodostamaa kokonaisuutta, jossa *opiskelu ja oppiminen* tapahtuvat. Oppimisympäristön tulee tukea oppilaan kasvua ja oppimista. Sen on oltava fyysisesti, psyykkisesti ja sosiaalisesti turvallinen ja tuettava oppilaan terveyttä. Tavoitteena on avoin, rohkaiseva, kiireetön ja myönteinen ilmapiiri, jonka ylläpitämisen vastuu kuuluu sekä opettajille että oppilaille. [3, s. 18.]

Oppimisympäristö muodostuu neljästä osa-alueesta – niistä käytetään myös nimitystä ulottuvuus – koostuvaksi paikaksi tai tilaksi, yhteisöksi tai toimintakäytännöksi. Olen havainnollistanut osa-alueita kuvassa 2. Ulottuvuudet voidaan nimetä fyysiseksi ja psyykkiseksi, didaktiseksi sekä sosiaalisesti ulottuvuudeksi, joista vasta didaktisen ulottuvuuden sanotaan tekevän tilasta tai käytännöstä oppimisympäristön. [2, s. 35–37.]



Kuva 2. Oppimisympäristön osa-alueet.

Oppimisympäristöjen tulee tukea yksilön ja yhteisön kasvua, oppimista ja vuorovaikutusta. Kaikki yhteisön jäsenet vaikuttavat toiminnallaan oppimisympäristöihin. Hyvin toimivat oppimisympäristöt edistävät vuorovaikutusta, osallistumista ja yhteisöllistä tiedon rakentamista. Ne myös mahdollistavat aktiivisen yhteistyön koulun ulkopuolisten yhteisöjen tai asiantuntijoiden kanssa. [4, s. 31.]

Luokkatila vastaa edellä esitettyjä malleja oppimisympäristöstä, kun opetustilassa oppilaat voivat itse nähdä ja kokeilla ohjauksen muutoksilla tai simuloituilla toimintoilla muutoksia näkyvässä olevan ilmanvaihtokoneen toiminnassa. Luokassa on simuloitua toimintaa kiinteistöautomaation ohjauksiin, joilla säädetään rappuväläistystä, pistorasioiden ajastusta ja kiuasta. Säädön muutoksilla nähdään sekä valvomo-ohjelmassa ja VAK:ssa (valvonta-alakeskus, automaation ohjauskeskus) logiikan output-kärjen asennon toimintatilassa muutos. Tämän osoittaa ohjausyksikön led-valon syttyminen (kärki vetäneenä) tai sammuminen (kärki päästäneenä).

3 Sähkö- ja automaatiotekniikan opetussuunnitelma

Mielestäni on tärkeä miettiä, kuinka ilmanvaihtoluokan valmistuminen vastaa ammatilliselle opetukselle määriteltyjä sisältöjä ja tavoitteita. Oman työskentelyni mielekkyyden ja motivaation ylläpidon kannalta minun on sisäistettävä ajatus, että työlläni on tarkoitus ja sitä voidaan hyödyntää opetuksessa. Vaikka luokan suunnittelu itsessään on ollut opetustyöni ohessa kiinnostavaa, haluan tuoda esille opetussuunnitelmassa esitetyjä sisältöjä talotekniikan opetuksesta.

Opetussuunnitelma uudistui 2014, ja se otettiin käyttöön 1.8.2015. Uudessa opetussuunnitelmassa on ilmoitettu sähkö- ja automaatiotekniikan tavoitteet ja opetuksen sisältöön kuuluvat osa-alueet. *Perusopetus muodostuu ammatillisista tutkinnon osista (135 osp), yhteisistä tutkinnon osista (35 osp) ja vapaasti valittavista tutkinnon osista (10 osp). Ammatillisen perustutkinnon laajuus on 180 osaamispistettä [5, s. 1].*

3.1 Perustutkinnon tavoitteet

Minua kiinnostaa, kuinka opetussuunnitelmassa on huomioitu tavoitteet, joiden mukaista opetusta on mahdollista tarjota ilmanvaihtokoneen tapahtuvan toiminnan puitteissa. Perustutkinnon kiinteistöautomaation ja ammattitaidon tavoitteista on opetussuunnitelmassa mainittu seuraavia sisältöjä:

Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon suorittaneella on *monipuolinen ammattitaito* ja hänellä on valmiudet sen jatkuvaan kehittämiseen. Hän osaa soveltaa oppimiaan taitoja ja tietoja *vaihtelevissa työelämän tilanteissa*. Hän pystyy näkemään työnsä *osana suurempia tehtäväkokonaisuuksia* ja pystyy ottamaan huomioon lähialojen ammattilaisten tehtävät omassa työssään. Sähkö- ja automaatioalan ammattilainen tekee työnsä alan laatuvaatimusten mukaisesti sekä käsittelee laitteita ja materiaaleja huolellisesti sekä taloudellisesti. Hän osaa *suunnitella työnsä piirustuksien ja työohjeiden avulla*, osaa tehdä työhönsä liittyviä materiaali- ja työkustannuslaskelmia sekä hän osaa esitellä ja arvioida omaa työtään. [5, s. 106.]

Ilmanvaihtokoneen asennuksen yhteydessä täytyy pystyä lukemaan erilaisia sähkötekniikkaan liittyviä kuvia: moottorin kytkentä, antureiden sijainti PI-kaaviossa ja automaatiokytkennät. Prosessin toiminta täytyy pystyä selvittämään kuvien perusteella. Samalla opiskelija näkee, kuinka putki- ja ilmastointiasentajien työ on sidoksissa oman työn toteutumiseen.

Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinto tuottaa opiskelijalle tarvittavan perusosaamisen sähkö- ja automaatioalan asennus-, huolto- ja kunnossapitotehtäviin. Alan ammattilaiselle on välttämätöntä työturvallisuus-, sähkötyöturvallisuus- ja sähköturvallisuusmääräysten mukaisten työtapojen sisäistäminen sekä sähkötekniikan, automaatiotekniikan ja tietotekniikan perusosaaminen. Myös käytettävien materiaalien ja komponenttien sekä työkalujen tuntemusta ja käsittelytaitoa tarvitaan kaikissa sähkö- ja automaatioalan tehtävissä. Sähkö- ja automaatioalan peruskoulutus antaa opiskelijalle hyvät valmiudet itsensä ja ammattitaitonsa edelleen kehittämiseen sekä tietoyhteiskunnassa toimimiseen. Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon suorittanut osaa toimia sähkö- ja automaatioalan ammattilaisena ympäristötietoisesti, materiaali- ja energiatehokkuutta tukien. [5, s. 106 - 107.]

Opiskelijan kanssa voi käydä läpi perushuoltotoimenpiteisiin liittyvät asiat: moottorin kulumiseen ja vaihtoon liittyvät asiat. Työturvallisuus on tärkeää ja koneen yhteydessä opiskelijoiden kanssa voidaan käydä läpi moottorin tahattomaan käynnistykseen liittyvät turvatoimet ja lukitukset.

Opiskelijan on hyvä todeta, kuinka antureiden ja johtojen asiallinen merkitseminen on osa työturvallisuutta ja helpottaa huoltotoimenpiteitä. Mielestäni on tärkeää, että oppilas tutustuu esimerkiksi teollisuudessa toteutettuun laitteiden merkitsemiseen ilmanvaihtokoneen yhteydessä. Harjoittelupaikassa hänellä on silloin jonkinlainen käsitys teollisuuden vaatimuksista vastuulliseen asennustyöhön.

Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon suorittanut automaatioasentaja osaa tehdä teollisuuden sähkökoneiden ja -laitteiden sekä automaatiojärjestelmien asennukseen, käyttöön, kunnossapitoon ja huoltoon liittyviä sähkö- ja automaatioalan osaamista vaativia tehtäviä sähköasennusstandardien ja -säädösten mukaan. Keskeisintä osaamista ovat erilaisten säätö-, kappaletavara- ja valvomojärjestelmien tuntemus, robotiikka sekä niiden asennus- ja kunnossapitotöihin liittyvien tehtävien hallinta. [5, s. 107.]

Ilmanvaihtoluokassa on koneen toiminnan ja kiinteistöautomaation valvomo-näyttö, josta voi nähdä prosessin tila sekä tehdä esimerkiksi säätötoimenpiteitä taajuusmuuttajien toimintaan. Tekemällä säätöjä huomaa hyvin nopeasti, mikä vaikutus niillä on lämmöntalteenoton ja virtauksen sekä paine-erojen toimintaan. Laitteiston tasapainoinen toiminta tulee hyvin nopeasti esille havainnollistamalla säädön vaikutuksia kokonaisuuteen.

Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinnon suorittanut sähköasentaja osaa tehdä asuin-, liike-, toimisto-, teollisuus- ja julkisten kiinteistöjen sähköasennuksiin, käyttöön, huoltoon ja kunnossapitoon liittyviä tehtäviä sähköasennusalan standardien ja säädösten mukaan. Keskeisintä osaamista ovat sähköiseen talotekniikkaan liittyvät sähkö- ja kiinteistöautomaatioasennukset tai sähköverkoston asentamiseen, käyttöön, huoltoon ja kunnossapitoon liittyvät tehtävät sähköverkoalalan standardien ja säädösten mukaan. [5, s. 107.]

Kiinteistöautomaatioasennukset sekä niihin kuuluvat huoltotoimet ovat keskeinen osa sähkö- ja automaatioasentajan ammattitaitoa. Mielestäni on erittäin hyvä, että oppilaiden käytössä on oikeaan ympäristöön liittyvä ilmanvaihtokone. He voivat tarvittaessa käydä itse toteamassa, kuinka väärin säädetty ilmanvaihto tai lämpötila vaikuttaa esimerkiksi neuvotteluhuoneen viihtyisyyteen.

Elinikäisen oppimisen avaintaidot sisältyvät ammatillisten tutkinnon osien ammattitaitovaatimuksiin ja yhteisten tutkinnon osien osaamistavoitteisiin sekä niiden arviointikriteereihin. Avaintaitojen tavoitteena on tukea sellaisen osaamisen kehittymistä, jota tarvitaan jatkuvassa oppimisessa, työelämän tilanteissa selviytymisessä ja tulevaisuuden uusissa haasteissa. [5, s. 107.]

Tekniikka kehittyä valtavan nopeasti. Uuden oppiminen ja siihen perustuvan tiedon soveltaminen voidaan todeta esimerkiksi logiikkaehtojen läpikäymisen yhteydessä. Samat logiikan ehdot ovat käytössä kiinteistöautomaation ohjelmoinnissa. Tämä voidaan osoittaa tutustumalla jonkin tutun toimintaehdon toteuttamiseen kiinteistöautomaation ohjelmalla. Samalla voidaan miettiä, miten tarvittava tieto on etsittävä itselle vieraassa ympäristössä.

Mielestäni lähes kaikki kirjatut tavoitteet voidaan jollain tavalla hyödyntää ilmanvaihtokonealuokan sähkö- ja automaatioasennuksien opettamisessa. Tavoitteiden saavuttamiseksi tarkoitetut opetussisällöt on kirjattu opetussuunnitelmaan.

3.2 Sähkö- ja automaatioasentajan perustutkinto

Sähkö- ja automaatioasentajille on hieman erilaiset sisällöt tutkintovaatimuksissa. Olen tehnyt luettelon tutkinnon ammatillisten aineiden pakollisista osista sekä koonnut siihen keskeisiä tutkintoon kuuluvia sisältöjä. Sähkö- ja automaatioasentajien perustutkinnon ammatillisten aineiden pakollisten osien laajuus on molemmissa koulutuksissa yhteensä 105 osp. Molemmissa tutkinnoissa koulutuksen järjestäjä opettaa ja arvioi opetussuunnitelman mukaan kolme osa-aluetta.

Valinnaiset ammatilliset opinnot muodostuvat yhteensä 30 osp laajuisista osa-alueista, jotka ovat sisällöltään samoja molemmille tutkinnoille. Valinnaiset opinnot voivat olla myös sähköasentajille osa automaatioasentajan pakollisista opinnoista tai vastaavasti automaatioasentajille sähkö- ja energiatekniikan opetussisältö. Lisäksi vapaasti valittavat tutkinnon osat (10 osp) voivat sisältää ammatillisia aineita koulutuksen järjestäjän koulutustarjottimen puitteissa.

3.2.1 Sähköasentajien koulutusohjelman pakolliset opinnot

Opetussuunnitelman mukaan [5, s. 4–16] koulutuksen täytyy sisältää seuraavat pakolliset opinnot:

1. Sähkö- ja automaatiotekniikan perusosaaminen, 45 osp.
 - käsityökalujen käyttö, sähköalan puu-, metalli- ja muovityöt, työturvallisuuden, sähkö- ja sähkötyöturvallisuuden hallinta, sähköasennusmateriaalien tunteminen ja käyttö
2. Sähkö- ja automaatioasennukset, 30 osp
 - *sähköasennustekniset työt*: Sähkö- ja automaatioasennusten työsuunnitelmien käyttö ja soveltaminen, Putkitus-, johdotus- ja kalustustyöt, Jakokeskusasennukset
 - *teollisuuden kokoonpanotyöt*: Komponentti- ja kaapelasennukset, sähkömoottori- releohjaus ja logiikkaohjausasennukset, Hydrauliiikka- ja pneumatiikka-asennukset, sähköturvallisuusvaatimuksiin ja laatujärjestelmiin liittyvien julkaisujen käyttö ja soveltaminen, asennusten varmentaminen ja käyttöönottotarkastaminen, sähkökäyttöisten pienkoneiden korjaaminen
3. Sähkö- ja energiatekniikka, 30 osp
 - Sähkökäyttöisten pienkoneiden korjaaminen, valaistustekniikan osaaminen ja valaistusasennukset, sähkölämmitysasennukset, laiteasennukset, jakokeskusasennukset ja mittarointi, työmaatoiminnot ja yleiset sopimusehdot, vianetsintä ja kunnossapito, kiinteistöjen sähköasennustyöt, pienjänniteverkostoasennustyöt (< 1 kV)

3.2.2 Automaatioasentajien koulutusohjelman pakolliset opinnot

Automaatioasentajien koulutusohjelmaan [5, s. 1, 19–24] kuuluu edellä mainitut sähkö- ja automaatiotekniikan perusosaaminen sekä sähkö- ja automaatioasennukset. Sen sijaan *sähkö- ja energiatekniikka on jätetty pois*, minkä tilalla koulutuksenjärjestäjän on tarjottava joko kappaletavara-automaatio, 30 osp *tai* prosessiautomaatio, 30 osp.

Kappaletavara-automaation opetukseen sisältyy mekaniikka-asennukset, kappaletavara-laitteistojen laitteiden käyttö- ja ohjaustyöt, robotiikkatyöt, käynnissä pito- ja kunnonvalvonta.

Prosessiautomaation sisältöihin kuuluu: prosessiosaaminen, kenttälaiteasennukset, mitaus- ja säätötekniikan osaaminen, huolto ja kunnossapitotyöt.

3.2.3 Sähkö- ja automaatioasentajien valinnaiset opinnot

Opetussuunnitelmassa [5, s. 2, 25–49] on mainittu luettelo valinnaisten aineiden sisällöistä ja laajuudesta. Opiskelijan tehtävä on valita opintotarjottimelta ainekokonaisuudet, jotka sisältävät yhteensä 30 osp:n verran valinnaisia aineita.

Opetussuunnitelman mukaan valinnaiset tutkinnon osat muodostuvat seuraavista osa-alueista:

- Kiinteistöjen automaatio- ja tietojärjestelmät, 30 osp
- Sähköverkostoasennukset (1–20 kV), 30 osp
- Yritystoiminnan suunnittelu, 15 osp
- Tutkinnon osa ammatillisesta perustutkinnosta, 15 osp tai 30 osp
- Tutkinnon osa ammattitutkinnosta
- Tutkinnon osa erikoisammattitutkinnosta
- Tutkinnon osa ammattikorkeakouluopinnoista
- Työpaikkaohjaajaksi valmentautuminen, 5 osp
- Yrityksessä toimiminen, 15 osp
- Huippuosajana toimiminen, 15 osp
- Paikallisiin ammattitaitovaatimuksiin perustuvia tutkinnon osia, 5–15 osp
- Tutkinnon osat vapaasti valittavista tutkinnon osista 5–15 osp

Ilmanvaihtokoneen opetusluokassa voidaan opettaa monia opetussuunnitelman sisältöjä. Luokassa voidaan käydä teoriaopintoja ja miettiä, kuinka asiat on toteutettu ko. tilassa. Esimerkiksi piirtämisen opettelussa voidaan käydä läpi erilaisten järjestelmien piirustustyyliä ja havainnollistaa, kuinka ne on toteutettu luokassa.

4 Projektin käynnistys

Ilmanvaihtokoneen hankinta kuului EAKR-rahoitteeseen investointihankkeeseen. Rahoituksella pyrittiin kattamaan uusien laitteiden hankintaan ja projektin toteuttamiseen liittyviä kuluja.

Projektille kirjattiin kolme tavoitetta:

1. Projektilla saadaan syntymään ammattioppilaitokseen oppimisympäristö, joka palvelee sekä koulutuksen järjestäjän että yritysten toiminnan kehittämistä. Tavoitteena on tarjota yritysten näkökulmastanykaikaista ja oikeantasoista koulutusta. Tämä parantaa oppilaitoksessa valmistuvien opiskelijoiden työllistymistä.
2. Projektiin otetaan mukaan paikallisia yrityksiä yhteisten tiedotustilaisuuksien puitteissa. Esiselvityksessä yhteistyöyrityksiä ilmoittautui 27 kpl. Yritysten verkostoitumisen avulla pyritään parantamaan alueen kilpailukykyä ja elinmahdollisuuksia kiristyvässä kilpailutilanteessa ja teknologian kehittymisessä.

Verkostoitumisen avulla vaihdetaan tietoa automaation eri sovelluksista, mikä vahvistaa alueen mahdollisuuksia ja edellytyksiä kilpailukykyiseen yritystoimintaan.

3. Oppilaitokset toimivat yleisesti itsenäisesti omana organisaationa ja yhteistyö on vähäistä. Tavoitteena on lisätä yhteistyötä eri oppilaitosten välillä. Yhteistyöllä jaetaan tietoa automaatio-opetuksesta ja hyviä käytänteitä pystytään jakamaan toisille. Näin säästyy resursseja turhalta työltä ja hyviä ideoita pystytään jakamaan laajempaan käyttöön.

Tarvitsimme oppilaitokseen ajanmukaiset opetustilat ja laitteet. Projektin aikana tehtiin oppilaitokseen laitehankintoja noin 740 000 eurolla. Sähköosastolle hankittiin pneumaattikalaitteisto, tietokoneet luokkaan, lämpökamera ja moottorikäyttökomponentteja, teollisuusrobotti, sähköiset lähestymiskytkimet ja liikeanturit, Logo-opiskelualustat, yleismittareita ja moottorikäyttökomponentteja, pienoiskuljettimiin osia, konenäkökamera, kymmenen monitoimiyöpistettä ja Siemensin S7-1200 -logiikoita kaksi oppilaitospakettia. Sähkö- ja rakennusosaston opetuskäyttöön hankittiin ilmanvaihtokone, joka toimii samalla rakennusosaston tulevien työtilojen ilmastointikoneena. Metalliosastolle hankittiin vesileikkuri ja CNC-sorvi -robotti ja sorvin tankoautomaatti. Ilmanvaihtokonetta varten oppilaitokseen valmistettiin saneerausrakentamisen yhteydessä opetusluokka.

Oppimisympäristön suunnittelun avulla pystyttäisiin tunnistamaan yritysten koulutus- ja kehittämistarpeet aikaisempaa paremmin. Yrityselämän yhteistyön toivotaan lisäävän opiskelijoiden mahdollisuuksia harjoittelun ja työelämäopintojen muodossa.

Oppilaitoksessa järjestettiin kolmena vuotena koulutusseminaareja yhteistyökumppaneille. Koulutukset olivat kokopäiväisiä ja käsittelivät esimerkiksi konestandardien päivittämistä ja sertifiointia, taajuusmuuttajakäytön sovelluksia, kiinteistöautomaation ohjaukseen tarkoitettua KNX-järjestelmää (kansainvälinen väyläpohjainen talo-automaation ohjausjärjestelmä), kiinteistöautomaation sovelluksia ja sähkömagneettisiin häiriöihin liittyvää emc-suojausta (electromagnetic compatibility).

Oppilaitos tarjosi koulutukseen osallistuville myös kahvitukset ja ruokailun, jolloin osallistujien oli mahdollista keskustella keskenään tai kouluttajan kanssa oman yrityksen mahdollisuuksista hyödyntää tarjottua tietoa.

Hamkin kanssa järjestettiin yhteistyöprojekti, minkä lopputuloksena amk-opiskelijat valmisteivat raportin Innoympäristö sähkö- ja automaatio-osaamiselle (inn-shut) – ajatuksia tulevaisuuden oppimisympäristöstä. Vierailimme Tampereen aikuiskoulutuskeskuksessä tutustumassa oppilaitoksen kehittämään kiinteistöautomaation ja ilmanvaihtokoneen oppimisympäristöön.

4.1 Projektisuunnitelma

Projektirahoitusta haettiin neljälle vuodelle, joiden aikana työsisällöt määräytyivät sivulla 13 esitetyn taulukon 1 mukaan. Hakemuksessa hankinnat ja rahoituksen tarve kirjattiin seuraavasti:

Ensimmäisenä vuotena tehtiin projektiin sellaisia projektiin liittyviä toimintoja ja hankintoja, jotka ovat automaation perusteisiin liittyviä asioita. Oppilaitokseen perustetaan automaatiotekniikan luokka. Luokan perustamisesta vastasi sähköosasto.

Toisena vuotena tehtiin runsaasti yhteistyötä yrityselämän kanssa. Jotta yhteistyö on mielekästä yritysten kannalta, on oppilaitoksen uusittava laitekantaa vastaamaan työelämän tarpeita. Laitehankinta-ajatukset muuttuivat alun perin suunnitellusta. Muutokset on tehty pääosin yrityselämän toiveiden mukaiseksi. Toteutusvastuu projektin tavoitteiden toteuttamiseksi on sähköosastolla.

Kolmantena vuotena toteutettiin koneautomaatioon liittyviä hankintoja. Niistä vastasi koneosasto. Ilmanvaihtokoneen hankinta oli myös mittava hankinta, josta vastasi sähköosasto.

Neljäntenä vuotena projektin sisältönä oli rakentaa ilmanvaihtolaitteisto rakennusosastolle valmistuvaan luokkaan. Koneikon kokoamisesta vastasi rakennusosaston alaisuudessa toimivat ilmastointi- ja putkiasentajat. Sähköasennukset suoritti sähköosasto mahdollisimman paljon oppilastyötä hyödyntäen.

Taulukko 1. Automaation monialaisen oppimisympäristön projekti aikataulu.

	Ensimmäinen vuosi												Toinen vuosi												Kolmas vuosi												Neljäs vuosi												
Tehtävä	T	H	M	H	T	K	H	E	S	L	M	J	T	H	M	H	T	K	H	E	S	L	M	J	T	H	M	H	T	K	H	E	S	L	M	J	T	H	M	H	T	K	H	E	S	L	M	J	
Tiedotus																																																	
Seminaarit																																																	
Oppilaitosvierailut																																																	
Aut luokka																																																	
Vesil/cnc																																																	
Ilm. kone																																																	
Opetusluokka																																																	
Suunnitelma valmis																																																	
Työn väliraportit																																																	
Loppuraportti																																																	

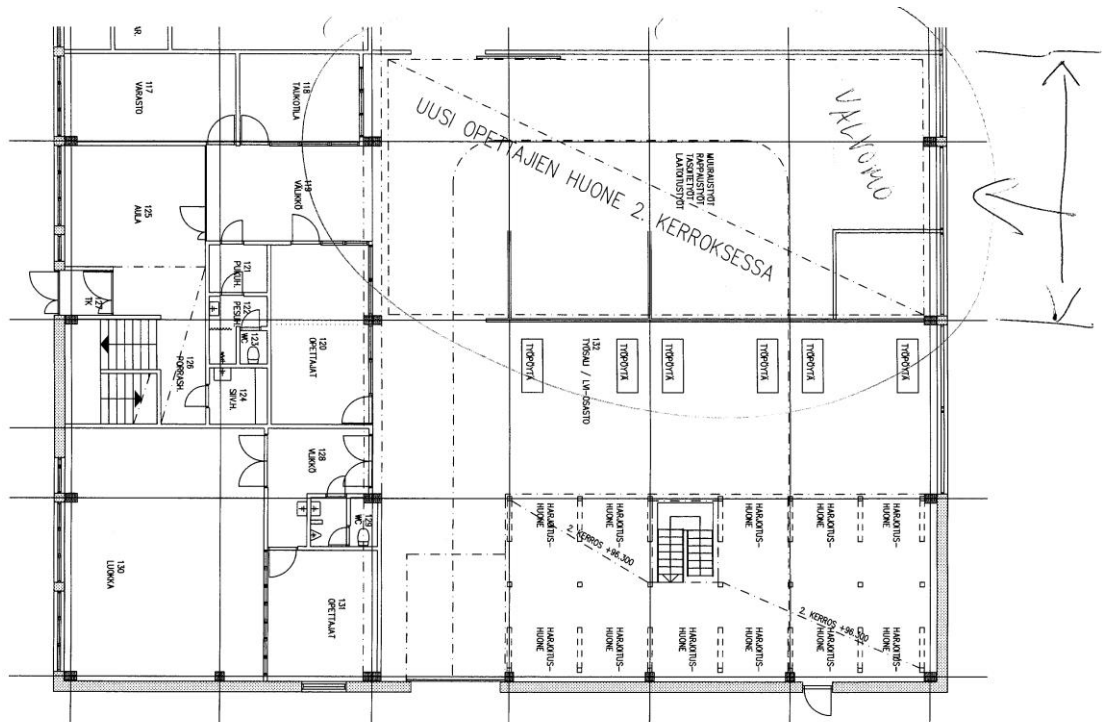
Ilmanvaihtokone koottiin projektin viimeisenä vuotena halliin, johon saneerauksen yhteydessä valmistui yläkertaan opettajien toimistotilat ja alas ilmanvaihtokoneen opetusluokka.

4.2 Luokan suunnittelu



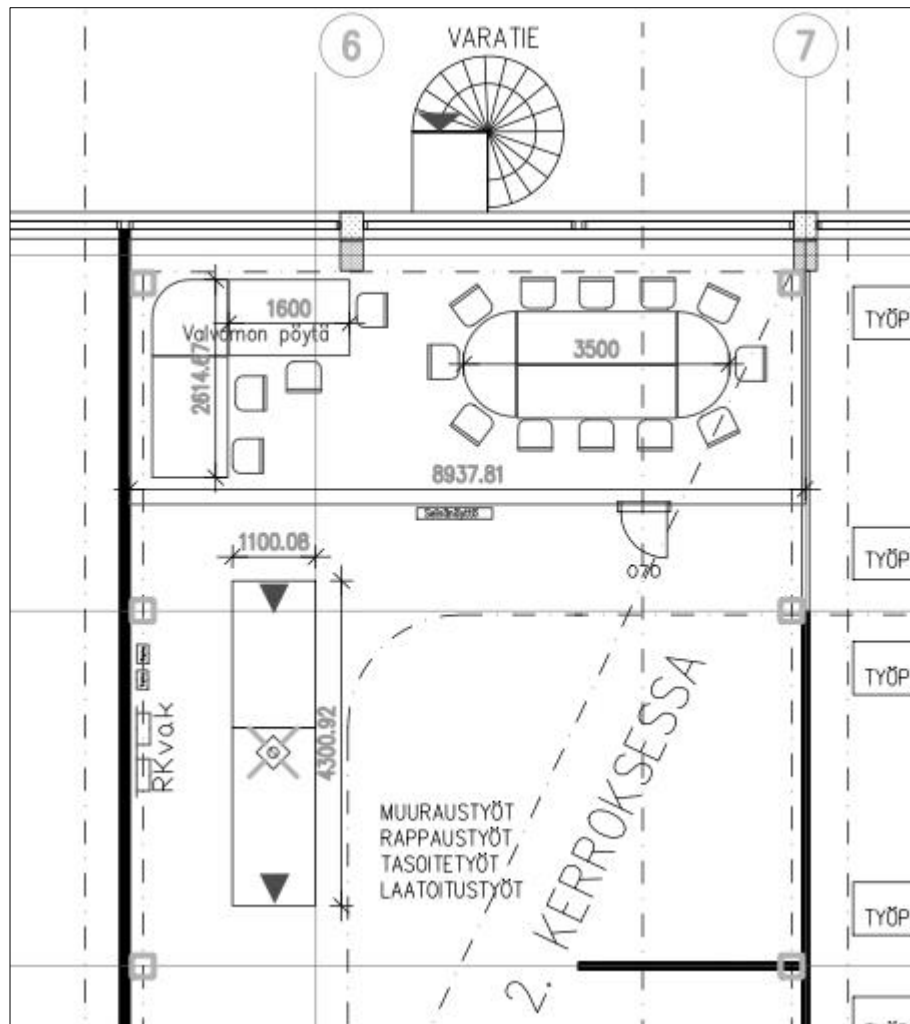
Kuva 3. Kone saapuneena saneerattavaan halliin.

Lähtötilanne oli se, että minulla oli kuvassa 3 näkyvä suureen halliin saapunut paketeissa oleva ilmanvaihtokone ja kuvan 4 piirustukset saneerauksesta, joista näkyi halliin toteutettava rakennustyö. Piirustuksesta näkyi sijoittamista rajaavat alueet, mutta luokka- tai opetustilaa ei ollut tässä vaiheessa suunniteltu. Ensimmäisessä työmaakokouksessa rakentamisesta vastaava mestari piirsi mustekynällä piirustukseen alueen, joka minulla oli käytettävissä koneen sijoittamista ja opetustilaa varten.



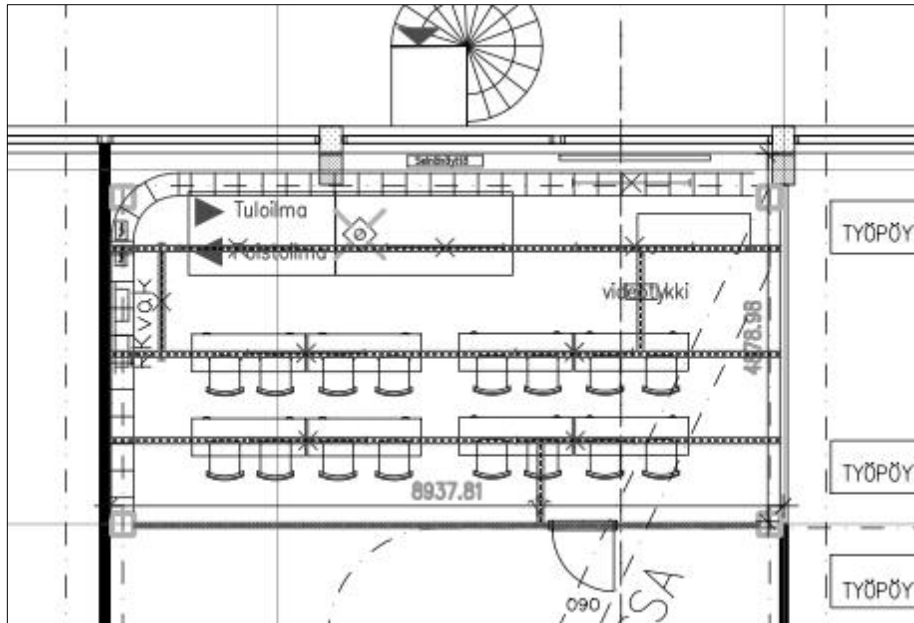
Kuva 4. Saneerattava alue.

Ensimmäiseksi selvitin, kuinka suuren alan kone tarvitsee ja miten se on sovitettavissa saneerausalueen pohjapintaan. Valmistin kaikki piirustukset CADS-ohjelmalla ja koneeltani löytyi tarvittavat sovellukset myös rakennekuvien tekemiseen. Varmistin ilmanvaihtokonetta mallintavan suorakaiteen muotoisen kuvan vastaavan luonnossa olevia mittoja ja pääsin sijoittamaan koneen kokoista ”palikkaa” piirustusalueella. Ilmastointikonetta varten varattava tila muuttui hieman suunnittelun aikana. Ensimmäiseksi projektipäällikkö ehdotti, että kone sijoitetaan halliin ja valvomo on suljetussa tilassa. Piirsin tämän ehdotuksen perusteella ensimmäisen, kuvan 5 mukaisen suunnitelman koneen koamispaikasta ja valvomotilasta, jossa olisi ollut ryhmätyöskentelyä varten pöytä.



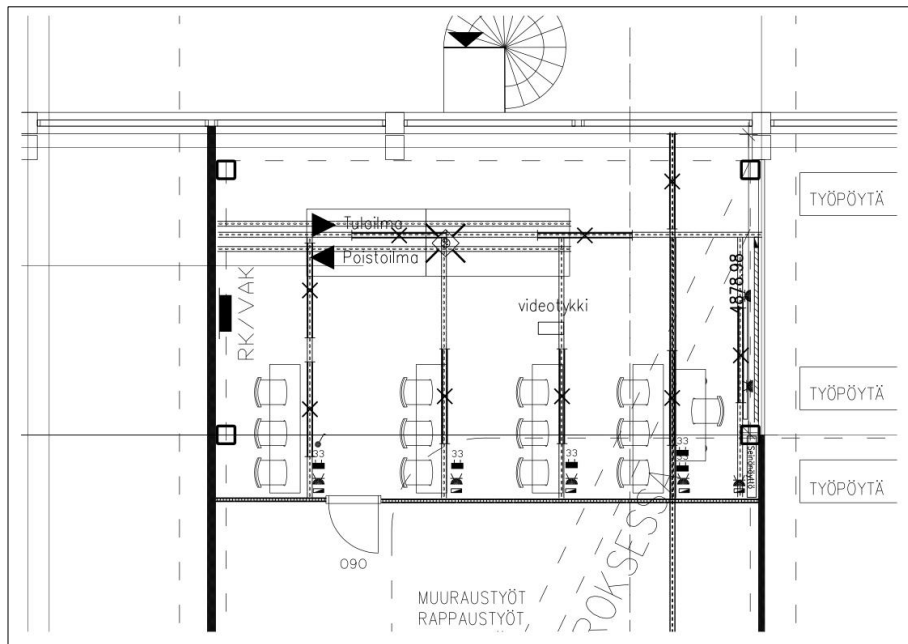
Kuva 5. Ensimmäinen suunnitelma ilmanvaihtokoneen sijoituspaikaksi.

Pohdimme työryhmässä, voidaanko konetta sijoittaa opetustilan ulkopuolelle yleiseen tilaan. Päädymme kuvan 6 mukaiseen ratkaisuun, että kone sijaitsi suljetussa paikassa ja huoneeseen sijoitetaan 16 oppilaalle pöytätasot. Tilankäyttöä rajoitettiin niin, että seinä rakennetaan yläkertaan kannattavaan 2. tukipilariin. Ulkoseinästä huoneen pituudeksi muodostui hieman alle 5 m ja leveyttä tilalle tuli n. 9 m. Koska ilmanvaihtokoneen pidempi sivu oli 4,3 m, kone mahtui tilaan ulkoseinän suuntaisesti. Piirsin luokkatilan niin, että pöydät ovat konetta kohti, jolloin laitteiden havainnollistaminen on suoraan oppilaiden edessä.



Kuva 6. Toinen suunnitelma koneen paikaksi.

Koneen päätyihin oli kuitenkin varattava tilaa ulkoseinään puhkaistavia tulo- ja poistokanavia varten sekä yläkertaan meneville ilmastointikanaville. Ilmanvaihtokanavat olisivat kuitenkin tulleet valkokankaan ja opettajan pöydän eteen, joten pöydät oli piirrettävä toiseen paikkaan. Koneen taakse haluttiin myös riittävästi tilaa oppilaiden liikkumista varten. Kuvassa 7 esitetystä suunnitelmasta huomioitiin edellä mainitut seikat.



Kuva 7. Lopullinen suunnitelma koneen sekä keskusten sijoituspaikaksi.

Luokassa opettaja on oppilaiden edessä, joten ratkaisu oli melko perinteinen luokkatilan kannalta. Koneen ja pöytien väliin jäi riittävästi tilaa liikkumista varten. Luokkaan hankittiin lopulta pöydät, joissa on neljä oppilasta rinnakkain. Mietin tässä vaiheessa hieman johtoreittejä sekä valaisimien sijoitusta toimivan toteutuksen kannalta.

Videotykin ja valkokankaan/whiteboardin sijainti löysi tässä ratkaisussa paikkansa melko keskelle huoneen päätyä. Katsottavaksi jäi, mahtaako niiden sijainti olla optimaalinen ilmanvaihtoreittien kannalta. Tämä on yleinen ongelma kaikessa suunnittelutyössä. Onneksi uusissa suunnitteluohjelmissa on mahdollista tarkistaa törmäyslinjat ilmastoinnin ja sähköreittien suunnittelussa.

Tässä vaiheessa raamit ilmanvaihtokoneen pystyttämispäikalle sekä seinän sijainnille oli lyöty lukkoon. Tiesimme myös keskuksen paikan, joten pääsimme tuomaan keskukselle syöttökaapelin. Kone pystytettiin oppilastyönä yhden lukukauden aikana tyhjentyvään halliin seuraavan kesän saneerausrakentamista varten. Koneen käyttöönotto suunniteltiin tapahtuvan seuraavan lukuvuoden aikana, jolloin toimistotilat olisivat valmiit ja ilmanvaihto-oppilaat saisivat rakennetuksi ilmanvaihtokanavat.

5 Syöttöjohdon mitoitus ja valaisimien valinta

5.1 Luokan sähkölaitteiden kokonaisteho ja liittymisjohdon mitoitusvirta

Standardissa SFS 6000 liittymisjohdon mitoitusvirta määritellään huipputehosta – taulukko 2 - lasketun liittymistehon avulla. Liittymistehoa määritettäessä otetaan huomioon tasauserroin k_1 ja samanaikaisuuserroin k_2 [6, s. 15]. Tasauserroin ottaa huomioon, kuinka paljon laitteet ovat päällä samanaikaisesti. Samanaikaisuuserroin ottaa huomioon kuinka paljon tasauskertoimella huomioidusta tehosta on käytössä huipputehon aikana. Kertoimet voi vaihdella nollan ja yhden välillä. Tasauserroinkin on siis arvioitava tapauskohtaisesti ja vielä laiteryhmittäin. Liittymisjohtoa mitoittaessa on hyvä huomioida mahdollinen laajennustarve.

Luokan sähkönkulutus muodostuu käytännössä ilmanvaihtokoneen moottoreiden kulutuksesta, valaistuksesta ja tietokoneiden käytöstä. Koneet pyörivät n. 30 %:n teholla ja luokka on käytössä maksimissaan 8 h/vrk. Luokan kulutukseen saattaa vaikuttaa myöhemmin tapahtuva mahdollinen laajennus. Laajennuskapasiteetiksi määrittelen 20 % (kaavassa 1, kerroin 1,2).

Taulukko 2. Arvoja luokan näennäistehon S selvittämiseksi.

Laite	Teho
TK	750 VA
PK	750 VA
LTO pumppu	500 VA
Valot	500 VA
Pr 3* 16 A	11040 VA
Yhteensä	13540 VA

Koneita tullaan testaamaan ajoittain täysiteholla, joten valitsen luokan kulutukseen tasauskertoimen suuruudeksi $k = k_1 + k_2 = 1$.

$$S = 1,2 * k * S_{\max} \quad \mathbf{16248 \text{ VA}} \quad (1)$$

Kaavan 1 mukaan saadun liittymistehon perusteella voidaan laskea mitoitusvirta kaava 2 avulla, missä I_b on mitoitusvirta ja U on pääjännite, 400 V.

$$I_b = S / (\sqrt[3]{U}) = 23,45197 \text{ A} \quad (2)$$

433.1 (433.2) Johtimien ja suojalaitteiden yhteen sovittaminen

Kaapelia ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen ominaisuuksien on täytettävä seuraavat kaksi ehtoa:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (2)$$

missä:

I_B on virta, jolle piiri on suunniteltu

I_Z on johtimen jatkuva kuormitettavuus (ks. luku 523)

I_n on suojalaitteen mitoitusvirta

HUOM. 1 Sellaisessa suojalaitteessa, jonka toiminta-arvoa voi asetella, mitoitusvirta I_n tarkoittaa valittua asetusarvoa.

I_2 on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa.

Virran I_2 arvo, jolla suojalaite toimii tehokkaasti, on annettu laitestandardissa tai se saadaan valmistajalta.

Kuva 8. Kuva SFS 6000-4-43 [7, s. 162].

25 A gG -sulakkeen riittävän nopean poiskytketymisen edellytys [8, SFS-EN 60269-1] on: $I_2 = 1,6 \cdot I_n$. Tästä seuraa, että edellisen tiedon ja kuvassa 8 esitetyn (2) -määrittelyn perusteella johtimen kuormitettavuus täytyy olla, kun I_n on 25 A.

$$I_Z = (1,6/1,45) \cdot I_n = 27,6 \text{ A.} \quad (3)$$

Laitteiston piirin suunnittelussa päädyttiin virran I_b laskettuun arvoon 23,5 A, minkä takia suojaukseen valitaan 3 * 25 A gG-typin sulakkeet. Johto tullaan asentamaan vaakaan rei'ittämättömälle kaapelihyllylle kolmen muun mmj-johdon kanssa ja pystyyn seinälle neljän johdon kanssa. Kaapeli viedään tiiliseinän läpi, jonka lämmönjohtavuus on parempi, kuin 0,0625 W/Km, eikä korjauskerrointa tarvitse määritellä [9, s. 229]. Käyttöolosuhteet ovat sisällä, joten ympäristön lämpötila pysyttelee alle 25 °C:n. Olen laskenut taulukossa 3 syöttökaapelin poikkipinta-alan standardissa esitettyjen vaatimusten mukaan.

Taulukko 3. Johtimen poikkipinta-alan määrittäminen.

25 A gG -> 28 A kuormitettavuus, SFS 600, taulukko C52.1		
Korjauskertoimet	k	
Lämpötila 25 ° C, PVC	1	D1, 52.7
Vaaka, 4 johdinta	0,75	D1, 52.11
Pysty, 5 johdinta	0,73	D1, 52.11
Kuormitettavuus vaaka: $28A/(1*0,75)=$		37,3 A
Kuormitettavuus pysty: $28 A/(1* 0,73)=$		38,4 A
Kaapelin poikkipinta-ala	Kuormitettavuus	Referenssi
4 mm ²	36 A	E
6 mm ²	45 A	E
SFS 600, 52-4		

Syöttökaapeli voi olla tämän perusteella vähintään 6 mm². Keskuksen suunnittelija on arvioinut kaapelivahvuudeksi 10 mm², joten tämän kaapelin käyttö täyttää SFS 6000 standardin edellytykset.

5.1.1 Syöttökaapelin automaattisen poiskytkennän tarkistaminen

Edellä esitettyjen laskujen perusteella syöttökaapelin suojaukseen valittiin 25 A gG-sulakkeet. Halusin vielä varmistaa, ettei syöttökaapelin pituus rajoita sen käyttämistä, vaan oikosulkuvirta on riittävä sulakkeiden toimimiseksi. Laskin taulukossa 4 syöttökaapelin automaattisen poiskytketymisen edellytyksiä oikosulkuvirran suuruuden perusteella. Rakennuskuvien perusteella arvioin syöttöjohdon pituudeksi 18 m ja lisäsin siihen ylimääräistä mahdollisen reittimuutoksen takia. Laskuissa käytin 25 m:n syöttökaapelipituutta. Syöttävän keskuksen oikosulkuvirraksi on mitattu 1680 A. Laskemisessa olen soveltanut D1-käsikirjaa [9, s. 92–97].

Taulukko 4. Syöttökaapelin automaattisen poislytkennän varmistaminen laskemalla.

MMJ 5 * 6 mm ²					
Syöttävän keskuksen oikosulkuvirta		1680 A			
Sen muuttaminen impedanssiksi	$c \cdot U / (\text{neliöjuuri}(3) \cdot I_k)$	Ohm	$c =$	0,95	
		0,130591132 Ohm	$U =$	400 V	
			$\text{Neliöjuuri}(3) =$	1,73	
Söttökaapeli mmj 5*6 s					
Johtimen impedanssi/km		3,66 ohm/km	D1: 41.6		
Kaapelin pituus		0,025 km			
Silmukan impedanssi , 38 m	$(2 \cdot 3,66) \text{ohm/km} \cdot 0,025 \text{ km} =$	0,183 ohm			
Impedanssi johdon päässä	$Z_{\text{kok}} = Z_{\text{keskus}} + Z_{\text{johto}} =$	0,313591 ohm			
Ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta	$I_k = c \cdot U / \text{neliöjuuri}(3) \cdot Z_{\text{kok}}$	699,6151 A			
Suojaus 25 A gG, 5s (D1: 41.5)	Vaadittu 110 A	Ok			
Suojaus 25 A gG, 0,4 (D1: 41.5)	Vaadittu 180 A	Ok			

5.1.2 Ryhmäjohtojen automaattisen poislytkennän varmistaminen

Halusin varmistaa, riittävätkö ryhmäkeskuksen oikosulkuvirralla lasketut arvot luokan ryhmäjohtojen suojauksen takaamiseksi. Tein taulukon 5 mukaiset laskut laskemalla ilmanvaihtokoneen kauimman ryhmäjohtojen oikosulkuvirran ja pistorasian kauimman pisteen oikosulkuvirran. Tarkistin ryhmäkeskuksen ruotokuvasta näiden johtojen suojaukseen tarkoitetut johdonsuoja-automaattien nimellisvirran ja johdintyyppin. Lämmöntalteenoton (LTO) pumppu oli tarkoitus kytkeä kauimmaksi ja arvioin sen johtimen pituudeksi 15 m mmj 4x1,5 N:n johdolla, jota suojaasi 10 A C-tyyppin johdonsuoja-automaatti. Kauimman pistorasian arvioin tarvitsevan maksimissaan 25 m kaapelivedon mmj 3x2,5 S:n johdolla. Sitä oltiin valittu suojaamaan 16 A C-tyyppin johdonsuoja-automaatti. Käytin näitä lähtötietoja laskujen toteuttamiseen.

Taulukko 5. Ryhmäjohtojen automaattisen poiskytkennän varmistaminen laskemalla.

Ryhmäjohtojen automaattisen poiskytketymisen laskeminen				
Ik ryhmäkeskus		700 A		
Sen muuttaminen impedanssiksi	$c*U/(\text{neliöjuuri}(3)*Ik)$	Ohm	c=	0,95
	0,313418718	Ohm	U=	400 V
			Neliöjuuri(3)=	1,73
Ito-pumppu mmj 1,5, 10 A c-käyrä				
Johtimen impedanssi/km		14,62 ohm/km	D1: 41.6	
Kaapelin pituus		0,015 km		
Silmukan impedanssi , 15 m	$(2*14,62)\text{ohm/km}*0,015\text{ km} =$	0,4386	ohm	
Impedanssi johdon päässä	$Z_{\text{kok}} = Z_{\text{keskus}} + Z_{\text{johto}} =$	0,752019		
Ryhmäjohtoon 6QF1 oikosulkuvirta	$Ik = c*U/\text{neliöjuuri}(3)*Z_{\text{kok}}$	291,7389 A		
Suojaus 10 A c-käyrä, 0,4 ja 5s (D1: 41.10)	Vaadittu 100 A (Cu 1,5 mm ²)	Ok		
Pistorasiat mmj 2,5, 16 A c-käyrä				
Johtimen impedanssi/km		8,77 ohm/km	D1: 41.6	
Kaapelin pituus		0,025 km		
Silmukan impedanssi , 25 m	$(2*8,77)\text{ohm/km}*0,025\text{ km} =$	0,4385	ohm	
Impedanssi johdon päässä	$Z_{\text{kok}} = Z_{\text{keskus}} + Z_{\text{johto}} =$	0,751919		
PR-ryhmän oikosulkuvirta	$Ik = c*U/\text{neliöjuuri}(3)*Z_{\text{kok}}$	291,7777 A		
Suojaus 16 A c-käyrä, 0,4 ja 5s (D1: 41.10)	Vaadittu 160 A (Cu 1,5 mm ²)	Ok		

Molempien ryhmäjohtojen oikosulkuvirrat laskemalla täyttivät 10:n ja 16 A:n johdonsuojien toimiselle asetetut vaatimukset. Näiden tietojen perusteella pystyin varmistamaan, että syöttökaapelina voidaan käyttää mmj 5x6 S -kaapelia.

5.2 Valaisimen valinta

Sisätyöpaikkojen valaistusstandardi EN 12464-1 määrittelee koulussa työpisteen ja pöytä-tason riittävän hyvän valaistuksen edellytykset. Ennen tasokuvan piirtämistä halusin selvittää, millaisella valaisimella päästään 500 lx:n (SFS EN 12464-1, s. 60) ohjearvoon.

Koska luokkaan halutaan automaatiolla ohjaava valonhimmennys videotykin käyttöä ajatellen, valitsin laskemisen lähtökohdaksi Alpilux AP492431ELD -valaisimen. Kyseistä valaisinta voidaan himmentää jänniteohjauksella 0–10 V. Automaatiosta voidaan valita yksi DO-kärki (digital output), joka ohjaa jännitesyötön kärjen sulkeutuessa potentiometrin kautta pienentäen ohjauksen jännitettä asetettuun valaistussäätöön. Tarkoituksena on asettaa näytölle himmennyskuvake, joka säätää valaistuksen pienemmäksi.

Laskemalla haluan varmistaa, että kyseinen valaisin riittää tuottamaan pöydän etureunalle riittävän valomäärän ja tätä tietoa hyödyntämällä voin piirtää tasokuvan valaisimet turvallisiksi mielin. Valaisimen ja pöydän korkeuden erotukseksi arvioin yläkanttiin 2 m. Valaisin tullaan kiinnittämään valaisinripustuskiskoon ja kiskoa lasketaan noin 20 cm, joten valittu 2 m antaa vaativamman arvon kuin todellisuudessa korkeusero tulee olemaan. Toisaalta en tässä vaiheessa voi olla varma valaisimen valinnasta, joten valaisimen laskut ovat suuntaa antavia ja käytän niitä varmistamaan, etten laske liian pienellä toleranssilla.

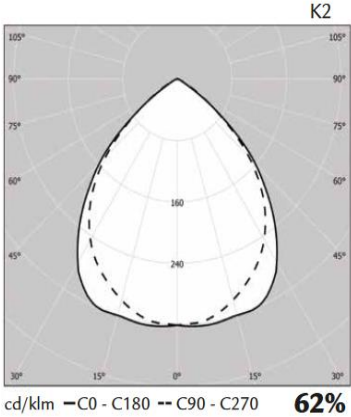
Laskemiseen käytin ns. pistemenetelmää

$$E = (I * \cos^3(\alpha)) / h^2. \quad (4)$$

Pistemenetelmällä lasketaan yhteen yksittäisistä valaisimista pisteeseen syntynyt valaistusvoimakkuus. Valovoiman selvittämiseksi tarvitaan valonjakokäyrää tai tasa-arvodiagrammia. Nämä on skaalattu (reduoitu) yleensä kilo luumenin (klm) valovirralla -> cd/klm. Tiettyyn pisteeseen muodostuva valaistusvoimakkuus on kaikkien siihen kohdistuneiden valaistusvoimakkuuksien summa. [10, s. 161–164.]

Jos yhden valaisimen valaistusvoimakkuus täyttää standardin asettaman vaatimuksen, tiedän että valaisimia voidaan käyttää luokan valaistukseen. Optimaalinen valaistusvoima saavutetaan, jos työpiste on noin 20° valaisimen alapuolella. Olen piirtänyt luokan hahmotelmaan valaisinripustuskiskot hieman pöytälinjan eteen ja käytän laskemisessa valaisimen valonjakokäyrästä 20° arvoa. Taulukossa 6 olen laskenut valaistusvoiman käyttämällä kahta Airam T5-putkea, joiden valovirta on valmistajan ilmoituksen mukaan 4900 lm.

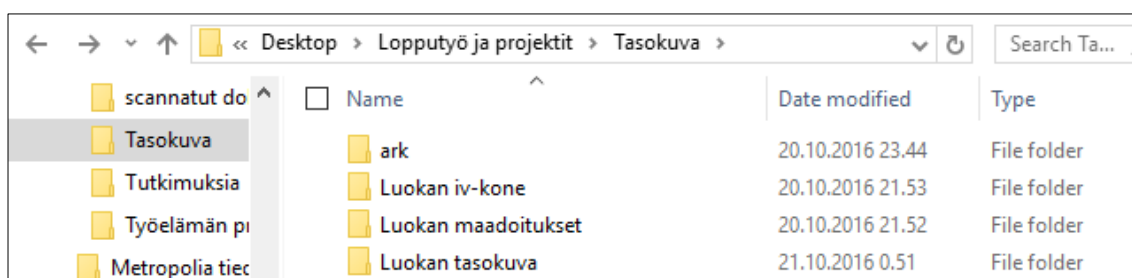
Taulukko 6. Alpilux-valaisimen valaistusvoiman selvittäminen 20° kulmassa (pöytätasolla).

Luokkahuoneen valaistusvoima työpöydän etureunassa					
Vaatus	500 lx				
$E_h = (I \cdot \cos^3) / h^2$					
Valaisimen valovoima, $I_0 = (\text{valovirta}/1000 \text{ lm}) \cdot \text{kuvaajan arvo (skaalattu cd}/1000 \text{ lm})$					
Airam A9IIGQ T5 HO, 49 W	4900 lm				
Valovirta AP492431	9800 lm				
Kuvaajan arvo 20°	320 cd/klm				
Alpilux		Leveys	Pituus	Paino	Valonjako
AP492431ELD T5 2X49W 1-10V		173	1487	3,4 K2	
 <p>cd/klm —C0 - C180 -- C90 - C270 62%</p>					
	$I_0 =$	3136 cd			
$E_h, \Delta h = 2 \text{ m}, 20^\circ =$		618,4 lx			

Valaistusvoima täyttää laskun perusteella vaaditun 500 lx:n arvon, joten tulen käyttämään tasokuvan piirtämisessä 2-putkista 49 W:n loisputkivalaisinta.

6 Tasokuva

Käytin tasokuvan piirtämiseen CADs-sovellusta. Aloitin työskentelyn tietokoneella luomalla piirustus- ja suunnitteluprojektille kuvan 9 mukaisen hakemistorakenteen. Käytin tasokuvan pohjana viitekuvaa työmaan luokkahuonetta kuvaavasta alueesta. Viitekuvaa oli omassa hakemistossa ja sähköreittien, valaisimien, pistorasia- sekä tietoliikennekalusteiden asennuskuvan tallensin omaan hakemistoon. Toisin sanoen kiinteistön sähköistämiseen kuuluvat asennuskuvat olivat yhtenä tasokuvana.

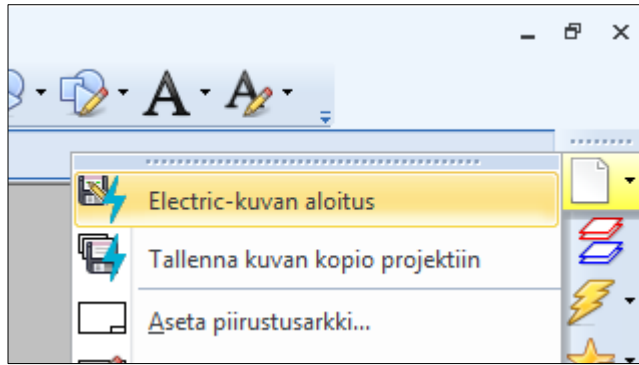


Kuva 9. CADs projektin hakemistorakenne.

6.1 Piirtämisen aloitus

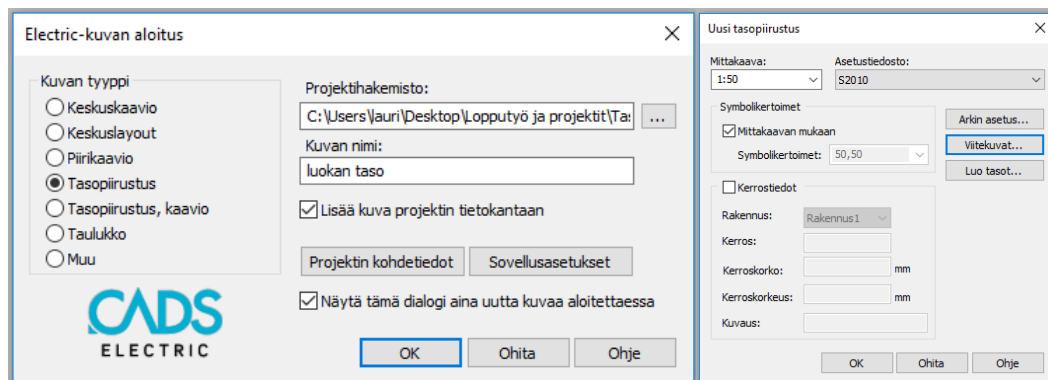
Cadsissä piirtäminen aloitetaan piirustuksen perustietojen kirjaamisella ja viitekuvan määrittämisellä. Noudatin kuvan tekemisen aloitusohjeena Kymdatan omaa CADs Planner Electric:n rakennussähköistyksen kurssiopasta. [12, s. 1–6.]

Valitsin ohjelmassa tasokuva-sovelluksen ja sovelluksen lataamisen jälkeen piirtoalueen oikeaan reunaan ilmestyy tasokuvan piirtämisen työkalukuvakkeet. Ylimpänä palkin kuvakkeista on kuvassa 10 näkyvä uuden piirustusprojektin aloitus. Sitä näpäyttämällä alkaa kuvan määrittely.



Kuva 10. Ensimmäisen projektikuvan aloitus.

Kuvan luomista ja kohdetta käsittävien tietojen kirjaamisen lisäksi tässä vaiheessa täytetään kuvassa 11 näkyvät piirustusarkin kokoa, viitekuvaa sekä piirtosuhdetta koskevat tiedot.



Kuva 11. Tasokuvan määrittely.

Ohjelma hyödyntää korkeustietoa johtojen määrälaskennassa ja ehdottaa tiettyjen kalusteiden asennuskorkeudessa huonekorkeuden kirjausta.

Kaikki kuvat piirtyvät omille tasoille sen mukaan, mihin sähköjärjestelmään piirretty kaluste määritellään. Olisin voinut piirtää kaikki järjestelmät samaan kuvaan ja "sammuttaa" tietyt tasot pois käytöstä tulostamisen ajaksi, jolloin olisin saanut oikeata asennusryhmää ilmaisevat viivapiirrot tulostukseen.

Itselleni on jäsentämisen ja selkeyden vuoksi luontevampaa käyttää useampaa tasokuvaa erottamaan ilmanvaihtokoneen automaation ja kiinteistön sähköasennukset. Haluan

myös eri kuvien tietokantatoiminnot itsenäisesti käyttöön, jolloin voin laskea erikseen esimerkiksi ilmanvaihtokoneen ja kiinteistön asennuksiin tarvittavat kaluste- ja johtokulut.

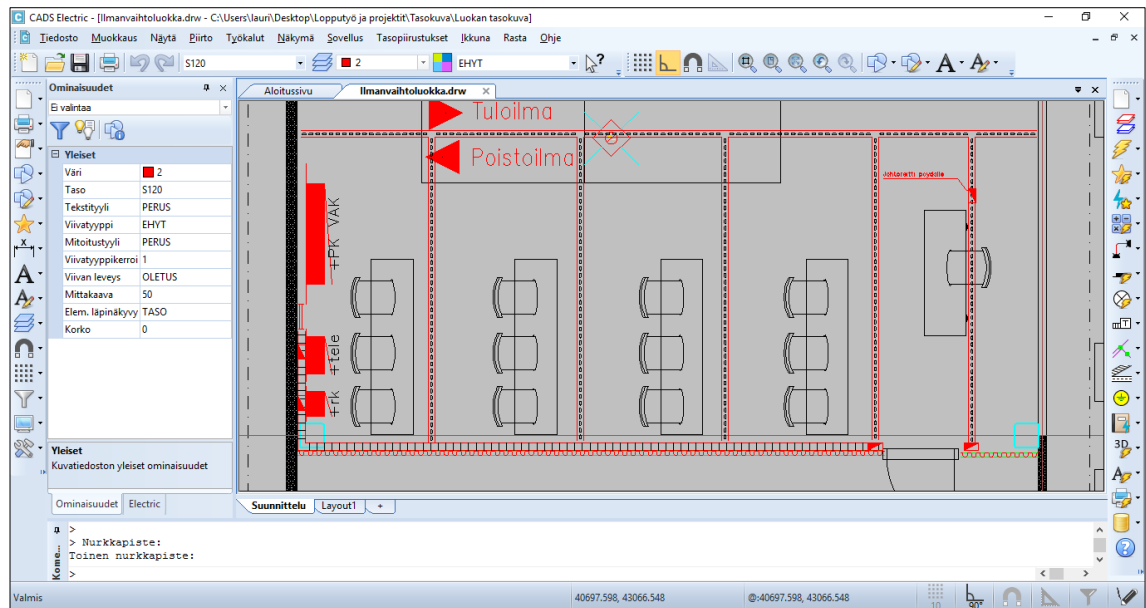
6.2 Johtoreitit ja keskuksset

Piirsin kuvassa 12 näkyvät johtokanavat luokan taka- ja sivuseinälle. Ajattelin käyttää siihen Mekan Instal-sarjan 170 alumiinista johtokanavaa, joka on kaksiosainen vahva- ja heikkosähkön johtoreittien kanava. Asetin johtokanavan yläreunan korkeusasetuksen 1000 mm:iin. Luokan kattoon piirsin MEK 70 -valaistusripustuskiskon alareunan 2200:n korkeuteen. Se tullaan kiinnittämään kattoon reunakiinnitin RK-70:llä, kierretangolla ja ankkuriruuveilla.

Nousut keskuksille ja valaisinripustuskiskoille oli helppo määrittellä oikeille korkeustasoille, koska kanavan yläreunan ja kiskon alareunan taso oli määritetty – johtonousut tulevat näiden korkeusarvojen väliin. 2D-kuvassa tämä ei ole niin oleellista, mutta 3D-kuvassa kanavat saattavat törmätä toisiinsa, jos tasomäärittelyssä on käytetty keskilinjaa.

Luokkaan tulee kolme keskusta, joiden yläreunan asennuskorkeuden määrittelin 1800 korkeuteen:

- ilmanvaihtokoneen keskus, PK/VAK
- tietoliikenne-keskus
- ryhmäkeskus (RK) valoille ja pistorasioille, jonka syöttö on otettu PK/VAK:ista



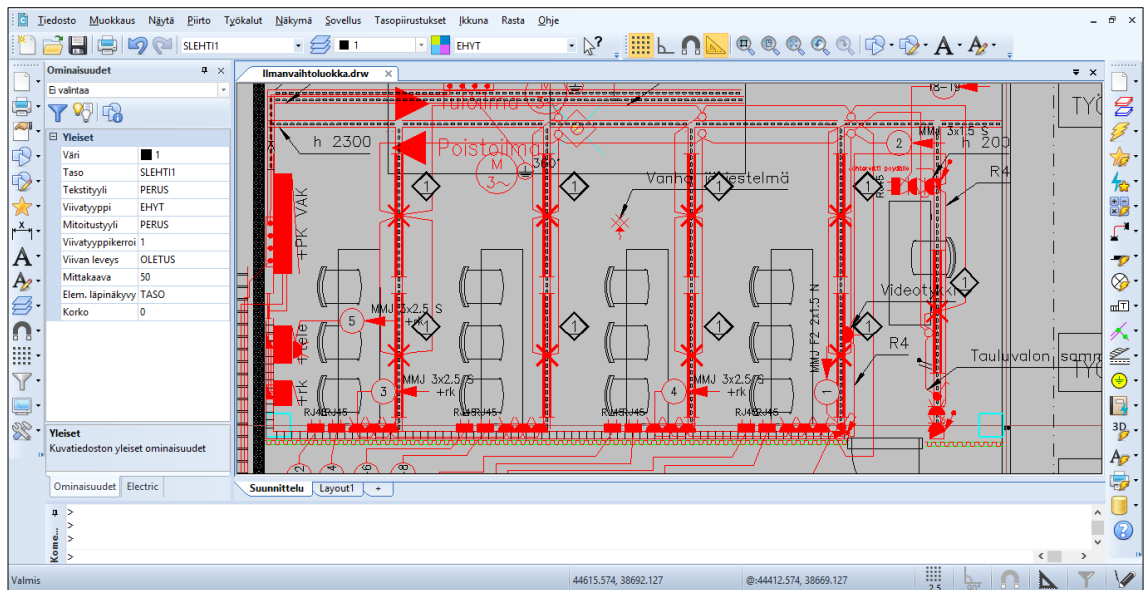
Kuva 12. Johtoreittien piirtäminen.

6.3 Kalusteet ja johdotus

Suunnittelin valaisimien kiinnityksen kuvan 13 mukaisesti suoraan valaisinripustuskiskon alareunaan. Loisteputkivalaisimet ovat alaspäin valaisevia, eikä ylävaloa valita kiinnitystavasta johtuen. Luokkaan sijoitetaan 9 kpl Alpilux AP492321 ELD -valaisinta, joissa on kaksi T5 49 W:n loisteputkea. Putkien värintoistoindeksi on 80 ja värilämpötila 4000 K. Standardi SFS-EN 12464-1 sisätyöpaikkojen valaistuksesta määrittelee luokkahuoneen valaistusvoimaksi, Em 300 lx ja aikuisopiskelijoille 500 lx sekä värintoistoindeksiksi Ra 80 [12, s.60].

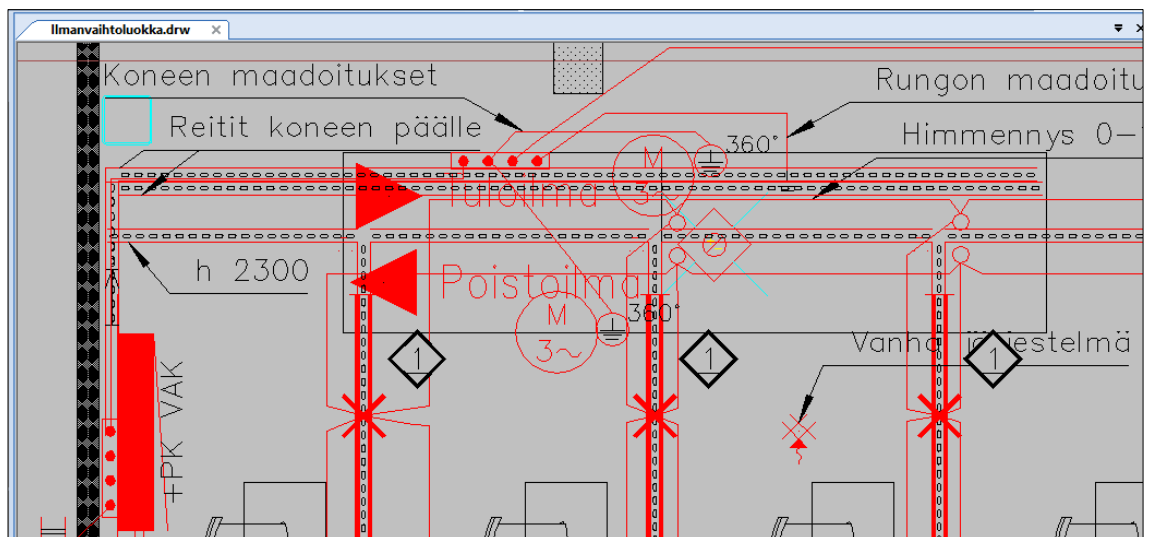
Luokkaan tulee kattoon asennettava videotykki, jota varten täytyy olla pistorasia sekä johtoreitti opettajan pöydältä. Ajattelin toteuttaa johtoreitin Meka instal-170 -kanavalla, joka tuetaan yläreunasta valaisinripustuskiskoon ja alhaalta L-tuella lattiaan. Lattiassa ei ole lämmitystä, mikä rajoittaisi kiinnikkeiden proppauksen poraamista kiinnitettävään pintaan.

Pöytätasolle tullaan asentamaan tietokoneet, mitkä vaativat pisto- sekä RJ-45 -tietoliikennesasioita. Rasiat tullaan asentamaan johtokanavalle tarkoitettuihin asennusrasioihin. Kuvassa 13 esitetään, kuinka jokaiselle pöytäriville asennetaan 3 kpl 2-osaista pistorasiaa sekä 2 kpl 2-osaista RJ-45 -rasiaa.



Kuva 13. Luokan kalusteet ja johdotus.

Ilmanvaihtokone täytyi maadoittaa useammasta pisteestä. Putkiston ja moottorirunkojen potentiaalin tasaukset maadoitettiin MK16 kevi -johdolla. Maadoituksen haaroitusta varten asensin luokkaan kaksi maadoituskiskoa: keskuksen alapuolelle sekä koneen päälle. Koneen päälle tuli myös kaksi kuvan 14 mukaista johtoreittiä: heikko- ja vahvasähkölle omat reitit valaisinripustuskiskolla.

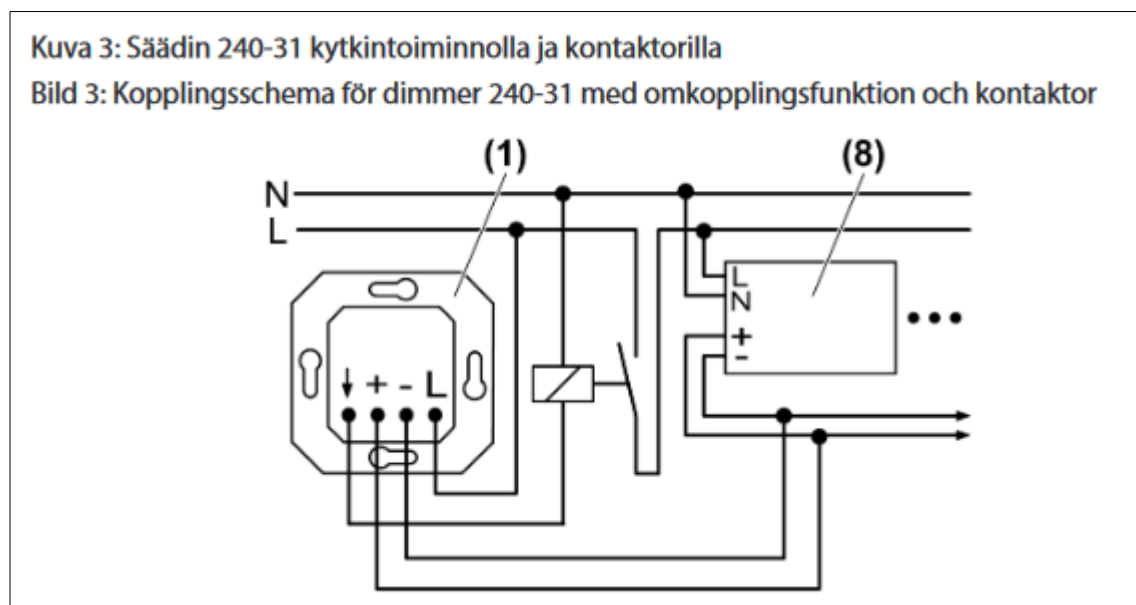


Kuva 14. Ilmanvaihtokoneen reitit.

6.4 Valaistuksen ohjaus

Luokan valaistuksen ohjaamiseen riittää 1-kytkin, jolla saadaan valoja syöttävä kontaktori vetämään. Valaistus on mahdollista himmentää 0–10 V jännitesäädöllä, mikä tullaan toteuttamaan logiikan avulla. Tietokoneen valvontanäytölle tehdään kuvake luokan himmentämisestä. Kuvaketta ”näpäyttämällä” logiikan ohjausyksikön DO-kärjen (digital output) asento muuttuu, jolloin ohjausjännite pudotetaan säätövastuksen avulla sellaiseksi, että videotykin katsominen helpottuu valaistuksen himmentyessä. Himmennin itsessään ei sytytä tai sammuta valoja, vaan sen säätövastuksella jännitetaso (0–10 V) pudotetaan sähköpiirin jännitteenjaon avulla vastaamaan sopivaa valaistusmäärää. Valaisimen elektroninen liitäntälaite toimii jännitelähteenä ja samalla se ”haistelee” säätövastuksen vaikutusta piirin jännitetasoon. Himmennyspiirin johdotukseen käytetään KLM 2x0,8 johtoa.

Valaistuksen ohjaus toteutetaan seuraavaa kuvan 15 kytkentäkaaviota soveltamalla:

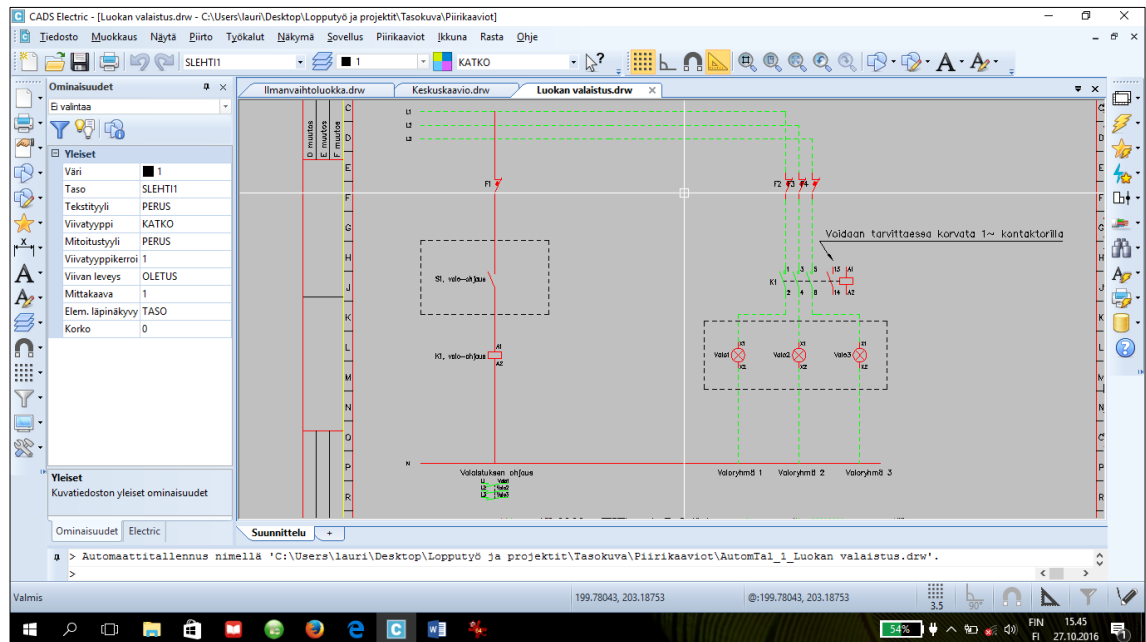


Kuva 15. Valaisimen kytkentäohje.

Ryhmäkeskuksessa valaistuksen hallintaan tarvitaan kaksi 10 A johdonsuoja-automaattia, joiden katkaisukäyrä on B. Toinen suojaa valaistuksen ohjauksen johdot ja toinen valaisimille kytketyt johdotukset. Valaistuksen ohjaaminen tarvitsee kytkimen lisäksi kontaktorin. Kytkimellä yhdistetään kontaktorin kelalle ohjattu magnetointijännite, mikä saa kuormaa syöttävät kärkiparit yhdistetyksi kiinni I. ”kontaktorin vetämään”. Mikäli valaistusryhmä on suuri, esimerkiksi halli, kontaktorissa täytyy olla kolme kärkiparia. Niillä

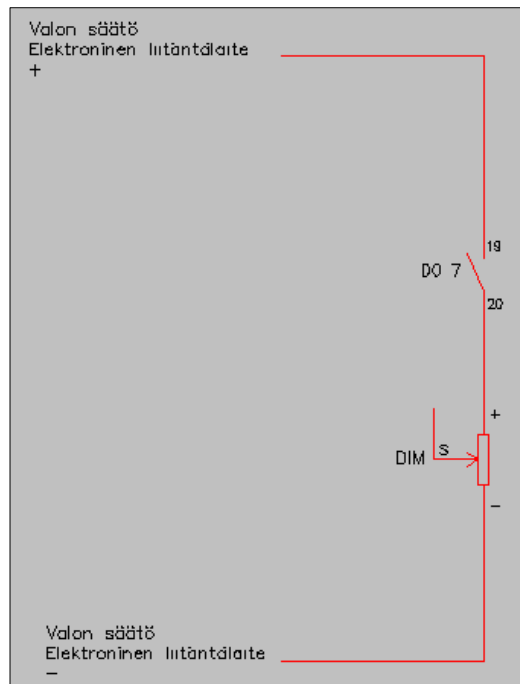
kuorma jaetaan vaiheiden välillä tasaiseksi, ja kontaktorin kärkien erotuskyky on suurempi kuin valaistuskytkimellä.

Tein kuvan 16 mukaisen piirikaavion valaistuksen ohjauksesta Cadsin piirikaavio-sovelluksella. Johdotukset ja kytkinlaitteiden kärkitiedot on helppo asettaa kuvaan sovelluksen kuvakekirjastosta.



Kuva 16. Valaistuksen ohjauksen ja päävirtapiiri.

Kuvassa 17 esitetty hämmennyksen säätö suoritetaan VAK:ssa, jossa automaation moduuli 2:sta on valittu DO (digital output) 7, kärjet 19 ja 20 ohjaamaan hämmennystietoa säätövastuksen kautta.



Kuva 17. Himmennyksen ohjaus logiikan avulla.

6.5 Pisteluettelo ja määrälaskenta

Tein luokan valaisimista (valaisimesta) pisteluettelon mukaisen esityksen, joka näkyy kuvan 18 yläreunassa olevana viittauksena positio 1. Yleensä tasokuvaan liitetään valaisimien ja lämmittimien pistetiedot viittaamalla kalusteiden positioon. Merkitsin kuvan valaisimet positionumerolla 1 ja valitsin ohjelmasta positiodien laskentatoimen. Tämän perusteella ohjelma muokkasi taulukon valaisinpositiosta. Positiomerkkien määrittely tapahtuu omalla komennolla, jossa valitaan tietyllä numerolla määritetyt valaisimet. Ohjelma liitti kuvassa 13 näkyvät numerolla varustetut vinoneliöt loisteputken piirustusmerkin viereen.

Määrälaskentatoiminnolla voidaan tehdä luettelo tarvikkeista, kalusteista ja johtoreittien edellyttämistä asennustarvikkeista – kuten esimerkiksi hyllyjen tai kiskojen yhdistämiseen tarvittavista tarvikkeista.

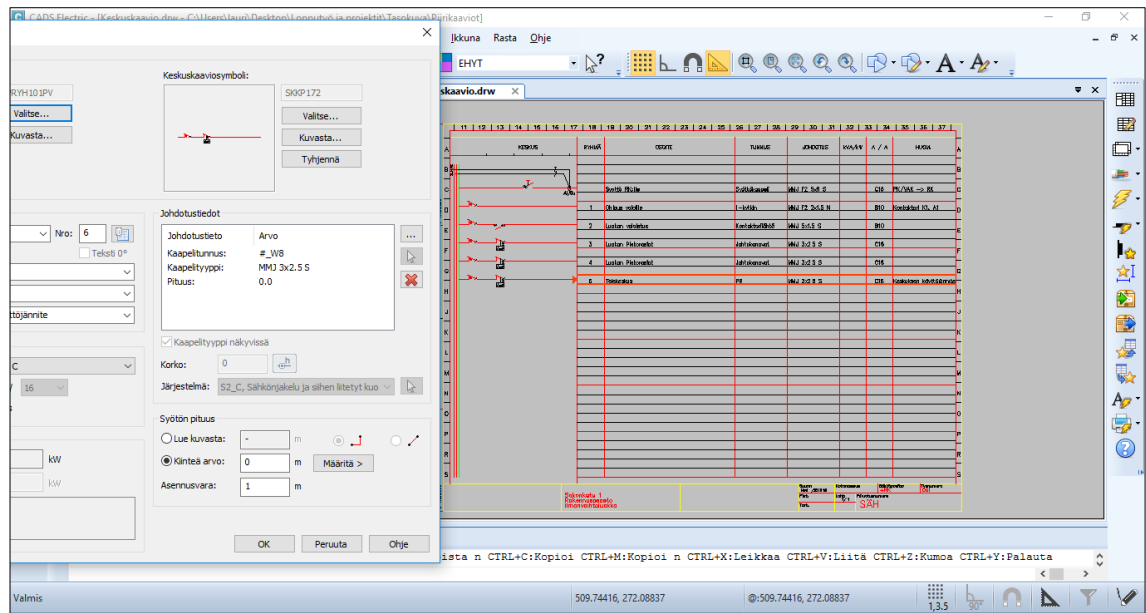
Määrälaskennassa voidaan määrittellä erilaisia ehtoja luetteloinnin huomioimisessa. Minusta mahdollisuus valita ”selkokieleiset” tiedot kalusteesta on hyödyllinen valintakriteeri: luen listasta mieluummin esimerkiksi ”pistorasia, 2-os, suojakosketin, uppo” kuin koodi- tai tunnustiedot, joiden merkitys pitäisi selvittää erillisestä luettelosta.

Positio:	Määrä:	
1	9	
Nimitys	Määrä	Yks.
150_Sym (300mm->150mm)	1	KPL
Hylly (300mm, 90)	1	KPL
Johtokanava (90mm, 90)	1	KPL
Ripustuskisko (80mm, 90)	2	KPL
Ripustuskisko (80mm, Pystyliitos)	2	KPL
Ripustuskisko (80mm, T)	5	KPL
Maadoituskisko	3	KPL
Kytkin, 1-napainen, uppo	2	KPL
Pistorasia, 1-os., suojakosketin, uppo	1	KPL
Pistorasia, 2-os., suojakosketin, uppo	17	KPL
Alpilux AP492321 ELD	9	KPL
Jakorasia seinässä, pinta-as.	8	KPL
Telepistorasia, uppo	9	KPL
Hylly (150mm)	15.3	m
Hylly (300mm)	3	m
Johtokanava (90mm)	14.6	m
Ripustuskisko (80mm)	39.6	m
MMJ 3x2.5 S	21	m
MMJ 5x6 S	19.2	m
MK-HF F2 1x16 KEVI	28.8	m
MMJ 3x1.5 S	41.3	m
MMJ F2 2x1.5 N	12.6	m
KLMA-HF F4B 2x0.8	57.5	m
2x4P CAT6 UTP LSZH	56.3	m

Kuva 18. Pisteluettelo ja määrälaskenta.

6.6 Keskuskaavio

Käytin keskuskaavion valmistamiseen CADSin omaa sovellusta. Jos ryhmien piirtämisen yhteydessä oli merkinnyt keskuskaaviotunnuksen, se siirtyi *kuvassa 19* näkyvään keskuskaavioon tietokannasta. Kaavion muokkaaminen on myös erittäin helppoa jälkikäteen ja ryhmien sijoittaminen oikeille riveille kuvaan käy nopeasti. Pienen ryhmäkeskuksen piirtäminen tapahtuu muutamassa minuutissa, mikäli löytää oikeat keskuskaaviotunnukset helposti. Keskuskaavion ulkonäkö hämmästytti silti siihen liittyvien tietojen kirjaamisen jälkeen, sillä niiden kirjaaminen oli vaivatonta ja kytkinlaitetekuvat asetettiin hienosti paikoilleen valmiissa kuvassa.



Kuva 19. Keskuskaavion symbolin valinta: johdonsuoja-automaatti ja vikavirtasuojaja.

7 Mittaukset

Luokan sähkötöiden asennukset alkoivat pääkeskuksen/VAK:n kiinnittämisellä ja syöttökaapelin reitin valmistamisella. Syöttökaapeli olikin ensimmäinen asennettava sähkölaitteiston osa. Kaapelille tehtiin ennen jännitteen kytkemistä eristysresistanssin ja suojaajohtimen jatkuvuuden mittaukset.

Standardi SFS 6000-6-61 [7, s. 355–361] edellyttää seuraavia tarkastuksia ja mittauksia sähköasennuksissa (numerointi viittaa standardin kohtaan):

- 61.2 Aistinvarainen tarkastus
- 61.3 Testaus: suojajohtimien jatkuvuus, sähköasennusten eristysresistanssi, syötön automaattisen poiskytkennän toiminta, napaisuus, kierto-suunta, laitteiston käyttöttestaus

Laitteiston mittaamiseen kuuluvat jännitteettömät ja jännitteiset mittaukset. Jännitteettömillä mittauksilla varmistetaan, ettei kaapeli ole vioittunut kaapelivedon tai muun vaurion seurauksena. Mittauksilla tarkistetaan johtimen eristys L- ja PE-johtimen välillä sekä PE-johtimen jatkuvuus. Eristysresistanssi täytyy olla $\geq 1 \text{ M}\Omega$ ja PE-johtimen jatkuvuus $\leq 1 \Omega$.

Jännitteisillä mittauksilla varmistetaan suojalaitteiden toiminta. Sulakkeen tai johdon-suoja-automaatin täytyy toimia laitteiston suojauksessa 5 s ja henkilösuojauksessa 0,4 s. Oikosulkutilanteessa virran täytyy olla riittävä aiheuttamaan suojalaitteen toiminnan. Mittaustulos tarkistetaan taulukosta vastaamaan kyseiselle laitteelle asetettuja vaatimuksia. Vikavirtasuojan toiminnassa mitataan toimintavirta ja -aika.

Sähköasennusten valmistuttua luokasta tehtiin käyttöönottomittaus, valaistuksen voimakkuuteen liittyvä mittaus sekä dB-mittaus. Toimiva Ilmanvaihtokone opetustilassa tuo mielikuvan jatkuvasta, tasaisesta taustahuminasta, jonka takia täytyisi korottaa äänitasoa, jotta muut kuulisivat puheen. Moottorit käyvät noin 30 %:n teholla, jolloin ilmanvaihtokanavista ei kuulu ilmavirtauksen ääntä, eikä juurikaan tulo- tai poistoilmakoneen moottoriääntä. Halusin mittauksella selvittää, mikä on luokan taustaäänien äänenvoimakkuus.

7.1 Käyttöönottomittaus

Käyttöönottomittaukset tehtiin kuvan 20 mukaisella Amprobe Telaris 0100 plus -asennustesterillä. Sillä mitattiin seuraavat tiedot: eristysresistanssi, PE-johtimen johtimen jatkuvuus jokaiseen maadoitettuun pisteeseen ja pistorasiaryhmien kauimmaisen pisteen oikosulkuvirta sekä vikavirtasuojan toiminta.



Kuva 20. Mittatesteri ja apujohto (kela) jatkuvuuden mittaamiseksi.

7.1.1 Syöttökaapeli

Mittasin syöttökaapelista eristysresistanssin, suojajohtimen jatkuvuuden ja oikosulkuvirran keskukselta. Lisäksi mittasin samaa reittiä tulleen potentiaalintasaukseen tarkoitetun maadoitusjohtimen jatkuvuuden. Kokosin yhteenvedon taulukko 7:ään johtimista saaduista mittaustuloksista. Mittaustulokset saavuttivat standardin edellyttämät vaatimukset hyväksytyistä arvoista.

Taulukko 7. Syöttö- ja potentiaalintasausjohdon mittaus-arvot.

Syöttökaapeli	Mittaus arvo		Onko ok
Eristys	> 199	MΩ	ok
Jatkuvuus	0,06	Ω	ok
Oikosulkuvirta	767	A	ok
Potentiaalintasauksen syöttö			
Jatkuvuus	0,03	Ω	ok

7.1.2 Luokkatila

Luokan jatkuvuusmittaus täytyi tehdä jokaisesta suoja- ja maadoitetusta laitteesta. Suoja- ja maadoituksen jatkuvuuden mittausarvosta pöytäkirjaan merkittiin mittauksen heikoin resistanssi. Jokaisesta pistorasiaryhmästä mitattiin erikseen oikosulkuvirta ja vikavirtasuojan toiminta-arvot (laukeamisvirta ja -aika). Taulukossa 8 on merkitty pistorasiaryhmästä suoritettu mittaustulos.

Taulukko 8. Pistorasiaryhmän mittausarvot.

Ilmanvaihtoluokan RK	Mittaus arvo		Onko ok
Eristysresistanssi	> 199	MΩ	ok
Jatkuvuus	0,41	Ω	ok
PR oikosulku	247	A	ok
Vikavirtasuojaja	18	mA	ok
	21	ms	ok

7.2 Luokan taustäänänen voimakkuus

Suoritin äänentason mittauksen koneen normaalilla käyntinopeudella, jolloin kone huolehtii yläkerran toimistotilojen ilmanvaihdosta ja lämmityksestä. Ulkolämpötila oli mittaus- hetkellä noin 10 °C, joten lämmön talteenoton putkistossa kiersi hieman kaukolämmöllä lisälämmitettyä glykolia.

Mittasin äänentason koneen päältä tuloilmamootorin yläpuolelta, aivan taajuusmuuttajan vierestä. Mittari oli asetettu kuvan 21 vasemmanpuolisen osan mukaisesti koneen rungon päälle ilman minkäänlaista vaimennusta. Ajattelin tämän olevan epäedullisin paikka melutasoa ajatellen. Halusin vertailla aivan koneen vieressä olevaa äänentaso- luokan istumapaikalta tehtyyn mittaukseen.

Toinen mittaus tehtiin kuvan 21 oikean puolen mukaisesti opiskelijoiden pöytätasolta videotykin alapuolelta sen ollessa päällä. Videotykin sammuttaminen vaikutti korvin kuul- len äänen voimakkuuteen, mutta uutta mittauks- ta ei tehty, koska luokan käyttötilanteessa videotykki on yleensä päällä.



Kuva 21. Äänentaso luokassa.

Koneen päältä mittari näytti tulokseksi kuvaushetkellä 58,2 dB ja luokan opiskelijoiden pöytätasolla 58,6 dB. Näin ollen mittauspaikalla ei vaikuttanut olevan juurikaan merkitystä taustaäänien voimakkuuteen. Paikan päällä kuunnellessa kone on yllättävän hiljainen, eikä käyntiäni mielestäni kuormita luokassa työskentelyä.

Taulukossa 9 on esitetty esimerkkejä erilaisten äänilähteiden äänenvoimakkuudesta, jotta on mahdollista vertailla luokan äänentasoja johonkin tunnettuun äänilähteeseen. Annettujen arvojen perusteella luokan tausta-ääni vaikuttaa asettuvan toimistotilan puitteisiin.

Taulukko 9. Esimerkkejä äänentasoista, Lohjan kaupungin ympäristöyksikkö.

ÄÄNI	ÄÄNITASO dB
Kuulokynnys	0
Lehtien havina	10
Rannekellon tikitys	20
Kirjasto	30 - 40
Kuiskaus	30 - 40
Toimisto	50 - 60
Liikennemelu	55 - 75
Linja-auto kadunkulmassa	70 - 80
Linja-auton sisämelu	80 - 90
Rekan ohiajo	> 90
Sinfoniaorkesteri (forte)	100 - 110
Rock-konsertti	100 - 120
Auton torvi (1 m)	115
Paineilmapora	120
Suihkukoneen nousu	125
Kipukynnys	120 - 130

7.3 Valaistus

Luokkahuoneessa riittävä valaistus on varmistettava suunnitelmissa, että se täyttää tilavaatimuksen edellytykset. Hämärässä työskentely on raskasta ja opiskelutilanteessa se kuormittaa tarpeettomasti keskittymistä. Jälkikäteen tehdyt muutokset ovat kalliita ja toimimaton valaistus johtaa siihen, ettei tilaa käytetä tehokkaasti. Pistemenetelmällä laskettuna sain yhden valaisimen valaistusvoimakkuudeksi yli 500 lx:n arvon. Tämä tieto riitti suunnittelun lähtökohdaksi, sillä valaistusvoimakkuus määräytyy kaikkien valojen yhteenlasketusta valaistusvoimasta mittauspisteeseen.

Mittasin valaistuksen voimakkuuden *kuvassa 22* esitetyllä lux-mittarilla, jonka osoittama valaistusvoimakkuus opiskelijoiden pöytätasolla oli 1701 lx. Aistinvaraisesti luokassa on hyvä valaistus, joka ei kuitenkaan mielestäni häikäise pöytäpinnan pinnasta tai näyttöpäätteiltä. Kuvassa näkyvä pöytäpinnan häikäisy johtuu kuvakulmasta.



Kuva 22. Valaistuksen mittaaminen.

Luokan valaistus on sen verran voimakas, että se häikäise videotykin kuvan havaitsemista. Valaistuksen himmennys opettajan pöytäkoneelta on työskentelyä helpottava toiminto ja on mielestäni asianmukainen ominaisuus. Toiminnalla voi samalla havainnollistaa opiskelijoille logiikan tuomia sovellusmahdollisuuksia ohjausten toteutuksessa.

8 Päätelmiä

Opinnäytetyön aihetta valitessa mietin, voinko hyödyntää työn ohessa tehdyn projektin soveltamista lopputyön sisällössä. Opinnäytetyöllä haluan myös osoittaa sellaisia taitoja, jotka ovat vahvistuneet opintojeni aikana. Kirjoittamisen aihesisällön toivoin tarjoavan ammattiosaamisen kannalta hyödyllistä selvittämistyötä. Halusin, että opinnäytetyöstä on jotain ammatillista hyötyä – käytännön hyötyä.

Laskut tein Excelillä. Minulla on kaikki laskut yhdellä tiedostolla omilla lehdillä, jotka voin hyödyntää vastaavissa laskuissa. Vaikka suunniteltu tila on pieni, olen käsitellyt suunnittelun vaiheet, jotka koskevat myös laajempaa projektia. Muuttamalla laskentamalleille uudet lukuarvot voin suhteellisen nopeasti selvittää tarvittavan syöttökaapelin mitoituksen ja tarkistaa automaattisen poiskytkennän toimivuuden.

Merkitsin kaavojen viereen standardin tai D1:n vastaavuuden lukuarvojen valinnassa ja uskon tämän nopeuttavan oikean tiedon hakemista soveltamalla laskutietoja uuteen kohteeseen. Toivon tämän helpottavan omaa työskentelyäni mahdollisissa suunnittelu-tehtävissä ja auttavan löytämään uudessa kohteessa tarvittavat tiedot standardien mukaan.

Tietokantatoimintojen käyttäminen materiaalilaskennassa ja kustannuskartoituksessa nopeuttaa kulujen hahmottamista tarjouksen laadinnassa. Vaikka kone tekee listauksen omien laskentamallien mukaan, eikä huomioi esimerkiksi kiinnikkeiden määrää, määrälaskenta on suuntaa antava tieto tarvikkeista ja niiden määrästä. Asennusaikaa voi arvioida vertaamalla aikaisempien työkohteiden työskentelyaikaa tietyille tavaramenekille tai asennustavalle.

Luokan rakentamisen tavoitteena oli valmistaa kiinteistöautomaation opetustila, jonka ilmanvaihtokone huolehtii toimistotilojen ilmanvaihdosta. Näitä seikkoja huomioiden luokan rakentamisen tavoitteet täyttyivät vaatimusten mukaan. Pedagogiset tavoitteet käsitelivät oppimisympäristön rakentamista. Pyrin tekemään koneen asennuksen niin, että kaikki kalusteet ovat näkyvissä. Opettamisen kannalta luokassa on kiinteistöautomaation laitteisto käytettävissä: ohjelmiston kautta konetta voidaan ajaa käsikäytöllä ja sillä voi tehdä kokeiluja.

Luokassa on tekniset ja pedagogiset puitteet opetukselle. Sähkö- ja automaatiokuvien lukemisen voi toteuttaa luokan seinällä esillä olevien julisteiden avulla, joten opetusmateriaalia opetuksen aloittamiseksi on luokassa valmiina. Itse opetin luokan valmistumisen jälkeen aikuiskoulutuksen kiinteistöhoitajien ryhmälle taloautomaation opetuspaketin, jossa kävimme läpi ohjelmalla suoritettavat ohjaukset – esimerkiksi saunan, ulkopistorasioiden ja ulkovalojen ajastustoiminnot. Selvitimme koneesta yleisimmät huoltopisteet ja tutkimme ilmanvaihtokoneen jäätymissuojan toimintaa ensin kuvista ja teetin sen perusteella työsalissa ryhmätyönä valmiiseen keskukseseen jäätymissuojan kytkennän, minkä toiminnan varmistimme kylmäsuihkeella. Sain opiskelijoilta palautteena kiitosta opetuksen käytännönläheisyydestä – vaikka sähkökuvien lukeminen on melko teoriapainotteista, eikä se ole ykkösprioriteettinä kiinteistöhuoltajille.

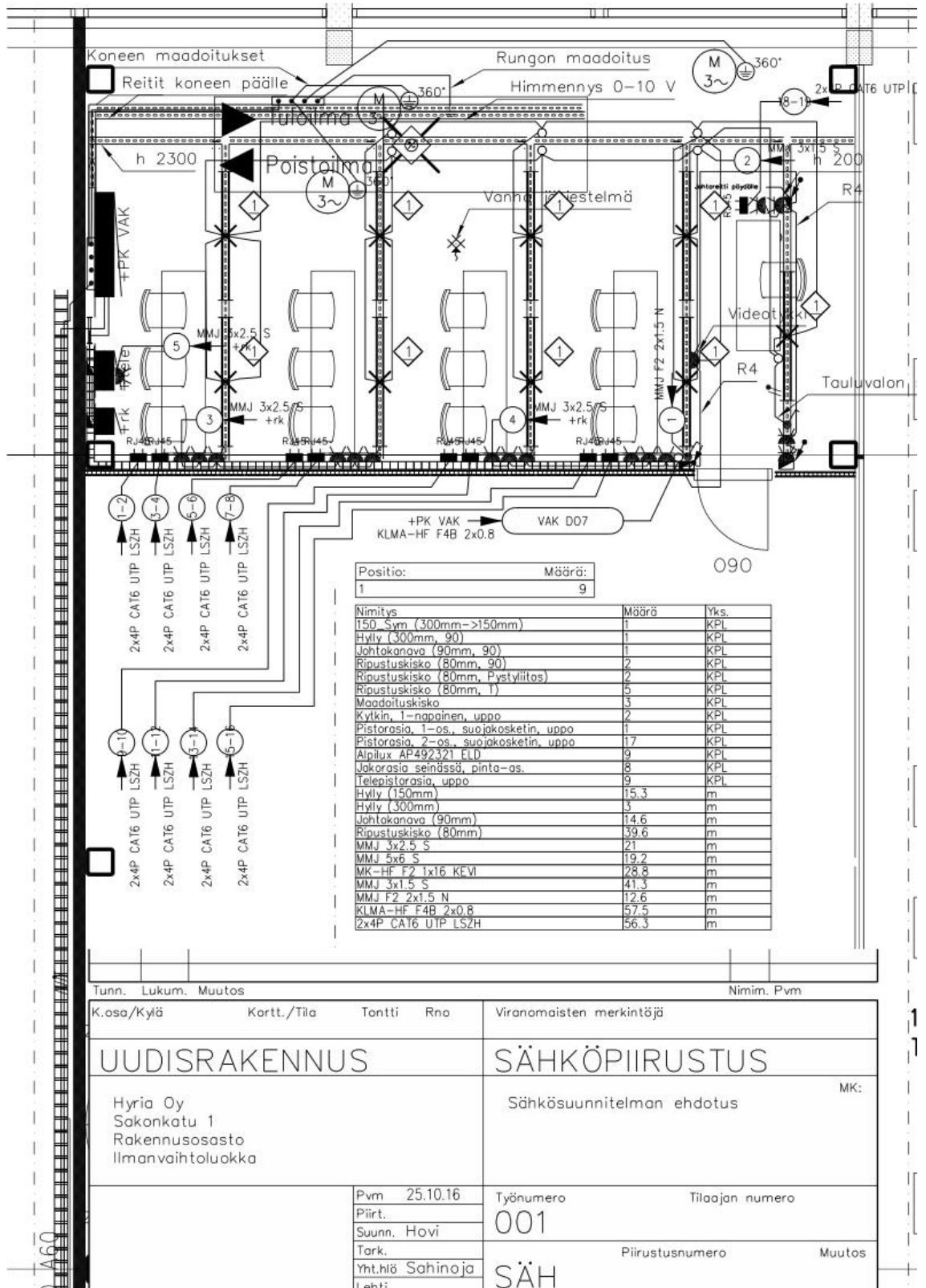
Toivoisin opiskelijoiden tutustuvan luokassa kiinteistöautomaation ohjelmiston toimintaan. Hyvänä lisäyksenä olisi pop-up -kuvien lisääminen jokaisen anturin yhteyteen ohjelman käyttöliittymässä. Tämä olisi mahdollista tehdä esimerkiksi oppilastyönä. Itselleni tulee mieleen anturin valokuvan aukeaminen, kun kohdistin viedään ohjelman anturikuvaan päälle. Napsauttamalla kuvaa, näkyviin voisi ilmestyä valokuva anturin kytkennästä, jota voisi verrata esimerkiksi kytkentäkaavioon.

Itse olen kokenut opinnäytetyön kirjoittamisen tarjonnan minulle haastetta hyvässä hengessä. Olen joutunut selvittämään ja sisäistämään kirjoittamisen aikana monia opiskelun aikana opetettuja tietoja. Arvojen laskeminen ja selvittäminen antaa minulle varmuutta oikein tehdystä työstä. Ehkä kokenut suunnittelija pystyy ”heittämään hihasta” ja taulukoita katsomalla oikeat tiedot suunnittelun lähtökohdista, mutta jokainen on joskus aloittelija – ja silloin on hyvä osata perusteet, joilla kehittää kokemustaan.

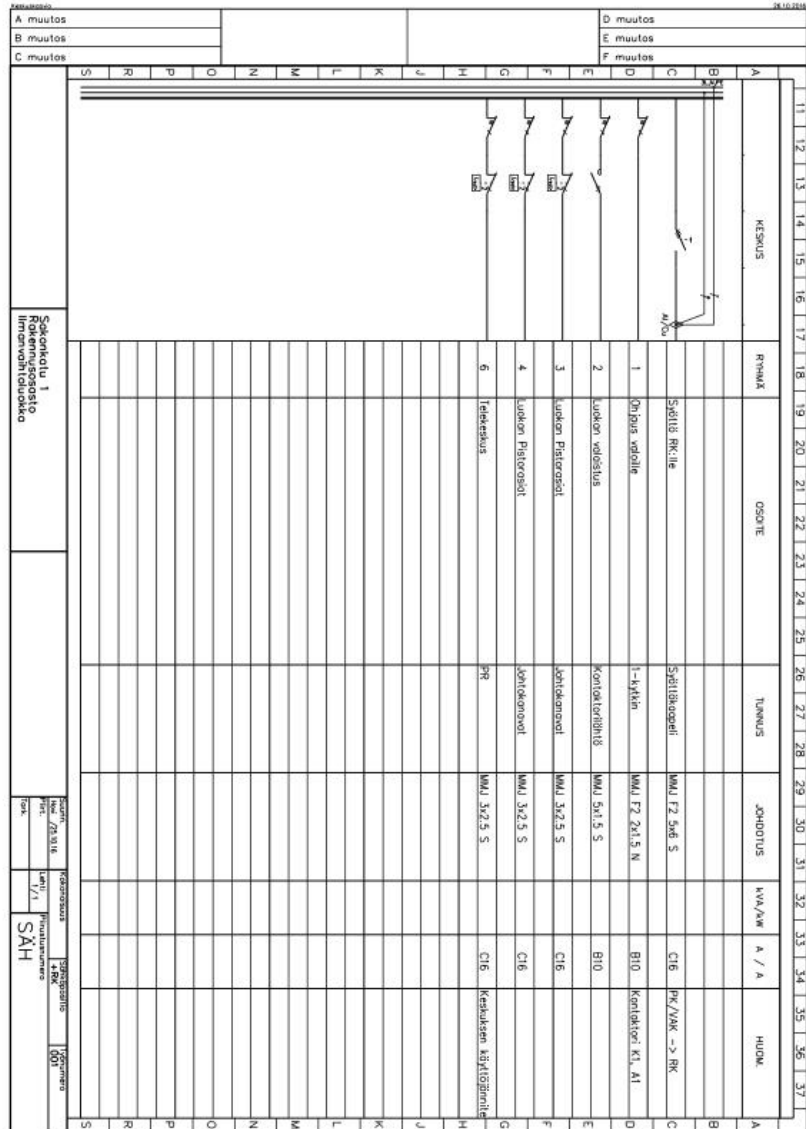
Lähteet

- 1 Matikainen, Janne ja Manninen, Jyri (toim.). 2000. Aikuiskoulutus verkossa, verkkopohjaisten oppimisympäristöjen teoriaa ja käytäntöä. Tampere: Tammer-Paino.
- 2 Manninen J., Burman A., Koivunen A., Kuittinen E., Luukannel S., Passi S. & Särkkä H. 2007. Oppimista tukevat ympäristöt. Johdatus oppimisympäristöajatteluun. Helsinki: Opetushallitus.
- 3 Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. 2004. Helsinki: Opetushallitus. Osoitteessa http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf.
- 4 Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. 2014. Helsinki: Opetushallitus. Osoitteessa http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- 5 Ammatillisen perustutkinnon perusteet. Sähkö- ja automaatiotekniikan perustutkinto, sähköasentaja, automaatioasentaja 2014. Helsinki: Opetushallitus. Osoitteessa http://www.oph.fi/download/162889_sahko_ja_automatiotekniikan_pt_01082015.pdf.
- 6 ST-kortti ST 13.31. Rakennusten sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2001. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 SFS-käsikirja 600-2. Sähköasennukset. 2012. Osa 2: Sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto Ry.
- 8 SFS-EN 60269-1. Pienjännitevarokkeet. 2008. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto Ry.
- 9 D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2012. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 10 Ahponen, V., Kasurinen E. & Timonen T. 1996. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Valaistustekniikka-sarja osa 1. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 11 CADS Planner Electric Rakennussähköistys. 2008. kurssiopas. Kotka: Kyndata Oy.
- 12 SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. 2010. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto Ry.

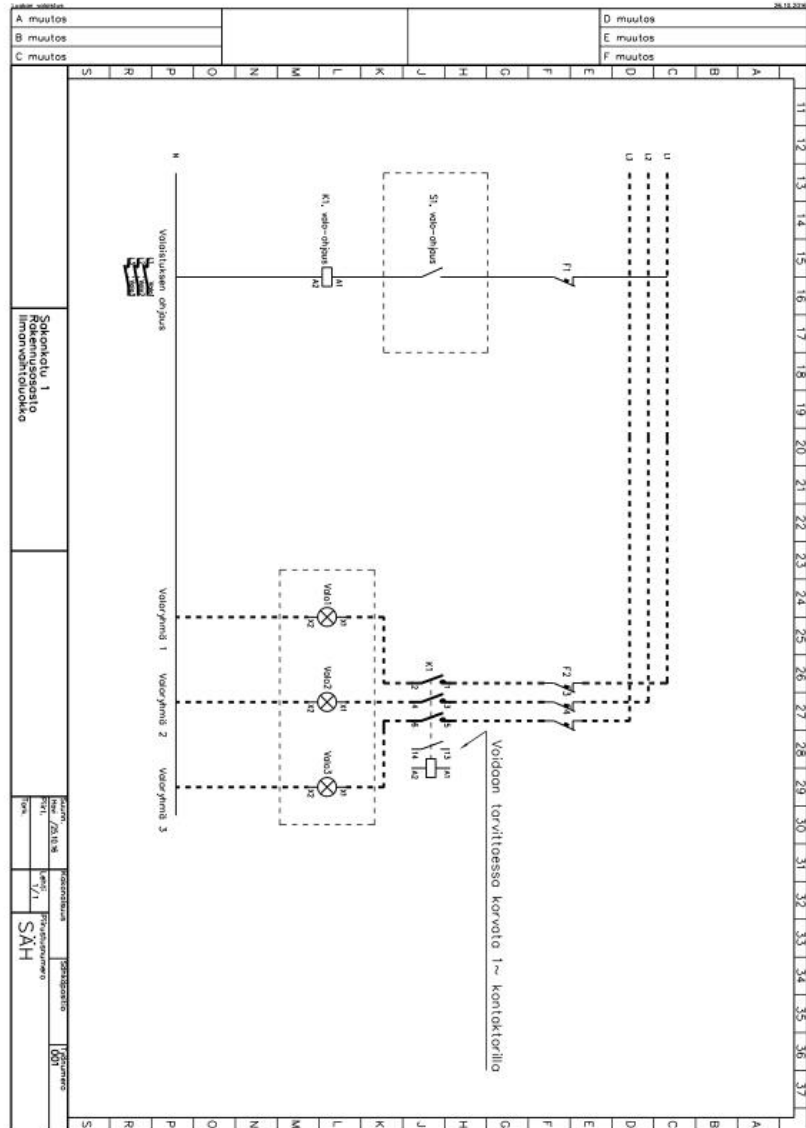
Tasokuva



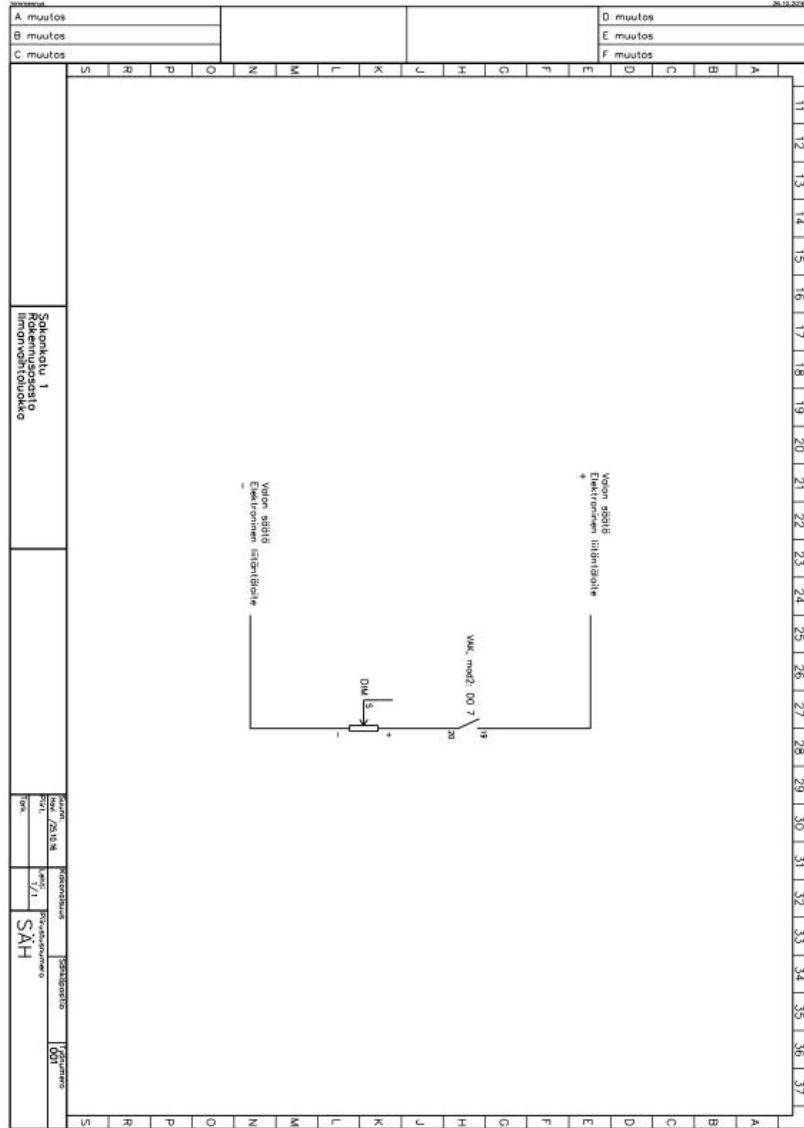
Keskuskaavio



Valaistuksen ohjauksen virtapiiri



Himmennyksen kytkentä



Käyttöönottopöytäkirja

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA Sähköasennuksen käyttöönotto

Ohje

1. Työkohde	Asiakas					
	Osoite	Puhelin				
2. Sähköurakoitsija	Nimi					
	Osoite	Puhelin				
3. Jakeluverkon haltija						
4. Nimellisjännite		5. Oikosulkuvirta liittymän luona (pienin/suurin)				
6. Tarkastuksen peruste	<input type="checkbox"/> Uudisasennus	<input type="checkbox"/> Muutos- tai laajennustyö	<input type="checkbox"/> Korjaustyö	<input type="checkbox"/> Uusintatarkastus		
	Muu: _____ Työ: _____					
7. Silmä-määräinen tarkastus Ks. ohje!	a. Liittymisjohto		Poikkipinta:			
	<input type="checkbox"/> päätte	<input type="checkbox"/> suojaus	Laji: _____			
	b. Läpivienti	c. Päävarrokkeet				
		Sulake / varoke _____ x _____ A / _____ x _____ A				
	d. Pääpotentiaalintaus	<input type="checkbox"/> PE- tai PEN-kisko	<input type="checkbox"/> maadoitusjohdin	<input type="checkbox"/> vesiputkistot	<input type="checkbox"/> ilmanvaihtokanavat	
		<input type="checkbox"/> betoniraidoitus	<input type="checkbox"/> antennimaadoitus	<input type="checkbox"/> puhelinmaadoitus	<input type="checkbox"/> ukkossuojaus	
	e. Pääkeskus	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> erotusmahdollisuus	<input type="checkbox"/> merkinnät	
	f. Ryhmäkeskukset	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> merkinnät	<input type="checkbox"/> asennus	
	g. Ryhmäjohdot	<input type="checkbox"/> liittäminen keskuskeskukseen	<input type="checkbox"/> poikkipinnat	<input type="checkbox"/> merkinnät	<input type="checkbox"/> asennus	
	h. Pistorasiat	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> johtimien liitokset		
	i. Valaisimet	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne			
	j. Lämmityslaitteet	<input type="checkbox"/> pattereiden sijoitus ja asennus	<input type="checkbox"/> kiukaan sijoitus ja asennus	<input type="checkbox"/> lämmityskelmujen asennus	<input type="checkbox"/> lämmityskaapeleiden asennus	
	k. Muut kojeet	<input type="checkbox"/> liesi				
	l. Muut asennukset	<input type="checkbox"/> puhelinasennukset	<input type="checkbox"/> antenniasennukset	<input type="checkbox"/> muut teletekniset asennukset		
	m. Loppupäätökset	<input type="checkbox"/> keskuskaaviot	<input type="checkbox"/> johdotuskuvat	<input type="checkbox"/> käyttöohjeet ja käytönopastus		
8. Keskuskohtaiset mittaukset	a. Suojajohdinten ja potentiaalintausjohtimien jatkuvuus		b. Eristysresistanssi			
	<input type="checkbox"/> Jatkuvuus todettu mittaamalla		Koko keskuksen eristysresistanssi _____ MΩ			
	Erikseen mitattavat ryhmäjohdot					
	Ryhmä nro	Eristysresistanssi	Ryhmä nro	Eristysresistanssi	Ryhmä nro	Eristysresistanssi
	c. Syötön automaattisen poiskytkennän vaatimusten toteutuminen					
	<input type="checkbox"/> Todettu mittaamalla <input type="checkbox"/> Todettu suunnitelmista					
	Pienin oikosulkuvirta erikseen mitatuista ryhmistä					
	Ryhmä nro	Ikmin / A	Onko OK	Ryhmä nro	Ikmin / A	Onko OK
d. Vikavirtasuojakytkimien toimintavirrat						
Tunniste	Nimellisarvot I _n / I _{Δn}	Mitattu I _Δ	Tunniste	Nimellisarvot I _n / I _{Δn}	Mitattu I _Δ	
f. Käytetyt mittalaitteet						
Laite		Valmistaja		Tyyppi		
9. Tarkastuksen tulos	TUKESin ohjeessa S10 vahvistettujen standardien tai standardeihin rinnastettavien julkaisujen mukainen turvallisuustaso <input type="checkbox"/> saavutettu <input type="checkbox"/> ei saavutettu (puutteet liitteenä)					
10. Tarkastuksen tekijä	Nimi					
	Aika ja paikka	Allekirjoitus				

TÄYTTÖOHJEET

Kohta 7

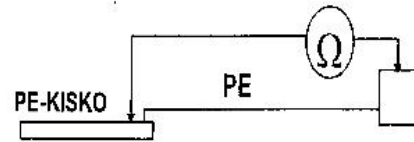
Silmämääräisessä tarkastuksessa todetaan sopivassa asennustyön vaiheessa, että standardin SFS 6000 kohdan 611 vaatimukset täyttyvät.

Merkintä

+, jos tarkastettava osa on kunnossa; -, jos tarkastettava osa ei ole kunnossa; 0, jos osa ei kuulu tarkastukseen

Kohta 8

a) Jatkuvuusmittauksessa varmistetaan asennuksen suojaohjimien, potentiaalintasausohjimien ja PEN-johtimien jatkuvuus. Mittauskytkentä on kuvan 8a mukainen. Suurin resistanssiarvo saa olla noin 1...3 Ω.

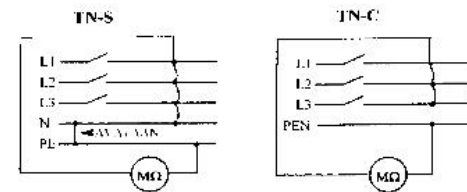


Kuva 8a. Jatkuvuusmittaus

b) Vaaditut eristysresistanssiarvot on esitetty taulukossa 8b. Mittauskytkennät käyvät ilmi kuvasta 8 b.

Taulukko 8b. Vaaditut eristysresistanssiarvot

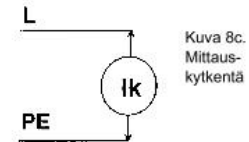
Nimellisjännite V	Koejännite V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,25
Enintään 500 V	500	≥ 0,5
Yli 500 V	1000	≥ 1,0



Kuva 8b. Mittauskytkennät

c) Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän toimivuus varmistetaan mittaamalla pienin oikosulkuvirta tai toteamalla vastaavat arvot suunnitelmista. Selvitettyä arvoa verrataan suojalaitteen edellyttämään virtaan. Vaaditut arvot käyvät ilmi taulukosta 8c. Mittaamalla saadun arvon tulee olla 25 % suojalaitteen toimintarajavirtaa suurempi.



Kuva 8c. Mittauskytkentä

Taulukko 8c.

Suojalaitteen nimellisvirta A	Suojalaitteiden toimintarajavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset							
	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	Johdonsuojakatkaisijat			
					B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	46,5	58,2	28	35	30	37,5	60	75
10	82	102,5	46,5	58,2	50	62,5	100	125
16	110	137,5	65	81,3	80	100	160	200
20	145	181,3	85	106,3	100	125	200	250
25	180	225	110	137,5	125	156,3	250	312,5
32	270	337,5	150	187,5	160	200	320	400
50	470	587,5	250	312,5	250	312,5	500	625
63	550	687,5	320	400	315	393,8	630	787,5
80	840	1050	425	531,3	400	500	800	1000
125	1450	1812,5	715	893,8	625	781,3	1250	1562,5

d) Mikäli testaus tehdään nousevalla vikavirralla, ilmoitetaan todellinen toimintavirta. Mikäli testaus tehdään nimellistoimintavirralla, ilmoitetaan testivirta.

Kuvia luokan rakentamisen edistymisestä



