

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Petteri Pärkinen
Tomi Tarnanen

AURINGONVALON JA -LÄMMÖN HALLINTA KIINTEISTÖISSÄ

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019
Talotekniikka

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Tomi Tarnanen ja Petteri Pärkinen

Nimeke
Auringonvalon ja -lämmön hallinta kiinteistöissä

Toimeksiantaja
Artic-kaihdin Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä oli tavoitteena suunnitella ja toteuttaa Karelia-ammattikorkeakoulun Wärtsilän-kampuksen käytävään energiatehokkuutta sekä viihtyvyyttä parantava aurinkosuojaratkaisu, yhteistyössä aurinkosuojaus asiantuntijayrityksen ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimineen Artic-kaihdin Oy:n kanssa. Valmista työtä on tarkoitus soveltaa myös opetuskäyttöön.

Aurinkosuojauksen suunnittelussa otettiin huomioon jäähdytystarve, lämmitystarve, mukavuusolosuhteet, sekä automatiikan mahdollisuudet niiden parantamisessa. Työssä käytiin läpi erilaisia aurinkosuojaukseen liittyviä aurinkosuojaratkaisuja, niiden toimintaperiaatteita, ominaisuuksia ja ohjausmahdollisuuksia sekä otettiin kantaa niiden kannattavuuteen. Työssä käytettiin energiasimulointiohjelmaa ja sen antamia tuloksia hyötyjen selvittämiseksi.

Lopuksi seurattiin kohdetilan olosuhteiden muutoksia ja automaatio-ohjelman reagointia muutoksiin toteutuneen aurinkosuojajärjestelmän ollessa toiminnassa. Olosuhteiden muutokset ja ohjelman toimintatiedot tallennettiin analysointia varten. Loppukäyttäjä, Karelia-ammattikorkeakoulu, sai tavoitteen mukaisen tilan energiatehokkuutta sekä viihtyvyyttä parantavan ja opetuskäyttöön soveltuvan aurinkosuojajärjestelmän.

Kieli
suomi

Sivuja 65
Liitteet 19
Liitesivumäärä 41

Asiasanat

aurinkosuojaus, automaatio, screenkaihdin, lämpösäteily



THESIS
May 2019
Degree Programme in Building Services Engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Tomi Tarnanen ja Petteri Pärkinen

Title
Management of Sunlight and Solar Heat in Premises

Commissioned by
Artic-kaihdin Oy

Abstract

The aim of this thesis was to design and implement a sun protection solution that improves energy efficiency and comfort in a corridor of Wärtsilä campus of the Karelia University of Applied Sciences in co-operation with Artic-kaihdin Oy which is an expert in sun protection systems and also the client of the thesis. The thesis is also meant to be used for educational purpose.

In the design of the sun protection, the needs for cooling and heating, comfort conditions and the possibilities of automation in improving them were taken into account. The thesis looks through many different solutions of sun protection systems, their operational principles and properties and control possibilities, also takes a stand on their worthwhileness. An energy simulation program and the results from it were used in this thesis to find the benefits of the sun protection systems.

In conclusion, the changes of circumstances in the corridor and the automation program's response to the changes were followed while the completed sun protection system was operating. The data from the changes of circumstances was logged for later analysis. As a result of the thesis the end user, Karelia University of Applied Sciences, received the intended sun protection solution that improves energy efficiency and comfort.

Language

Finnish

Pages 65

Appendices 19

Pages of Appendices 41

Keywords

sun protection, automation, screen roller blind, heat radiation

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Tietoperusta	7
2.1	Päivänvalo	7
2.2	Aurinkosuojaus	8
2.2.1	Erilaiset aurinkosuojat, niiden sijainti ja tarve	10
2.2.2	Aurinkosuojauksen menetelmät.....	11
2.2.3	Tilojen sijoittelu, suuntaus ja suojien valinta	12
2.3	Rakenteellinen aurinkosuojaus	12
2.4	Aurinkoenergian hyödyntäminen	13
2.4.1	Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen.....	13
2.4.2	Lämpösäteily ja ikkunoiden merkitys	14
2.5	Astetunnit.....	14
2.6	Aurinkosuojauksen automatiikka ja ohjausväylät.....	15
2.7	Artic-kaihtimen tarjoamat ulko- ja sisäpuoliset aurinkosuojaimet	16
2.8	Anturit	21
2.9	Rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä asetuksia	22
2.10	WAGO-automaatio	22
2.11	Riuska-ohjelmisto	23
3	Opinnäytetyön prosessi	23
3.1	Idea.....	23
3.2	Aikataulu ja rahoitus	26
4	Työn toteutuksen vaiheet.....	27
4.1	Kohdetilan 3D-mallin luonti ja simulointi	27
4.1.1	Kohdetilan simulointi Riuskalla	28
4.1.2	Simulointitulosten pohdinta.....	33
4.2	Toiminnallinen käytännön osuus.....	33
4.2.1	Laboratoriotestailut	33
4.2.2	Automatisoitu ohjaus	35
4.2.3	Automaatio-osuuden pohdinta.....	41
4.2.4	Fyysiset asennukset	42
4.2.5	Artic-kaihtimen haastattelu	49
4.3	Tutkiva osio.....	50
4.3.1	Lämpösäteilyn mittaus.....	50
4.3.2	Data toiminnasta.....	56
4.4	Työssä vastaan tulleet ongelmat	61
4.5	Mitä olisi voinut tehdä paremmin	62
4.6	Jatkokäyttö.....	63
5	Pohdinta.....	63
	Lähteet.....	65

Liitteet

Liite 1	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 1
Liite 2	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 2
Liite 3	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 3
Liite 4	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 4
Liite 5	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 5
Liite 6	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 6

Liite 7	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 7
Liite 8	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 8
Liite 9	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 9
Liite 10	Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 10
Liite 11	Toimintakaavio
Liite 12	Verhomoottorin ohjausohjelma
Liite 13	Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus
Liite 14	Yksiviivainen esitys
Liite 15	Moniviivainen esitys
Liite 16	Logiikan piirikaavio
Liite 17	Sähkösyöttökuva
Liite 18	Ohjelmiston tarkastuspöytäkirja
Liite 19	Käyttöohje verhojen käsiohjaukselle

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe liittyy auringonvalon hallintaan saatiin koululta. Työssä oli tavoitteena suunnitella ja toteuttaa Karelia-ammattikorkeakoulun Wärtsilän-kampuksen käytävään energiatehokkuutta sekä viihtyvyyttä parantava aurinkosuojausratkaisu, jota voidaan soveltaa myös opetuskäyttöön.

Aihe oli kiinnostava, koska auringon lämpöenergian hallinta on iso osa talotekniikkaa. Sillä voidaan vaikuttaa positiivisesti talojen energiatehokkuuteen ja saada jossain tapauksissa selvää taloudellista hyötyä. Auringon tuottama lämpöenergia voi olla hyödyllistä tai haitallista, vuodenaikasta riippuen. Auringonvalon hallinnalla voidaan parantaa ainakin näyttöpäätetyöskentelyn mukavuutta ja tuottavuutta toimistorakennuksissa, sekä yleistä viihtyvyyttä kaikissa kohteissa, estämällä haitallista häikäisyä ja ylläpitämällä lämpöviihtyvyyttä.

Artic-kaihdin ryhtyi opinnäytetyön toimeksiantajaksi ja heidän vaikutuksestaan opinnäytetyön nimeksi muodostui Auringonvalon ja -lämmön hallinta kiinteistöissä. Karelia-ammattikorkeakoulu on järjestelmän loppukäyttäjä. Opinnäytetyössä suunnitellaan, toteutetaan ja mallinnetaan auringon lämpösäteilyn hallintaa käytävässä aurinkosuojuimilla, automatiikan avulla ja energiasimulointiohjelmalla. Käytävällä on suuret ikkunat ja se lämpenee aurinkoisilla ilmoilla todella paljon, joten tästä syystä asennus päätettiin toteuttaa sinne.

2 Tietoperusta

2.1 Päivänvalo

Päivänvalo jakautuu kahteen valonlähteeseen, aurinkoon ja taivaankanteen. Suora auringonvalo aiheuttaa suuren häikäisyriskin ja sen voimakkuus on suurimmillaan jopa 70 kiloluksia (klx). Taivaankannesta säteilevä hajavallo säteilee koko puoliavaruuden alueelta, mutta sen tuottama valovoimakkuus on pienempi kuin suoralla auringonvalolla, noin 10—20 klx.

Taivaanvalo soveltuu suoraa auringonvaloa paremmin rakennusten valaistustarpeisiin. Sen rakennusten sisälle tuleva määrä riippuu täysin ikkunapinta-alasta. Jos päivänvaloa ei oteta riittävästi suunnittelussa huomioon, mahdollisina haittoina ovat ajoittainen liian voimakas päivänvalo huoneistoihin. Päivänvaloon liittyvillä suunnitteluratkaisuilla tavoitellaan säästöä sähkövalaistuksessa, lämmitysenergiassa sekä parannusta oleskeluviihtyvyyteen. Päivänvalon hallintaa suunnitellessa selvitetään aluksi, onko tilaa varten asetettu päivänvaloa koskevia vaatimuksia. Tällä hetkellä määräykset päivänvalosta ovat niukkoja, kuitenkin Rakentamismääräyskokoelma G1 määrittää ehdottoman minimin päivänvalon saannille asunnoissa.

Suunnitteluperiaatteet ovat seuraavat:

- Huolehditaan riittävästä valon ja ikkunapinta-alan määrästä tilassa.
- Pyritään valonjakautumiseen tasaisesti tilassa.
- Vältetään häikäiseviä ja kirkkaita alueita näkökentässä. (RT 07-10912 2018, 2.)

Rakennusten päivänvalon tarve on vähentynyt merkittävästi sähkövalaistuksen myötä. Sähköenergiaa voidaan säästää joissain tapauksissa säätämällä sähkövalaistusta päivänvalon mukaan. (RT 07-10912 2018, 11.) Päivänvalolla ja sen hallinnalla on myös merkitystä taloudelliselta näkökannalta. REHVA-ohjekirjan mukaan keskimääräisessä toimistorakennuksessa henkilöstö- ja palkkakulut vievät yli 80 % kokonaiskäyttökustannuksista. Rakennukseen liittyviä

kuluja on noin 10 %, joista 30 % on käyttö- ja huoltokuluja ja loput 70 % rakennuskustannusten kuoletuskuluja. Energiakuluja tulee ainoastaan noin 0,3-0,6 %. (Beck, Dolmans, Dutoo & Seppänen 2011, 14.) Päivänvalon hallintaan panostamalla ei siis suoraan saada aikaan merkittävää rahallista säästöä, mutta sillä saadaan aikaan myös epäsuoria merkittäviä säästöjä, esimerkiksi viihtyvyyden lisääntymisen kautta työtehokkuuden parantumisesta seuraava tuottavuuden parantuminen. Tuottavuuden parantuminen saa aikaan merkittävää taloudellista hyötyä. Realistinen tuottavuuden parantuminen on noin 1-2 %:n luokkaa. (Beck ym. 2011, 15, 38.) Esimerkiksi tästä tuottavuuden parantumisen ja energiansäästöstä johtuvien hyötyjen ansiosta, automatisoidun aurinkosuojojärjestelmän takaisinmaksuaika voi olla parhaimmillaan jopa 1–3 vuotta toimistorakennuksessa.

Aurinkosuojaus vaikuttaa lähinnä visuaaliseen sekä lämpöviihtyvyyteen, mutta myös sisäilman laatuun. Visuaaliseen viihtyvyyteen liittyvä häikäistymisen vaikuttaa eniten työntekijöiden työsuoritukseen, varsinkin tietokoneilla tehtävissä työtehtävissä. Lämpöviihtyvyyden osalta liian kylmä tai liian kuuma työympäristön lämpötila vaikuttaa työntekijöiden jaksamista sekä keskittymiskykyä alentavasti. Lisäksi vielä auringonvalo vaikuttaa sisäilmanlaatuun lämmön kautta, joka myös vaikuttaa tuottavuuteen. (Beck ym. 2011, 12, 38.)

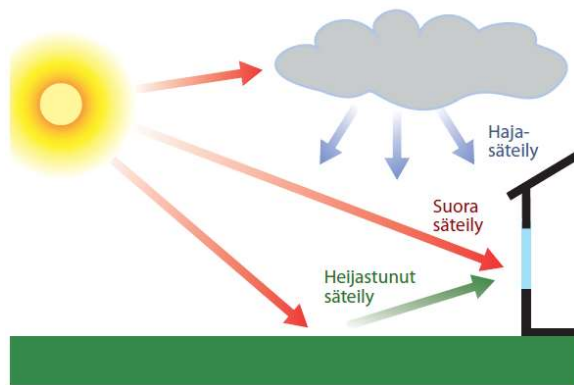
2.2 Aurinkosuojaus

Tavoitteena aurinkosuojuksella on estää auringonsäteilyn haitallinen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen ja lisätä viihtyvyyttä huoneistossa lämpöviihtyvyyden sekä häikäisyltä suojautumisen kautta. Rakennusten lämmöntalteenoton kehittyessä auringon liiallisen lämpövaikutuksen estämiseen on tulevaisuudessa keskityttävä koko ajan enemmän. Aurinkosuoja toimii sitä paremmin mitä ulompana se on ikkunaan nähden, koska jos suoja on asennettu ikkunan sisäpuolelle, pääsee lämpö joka tapauksessa huoneen sisälle, mikä aiheuttaa varsinkin kesällä lisää jäähdytyksen tarvetta. Tilanteesta ja vuoden ajasta riippuen auringonsäteilyllä voi olla myös hyötyjä. Päivänvalo voi pienentää

sekä valaistuksen, että lämmityksen tarvetta kylminä vuoden aikoina. Sitä voi hyödyntää myös aurinkosähkön tuotossa.

Rakennuksien sisätiloihin lankeaa kolmen tyyppistä auringonsäteilyä (kuva 1). Nämä ovat suora auringonsäteily, hajasäteily ja maaperästä ja muista ympäröivistä pinnoista heijastunut säteily.

Suomessa noin puolet auringonsäteilystä on hajasäteilyä, mutta pilvisenä päivänä sen osuus voi olla jopa 80 %, kun taas kirkaana päivänä vain noin 20 %. Auringonvalon voimakkuus eli säteilyintensiteetti on vähäisimmillään rakennuksien pohjoisjulkisivuilla. Säteilyintensiteetti riippuu auringon asemasta maahan nähden.



Kuva 1. Suora, heijastunut ja hajasäteily (RT 07-11300 2018, 3).

Aurinkosuojausta voidaan toteuttaa monilla eri keinoilla esimerkiksi hyödyntäen:

- puustoa ja kasvillisuutta
- kiinteitä varjostavia rakenteita, kuten räystäät, lipat ja kiinteät julkisivurakenteet
- manuaalisesti tai automatisoidusti toimivia julkisivurakenteita
- lasirakenteen ominaisuuksia, kuten aurinkosuojakalvot
- manuaalisesti käsin tai automaattisesti toimivia aurinkosuoja, kuten kaihtimet ja markiisit.

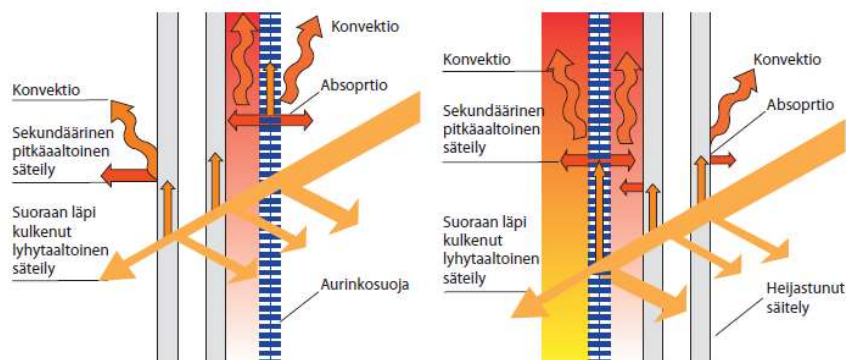
Automaatio on tärkeä osa tehokasta aurinkosuojausta. Automaatiikan on tarkoitus säätyä jatkuvasti olosuhteiden mukaan ja sitä kautta vähentää lämmitys- ja jäähdytyskustannuksia, sekä mahdollisesti liiallista päivänvalon häikäisyä. Suojaustavan valinnassa kannattaa ottaa huomioon toimintavarmuus, kestävyys, helppokäyttöisyys, sekä käyttäjien hyväksyntä.

Suomessa Ympäristöministeriö toi voimaan 20.12.2017. uuden asetuksen liittyen rakennusten energiatehokkuuteen. Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017), joka asettaa rakennustyyppikohtaisesti sisälämpötilan tavoitteellisen vaihteluvälin ja enimmäismäärän sen ylittävälle astetunneille. Tämä tarkoittaa, että jos huoneiden lämpötila nousee liikaa auringonsäteilyn takia, täytyy rakennuksessa käyttää aurinkosuojaia tai lisätä huoneistoon jäähdytysjärjestelmä. (RT 07-11300 2018, 1—3.)

2.2.1 Erilaiset aurinkosuojat, niiden sijainti ja tarve

Aurinkosuojat voidaan jaotella ulko- ja sisäpuolisiin suojiin. Ulkopuoliset suojat estävät tehokkaammin lämmönsiirtymisen sisätiloihin, mutta altistuvat samalla ulkoisille sääolosuhteille. Sisäpuolisten suojien etu on se, että ne ovat helpommin säädettävissä. Suojaustavan valinnassa on otettava huomioon aurinkosuojan kestävyys ja helppokäyttöisyys. Vaalea sisäväritys yhdistettynä puutteelliseen aurinkosuojaukseen voi aiheuttaa laaja-alaista häikäisyä. Myös häikäisyä aiheuttaviin peilautuviin lasipintoihin on kiinnitettävä huomiota huoneistoissa. (RT 07-10912 2018, 8.)

Sisätilojen yllämpeneminen voidaan tehokkaasti estää ikkunoiden ulkopuolelle asennettavilla aurinkosuojilla. Ohjaustapana voidaan käyttää manuaalista tai automatisoitua ohjausta. Mitä ulommaksi ikkunaan nähden aurinkosuoja on asennettu sitä paremmin se toimii. Ikkunan sisäpuolelle asennettu aurinkosuoja toimii enemmänkin häikäisysuojana, koska auringonsäteilyn lämpö on jo päässyt huonetilaan (kuva 2). Aurinkosuojien materiaaleilla on suuri vaikutus sen ominaisuuksiin, toimintaan ja käyttöikään. (RT 07-11300 2018, 8.)



Kuva 2. Auringon energian siirtyminen sisä- ja ulkopuolisen aurinkosuojauksen kanssa (RT 07-11300 2018, 8).

Aurinkosuojausten tarvetta arvioitaessa on otettava huomioon seuraavia seikkoja: suuret ikkunapinnat, ikkunoiden avautumisilmansuunta, kattoikkunat sekä tilan käytön kannalta edellyttämä suoran auringonvalon, häikäisyn tai näkyvien luminanssien rajoittaminen. Auringonsäteily oletettavasti aiheuttaisi liiallista lämpenemistä tai jos arkkitehtoniset keinot eivät toteuta aurinkosuojausta riittävän hyvin. (RT 07-10912 2018, 7.)

Suojauksessa on otettava huomioon myös sen vaikutus sisäilmaan, lämpötiloihin, jäähdytystarpeeseen sekä energian taseeseen. Sisäpuolisilla aurinkosuojilla myös akustiset vaikutukset. Suojauksella voidaan säätää valon määrää myös visuaalisista syistä. Näkyvän valon alueella on noin puolet auringon säteilyn energiasta. Näkyväkin valo lämmittää rakennusta absorboituessaan rakennuksen sisälle. Tätä voidaan estää parhaiten ulkopuolisilla aurinkosuojilla. (RT 07-10912 2018, 7.)

Aurinkosuojausten suunnitteluun pitäisi kiinnittää enemmän huomiota jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Tätä kuitenkin laiminlyödään usein. Varsinkin ulkopuoliset aurinkosuojaimet vaativat suunnittelua ennen asentamista, jotta ne saadaan integroitua tehokkaasti osaksi talotekniikan kokonaisuutta. Sisäpuolisten suojainten fyysinen jälkiasentaminen voidaan toteuttaa helpommin kuin ulkopuolisten. Uudisrakennusten lisäksi myös saneerauskohteissa on tarvetta aurinkosuojaukselle. Mikäli kohteeseen ei ole mahdollista asentaa koneellista jäähdytystä, aurinkosuojaus on silloin varteenotettava vaihtoehto. (Beck ym. 2011, 38, 56.)

2.2.2 Aurinkosuojausten menetelmät

Merkittävimmät rakennussuunnitteelliset tekijät sisälämpötilojen ja päivänvalo-olosuhteiden kannalta ovat seuraavat:

- rakennuksen ikkunapinta-ala
- ikkunoiden suuntaus
- ikkunalasin auringonsäteilyn läpäisyominaisuudet
- ympäristön varjostus
- rakennuksen varjostavat osat
- rakenteellinen aurinkosuojaus

- aurinkosuojaustuotteet.

Sisätiloihin kohdistuvan auringonsäteilyn vaikutus on otettava huomioon jo rakennussuunnitteluvaiheessa. Muita huomioon otettavia asioita ovat massoittelu, tilojen sijoittelu, suuntaus, sekä julkisivun ja aukotuksen suunnittelu. (RT 07-11300 2018, 4.)

Liikkuvia osia sisältävä aurinkosuoja järjestelmä olisi hyvä tarkistaa vuosittain. Aurinkosuojuille voidaan tehdä elinkaarikustannusanalyysi (LCCA eli Life Cycle Cost Analysis) huolto ja puhdistuskulujen selvittämiseksi. (Beck ym. 2011, 60-61.)

2.2.3 Tilojen sijoittelu, suuntaus ja suojien valinta

Auringon lämpöenergia tulee huoneistoon suurelta osin ikkunoiden kautta, joten tilojen oikeanlaisella suuntaamisella voidaan vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian tarpeeseen. Eteläsuuntauksella saadaan tuotua tilaan paljon suoraa auringon säteilyä. (RT 07-11300 2018, 4.)

Aurinkosuoja valittaessa ei ole olemassa yhtä oikeaa kaavaa, joka soveltuisi kaikkiin tilanteisiin, koska muuttujia on liian monta. Aurinkosuojausalan ammattilaiset ovat paras apu aurinkosuojausjärjestelmää valittaessa. Pääasiallisia vaikuttavia tekijöitä ovat ilmasto, rakennuksen suunta, korkeus ja ominaisuudet, vallitsevat tuuliolot, alueelliset ominaisuudet, rakenteen yksityiskohdat, käyttäjän odotukset ja käyttötottumukset. (Beck ym. 2011, 43.)

2.3 Rakenteellinen aurinkosuojaus

Kasvillisuutta ja rakenteiden varjostusta voidaan hyödyntää aurinkosuojauksessa. Jos kasvillisuutta käytetään osana aurinkosuojausta, täytyy huolehtia, että aurinkosuojuina toimivien kasvien hoito ja ylläpito voidaan siitä huolimatta hoitaa. (RT 07-11300 2018, 5.) Esimerkiksi lehtipuut soveltuvat hyvin

kasvilliseen aurinkosuojakseen, koska kesällä niiden lehdet estävät auringonvalon pääsyä rakenteisiin, kun taas talveksi lämmitystarpeen lisääntyessä, ne pudottavat lehtensä ja päästävät auringonsäteilyn lämmittämään rakennusta.

Suomessa eteläjulkisivun ikkunan yläreunasta alkavan varjostavan vaakarakenteen syvyyden pitäisi olla noin 80 % ikkunan korkeudesta, jotta riittävän tehokas aurinkosuojaus saavutettaisiin. Pohjoisemmassa rakentaessa syvyyden pitäisi olla sitäkin suurempi. Kun taas halutaan hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti tilojen lämmittämiseksi, vaakarakenteet tulisi sijoittaa vain hieman ikkunan yläreunan yläpuolelle. Tällöin saadaan tuotua sisälle loivassa kulmassa tuleva auringonsäteily. Itä- ja länsisuunnasta tulevaa auringonsäteilyä vastaan ei saada ikkunan yläpuolisilla vaakarakenteilla niin suuria hyötyjä kuin eteläjulkisivulla. (RT 07-11300 2018, 5.)

2.4 Aurinkoenergian hyödyntäminen

2.4.1 Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen

Passiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan energiankulutuksen pienentämistä auringon lämpösäteilyä hyödyntäen (RT 07-11300 2018, 7).

Aurinkoenergian passiivista hyödyntämistä on:

- tilojen lämmitys- ja valaistustarpeen pienentäminen ikkunoista saatavan suoran auringonsäteilyn avulla
- tilojen lämmitystarpeen pienentäminen rakennuksen aurinkoisen puolen julkisivuun liittyvän lasiseinäisen puskurivyöhykkeen (esim. lasitetun parvekkeen, kuistin tai terassin) avulla
- suoran auringonsäteilyn hyödyntäminen ulkoilman esilämmitykseen ilmanvaihdossa (esimerkiksi korvausilmaikkuna)
- painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen käyttämällä ulkopinnaltaan tummaa poistoilmahormia vesikatolla. (RT 07-11300 2018, 7.)

Lämpöeristetyn ulkovaipan ulkopuolelle rakennetulla lasitetulla tilalla voidaan hyödyntää passiivisesti aurinkoenergiaa. Lasikuisti tai lasitettu parveke muodostaa puskurivyöhykkeen, auringonsäteilyn vaikutuksesta saadaan lämpötila nousemaan korkeammaksi kuin ulkolämpötila lämmityskauden aikana. Kyseisillä rakenteilla voidaan estää myös ilmavirtausten jäähdyttävää vaikutusta.

Ongelmaksi voi muodostua lasitettujen tilojen sisälämpötila kesäaikana. (RT 07-11300 2018, 7.)

2.4.2 Lämpösäteily ja ikkunoiden merkitys

Ikkunat ovat heikoin kohta ulkovaipan lämmöneristyksessä. Ikkunapinta-alan lisääminen lisää myös rakennuksen lämpöhäviötä ja täten lämmityksentarvetta kylminä vuodenaikoina varsinkin pilvisellä säällä. Aurinkoisella säällä päiväsaikaan voidaan saada lämmityksentarpeen osalta hyötyä suuresta ikkunapinta-alasta. Kokonaisuutta on tarkasteltava näkökulmasta, mikä ottaa huomioon, että auringonlämpö on sekä ilmaista lämmitysenergiaa, että viilennystarvetta lisäävää lämmityskuormaa, tilanteesta riippuen. Energiatehokkuuden kannalta olisi suotavaa, että lämmitysjärjestelmä pystyisi reagoimaan nopeasti olosuhteiden vaihteluun. (RT 07-11300 2018, 7). Jos taas halutaan suojautua lämpösäteilyltä, voidaan käyttää aurinkosuojalaseja. Aurinkosuojalaseit toimivat parhaiten uloimpana lasina, kiinteästi lasitetussa ikkunassa. Ne voivat olla pinnoitettuja tai läpivärjättyjä laseja. Niiden tarkoitus on laskea ikkunoiden g-arvoa mutta parantaa myös ikkunan lämmöneristävyttä. (RT 07-11300 2018, 6.)

2.5 Aстетunnit

Aстетunti on tietyn raja-arvon ylittävän lämpötilan ja ajan tulo, jonka yksikkö on °Ch (Kalliomäki 2011,11). Aстетuntien määritelmää käytetään huoneen kesäajan lämpötilan pysyvyyden yhteydessä. Huoneen kesäajan lämpötilan pysyvyys lasketaan dynaamisella laskentatyökalulla ajalta 1. kesäkuuta—31.elokuuta. Jotta kesäajan huonelämpötilan ehdot täyttyvät, lämpötila ei saa ylittää tilatyypin mukaista jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetuntia. (Liljeström & Hurme 2012, 9.)

2.6 Aurinkosuojausjärjestelmän automatiikka ja ohjausväylät

Aurinkosuojausjärjestelmä suunnitellaan käyttäjien tarpeiden ja toiveiden mukaan. Sillä estetään tilojen liiallinen lämpeneminen ja hyödynnetään saatavissa oleva aurinkoenergia muuttuvissa luonnonolosuhteissa. Järjestelmä toimii yhdessä ikkunan kanssa ja turvaa riittävän luonnonvalon saannin.

Aurinkosuojausjärjestelmä muodostuu aurinkosuojaustuotteesta, lasista ja ohjausjärjestelmästä. Säädettävät aurinkosuojausratkaisut voidaan jakaa kahteen ryhmään manuaalisesti ohjattaviin aurinkosuojaustuotteisiin ja automaattisiin aurinkosuojausjärjestelmiin. (RT 07-11300 2018, 8.)

Automaattinen, jatkuvasti sääolosuhteiden mukaan säätyvä, aurinkosuojaus on huoneiston kannalta energiatehokkaampi valinta kuin manuaalisesti ohjattava. Tämä on usein järkevä toteuttaa muusta talotekniikasta riippumattomana, toiminnallisuuden ja kustannustehokkuuden takia. (RT 07-11300 2018, 9.) Erilaisia ohjaustapoja tarjoaa esimerkiksi Somfy. Alla on esiteltynä Somfyn tarjoamia ohjaustapoja.

RTS- ja io-radiotekniikka

Sopii pieniin kohteisiin. Ohjauslaitteena voidaan käyttää aurinko-, tuuli-, ajastinautomaatiikkaa tai Tahoma-ohjausjärjestelmää, joka mahdollistaa etäohjauksen sekä erilaisten skenaarioiden luomisen.

WT/kaapeloitu tekniikka

Soveltuu parhaiten pienien ja keskisuurien kohteiden ohjaukseen, joissa aurinkosuojaus halutaan hoitaa kytkimillä. Vaihtoehtoina moottorien ohjaus automatiikalla tai releiden kautta manuaalisella kytkimellä.

Animeo Solo ja Premium

Somfyn tarjoama väyläohjausjärjestelmä, joka soveltuu pääosin keskisuuriin tai suuriin kohteisiin. Premium-järjestelmällä on mahdollista ohjata kerralla kahdeksaa vyöhykettä. Ohjauksessa käytetään apuna väylään liitettäviä tuuli-,

aurinko- ja sadeantureita sekä ajastimia. Radio-ohjausta on mahdollista käyttää huonekohtaisessa ohjauksessa.

KNX/EIB- ja LON-väyläjärjestelmät

Somfyn-moottorien ohjauksessa voidaan käyttää myös KNX/EIB- tai LON-järjestelmää, tällöin niitä voidaan ohjata myös, vaikkapa osana valistusstrategiaa. Moottorit ovat liitettävissä väylään releiden tai moottoriohjaimen kautta. (RT 38926 2018, 4.)

2.7 Artic-kaihtimen tarjoamat ulko- ja sisäpuoliset aurinkosuojuaimet

Artic-nivelvarsimarkiisi

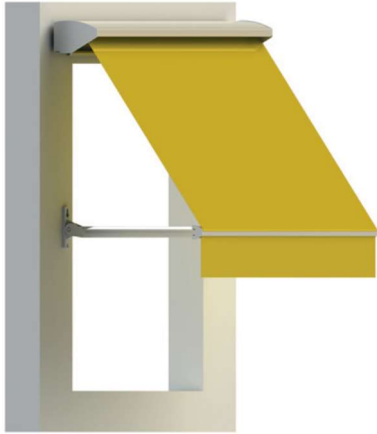
Sopii hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan esteetöntä kulkumahdollisuutta markiisiin alapuolella. Soveltuu myös rakenteensa puolesta terassien kattamiseen, jolloin se suojaa auringonpaisteelta sekä sadekuuroilta (kuva 3). Rakenteissa on käytetty polttomaalattuja metalliosia, säänkestäviä erikoiskankaita sekä ruostumattomasta teräksestä ja UV-suojatusta muovista valmistettuja komponentteja.



Kuva 3. Artic Dim 300 nivelmarkiisi (RT 38859 2018, 1).

Artic-ikkunamarkiisi

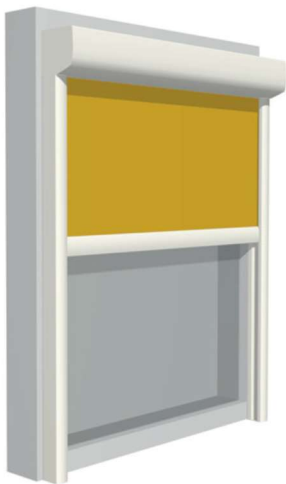
Estää auringon lämpösäteilyn pääsyn sisätiloihin, vähentäen koneellisen jäähdytyksen tarvetta (kuva 4). Rakenteissa on käytetty polttomaalattuja metalliosia, säänkestäviä erikoiskankaita, sekä ruostumattomasta teräksestä ja UV-suojatusta muovista valmistettuja komponentteja.



Kuva 4. Artic-ikkunamarkiisi (RT 38859 2018, 2).

Artic-screenkaihdin, ulkopuolinen

Suojaa huoneistoa auringonlämpöenergiaa sekä häikäisyä vastaan säilyttäen näkyvyyden ulos (kuva 5). Toimii tehokkaasti osana energiatehokasta jäähdytystä sekä parantaa työskentely- ja asumismukavuutta. Aurinkosuojana on rullautuva screenkangas. Käyttöikä on taattu säänkestävillä erikoiskankailla sekä ruostumattomasta teräksestä ja UV-suojatusta muovista valmistetuilla komponenteilla.



Kuva 5. Artic-screenkaihdin (RT 38859 2018, 2).

Katosmarkiisi

Gibus-katosmarkiisit (kuva 6) soveltuvat suojaamaan hieman suurempiakin alueita sateelta ja auringolta. Kestävä ja vedenpitävä rakenne mahdollistaa myös käytön kovalla tuulella. Katosmarkiiseja löytyy sekä omilla jaloilla seisovia, että laskostuvia malleja. Markiisiin voidaan liittää led-valaistusta sekä ylös rullautuvia

sivuseiniä ja lasiovia. Runkorakenne vaihtoehdot ovat polttomaalattua alumiinia ja terästä tai puuta. Muoviosat ja ruuvit ovat valmistettu korroosionkestävistä materiaaleista. Kankaina käytetään PVC- tai screenkangasta. Tuuliluokan taso on 3 mikä tarkoittaa kestoa kovassa tuulessa.



Kuva 6. Zero+ ZIP katosmarkiisi (RT 38859 2018, 3).

Screenkaihdin, sisäpuolinen

Screenkaihdin estää liiallisen auringon valon ja lämmön siirtymisen rakennuksen sisätiloihin (kuva 7). Screenkaihdin päästää kuitenkin osan valosta sisään ja näköyhteys ulos säilyy. Kankaan valinnassa on tärkeää ottaa huomioon aurinkosuoja- sekä optiset ominaisuudet. Aurinkosuojaominaisuuksiin kuuluvat heijastus (Rs), aurinkoenergian läpäisy (Ts) ja imeytyminen (As). Optisiin ominaisuuksiin kuuluvat kankaan peittävyys (OF) sekä kankaan näkyvän valon läpäisy kyky (Tv). Kaihdinta voidaan ohjata käsi- tai moottorikäyttöisesti. Materiaaleina ovat PVC/polyesteri, PVC/lasikuitu, Trevira CS tai 100 % PET.



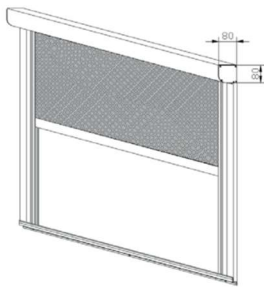
Kuva 7. Artic-screenkaihdin (Artic-kaihdin 2019).

Rullakaihdin

Rullakaihdin sopii huoneisiin, joihin tarvitaan suojaa auringon haittavaikutuksilta, kuten UV-säteiltä tai häikäisyltä. Se toimii samalla näkösuojana. Ohjaaminen voidaan toteuttaa manuaalisesti tai automatisoidusti esimerkiksi kellonaikojen tai auringonvalon mukaisesti. Kangastyyppeinä ovat tarjolla peittävä, puolipimentävä, pimentävä, kuviollinen ja Efect.

Pimennysverho

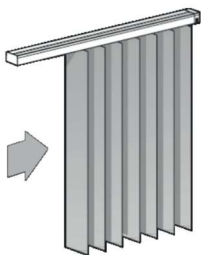
Pimennysverho (kuva 8) voidaan tehdä ympärökoteloituna, jolloin saadaan aikaan täydellinen pimennys. Se voidaan myös toteuttaa ilman kotelointia, jolloin pimennysteho on heikompi. Moottorikäyttöisen pimennysverhon ohjaus on toteutettu yleensä käyttökytkimellä, kaukosäätimellä, KNX-väylän kautta tai valaistuksen ohjausjärjestelmästä. Materiaalina on lasikuituvahvistettu PVC.



Kuva 8. Pimennysverho (RT 38926 2018, 2).

Pystylamellikaihdin

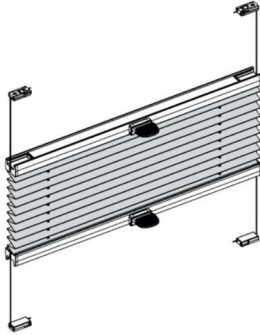
Soveltuu aurinko- ja näkösuojaksi isoille pinnoille myös ikkunoihin, joissa on viisto yläreuna. Kankaat liikkuvat sivuttaissuunnassa ja säleitä voidaan kääntää 180 astetta (kuva 9). Ohjataan käsi- tai moottorikäyttöisesti. Kangastyyppeinä ovat tarjolla peittävä, pimentävä, kuviollinen ja screenkangas.



Kuva 9. Pystylamellikaihdin. Malli A, vain toiseen reunaan aukeava (RT 38926 2018, 3).

Kangasvekkikaihdin (pliseekaihdin)

Toimii tehokkaasti aurinko- ja näkösuojana. Kyseisellä mallilla voidaan myös päästää valoa sisään yläreunasta, samalla kuitenkin estäen valon sisäänpääsy alareunasta (kuva 10). Sopii myös viistoon aukkoon. Ohjaus voi olla käsi- tai moottorikäyttöinen. Kangastyyppeinä ovat tarjolla peittävä, pimentävä, kuviollinen, vekiety ja screenkangas.



Kuva 10. Kangasvekkikaihdin. Ylös/alas-malli (RT 38926 2018, 3).

Puusäleikaihdin

Toimii näkö- ja aurinkosuojana. Valmistetaan käsityönä. Mallisto sisältää petsattuja sävyjä sekä useita maalattuja puulajeja jäljitteleviä vaihtoehtoja. Soveltuu yläreunasta viistoihin ja suunnikkaisiin aukkoihin. Voidaan ohjata käsi- tai moottorikäyttöisesti. Materiaaleina ovat Lehmus, Bambu ja Apachi.

Artic-markiisi- ja -screenkankaat

Markiiseissa ja screeneissä käytetyt kankaat ovat likaa- ja vettähylykiviä, sekä home- ja UV-sädesuojattuja erikoiskankaita. Tarkempia tietoja löytyy Tekniset ominaisuudet -taulukosta (taulukko 1).

Taulukko 1. Artic-markiisi ja -screenkaihdin kankaiden tekniset ominaisuudet (RT 38859 2018, 4).

Tekniset ominaisuudet	Markiisikangas	Screenkangas/Copaco
Materiaali	Akryyli	PVC/lasikuitu
Paino	300 g/m ²	535 g/m ²
Paksuus	0,64 mm	0,55 mm
Vedenpitävyys (UNI EN 20811)	350 mm	-
Valonkesto (UNI EN ISO 105 B02)	7...8 (1...8 asteikolla)	7...8 (1...8 asteikolla)
Säänkesto (UNI EN ISO 105 B04)	7...8 (1...8 asteikolla)	7...8 (1...8 asteikolla)
UV-suoja	80...90 % väristä riippuen	94...96,5 % väristä riippuen

2.8 Anturit

Antureiden on tarkoitus laukaista automatisoitu aurinkosuojajärjestelmä toimintaan. Antureilla mitataan järjestelmässä vaadittavia suureita. Yleisimpiä aurinkosuoja-automaatioissa käytettäviä antureita ovat seuraavat. Aurinkoanturi, joka reagoi suoransäteilyn ja hajasäteilyn määrään. Laukaisuarvona on yleensä noin 200 W/m² tai 20000 luksia. Tuulianturi toimii tuulen nopeuden ylittäessä anturin asetusarvon ja anturi lähettää aurinkosuojujalle käskyn vetäytyä suojaan, ettei tuuli pääse rikkomaan aurinkosuojujaa. Ulkoilman lämpötila-anturi mittaa ulkoilman lämpötilaa, jotta automaatio voi toimia ulkolämpötilan mukaan halutusti. Sisäilman lämpötila-anturi mittaa sisäilman lämpötilaa, jotta automaatio voi toimia sisälämpötilan mukaan halutusti. Sadeanturi lähettää aurinkosuojujalle käskyn vetäytyä suojaan sateelta. Läsnaolotunnistin voidaan säätää automaatio aktiiviseen tai energian säästötilaan ihmisten liikkumisen ja oleskelun mukaan (Beck ym. 2011, 46). Huurteen tunnistamiseen ei ole olemassa erillistä anturia, mutta aurinkosuojujat voidaan ohjelmoida vetäytymään suojaan, sadeanturin ja lämpötila-anturin tiedoilla, kun on yhtä aikaa sadetta sekä pakkasta (Beck ym. 2011, 50).

2.9 Rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä asetuksia

Ympäristöministeriön 27.12.2017 julkaistu asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta asettaa määräyksiä koskien sisäilmaston ylläpitämiseen energiaa käyttävän, katetusta seinällisestä rakenteesta koostuvan uuden rakennuksen suunnittelua ja rakentamista. Asetuksen 3. pykälän mukaan rakennuksen suunnittelussa on huolehdittava, että se on käyttötarkoituksensa mukaisesti:

- 1) energiatehokkuudeltaan joko laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E luvun) tai rakenteellisen energiatehokkuuden mukainen;
- 2) on rakennuksen lämpöhäviöltään vähäiselle energiantarpeelle edellytykset luova;
- 3) on energiatehokas laskennalliselta kesäajan huonelämpötilaltaan, energiankäytön mittaamiseltaan, lämmön ja sähkön tehon tarpeeltaan sekä käytettäessä koneellista ilmanvaihtojärjestelmää myös ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholtaan. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017, 3.)

Asetuksen 8. pykälän mukaan osana laskumenetelmän vaatimuksia on huomioitava valaistuksen ja auringon aiheuttamat lämpökuormat, lämmöntalteenoton kannalta taas aurinkokeräimen lämmöntuotto ja sen hyödyntäminen rakennuksessa sekä aurinkopaneelin sähköntuotto ja sen hyödyntäminen rakennuksessa.

Asetuksen 15. pykälän mukaan rakennusten tilojen lämmitysenergian nettotarvetta laskiessa on otettava huomioon auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus. Rakennuksen aurinkosuoja- ja aurinkoenergian laskennoissa. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017, 1-8.)

2.10 WAGO-automaatio

Wago on moduulipohjainen järjestelmä, jonka moduulit kiinnitetään DIN-kiskoon. Moduulit toimivat 24 voltin tasajännitteellä. Wagon automaatiotekniikka tarjoaa avoimia standardeja sekä kattavia tuotevalikoimia talotekniikan automaatiota

varten. Wago tarjoaa automaatio-ohjelmistonaan e!COCKPIT-ohjelmistoa. (Wago group 2019.) Ohjelmassa voidaan käyttää viittä erilaista IEC 61131-3 normin mukaista ohjelmointitapaa, IL (Instruction list), ST (Structured text), LD (Ladder logic), FBD (Function block diagram) ja SFC (Sequential function chart). Ohjelmisto sisältää myös graafisen editorin CFC (Continuous Function Chart). (SKSGroup 2019.)

2.11 Riuska-ohjelmisto

Riuska on MagiCAD Room -sovelluksen sekä Insinööritoimisto Olof Granlund Oy:n kehittämä olosuhde- ja energiasimulointiohjelmisto. Ohjelmistolla voi laskea rakennuksen tietomallin (BIM) avulla rakennuksen tilojen lämpöteknisen käyttäytymisen erilaisissa sää- ja kuormitusolosuhteissa. Pääasiassa sitä käytetään energia-, olosuhdesimuloinnissa ja lämpöhäviölaskennoissa. Riuska ottaa huomioon muun muassa sääolosuhteet, tilojen lämpötilat, rakenteet, lämpökuormat ja käyttöajat, lämpötilojen pysyvyyden sekä lämmitys ja jäähdytystarpeet. Riuska tukee tietomalleja ifc-muodossa. Ohjelmisto on yhteensopiva vuoden 2018 alusta voimaan tulleen energiatodistusasetuksen kanssa. (MagiCAD Group Oy 2019.) Riuskalla voidaan simuloida muun muassa aurinkosuojien ja niiden automaatioiden hyötyjä tilojen energiatehokkuuden kannalta.

3 Opinnäytetyön prosessi

3.1 Idea

Tutkimuskohteena on auringonvalon ja lämpösäteilyn hallinnan vaikutukset kiinteistöissä. Ohjaavalla opettajalla, Miska Piiraisella, oli mielessä muutama Karelia-ammattikorkeakoulun tila, joissa opinnäytetyön käytännön osuus olisi mahdollista toteuttaa. Nämä olivat opettajien kahvihuone D-siivessä ja D-siivekkeen käytävä. Molemmat tilat ovat keväästä syksyyn epämukavan kuumia,

joten aurinkosuojaimista voisi olla niissä hyötyä. Työssä päädyttiin käyttämään kohteena Wärtsilän-kampuksen D-siivekkeen ensimmäisen kerroksen käytävää (kuvat 11, 12 ja 13), koska yhteistyökumppani Artic-kaihdin piti sitä parempana vaihtoehtona hyötyjen kannalta ja kyseinen tila oli myös lähempänä talotekniikan laboratoriota, mikä oli koulun tulevien laboratorioharjoitusten kannalta toivottua.

Kiinteistöön tuleva auringonvalon ja -lämmön hallinta toteutettiin moottoroiduilla screenkaihtimilla, joita ohjataan antureilla automatiikan välityksellä, sekä halutessa myös käsiohjauksella. Automatiikka ohjaa kaihtimia lämpötila-anturin ja omatekoisen aurinkoanturin avulla, sekä ajastuksella. Työtä mallinnetaan Riuska-energialaskentaohjelmalla, jolla saadaan suuntaa-antavia tuloksia siitä, kuinka paljon aurinkosuojaimilla voitaisiin vaikuttaa sisälämpötilaan ja energiankulutukseen. Työn teoriaosuudessa käydään läpi auringonvalon hallintaa, sekä useita aurinkosuojaintyyppejä. Työn tavoitteena on löytää optimaalisin aurinkosuojaimien käyttöprofiili ja automaattinen ohjaustapa auringosta saadun lämpöenergian ja yllämmön hallinnan kannalta.

Ohjaava opettaja halusi, että järjestelmää voidaan käyttää myös opetuksen demolaitteistona, jolla tehdään myöhemmin mitoitus-, automaatio- ja muita kurssiharjoituksia tuleville talotekniikan opiskelijoille. Näitä tulevia kurssiharjoituksia mietitään työn tekemisen aikana ja kirjataan raporttiin ehdotuksia niistä.



Kuva 11. D-siivekkeen käytävä sisäpuolelta. Lähtötilanne.



Kuva 12. D-siivekkeen käytävä ulkopuolelta.



Kuva 13. D-siivekkeen vanhat sälekaihtimet.

3.2 Aikataulu ja rahoitus

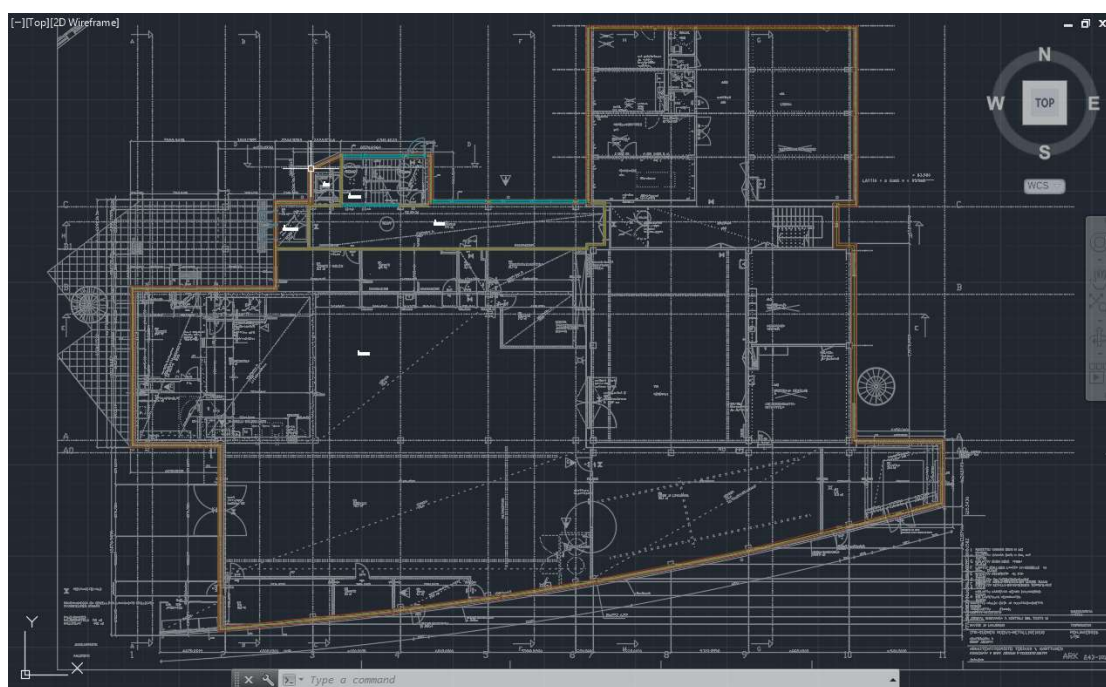
Työn suunnittelu ja yhteistyökumppanin etsiminen aloitettiin lokakuussa 2018. Kiinnostusta osallistua työhön kysyttiin useilta Joensuun ja sen lähialueen aurinkosuojaukseen erikoistuneilta firmoilta. Ainoastaan Artic-kaihdin Oy oli kiinnostunut, joten valinta oli helppo. Tavoitteena oli saada aurinkosuojaimet asennettua ja toimintaan helmi—maaliskuussa 2019, jotta ehdittäisiin tehdä käytännön mittauksia myös kylmänä vuodenaikana. ARE Oy hoiti tarvittavat kaapeloinnit helmikuussa 2019. Aurinkosuojat moottoreineen lahjoitti ja asensi paikalleen helmikuussa 2019 Artic-kaihdin Oy. Pienjännitesähköjen kaapeloinnit, asennukset ja tarkastukset sekä muut tarvittavat tarvikkeet kustansi koulu. Opinnäytetyöntekijät vastasivat työn suunnittelusta, organisoinnista sekä

pienoisjännitekytkennöistä. Opinnäytetyön tavoite oli olla täysin valmis toukokuussa 2019.

4 Työn toteutuksen vaiheet

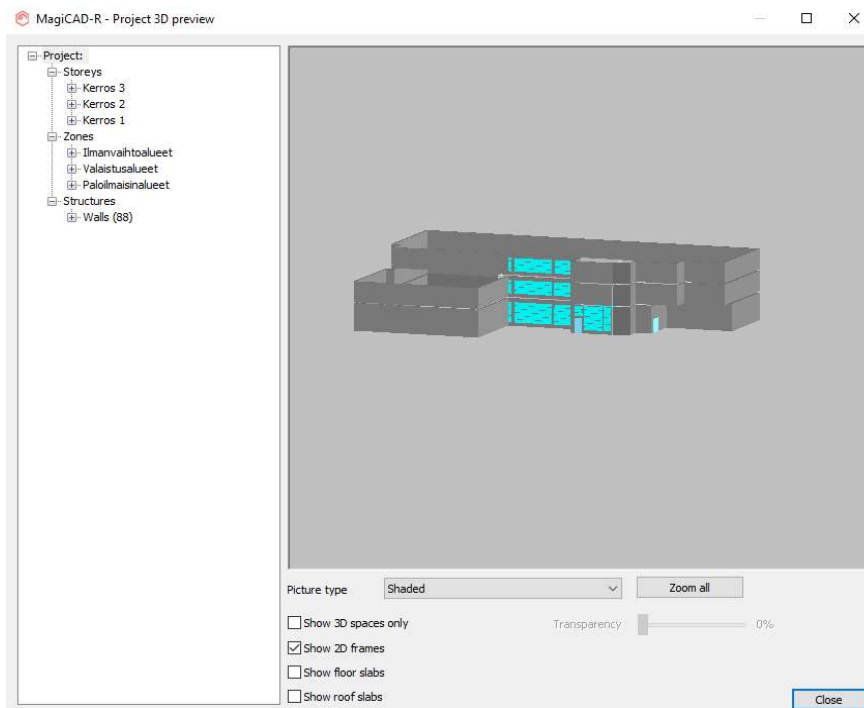
4.1 Kohdetilan 3D-mallin luonti ja simulointi

Opinnäytetyön toteutus osuus alkoi koulun pohjakuvien hankkimisella suunnittelua ja simulointia varten. Tarvittavat kuvat saatiin koulun toimitilainsinööri Hannu Tolvaselta. Riuskan simulointia varten tehtiin 3D-kuva koulunpohjakuvista MagiCAD:n MagiCADRoom rakennesuunnittelusovelluksella. 3D-kuvan luontia ei käydä tässä raportissa tarkasti läpi, mutta sen pääpiirteet kuitenkin kerrotaan. Kuva aloitettiin piirtämällä jokaiseen kolmeen kerrokseen ulkoseinät, tarvittavat väliseinät, ovet ja ikkunat (kuva 14). Käytävän simulointia varten tarvitsee piirtää vain itse käytävä ja sitä ympäröivät tilat, joten kaikkia tiloja ei erotella erillisiksi, koska se olisi tulosten kannalta turhaa. Rakennuksen kaikkia todellisia ikkunoita tai ulko-ovia ei ole myöskään piirretty, koska simuloinnissa keskitytään ensimmäisen kerroksen käytävän ikkunoiden aurinkosuojaimiin ja niiden tekemiin muutoksiin tuloksissa.



Kuva 14. MagiCADRoom-pohja.

3D-mallissa ei ole myöskään mukana koko koulurakennus, vaan pelkkä D-siiveke, koska simuloitava tila sijaitsee siinä. Alla kuva MagiCAD-projektin 3D-näkymästä (kuva 15), jossa näkyy luotu valmis 3D-malli. Kuvaan on piirretty ikkunoita toiseen ja kolmanteen kerrokseen rakennuksen tunnistamisen vuoksi.



Kuva 15. MagiCAD projektin 3D-näkymä.

Vaikka 3D-malliin tehtäisiin koko koulurakennus, se ei tulisi muuttamaan lopputuloksia suuresti. Ainoastaan D-siivekkeen ikkunoita vastapäätä ja vieressä olevat siivekkeet tulisivat varjostamaan ikkunoita vähäisen ajan vuorokaudesta. Simulointi ei tule olemaan täydellisen tarkka ja todellisuutta vastaava, mutta kuitenkin riittävän hyvä, että pystymme simuloimaan aurinkosuojaimien vaikutusta D-siivekkeen käytävään. MagiCAD:llä piirretty 3D-malli täytyy muuntaa lopuksi ifc-muotoon ifc export-toiminnolla, jotta Riuska pystyy käsittelemään tiedostoa.

4.1.1 Kohdetilan simulointi Riuskalla

Riuskan simulointiosuus aloitettiin hakemalla luotu tietomalli eli ifc-tiedosto kyseiseen ohjelmaan. Sen jälkeen kuvassa näkyivät muun muassa määritellyt

lämmitysenergian tarpeen muutokset eivät tule olemaan suuria, koska ainut tila johon muutoksia tapausten välillä tehdään on ensimmäisen kerroksen käytävä.

Taulukko 2. Tapausten muuttajat.

	Suojainten käyttö	Jäähdytys
Tapaus 1	Ei ollenkaan	Ei
Tapaus 2	Kokoajan kiinni	Ei
Tapaus 3	Kiinni klo 20-8	Ei
Tapaus 4	Kiinni klo 8-20	Ei
Tapaus 5	Vuosi aikataulu	Ei
Tapaus 6	Ei ollenkaan	Kyllä
Tapaus 7	Kokoajan kiinni	Kyllä
Tapaus 8	Kiinni klo 20-8	Kyllä
Tapaus 9	Kiinni klo 8-20	Kyllä
Tapaus 10	Vuosi aikataulu	Kyllä

Simuloimalla Riuska energialaskentaohjelmalla aurinkosuojaimien vaikutusta D-siivekkeen tilaan, saatiin hyödyllistä tietoa sen sisälämpötilan vaihtelusta, astetunneista, lämpö- ja jäähdytysenergian tarpeesta sekä sähkön kulutuksesta.

Ensimmäinen simulointi tehtiin lähtötilanteesta ilman mitään aurinkosuojausta tai jäähdytystä (liite 1). Sisälämpötilan pysyvyys simuloidaan aina kuumimpien kuukausien ajalta eli kesä—elokuu tilakohtaisesti. Tuloksistakin näkyi, että tila on kuuma kesä—elokuun aikana ja astetunteja kertyy todella paljon.

Ensimmäisten simulointien jälkeen, joissa ensimmäisessä tapauksessa ei ollut minkäänlaista aurinkosuojausta (liite 1) ja toisessa tapauksessa suojaimet olivat koko ajan peittämässä (liite 2), pystyi päättelemään, että tuleeko aurinkosuojaimista olemaan hyötyä tilan sisälämpötilan kannalta. Tässä tapauksessa tulokset kertoivat selvästi, että niillä saadaan merkittävä hyöty. Asetunnit tippuivat näiden kahden tapausten ääripäiden välillä lähes 2000 yksikköä, tarkalleen ottaen 1955,4 astetuntia. Riuskan simuloinnista on hyötyä tämän kaltaisessa työssä, jossa käytännön hyödyt eivät ole aina taattuina. Aurinkosuojaimia ei olisi ollut järkevää asentaa, jos niistä ei olisi saatu riittävän suurta hyötyä.

Näiden jälkeen mietittiin aurinkosuojaimille muutama erilainen käyttöaikataulu, joilla ajettiin myös energiasimuloinnit. Tapauksissa kolme ja neljä ovat käytöissä

yksinkertaiset käyttöajat. Tapauksessa kolme aurinkosuojaimet ovat peittämässä aikavälillä 20.00—8.00 ja muulloin ne ovat poissa käytöstä. Tämä käyttöaika on asetettu vuoden jokaiselle päivälle. Tapauksessa neljä aurinkosuojaimet ovat peittämässä aikavälillä 8.00—20.00 ja muulloin ne ovat poissa käytöstä. Tämä käyttöaika on myös asetettu vuoden jokaiselle päivälle.

Tapaukseen viisi pyrittiin tekemään järkevämpi käyttöaikataulu aurinkosuojaimille, jossa eri vuodenaikoina suojaimet ovat käytössä niille tehtyjen aikataulujen mukaisesti. Siihen tehtiin kaikille neljälle vuodenaikalle omat viikko- ja päiväaikataulut. Talvi viikoiksi määriteltiin viikot 1—10 ja silloin aurinkosuojaimet olivat kiinni 15.00—9.00. Kevät viikoiksi määriteltiin viikot 11—18 ja silloin aurinkosuojaimet olivat kiinni 18.00—6.00. Kesäajan viikoiksi määriteltiin viikot 19—37 ja silloin aurinkosuojaimet olivat kiinni 7.00—20.00. Syksyn viikoiksi määriteltiin viikot 38—53 ja silloin aurinkosuojaimet olivat kiinni 16.00—8.00. Aurinkosuojaimet noudattavat määritettyä päiväaikataulua viikon jokaisena päivänä. Niihin ei laitettu poikkeuksia viikonloppujen tai muidenkaan päivien ajalle. Näiden kolmen laskentatapauksen tulokset näkyvät liitteissä 3, 4 ja 5.

Tapauksen kolme tuloksista (liite 3) näkyy, että suojaimien käyttö yöaikaan ei tuonut mitään hyötyjä asetuntien eikä lämmitysenergian suhteen. Tämä oli toki odotettavaakin, koska yöllä ei paista aurinko. Seuraavan tapauksen tuloksissa (liite 4) nähdäänkin jo merkittävä lasku asetuntien määrässä lähtötasoon nähden ja tämä johtuu siitä, että suojaimet olivat asetettu käyttöön päivän ajaksi, kello 8.00—20.00. Tämä johti myös siihen, että lämmitysenergian tarve nousi, koska auringosta saatavaa lämpöenergia myös torjuttiin käyttämällä suojaimia koko päiväsajan. Viidennen tapauksen asetuntien ja lämmitysenergian tuloksiin (liite 5) tuli pientä parannusta siihen verrattuna, kun suojaimet olivat aina päivisin kiinni. Simuloinnin tuloksiin siis saatiin näkymään se, että aurinkosuojaimia ei kannata käyttää samalla tavalla tai samoina vuorokauden ajankohtina, vuoden jokaisena päivänä.

Näiden tuloksien tarkasteluissa pitää tietää, että Riuska ei osaa simuloida sitä, että suojaimet myös hidastavat lämpösäteilyä ulospäin. Aurinkosuojainten

asettaminen peittävään asentoon yön ajaksi todellisuudessa hidastaa lämpösäteilyä rakenteista ulospäin. Tapaukset, joissa suojaimet oli määritelty kiinni yön ajaksi, eivät saaneet tätä mainittua hyötyä tuloksiin.

Näiden simulointien jälkeen kaikkiin testattuihin tapauksiin lisättiin jäähdytyspalkki ja ne ajettiin uudestaan. Tällä haluttiin nähdä, kuinka paljon aurinkosuojaimet voisivat muuttaa jäähdytysenergiankulusta. Seuraavien viiden tapauksien muuttajat ovat siis muuten samat kuin tapauksilla 1—5, mutta niissä on vain jäähdytyspalkit lisättyinä jäähdytysmuodoiksi (liitteet 6—10).

Astetunnit eivät ole enää ongelma missään tapauksessa, koska jäähdytys pitää tilan lämpötilan nousun hallinnassa. Kaikkien tapausten lämmitysenergian kulutus on tosin korkeampi, kuin yhdelläkään ensimmäisistä viidestä tapauksesta. Pienin lämmitysenergian kulutus on tapauksessa 10, 225,5 MWh, jossa on käytössä suojainten käytön vuosiakataulu (liite 10). Tapauksissa, joissa suojaimia ei ole ollenkaan tai ne ovat vain yöllä käytössä lämmitysenergian kulutus on suurin 231,5 MWh (liitteet 6 ja 8). Suojainten yöaikaisesta käytöstä ei taaskaan tule muutosta tuloksiin aiemmin mainitun syyn takia. Tapauksissa, joissa suojaimet ovat koko ajan käytössä tai ne ovat vain päivällä käytössä lämmitysenergian kulutus on noin 228 MWh (liitteet 7 ja 9). Alla olevaan taulukkoon on koottu kaikkien tapausten simulointien tulokset, jossa näkyy lämmitysenergian tarpeet, astetunnit ja niiden lukumäärät (taulukko 3). Taulukon lämmitysenergian määrä on koko piirretyn rakennuksen, eikä vain kohdekäytävän.

Taulukko 3. Tapaukset ja simuloinnin tuloksia

	Suojainten käyttö	Jäähdytys	Lämmitysenergian tarve	Astetunnit (°Ch)	Tuntien lukumäärä
Tapaus 1	Ei ollenkaan	Ei	204 MWh	2269,6	487
Tapaus 2	Kokoajan kiinni	Ei	207,8 MWh	314,2	212
Tapaus 3	Kiinni klo 20-8	Ei	204 MWh	2161,6	476
Tapaus 4	kiinni klo 8-20	Ei	207,7 MWh	367,1	320
Tapaus 5	Vuosiakataulu	Ei	204,9 MWh	344,7	221
Tapaus 6	Ei ollenkaan	Kyllä	231,5 MWh	2,6	7
Tapaus 7	Kokoajan kiinni	Kyllä	227,9 MWh	0	0
Tapaus 8	Kiinni klo 20-8	Kyllä	231,1 MWh	1,5	6
Tapaus 9	kiinni klo 8-20	Kyllä	228,2 MWh	0	0
Tapaus 10	Vuosiakataulu	Kyllä	225,5 MWh	0	0

4.1.2 Simulointitulosten pohdinta

Riuskan simuloinneista saatiin paljon tietoa, tai ainakin suuntaa antavia tuloksia siitä, kuinka aurinkosuojaimet vaikuttaisivat kohteen tilaan. Simulointien avulla haluttiin nähdä, kuinka tilan olosuhteet vaihtelevat, kun suojaimia käytetään vuorokauden ja vuoden eri ajankohtina. Tapauksissa asetettiin suojaimille peittoaikataulut ja ne olivat vain silloin peittämässä ikkunapintoja. Käytännössä suojaimia kannattaa ohjata automaatiolla, jolloin ne liikkuvat olosuhteiden mukaisesti. Tästä huolimatta vuosiakataulun tulokset olivat lähes joukon parhaimmat. Ainoastaan tapauksella, jossa suojaimet olivat koko ajan kiinni, oli vähemmän astetunteja. Toisaalta tämä vertailu ei ole kovinkaan reilu, koska eihän kukaan haluaisi, että aurinkosuojaimet peittäisivät ikkunoita koko ajan. Vuosiakataulun peittoajat ovat myös lähimpänä sitä tilannetta, jossa suojaimia ohjataan automaatiolla anturitietojen mukaisesti.

Riuskassa on myös omat puutteensa, kuten lämpöenergian säteilyn rakennuksesta ulospäin huomiotta jättäminen. Tämä ei kuitenkaan vaikuta työn tuloksiin niin paljoa, että simuloinneista ei saisi mitään hyötyä.

Riuska simulointien yhteenvedona todetaan, että tämän kohdetilan suurin ongelma on tukalan kuuma sisälämpötila, silloin kun aurinko pääsee lämmittämään sitä. Aurinkosuojaimien käytöllä saadaan huomattavia parannuksia tähän ongelmaan ja uskotaan, että tämä näkyy myös käytännön mittauksissa. Vuosiakataulun tulokset tukevat myös sitä, että suojaimille ei kannata määrätä käyttöaikoja, vaan niitä kannattaa ohjata automaatiolla.

4.2 Toiminnallinen käytännön osuus

4.2.1 Laboratoriotestailut

Artic-kaihdin lahjoitti työtä, sekä tulevaa opetuskäyttöä varten koulun laboratorioon Somfy LT50 kaihdin moottorin (kuva 17). Lahjoituksena saatiin myös Somfyn IB4-väylärele verhomootorin ohjausta varten (kuva 17), jota oli

tarkoitus ohjata WAGO-logiikalla, mutta se osoittautui työssä hieman hankalaksi vaihtoehdoksi, joten työssä päädyttiin ohjaamaan verhomoottoria WAGO:n lähtöihin kytketyillä releillä. Laboratoriossa perehdyttiin moottorin ominaisuuksiin sekä toimintoihin. Kyseessä on yksivaiheinen vaihtosähkömoottori, jossa sisäiset kytkennät on toteutettu siten, että pyörimissuunta saadaan määritettyä kytkemällä vaihejohdin, joko moottorin ruskeaan tai mustaan johtimeen. Moottorissa on myös sisäiset rajakytkimet, joiden avulla saadaan määritettyä verhojen liikkeille ääriajat, kumpaankin suuntaan. Lisäksi moottorissa on sisäinen yllilämpösuoja, joka laukeaa, jos moottoria ajaa yli 5 minuuttia kerralla tai jos ei anna sille riittävästi aikaa viilentyä ajojen välissä.

Työtä varten tehtiin omatekoinen aurinkoanturi (kuva 18), jonka tarkoituksena on saada logiikalle tieto, että aurinko paistaa ja tilaan tulee lämpösäteilyä. Lämpösäteilyä tulee silloin, kun aurinkoanturin näyttämä lämpötila on korkeampi kuin sisälämpötila. Aurinkoanturi koostui alumiinisesta neliönmuotoisesta palikasta, jonka pinta maalattiin mattamustalla spraymaalilla ja maalipinta hiottiin hienolla hiomapaperilla. Palikan taakse kiinnitettiin lämpötila-anturi, jonka jälkeen palikka vuorattiin kauttaaltaan tarrapintaisella eristeellä, pois lukien maalattu sivu. Palikka on 80 mm leveä, 82 mm korkea ja 16 mm syvä. Palikka lämpenee tehokkaasti auringon valossa alumiinin lämmönjohtavuuden ja mattamustan pinnan ansiosta. Mattamusta pinta heijastaa heikosti valoa, mutta absorboi tehokkaasti siihen kohdistuvaa säteilyä. Nämä ovat juuri ne ominaisuudet, jotka tällainen anturi vaatii toimiakseen mahdollisimman hyvin. Eriste estää huoneilman lämmön vaikuttamisen palikan lämpötila-anturin lukemiin.

Tehtyä anturia testattiin ensimmäisen kerran käytännössä 15.2.2019 D-siivekkeen käytävässä. Eristetty aurinkoanturi laitettiin ikkunalle, johon paistoi sillä hetkellä suoraan aurinko. Käytävän sisälämpötilaa ja aurinkoanturin lämpötilaa mitattiin samanaikaisesti yhdellä Fluken 52 II- mittarilla puolentunnin ajan. Mittaushetkellä ulkolämpötila oli +2,0 celsiusastetta, sisälämpötila +22,0 astetta ja aurinkoanturin lämpötila +25,8 astetta. Tästä todettiin, että aurinkoanturi toimii oletetusti ja tuleva lämpösäteily näkyy lämpötilatietojen erotuksena. Tätä tietoa pystytään siis käyttämään osana automaatiota, kuten oli alun perinkin ideana.



Kuva 17. Somfy LT50 verhomoottori ja IB4 laboratorio testissä.



Kuva 18. Aurinkoanturi testivaiheessa.

4.2.2 Automatisoitu ohjaus

Vaihtoehtoina screenkaihtimien ohjaukseen oli Somfyn oma suljettu ja suojattu laitteisto sekä ohjelmisto, KNX-logiikka ohjain tai koululta löytyvä ja koulun

laboratorioharjoituksissa käytetty WAGO-logiikka. Valinnassa päädyttiin WAGO-logiikkaan, koska lopullista työtä oli tarkoitus käyttää myös opetuksen demolaitteistona ja sen täytyi olla muokattavissa laboratorioharjoituksia varten, mikä ei Somfyn ohjelmalla olisi ollut mahdollista. WAGO on myös tällä hetkellä koululla enemmän opetuskäytössä, kuin KNX.

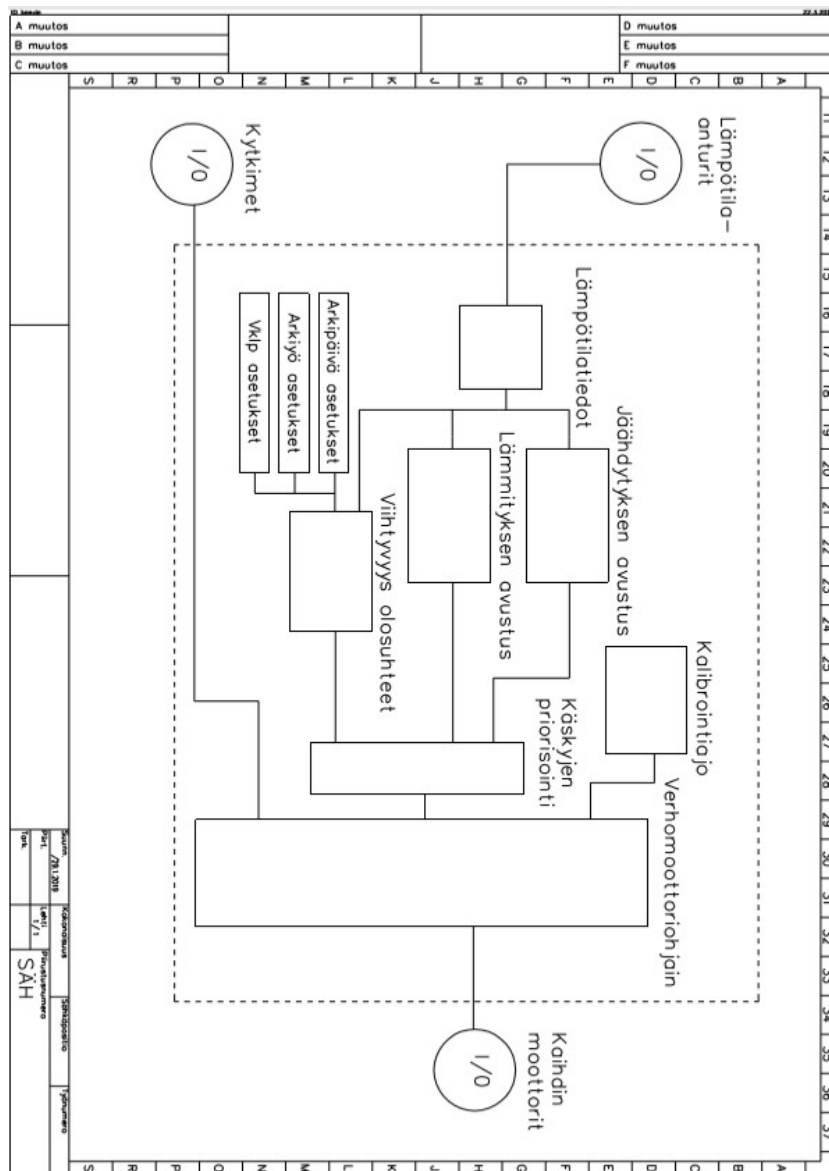
WAGO järjestelmään valittiin ohjaimen lisäksi kaksi tulokorttia ja yksi lähtökortti. Järjestelmään kytkettiin kaksi lämpötila-anturia mittaamaan sisälämpötilaa sekä aurinkoanturin lämpötilaa. Taulukkoon neljä on kuvattu logiikan kokoonpano tarkemmin. Työn kaikki automaatiolaitteet saatiin koululta.

Taulukko 4. Automaatiojärjestelmän laitteet.

Automaatiojärjestelmän laiteluettelo				
Logiikan laitteet				
Nimike	Tuotenumero	Valmistaja	Lähtöjen/ tulojen määrä	Lyhenne
PFC100 ohjain	750-8100	WAGO	-	-
Teholähde 24 VDC	750-602	WAGO	-	-
Muuntaja 230/24 V	787-1212	WAGO	-	-
Digitaalitulokortti	KL1114	Beckhoff	4 kpl	DI
Digitaalilähtökortti	750-501	WAGO	2 kpl	DO
Analogiatulokortti	750-461	WAGO	2 kpl	AI
Päätökortti	750-600	WAGO	-	-

Ennen automaatio-ohjelman luomista tehtiin luonnos toimintakaaviosta, jossa ilmeni kaikki halutut aurinkosuojauksen ohjaustoiminnot, joka viimeisteltiin ohjelman valmistuttua varsinaiseksi toimintakaavioksi (liite 11). Ohjelma päädyttiin tekemään ensisijaisesti tilan energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Toissijaisena ohjaus prioriteettina toimi tilan viihtyvyys ja mukavuus olosuhteet. Ohjelma aurinkosuojien ohjausta varten tehtiin WAGO:n omalla e!COCKPIT-ohjelmalla. Ohjelmassa käytettiin pääasiassa FBD ohjelmointitapaa, joten ohjelmamme koostui toimintalohkoista.

Verhomoottorin ohjausohjelmasta luotiin yksinkertaistettu I/O- kaavio (kuva 19). Kaavio kertoo aurinkosuojainten ohjausperiaatteen mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa, mutta kuitenkin riittävän laajasti.



Kuva 19. Verhomoottorin ohjausohjelman I/O-kaavio.

Verhomootoreille tulee käskyjä sekä käsiohjaus painikkeilta, automatiikalta että visuaaliselta käyttöliittymältä, verhomoottori ohjainlohkon kautta.

Ylös/alas kytkimen painikkeet liitettiin suoraan verhomoottoriohjain lohkolle. Pitkäpainallus ylös painiketta (yli 0,6 s) laittaa verhot nousemaan yläasentoon. Pitkäpainallus alas painiketta laittaa verhot laskeutumaan ala-asentoon. Lyhyt painallus kumpaa tahansa painiketta (alle 0,6 s) pysäyttää verhot. Ajat määritettiin ohjelmallisesti. Siivouskytkin liitettiin myös suoraan verhomoottoriohjain lohkolle. Kun siivouskytkin painetaan "1" asentoon verhot ajetaan yläasentoon ja lukittautuvat sinne, kunnes siivouskytkin vapautetaan "0" asentoon.

Ohjelman automaatiopuoli koostui lämpötilatiedot-lohkosta, joka skaalaa aurinkoanturin ja sisälämpötila-anturien mittaamien celsiusasteiden erotuksen vastaamaan auringosta tulevaa lämpösäteilyn energiaa muotoon W/m^2 . Automatiikan ohjauslohkot hyödyntävät kyseistä tietoa toiminnoissaan. Automatiikan ohjaukseen kuuluivat jäähdytyksen avustus-, lämmityksen avustus-, viihtyvyys olosuhteet- sekä kalibrointiajo nimiset -lohkot.

Kalibrointiajo toimii aina, kun logiikalta katkeaa sähkö ja logiikka käynnistetään uudelleen. Kalibrointiajo ajaa verhot yläasentoon ja merkitsee ohjelmallisesti yläasennon. Tämä varmistaa, että ohjelma pysyy ajan tasalla verhojen sijainnista. Lohkon käsky menee suoraan verhomoottoriohjain-lohkolle.

Jäähdytyksen avustus toimii asetettujen anturiarvojen perusteella siten, että jäähdytys lähtee päälle, mikäli tilassa on jäähdytyksen tarvetta (sisälämpötila yli $24\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja aurinkoanturi ilmoittaa, että ulkoa on tulossa riittävästi auringon lämpösäteilyä (yli $75\text{ W}/m^2$).

Lämmityksen avustus toimii asetettujen anturiarvojen perusteella siten, että lämmitys lähtee päälle, mikäli tilassa on lämmityksen tarvetta (sisälämpötila alle $22\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja aurinkoanturi ilmoittaa, että ulkoa on tulossa riittävästi auringon lämpösäteilyä (yli $75\text{ W}/m^2$).

Viihtyvyys olosuhteet -lohko toimii ohjauksena, mikäli mikään muu ohjauslohko ei ohjaa aurinkosuojia. Kyseiseen lohkoon teimme erilliset toiminta-asetukset päivä- ja yöajalle arkipäiville sekä viikonlopulle.

Arkipäivien päiväasetukset ohjaavat verhoja siten, että verhot ovat ensisijaisesti auki kello 7.00–19.00 välisenä aikana, mutta jos ulkoa tulee tilan viihtyvyyttä ja mukavuutta häiritsevää voimakasta ja häikäisevää auringon valoa (yli $267\text{ W}/m^2$), verhot ajetaan 75% peittoasteeseen.

Arkipäivien yöasetukset ohjaavat verhoja siten, että verhot ovat ensisijaisesti kiinni klo 19.00–7.00 välisenä aikana, mutta jos ulkoa tulee tilan viihtyvyys

olosuhteiden kannalta miellyttävää aamuauringon- tai ilta-aurionvaloa (yli 151 W/m²), verhot ajetaan 50% peittoasteeseen.

Käskeyjen priorisointi -lohko ottaa vastaan jäädytyksen avustus-, lämmityksen avustus- sekä viihtyvyys olosuhteet -lohkojen käskyt, priorisoi käskyt halutun laisesti ja ohjaa ne eteenpäin verhomoottoriohjain-lohkolle. Verhomoottoriohjain-lohko ottaa vastaan nämä ohjauskäskyt ja lähettää niiden mukaan ylös tai alas käskyjä verhomoottoreille.

Kaikille automatiikan toimintalohkoille on määritelty lohko-kohtaiset toimintaviiveet viidestä kymmeneen minuuttiin, jotka estävät lohkojen välittömän uudelleen käynnistymisen ja täten verhojen turhan tiheän paikanvaihtumisen. Tällä myös ehkäistään verhomoottorien lämpöreleiden laukeaminen.

Valmiista verhomoottorin ohjausohjelmasta tulostettiin myös ohjelmakuvat (liite 12) ja kirjoitettiin yksityiskohtainen toimintaselostus (liite 13).

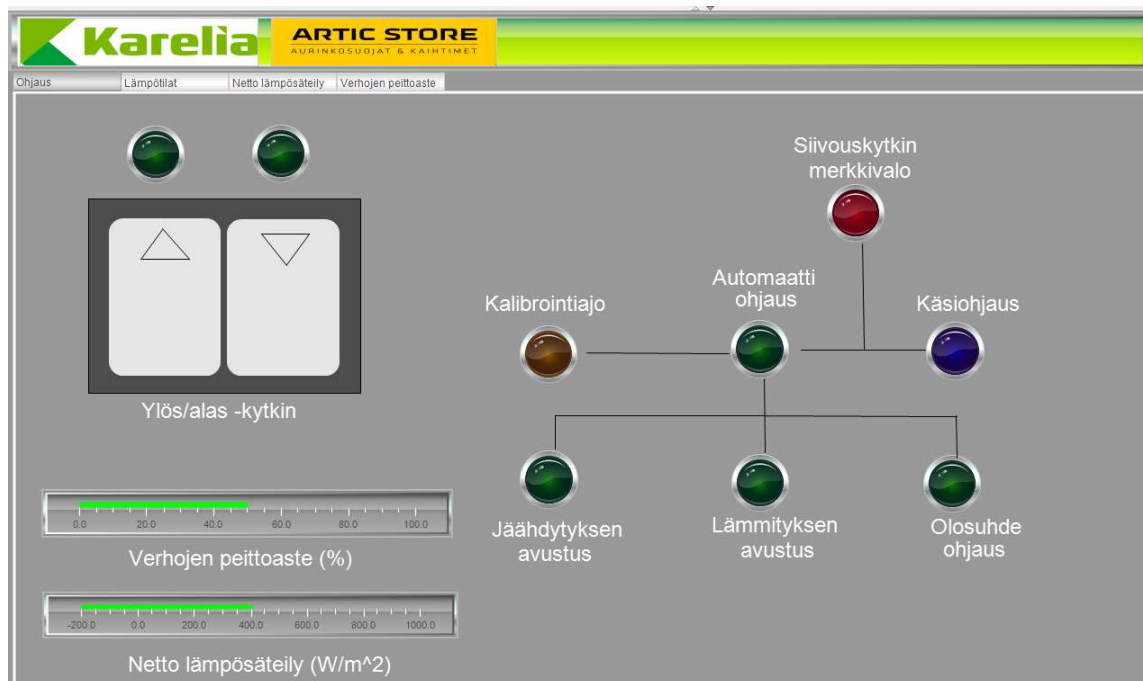
Hyödyntäen ohjelman valmiita käskyjen priorisointilohkoja sekä omatekoista ohjelmallista priorisointia luotiin ohjelmaan omat priorisoinnit kaikille ohjaustoiminnoille.

1. Siivouskytkin
2. Kalibrointiajo
3. Käsiohjaus
4. Lämmityksen ja jäädytyksen avustus -automaatiikka
5. Viihtyvyys ja mukavuus olosuhteet -automaatiikka.

Heikompi käsky ei voi kumota vahvempaa käskyä, mutta vahvempi kumoaa heikomman. Vahvin käsky on numero 1 ja heikoin 5. Priorisoinnissa on mietitty ensisijaisesti laitteiston turvallista käyttöä, sen jälkeen vasta energiatehokkuutta, käytännön läheisyyttä ja helppokäyttöisyyttä. Verhot eivät missään tapauksessa ole ilman ohjausta. Viimeistään viihtyvyys ja mukavuus olosuhteet -toimintalohko on hallitsemassa verhoja, mikäli mikään muu ohjaustapa ei ohjaa verhoja.

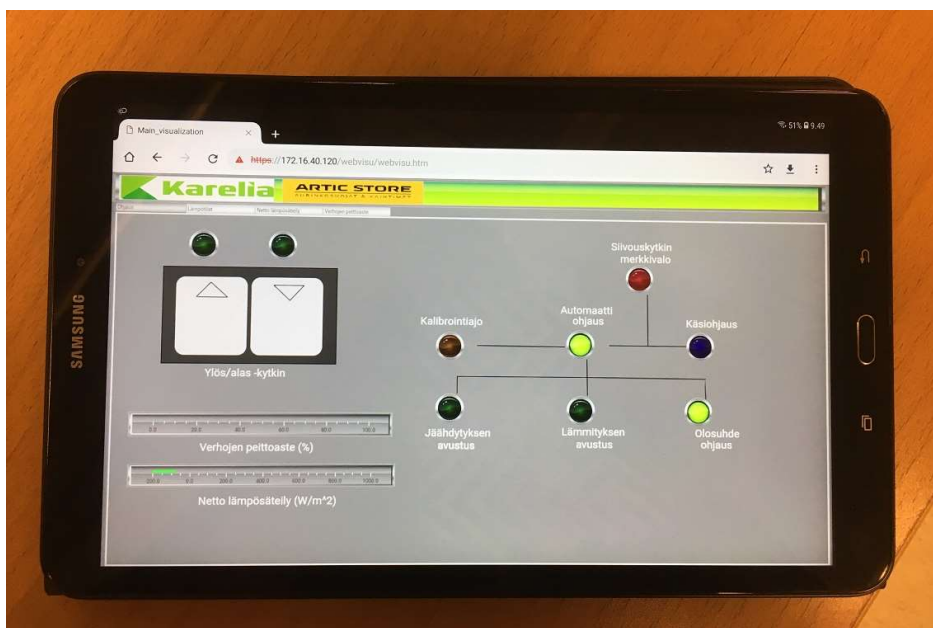
Ohjelmaan luotiin myös käyttöliittymä, jolla voi etänä ohjata verhoja ylös tai alas. Sen mittareista näkee verhojen reaaliaikaisen peittoasteen prosenteissa ja anturitiedoista lasketun netto lämpösäteilyn (W/m^2). Merkkivalot kertovat, jos kalibrointiajo, siivouskytkin tai käsiohjaus on päällä. Ne näyttävät myös mikä automatiikan ohjaus on ohjaavana.

Käyttöliittymästä löytyy neljä välilehteä, joissa ensimmäisessä on ohjausnäkyvä (kuva 20). Toiselta välilehdellä löytyy aurinko- ja sisälämpötila-antureiden reaaliaikaiset trend-käyrät. Kolmannelta löytyy netto lämpösäteilyn trend-käyrä ja neljänneltä verhojen peittoasteen trend-käyrä.



Kuva 20. Visuaalinen käyttöliittymä, ohjausnäkyvä.

Logiikka yhdistettiin ethernet-yhteydellä koulumme experimental-verkkoon, jonka kautta pystyi käyttämään käyttöliittymää miltä tahansa koulun koneelta, jolla oli yhteys samaan verkkoon. Käyttöliittymä toimii myös tabletilla kosketusnäytöltä (kuva 21), mutta se vaatii kirjautumisen opettajien wlan-verkkoon. Opiskelijoille tarkoitetusta langattomasta verkosta ei ole pääsyä experimental-verkkoon, jossa logiikka oli. Käyttöliittymään pääsy vaatii tunnuksen ja salasanan sekä päätelaitteen olemisen samassa verkossa kuin logiikka.



Kuva 21. Käyttöliittymä Samsung tabletilla.

Ohjelmaan luotiin vielä erillinen trace-taulukko, johon ohjelma tallentaa käynnissä olonsa aikana aurinkoanturin ja sisälämpötila-anturin tiedot, sekä verhojen peittoasteen aina 16 minuutin ja 40 sekunnin välein. Tämän avulla voidaan tarkastella ohjelman toimintoja halutulta aikaväliltä. Tallennettuja tietoja voi tarkastella ohjelmassa ja Excel-taulukkotyökalulla. Lopuksi lisäsimme ohjelmamme koodiin MIT-lisenssin. Lisenssi antaa käyttäjille oikeudet, kopioida, muokata vapaasti ja käyttää teosta omissa projekteissaan sillä ehdolla, että lisenssin teksti säilyy lähdekoodissa. (FSF & GNU 2019.)

4.2.3 Automaatio-osuuden pohdinta

Wago-logiikka ja e!COCKPIT-ohjelmisto valmiine ohjelmointikirjastoineen soveltuivat loistavasti vastaamaan automaatio-ohjauksesta työssämme. Ohjelmointikirjastosta löytyi monipuolisesti valmiita erilaisten aurinkosuojien ohjaukseen tarkoitettuja toimintalohkoja erilaisia tilanteita ja tiloja varten. Voimme työmme perusteella suositella Wago-logiikkaa käytettäväksi automaattisten aurinkosuojien ohjauksessa.

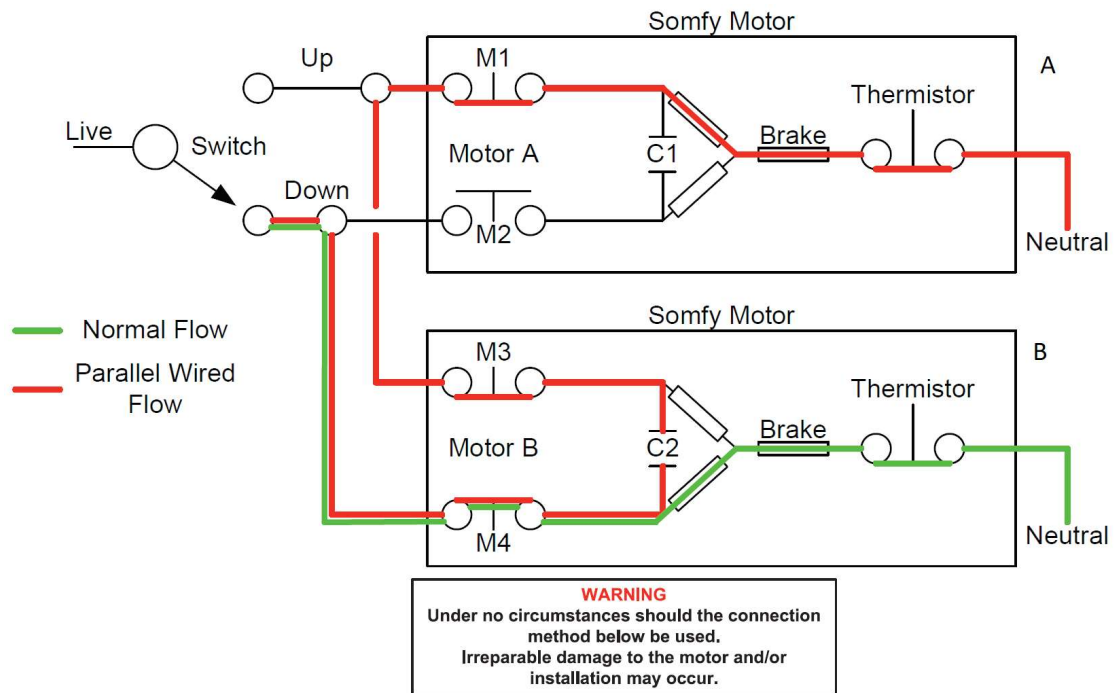
4.2.4 Fyysiset asennukset

Ennen asennuksia tehtiin tarvittavat valmistelut, joihin kuului verhomoottorien kätisyyksien ja paikkojen, sopivien kaapelien, kaapelireittien, kytkimien ja kytkentäkoteloiden valitseminen. Asennuksia varten tehtiin myös suunnitelmat ja sähköpiirustukset. Työvaiheiden organisointi oli opinnäytetyön tekijöiden vastuulla. Sähköpiirustukset tehtiin CADS 18 -ohjelmistoa käyttäen. Työtä varten piirrettiin yksiviivainen esitys (liite 14), moniviivainen esitys (liite 15), logiikan piirikaavio (liite 16) ja sähkösyöttökuva (liite 17).

Talotekniikanlaboratorion logiikan ja käytävän riviliitinkotelon välille tarvittiin ohjauskaapeli, jossa on vähintään 13 johdinta, joten siihen valittiin JAMAK 8x(2+1)x0,5 kaapeli. Syöttö otettiin lähimmältä jakokeskukselta, joka oli tässä tapauksessa JK016. Syöttökaapeli ja sopiva johdonsuojakatkaisija mitoitettiin moottorien ottotehoista lasketun virran mukaan. Moottorien ottoteho oli 120 W moottoria kohden. Virran määrä kolmelle moottorille laskettiin kaavalla,

$$I = \frac{P}{U} = \frac{3 * 120W}{230V} = 1,56 A$$

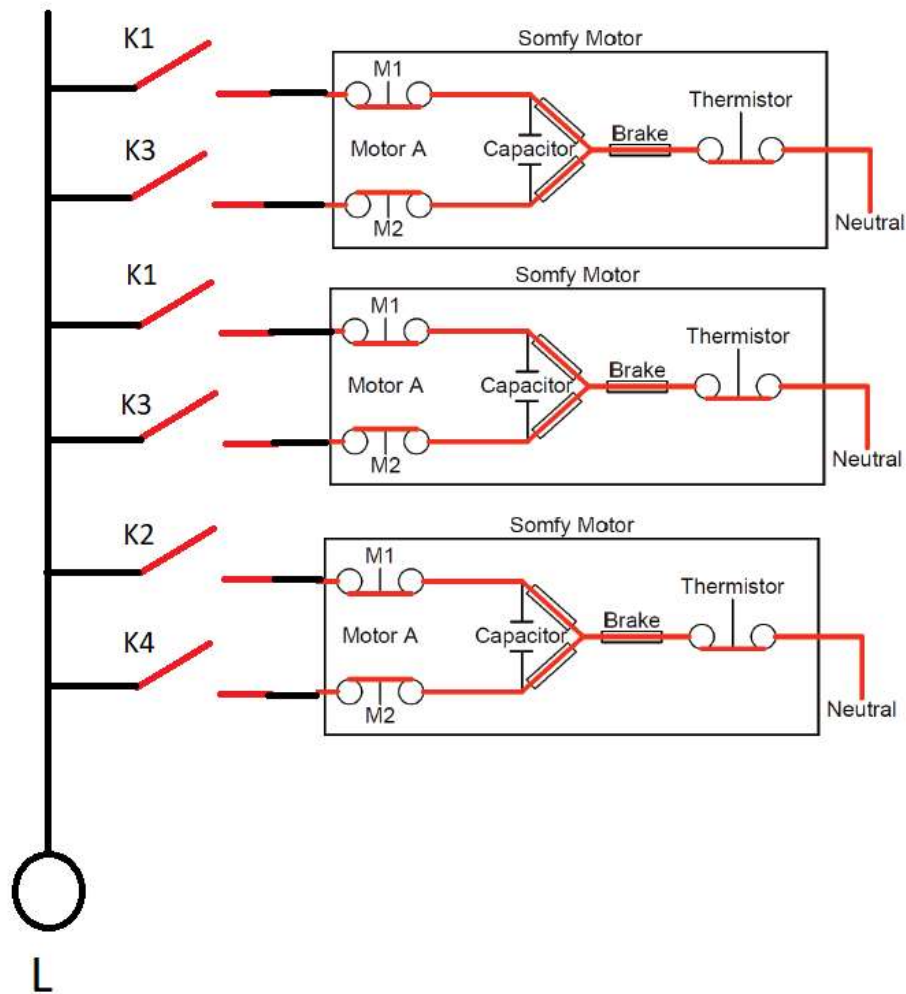
Moottorien syöttöä varten riitti yksi 10 A johdonsuojakatkaisija ja syöttökaapeliksi MMJ 3x1.5S. Syöttökaapeli vedettiin käytävän riviliitinkoteloon. Jokainen verhomoottori tarvitsi oman nelijohtimisen syöttökaapelinsa johtuen verhomoottorien sisäisistä suunnanvaihto kytkennöistä (kuva 22). Rahan säästämiseksi oli halvempi vaihtoehto valita MMJ 5x1.5S kaapelit jokaiselle moottorille.



Kuva 22. Rinnankytkentä kielletty (Wiring Diagrams, 2019, 2).

Kun rinnankytkettyjä moottoreita ajetaan rajakytkimien pysäytykseen asti, ensimmäisenä rajalle ehtinyt moottori (A) pysähtyy, mutta virta lähtee silloin kiertämään moottorilta (B) kondensaattorin C2 läpi mikrokytkimen M3 kautta pysähtyneen moottorin (A) M1 mikrokytkimelle ja saa täten aikaan moottorin (A) nykimistä niin kauan, kunnes moottori (B) on saavuttanut rajansa. Tämä johtaa usein toistettuna moottorien rikkoutumiseen. (Wiring Diagrams, 2019, 2.)

Ratkaisimme ongelman kytkemällä jokaisen moottorin ruskean ja mustan johtimen omalle releen koskettimelleen riviliittimien kautta. Käytimme neljä kappaletta kaksikoskettimisiä releitä, joista kahdesta jätimme yhdet koskettimet käyttämättä (kuva 23).



Kuva 23. Moottoreiden releohjauksen kaavio.

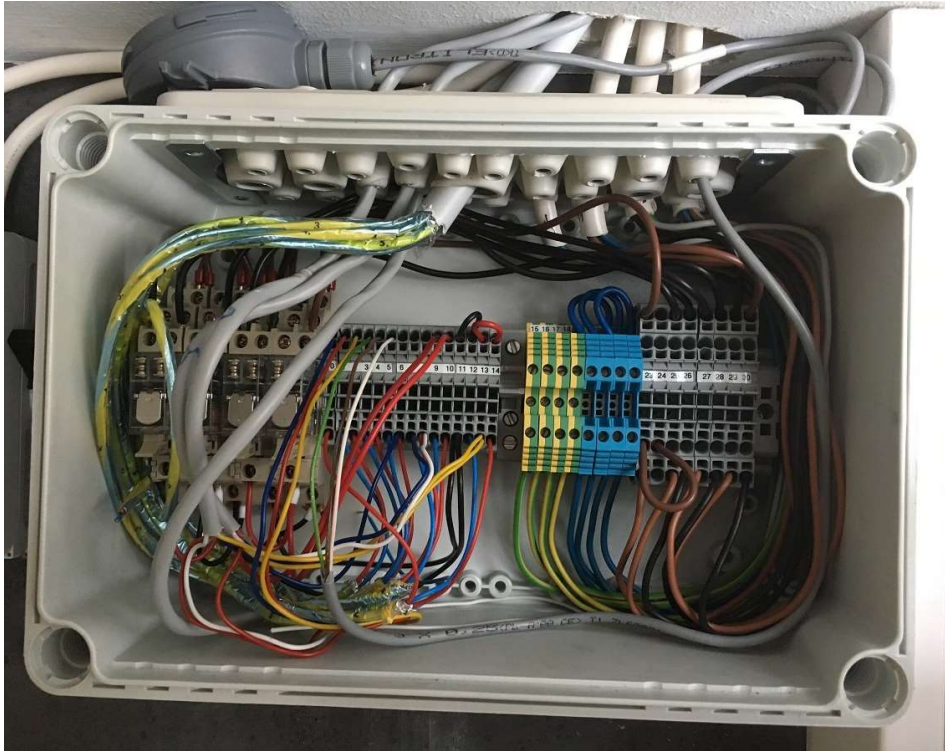
Kuvassa 23 sulkeutuvien koskettimien päällä oleva K kertoo, mihin releeseen kosketin kuuluu. Releet K1 ja K2 sulkevat koskettimensa, kun logiikalta tulee käsky ajaa moottoria ylöspäin. Vastaavasti releet K3 ja K4 sulkevat koskettimensa, kun logiikalta tulee käsky ajaa moottoria alaspäin. Moottorien kaapeleiksi valitsimme MMJ 4x1.5S.

Sisälämpötila-anturiksi valittiin PT100. Aurinkoanturi oli omatekoinen ja se koostui PT100 lämpötila-anturista, mattamustasta alumiinipalikasta sekä teippieristeestä. Aurinkoanturia varten tarvittiin vähintään 3-johtiminen kaapeli, koska kytkeäkseen PT100-anturi edemmäs kuin 20 cm:n päähän, suositellaan 3-johdin kompensointi kytkentää johtuen kaapelin pituuden mukaan lisääntyvästä resistanssin mittaustulosta vääristävästä vaikutuksesta. Kaapeliksi valittiin KLMA

4x0,8+0,8. Ylös/alas kytkimiksi valittiin palautuvilla painonapeilla varustettu 6+6-kytkin. Siivouskytkimeksi valittiin 1-kytkin (kuva 24). Riviliitinkoteloksi mitoitimme ja valitsimme EKJB 130G 280X190X130 kotelon (kuva 25).



Kuva 24. Ylös/alas -kytkin sekä siivouskytkin.



Kuva 25. EKJB 130G riviliitinkotelo kalustettuna ja kytkettynä.

Kaihdinmoottorien ja screenkaihtimien asennuksista vastasi Artic-kaihdin (kuvat 26 ja 27). Kaihtimet on kiinnitetty ikkunoiden alumiiniseen kehikoon.

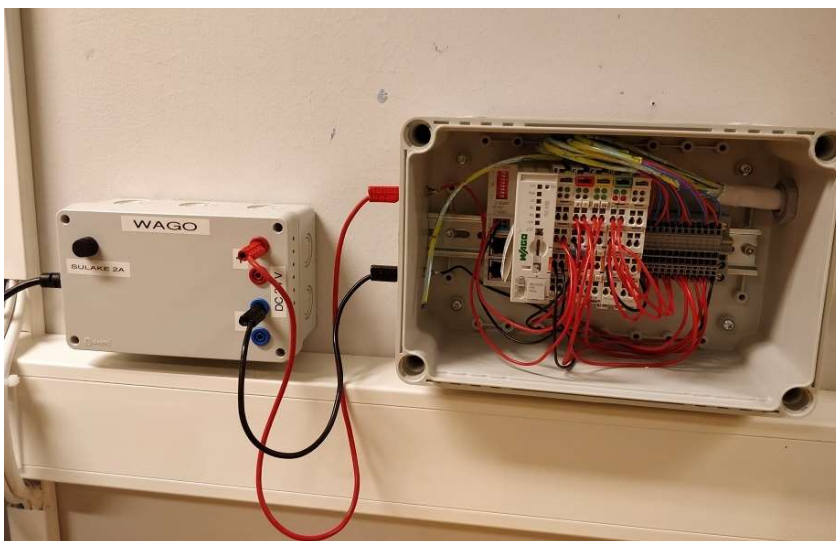


Kuva 26. Screenkaihtimet yläasennossa.



Kuva 27. Screenkaihtimet ala-asennossa.

Kaapeleiden vedot, kytkimien asennukset, asennuskotelon kiinnittämisen, pienjännite sähkökytkennät sekä tarvittavat sähkötarkastukset suorittivat ARE Oy. Opinnäytetyön tekijöiden tehtäväksi jäi WAGO-logiikan moduulien asentaminen paikalleen, koteloida logiikka, tehdä siinä tarvittavat kytkennät ja johdotukset, logiikan virtalähteen asennus talotekniikan laboratorioon TU032C:n (kuva 28), asentaa ja kytkeä tarvittavat anturit sekä kalustaa että johdottaa D-siivekkeen käytävään tulleen riviliitinkotelo.



Kuva 28. Wago-logiikka koteloituna seinällä, virtalähteen kanssa.

Kun ohjelma ja asennukset olivat täysin valmiita, ohjelman kaikki toiminnot tarkastettiin ja todettiin toimiviksi. Käsiohjaus painikkeiden toiminta testattiin käsin. Kalibrointiajo todettiin toimivaksi logiikan käynnistyessä. Anturitietojen ja aikataulun mukaan toimivat automatiikan ohjaukset testattiin huijaamalla ohjelmaa hetkellisesti lokaaleilla, virtuaalisilla muuttujilla. Anturien lukemat todettiin oikeiksi vertaamalla niitä Fluke 52 II -mittarin arvoihin. Lopuksi toiminnoista laadittiin ST 730.02 mukainen ohjelmiston tarkastuspöytäkirja (liite 18).

Talotekniikan laboratoriotilaan TU032C:en asennettiin myös screenkaihtimella varustettu Somfy LT50 -verhomoottori tulevia koulun laboratorioharjoituksia varten (kuvat 29 ja 30).



Kuva 29. Moottoroitu screenkaihdin yläasennossa talotekniikanlabran sivutilassa.



Kuva 30. Moottoroitu screenkaihdin ala-asennossa talotekniikanlabrassa.

Asennusten jälkeen tehtiin käyttöohje verhojen käsiohjaukselle (liite 19), joka kiinnitettiin seinään käsiohjauskytkimien viereen. Ohjeessa esitellään lyhyesti käsiohjaus kytkimien toiminnot, ohjeet ikkunoiden pesulle sekä verhojen puhdistukselle.

4.2.5 Artic-kaihtimen haastattelu

Artic-kaihdin vastasi koululle asennettavien aurinkosuojainten valinnasta. Koulu asetti ehdoiksi, että niiden täytyy olla sisäpuoliset ja väriltään valkoiset. Kysyimme sähköpostin välityksellä toimeksiantajaltamme muutaman kysymyksen aurinkosuojien valintaan liittyen.

1. ”Miksi valitsitte kohteeseemme aurinkosuojiksi juuri screenkaihtimet? Valkoinen screenkankaan värihän valittiin ensisijaisesti siksi, että koulu vaati rakennuksen julkisivunäkymän takia valkoista. Oliko valkoinen väri teidän

mielestänne muuten aurinkosuojauksen, energiatehokkuuden ja viihtyvyyden kannalta parempi kuin musta väri tässä kohteessa?”

Screenkaihdin antaa tässä tapauksessa juuri kaivatut ominaisuudet eli suojaa auringon lämmöltä sekä häikäisyltä. Tilassa ei kaivattu näkösuojaa, joten siinäkin mielessä screen on juuri oikea valinta. Silloin kun puhutaan sisäpuolisesta screenkaihtimesta ja tila ei ole suunniteltu näyttöpäätetyöskentelyyn, on valkoinen hyvä valinta sen erinomaisen auringosta säteilevän lämpöenergian heijastus ominaisuutensa ansiosta. Mikäli tilassa työskenneltäisiin näyttöpäätteillä, olisimme ehdottomasti suositelleet tummempaa väriä alumiinitaustalla, jolloin olisimme saavuttaneet erinomaisen heijastusarvon lisäksi riittävän suojan häikäisyn estoon. (Ahtonen 2019).

2. ”Harkitsitteko kohteeseen myös jotain muita aurinkosuojaus vaihtoehtoja?”

Tässä kohteessa valinta oli hyvin selkeä olemassa olevien tilaajan puolelta tulleiden toiveiden ja rajoitusten vuoksi, joten emme harkinneet missään vaiheessa vakavasti muita vaihtoehtoja. (Ahtonen 2019).

3. ”Mikä olisi ollut teidän mielestänne paras aurinkosuojaratkaisu kohteeseen, mikäli koulu ei olisi asettanut mitään rajoitteita aurinkosuojaukselle, minkään suhteen?”

Ikkunan ulkopuolelle asennettuna screenkaihdin olisi ollut ilman muuta, se tehokkain ratkaisu, kun mietitään energiatehokkuutta ja laskettavissa olevia säästöjä jäähdytykseen käytettävässä energiassa. Ulkopuolinen aurinkosuojaja on aina se tehokkain ja paras tapa suojautua ikkunoiden kautta sisään tulevan liiallisen auringonlämpöenergian haittavaikutuksilta. Koska ulkopuolinen vaihtoehto ei ollut mahdollinen, päätettiin suojaus toteuttaa sisäpuolisella ratkaisulla. Valon ja häikäisynhallintaan tämä valinta ei vaikuttanut, joten siinä mielessä sisäpuolinen toimii yhtä hienosti kuin ulkopuolinen aurinkosuojaja. (Ahtonen 2019.)

4.3 Tutkiva osio

4.3.1 Lämpösäteilyn mittaus

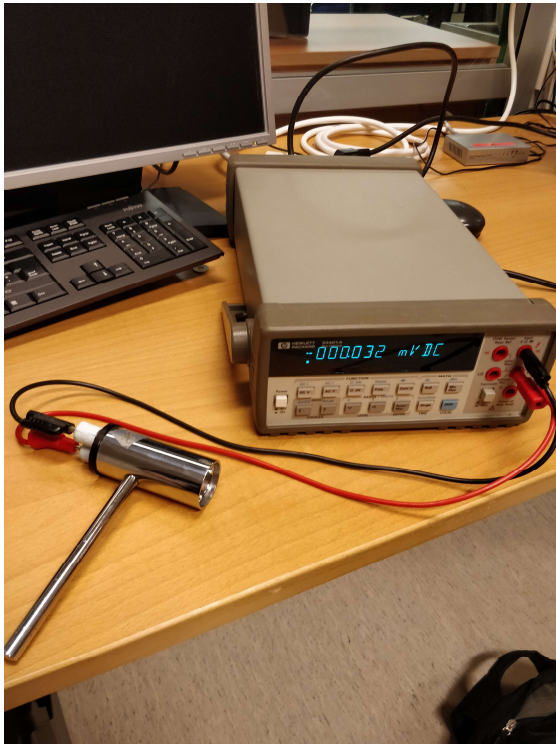
Kohdetilan lämpösäteilyn mittauksia tehtiin sen jälkeen, kun aurinkosuojaimet olivat täydessä toiminnassa automatiikan ohjaamana. Ensimmäiset auringon lämpösäteilyn mittaukset tehtiin 13.3.2019 kello 11.00 siihen tarkoitettulla laitteella, bolometrillä, joka yhdistettiin tarkkaan jännitemittariin (kuva 31).

Laitteen syöttämä jännite muuttuu siihen kohdistuvan lämpösäteilyn mukaan. Jännitemittarin näyttämän jännitteen avulla laskimme lämpösäteilyn neliometriä kohden sovelletulla kaavalla,

$$W/m^2 = \frac{U}{30}$$

jossa U on jännite mikrovoltteina.

Kalibroidulla mittalaitteella kaavan jakaja on 38,2, mutta tämä laite ei ollut kalibroitu ja jakaja 30 saatiin vertaamalla tuloksia kalibroituun laitteeseen.



Kuva 31. Bolometri ja jännitemittari.

Mittaukset suoritettiin D-siivekkeen käytävällä kohdistamalla mittari aurinkoa kohti. Mittaushetkellä aurinkoanturin lämpötila oli +50,1 °C ja sisälämpötila anturin lukema oli +20,6 °C. Auringon lämpösäteily oli siis lämmittänyt jo reilusti mustaa alumiinipalikkaa. Mittauksia tehtiin neljä erilaista. Mittaustulokset ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Lämpösäteilyn mittaustulokset.

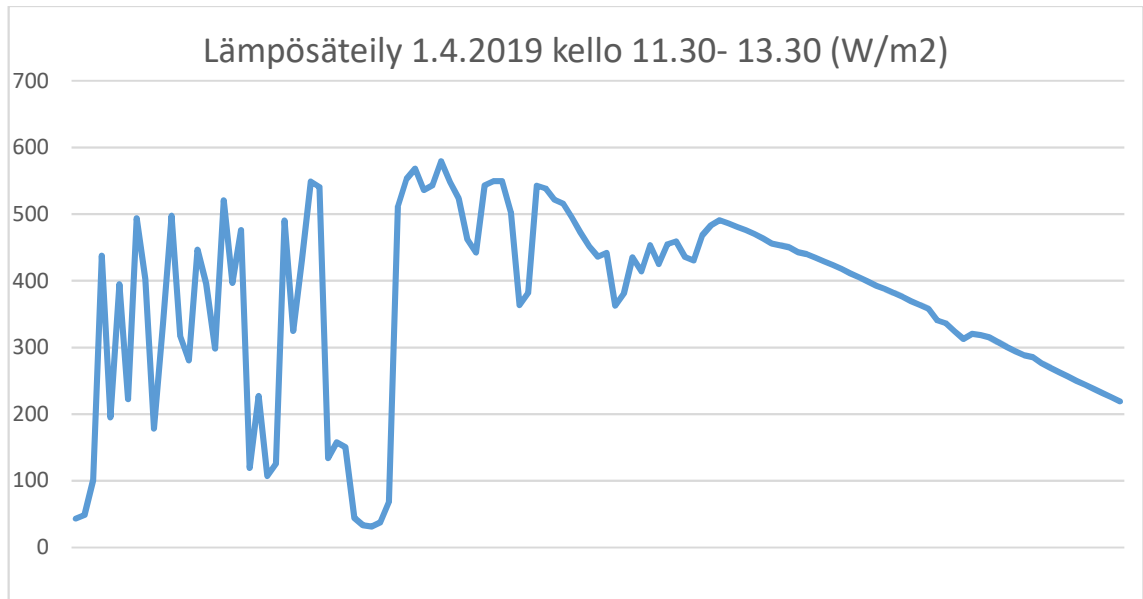
Lämpösäteilyn mittaukset		
Tilanne	Jännite (mV)	Laskettu säteily (W/m ²)
Avonainen ikkuna, ilman suojaimia	44,2	1473
Ikkunan läpi, ilman suojaimia	24,9	830
Ikkunan läpi, suojaimet edessä	1,9	63
Avonainen ikkuna, suojaimet edessä	3,01	100,33

Lämpösäteilyn arvoja mitattiin myöhemmin vielä lisää kalibroidulla bolometrillä. Bolometri oli nyt kiinni vastaavanlaisessa jännitemittarissa kuin aiemminkin, mutta sen mittaustulokset saatiin tallennettua suoraan USB-tikulle. Bolometri asetettiin käytävälle ja se voitiin jättää mittaamaan itsekseen (kuva 32). Mittalaite tunnistaa lämpösäteilyn 20 asteen levyiseltä alueelta siitä katsottuna. Tämän takia mitatut tiedot pitävät paikkansa muutaman tunnin aikavälin verran, jos laitteen kulmaa ei säädetä. Bolometrin tuloksia verrattiin automaatio-ohjelman laskemiin lämpösäteilyn arvoihin. Automaatio-ohjelmassa nettosäteilyn määrä lasketaan lämpötila-anturien erotuksesta, joka kerrotaan kertoimella 28,14. Tämä kerroin saatiin ensimmäisten lämpösäteilymittausten perusteella. Vertailun tarkoituksena on löytää tarkempi kerroin, jolla nettolämpösäteilyn määrä voitaisiin laskea anturien lämpötilojen erotuksesta noin 20 %:n tarkkuudella.



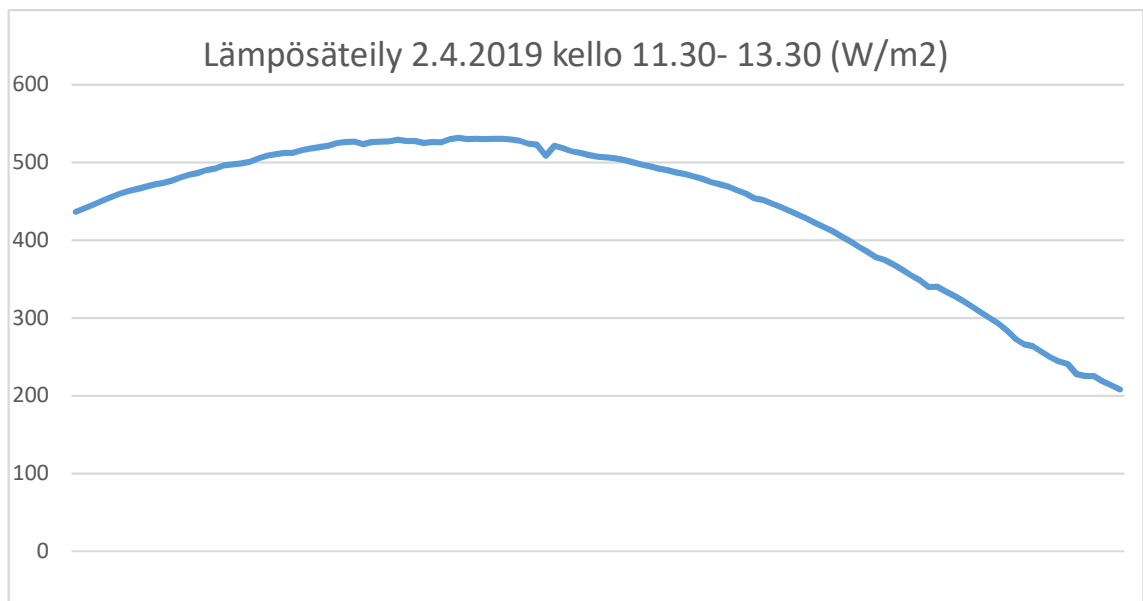
Kuva 32. Bolometri mittaamassa.

Ensimmäiset mittaustulokset tallennettiin 1.4.2019. Alla olevassa kuviossa yksi näkyy lämpösäteilyn määrä wateissa neliometriä kohden kello 11.30—13.30.



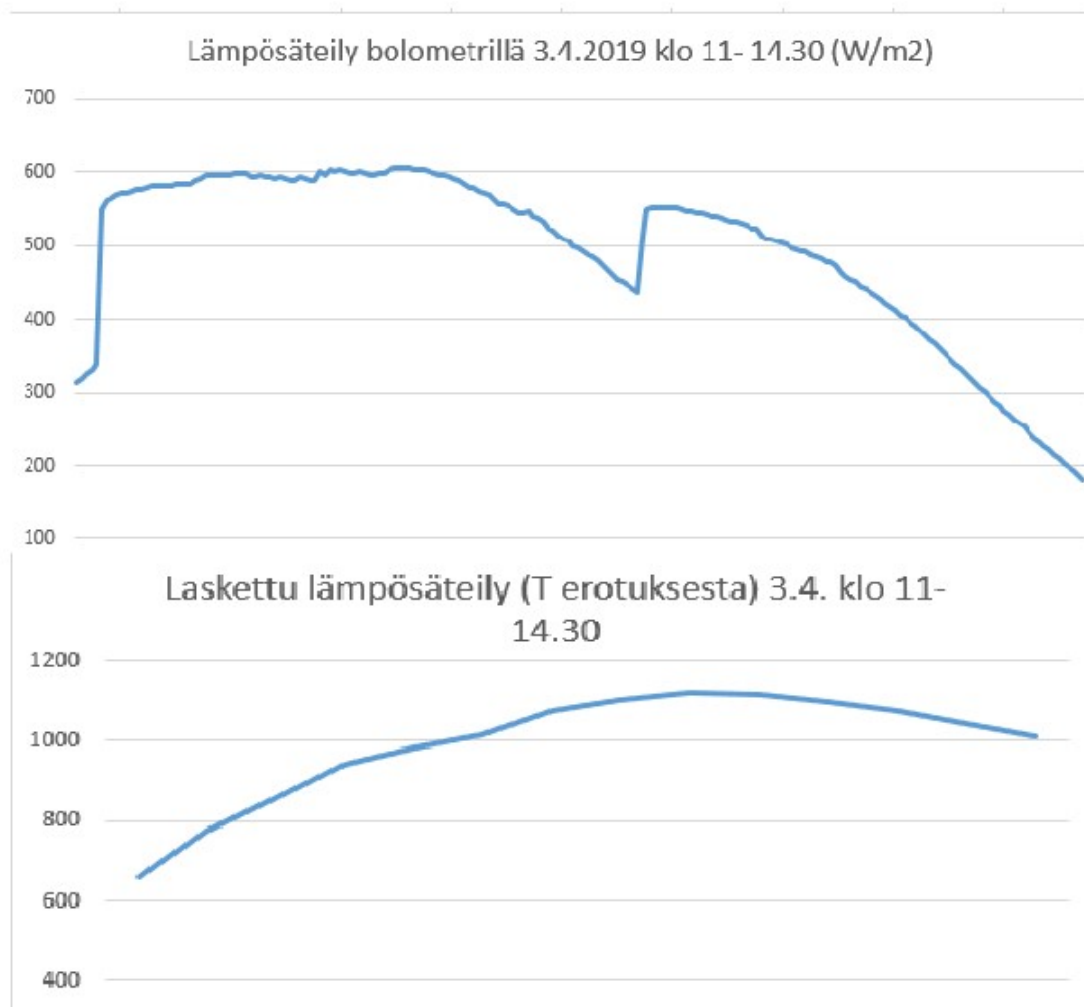
Kuvio 1. Lämpösäteily 1.4.2019.

Seuraavalta päivältä otettiin myös tulokset samalta aikaväliltä (kuvio 2). Aurinko paistoi molempina päivinä.



Kuvio 2. Lämpösäteily 2.4.2019.

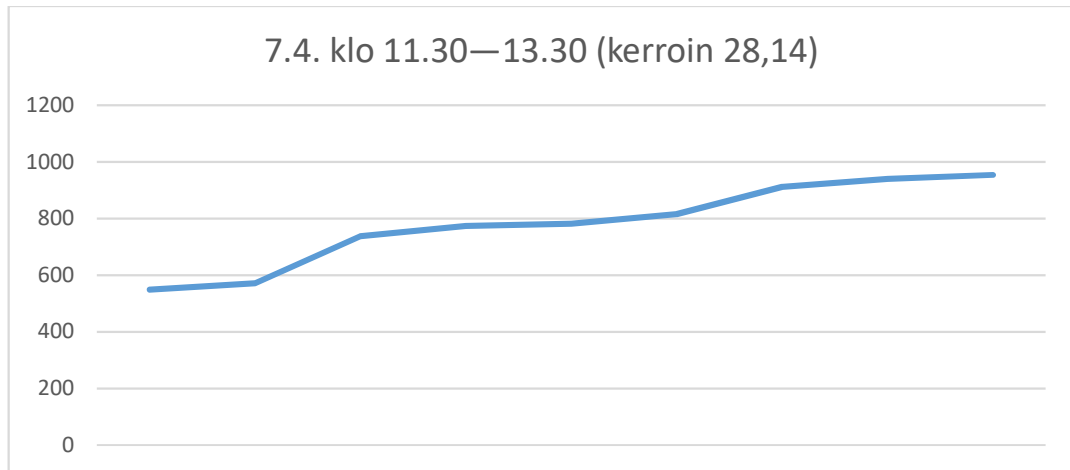
Kuviossa kolme on bolometrin mittaamat tulokset ja opinnäytetyön tekijöiden laskurin laskemat lämpösäteilyn tulokset 3.4.2019 kello 11.00—14.30. Bolometrin kuvaajassa korkein arvo on noin 600 W/m² ja lasketun säteilyn kuvaajassa yli 1100 W/m². Laskurin kaava kaipaa siis hienosäätöä. Pelkästään lämpötilaerotukseen tulee virhettä sen jälkeen, kun verhot laskeutuvat aurinkoanturin alapuolelle jonkin ohjauskäskyn takia.



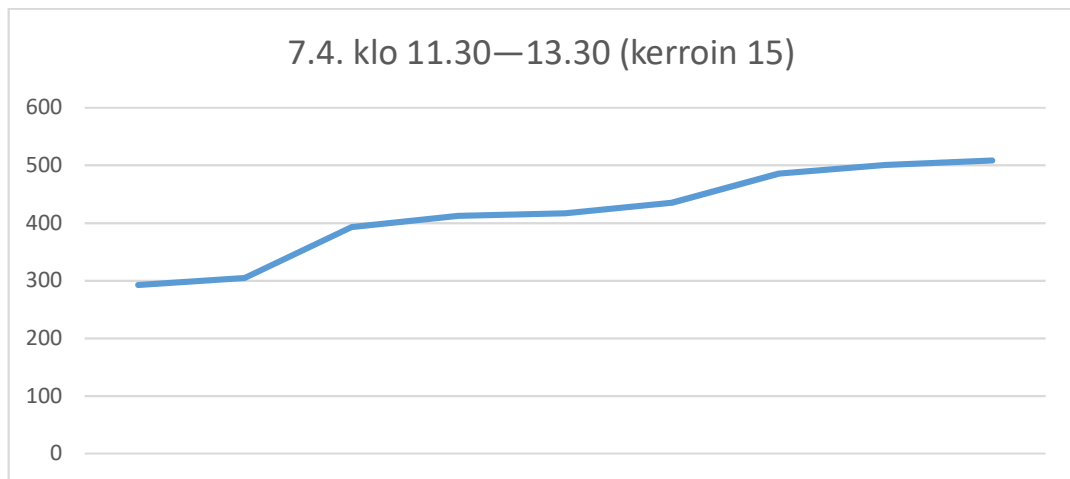
Kuvio 3. Lämpösäteilykuvaajien vertaus.

Mittauksien jälkeen bolometrillä laskemia säteilyarvoja verrattiin ohjelman laskemiin arvoihin useilta päiviltä. Vertailukohtaksi valittiin noin kolmen tunnin aikaikkuna, koska bolometrillä kulmaa ei käännelty auringon liikkeen mukaan. Ohjelman laskemat arvot näyttivät aina yläkanttiin. Tämä kertoi, että kerrointa täytyy pienentää. Uusia kertoimia laskettiin ohjelman kaavaan bolometrillä saadun säteilytulosten ja anturien lämpötilaerotuksen perusteella. Arvot otettiin aina samalta hetkeltä. Lasketut kertoimet asettuivat tällä kertaa 14 ja 18 väliin.

Ohjelman kertoimeksi vaihdettiin 15, koska silloin lasketut säteilyarvot saivat lähimmäksi bolometrillä saatuja arvoja. Kuviossa neljä on lämpösäteily 7.4. kello 11.30—13.30 laskettuna kertoimella 28,14. Kuviossa viisi on saman aikavälin lämpösäteily laskettuna kertoimella 15 ja kuviossa kuusi on bolometrillä mitattu lämpösäteily. Uudella kertoimella laskettujen tulosten suuruusluokka asettuu lähes samaan kuin bolometrilläkin.



Kuvio 4. Lämpösäteily laskettuna vanhalla kaavalla.



Kuvio 5. Lämpösäteily laskettuna uudella kaavalla.



Kuvio 6. Lämpösäteily bolometrillä.

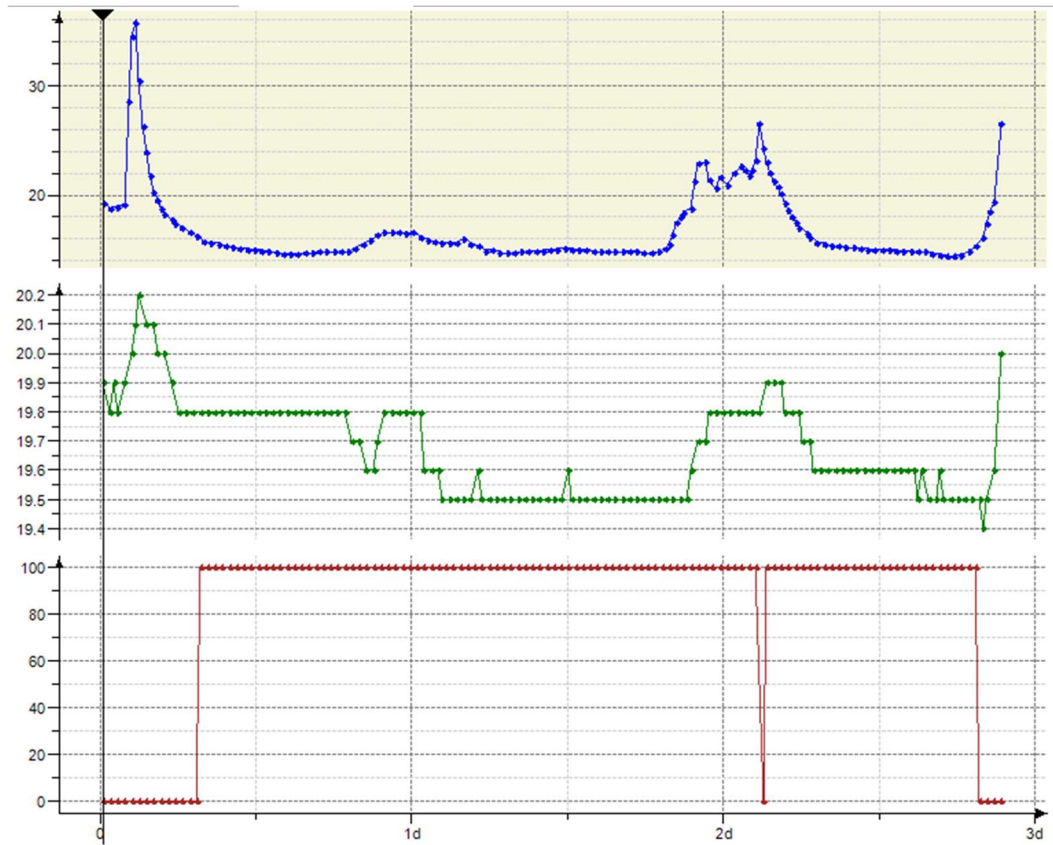
Uudella kertoimella saatuihin tuloksiin oltiin tyytyväisiä. Lämpösäteilyä ei pysty laskemaan kovinkaan tarkasti näiden lämpötilatietojen erotuksella, jotka ovat työssä käytössä. Tulevaisuudessa aurinkoanturin viereen kannattaa lisätä lämpötila-anturi, joka mittaa ympäröivän ilman lämpötilaa. Sen jälkeen aurinkoanturin ja järjestelmään lisätyn lämpötila-anturin erotuksesta näkee, kuinka paljon aurinko on todellisuudessa lämmittänyt aurinkoanturia myös silloin, kun verhot ovat alhaalla. Tämä muutos parantaa myös lämpösäteilyn laskennan tarkkuutta.

4.3.2 Data toiminnasta

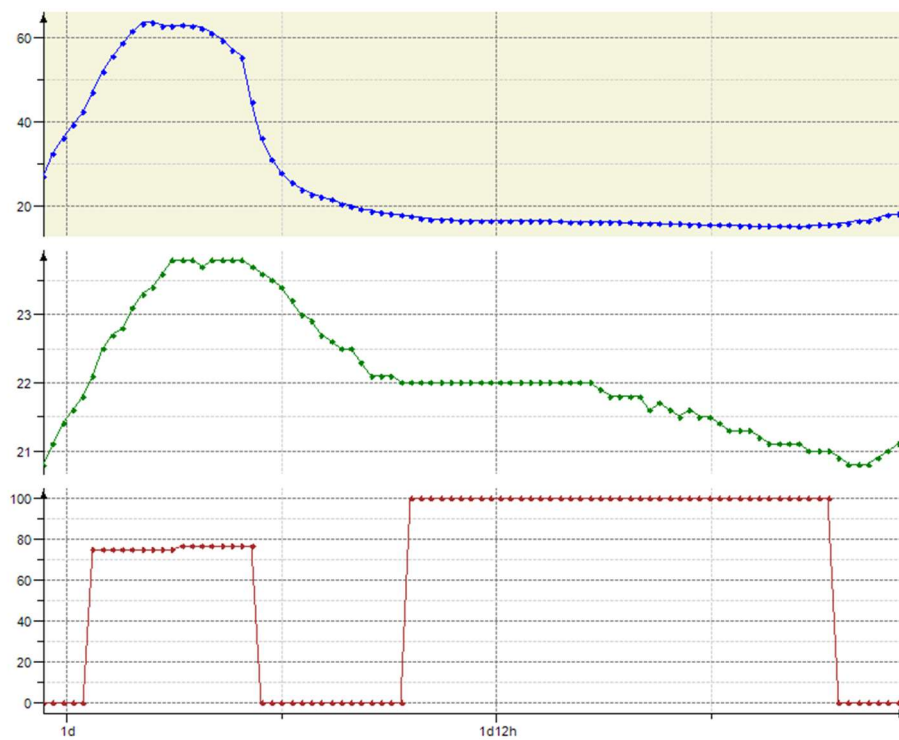
Aurinkosuojainjärjestelmä saatiin lopulliseen toimintakuntoon maaliskuussa 2019. Järjestelmän ollessa käytössä, anturien ja verhon peittoasteen arvoja tallennettiin logiikan trace-toiminnolla 16 minuutin ja 40 sekunnin välein. Tiedon keräämisellä varmistuttiin järjestelmän halutun laisesta toiminnasta ja näiden tietojen avulla voi myös säätää järjestelmän raja-arvoja tarkemmiksi. Kohdepäiviksi valittiin sääolosuhteiltaan erilaisia päiviä, jotta järjestelmän toiminnot näkyisivät eri tilanteissa.

Ensimmäinen tietopaketti tallennettiin alkaen perjantaista 22.3. kello 11.30:stä—maanantaihin 25.3. kello 9:ään (kuva 33). Tulevissa kuvissa siniset pisteet ovat aurinkoanturin lämpötiloja, vihreät pisteet ovat sisälämpötiloja ja punaiset pisteet ovat verhon peittoasteita prosenteissa. Tämä oli viikonloppu, joten verhot olivat pääosin kiinni, paitsi lyhyen hetken ajan, jolloin lämmityksen avustus oli nostanut ne ylös.

Toinen tietopaketti tallennettiin alkaen keskiviikosta 27.3. kello 9:stä—torstaihin 28.3. kello 9:ään (kuva 34). Tältä arkipäivältä tallentui häikäsyneston toiminta sen jälkeen, kun sisälämpötila oli noussut tavoitealueelle eli 22—24 °C:een. Kuvassa 33 näkyy myös, että verhot ovat laskeutuneet aavistuksen verran häikäsyneston 75 %:n peittoasteesta. Verhoja on luultavasti liikutettu käsiohjauksella. Tämän huomion jälkeen datapaketin tietoihin päätettiin lisätä myös se tieto, että mikä käsky ohjaa verhoja.



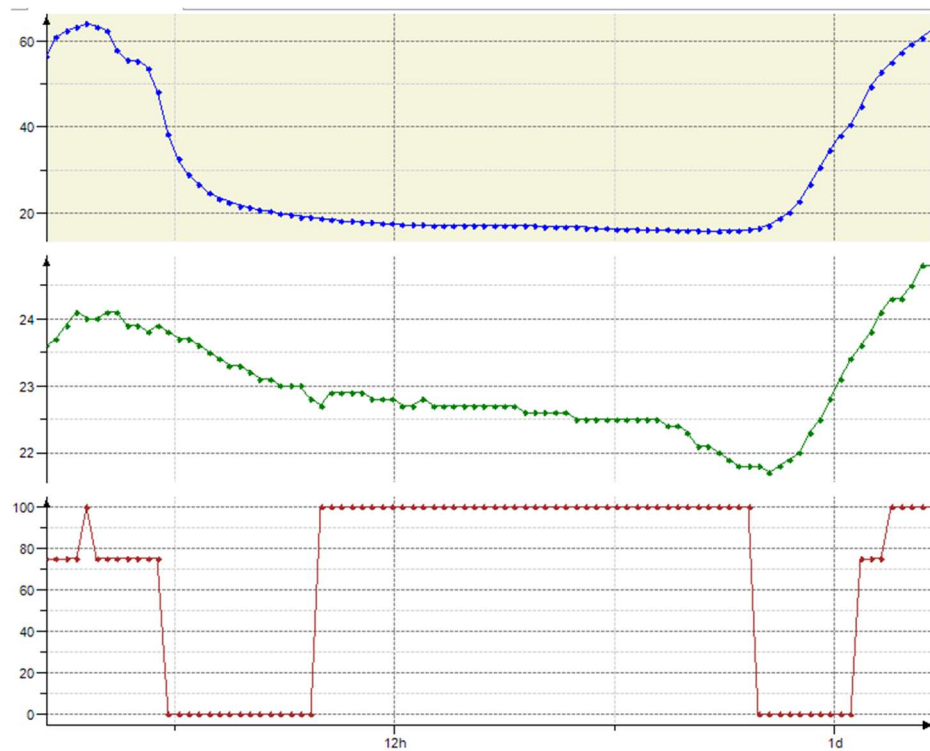
Kuva 33. Toimintadata (22.3.—25.3.)



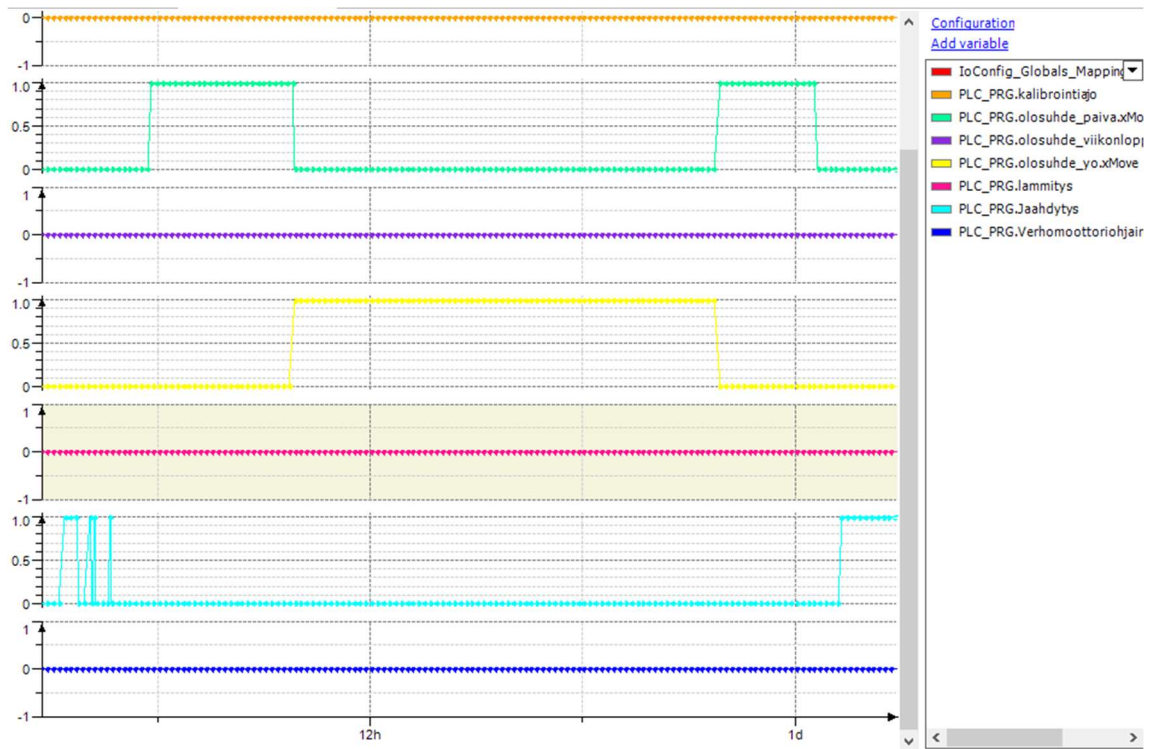
Kuva 34. Toimintadata (27.3.—28.3.)

Seuraavassa tietopaketissa, joka tallennettiin 1.4. kello 13:sta—2.4. kello 13:een on mukana myös ohjauskäskyt. Kuvassa 35 näkyy, että sisälämpötila on ylittänyt 24 °C:tta ja verhot ovat olleet yhden mittauspisteen ajan 100 %:n peittoasteessa päivällä. Sitä ennen verhot ovat olleet 75 %:n peittoasteessa.

Kuvan 36 ohjauskäskyistä näkyy, että verhojen täysin alhaalle menemisen aiheutti jäähdytyksen avustus ja 75 %:n peittoasteen aiheutti olosuhdeohjauksen häikäisynestotoiminto. Ohjauskäskyjen tiedot on tallennettu minuutin välein, joten mittauspisteitä on useampi verrattuna toimintadataan. Käskyjen värikoodit näkyvät kuvassa.

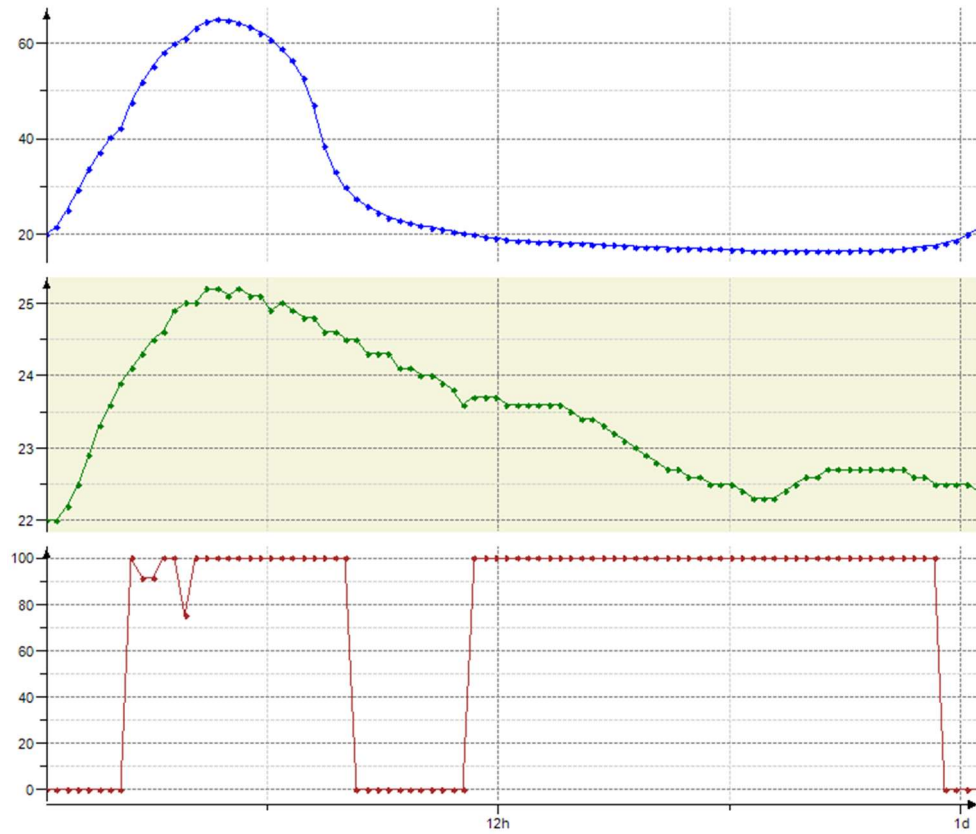


Kuva 35. Toimintadata (1.4.—2.4.)

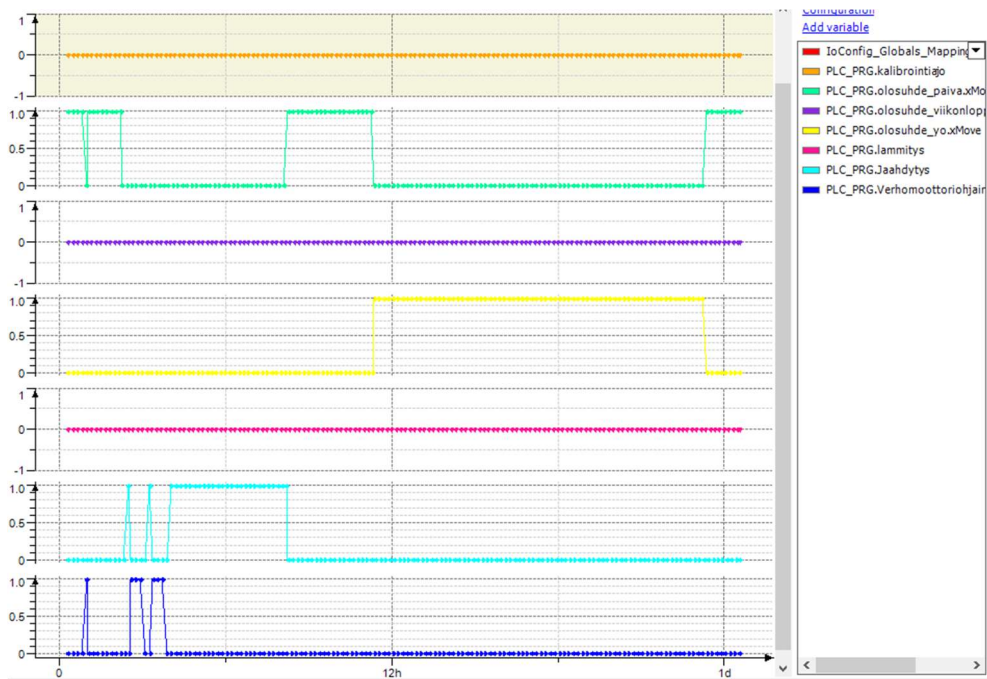


Kuva 36. Ohjaukset (1.4.—2.4.)

Kuvissa 37 ja 38 on toimintadata ja ohjaukset, kello 9:stä 3.4.— kello 9:ään 4.4. Sisälämpötila oli noussut ensimmäisen kerran yli 25 °C:een talven jälkeen. Verhojen peittoastetta oli muuteltu käsiohjauksella ja jäähdytyksen avustus oli ollut taas päällä.



Kuva 37. Toimintadata (3.4.—4.4.)



Kuva 38. Ohjaukäsäkyt (3.4.—4.4.)

Näiden tietopakettien perusteella järjestelmän todettiin toimivan tavoitteen mukaisesti. Aurinkosuojaimet reagoivat olosuhteisiin anturitietojen perusteella, eikä ohjaukaskäskyjen prioriteeteissakaan ollut ristiriitoja.

4.4 Työssä vastaan tulleet ongelmat

Testauksista käytettiin monta viikkoa aikaa, yrittäen saada verhomoottorin ohjausta toimimaan Somfyn IB4-väylärelle ohjauksen kautta. Se ei kuitenkaan soveltunut kovinkaan hyvin verho-ohjaukseen Wago-logiikan kanssa, johtuen IB4 sisäisistä ohjelmoinneista ja niiden yhteensopivuudesta Wago-logiikan sekä ohjelmiston kanssa. IB4 olisi toiminut ohjaimena hyvin yksinään, mutta me halusimme laajemman automaatio- ohjauksen, joten Wago-logiikka oli välttämätön.

Artic-kaihtimen lahjoittamassa verhomoottorissa ei ollut verhoputkea kiinnitettynä saadessamme sen ensimmäistä kertaa koulun laboratorioon. Tämän takia moottorin rajakytkimiä ei saatu toimimaan kuten oikeassa asennuksessa kuuluisi. Ongelma ratkesi, kun moottori vietiin hetkeksi takaisin Artic-kaihtimelle ja he asensivat siihen verhot. Tämä oli tarpeellinen toimenpide myös tulevaa opetuskäyttöä varten.

Ongelmia oli myös e!COCKPIT-ohjelman ja WAGO-logiikan USB-yhteydessä. USB-yhteydellä ohjelma valitti, ettei logiikan ja ohjelman firmware versiot olleet samat, vaikka ne olivat samat. Ongelma ohitettiin sillä, että yhteys logiikkaan otettiin ethernet kaapelin kautta USB:n sijasta.

Lisäksi valmiin työn ensimmäisissä testiajojen dataloggauksissa huomattiin pientä ongelmaa omatekoisen aurinkoanturin toiminnassa. Ongelma liittyi lähinnä aurinkoanturin hitaaseen jäähtymiseen. Anturin jäähtyminen vei pahimmillaan jopa useita tunteja auringon paisteen loppumisen jälkeen. Tämä voi vääristää lämmityksen ja jäähdytyksen avustus -toimintalohkojen haluttua toimintatapaa. Ongelma on korjattavissa vaihtamalla aurinkoanturin alumiinipalikka ohuempaan. Näin saadaan anturille lyhyempi lämpenemis- ja jäähtymisaika.

Aurinkoanturi lämpeni myös enemmän verhojen luoman ilmataskun takia, kun verhot olivat laskeutuneet sen asennuspaikan alapuolelle. Tämä ei vaikuttanut negatiivisesti ohjelman haluttuun toimintaan, koska lämpötiloista lasketut raja-arvot ylittyivät joka tapauksessa. Nettoenergian määrään tämä kuitenkin aiheuttaa virhettä.

4.5 Mitä olisi voinut tehdä paremmin

Asennusten jälkeen, pohdittiin, mitä työssä olisi voinut tehdä paremmin, mikäli käytössä olisi ollut enemmän rahoitusta ja resursseja ja kohde olisi ollut jokin luokkahuone, jossa on koneellinen jäähdytys.

Työssä olisi voitu käyttää aurinkoanturia, joka mittaa suoran- ja hajasäteilyn määrää lukseissa yhdessä sisäilman ja ulkoilman lämpötila-anturien kanssa. Lisäksi läsnäolotunnistinta olisi voitu hyödyntää tilanteen mukaan tehostamaan, joko lämmitystä tai jäähdytystä sen mukaan onko tilassa ihmisiä vai ei.

Esimerkiksi kesällä, jos tilassa on ihmisiä ja jäähdytystarvetta, jäähdytys toimisi yhdessä aurinkosuojien kanssa siten, että mahdollisimman vähällä koneellisen jäähdytyksen käytöllä pyrittäisiin pitämään tilan lämpötila maksimissaan 24 °C:ssa. Jos taas tilassa ei olisi ihmisiä, lähtisi jäähdytys päälle vasta kun lämpötila on 28 °C:ta. Näin saataisiin säästettyä energiaa samalla tehden tilan lämpötilasta viihtyisämpi, silloin kun tilassa olisi ihmisiä. Samantyyppinen toiminto myös, jos tilassa olisi lämmitystarvetta, kuten talvella. Lämmitys toimisi yhdessä aurinkosuojien kanssa siten, että mahdollisimman vähällä lämmitysenergian käytöllä ja ulkoa tulevan auringonlämmön hyödyntämisellä pyrittäisiin pitämään lämpötila vähintään 22 °C:ssa. Jos taas tilassa ei olisi ihmisiä, saisi sisälämpötila tippua 18 °C:een ennen kuin lämmitysjärjestelmä rupeaisi lämmittämään.

Olisi ollut mahdollista myös käyttää aurinkosuojia yhdessä valaistuksen kanssa. Pitämällä tilan valoisuus halutulla tasolla mahdollisimman vähäisellä sähkövalaistuksen käytöllä ja mahdollisimman suurella päivänvalon hyödyntämisellä ohjaten aurinkosuoja pelkkien valoisuusanturien mukaan.

Jossain määrin myös onnistuisi aurinkosuojien ohjaaminen sekä lämmityksen, että halutun valaistustason mukaan, mutta silloin joutuisi tekemään kompromisseja kumman mukaan haluaisi enemmän hyötyjä.

Vieläkin energiatehokkaamman työstä olisi saanut, jos screenkaihtimet olisi asennettu ikkunan ulkopuolelle. Näin olisi saatu estettyä tehokkaammin lämpösäteilyn pääsy sisätiloihin. Häikäisysojaukseen tämä ei olisi tuonut merkittävää parannusta. Ulkopuolelle asennettujen aurinkosuojien kanssa olisi käytetty tuulianturia suojamaan aurinkosuoja erittäin voimakkaalta tuulelta.

4.6 Jatkokäyttö

Laboratoriotestailuissa käytetty verhomoottori jäi talotekniikanlaboratorioon ja tulee olemaan käytössä aurinkosuojien ohjaukseen liittyvissä talotekniikan automaatiolaboratorioharjoituksissa. Myös D-siivekkeeseen asennettu valmis aurinkosuojajärjestelmä tulee olemaan tarvittaessa käytettävissä koulun automaatioharjoituksissa ja palautettavissa alkuperäiseen toimintaohjelmaansa aina harjoitusten jälkeen. Ohjelman käyttöliittymästä opiskelijat voivat seurata antureilta tulevaa auringon lämpösäteilytietoa mistä tahansa luokasta. Tätä voidaan hyödyntää harjoituksissa.

5 Pohdinta

Opinnäytetyö käsittelee aihetta, joka tulee olemaan tulevaisuudessa mukana enemmän energiatehokkaassa rakentamisessa, koska aurinkosuojauksen hyötyjä ei ymmärretä riittävästi tai niitä ei ainakaan hyödynnetä tarpeeksi Suomessa. Muissa pohjoismaissa ja varsinkin muualla Euroopassa aurinkosuojauksen suunnittelua pidetään tärkeänä osana rakentamista. Suomessa ilmasto-olosuhteet voivat vaikuttaa siihen ajatteluun, että aurinkosuojaus on vain menoerä. Myös aurinkosuojaukseen liittyvää opetuksen määrää laiminlyödään tällä hetkellä talotekniikan opetuksessa. Oikein toteutetulla, tehokkaalla aurinkosuojauksella on mahdollista ympäristön

säästämisen lisäksi saada selkeää rahallista hyötyä, kun se toteutetaan osana talotekniikan kokonaisuutta.

Aurinkosuojaus-automaatio kannattaa suunnitella osaksi muuta talotekniikkaa, jolloin se voi käyttää muiden järjestelmien tietoja esimerkiksi lämmitystarpeen selvittämiseksi. Taloteknisten järjestelmien toimiessa yhdessä saadaan energiatehokkain lopputulos. Lämmityskaudella auringosta on mahdollista saada ilmaista lämpöenergiaa, jonka avulla säästetään lämmityskustannuksissa. Hyvin suunnitellun aurinkosuojauksen ansiosta ei koneelliselle jäädytykselle ole välttämättä edes tarvetta. Aurinkosuojauksen parantamaa lämpöviihtyvyyttä ja häikäisyntoa ei myöskään kannata sivuuttaa ainakaan toimistoissa, vaikka ne eivät suoraan vaikuttaisi kuluihin. Näyttöpäätetyöskentelyssä näiden kahden asian parantuminen voi näkyä suoraan tuottavuuden parantumisena.

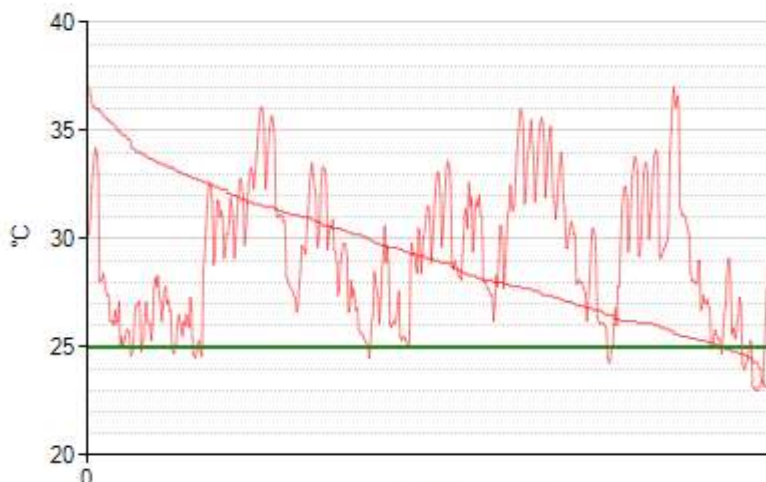
Yhteistyö Artic-kaihtimen kanssa sujui todella hyvin, ja he sanoivatkin olevansa mielellään mukana jatkossakin projekteissa, joissa voisi olla tarvetta heidän osaamisellensa. Opinnäytetyössä päästiin asetettuun tavoitteeseen, tavoite aikataulussa. Automaatio-ohjelman suunnittelu ja toteutus oli mielenkiintoinen osa tätä työtä. Lopulliseen ohjelmaan kertyikin kattava määrä toimintoja erilaisia olosuhteita ja vuorokaudenaikoja varten, työtä voisi soveltaa ja hyödyntää lähes jokaisessa ikkunallisessa rakennuksessa.

Lähteet

- Artic-kaihdin Oy. 2017. RT 38859.
https://www.articstore.fi/wp-content/uploads/2014/03/rt-kortti_artic_ulkopuoliset-aurinkosuojat.pdf. 10.2.2019.
- Artic-kaihdin Oy. 2017. RT 38926.
https://www.articstore.fi/wp-content/uploads/2014/03/rt-kortti_artic_sispuoliset-aurinkosuojat.pdf. 10.2.2019.
- Artic-kaihdin Oy. 2019. Sisäpuoliset aurinkosuojat.
https://www.articstore.fi/wp-content/uploads/2014/03/artic_sispuoliset-aurinkosuojat_web.pdf. 22.2.2019.
- Beck, V., Dolmans, D., Dutoo, G. & Seppänen, O. 2011. Aurinkosuojaus. Aurinkosuojauksen suunnittelu kestävän kehityksen mukaisiin rakennuksiin. Helsinki: Suomen LVI-liitto.
- FSF & GNU. Various Licenses and Comments about Them.
<http://www.gnu.org/licenses/license-list.html#X11License>. 16.3.2019.
- MagiCAD Group Oy. 2019. MagiCAD Comfort & Energy, ominaisuudet autocadille. https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-comfort-energy/#ominaisuudet-autocadille. 22.2.2019.
- Petteri, P. 2019. Haastattelu opparin raporttia varten. jarno.ahtonen@artickaihdin.fi. 8.3.2019.
- Rakennustietosäätiö. 2018. RT 07-10912.
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-10912>. 22.10.2018
- Rakennustietosäätiö. 2018. RT 07-11300.
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11300>. 22.10.2018.
- SKSGroup. 2019. Ohjelmistot. https://www.sks.fi/www/_koulutus-opetus-laitteistot&id=Ohjelmistot. 10.2.2019
- Somfy. 2019. Wiring Diagrams.
<http://www.jsdesign.com.sg/uploads/Somfy%20Wiring%20Diagram%20&%20Contact%20Details.pdf>. 1.3.2019
- Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>. 20.12.2017.
- Ympäristöministeriö. 2011. Tekninen liite muistioon: Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BE394582A-37E0-4E21-A2C4-F22EFE93C696%7D/31281>. 28.3.2011.
- Ympäristöministeriö. 2012. D3 laskentaopas.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B7B8D0893-4715-4FD1-B685-D2B71D6A6559%7D/31274> 14.9.2012.
- Wago Group. 2019. Automaatiotekniikka.
<https://www.wago.com/fi/automaatiotekniikka>. 10.2.2019.
- Wago Group. 2019. Online Help. e!COCKPIT ohjelmisto. 24.3.2019.

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 1

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu

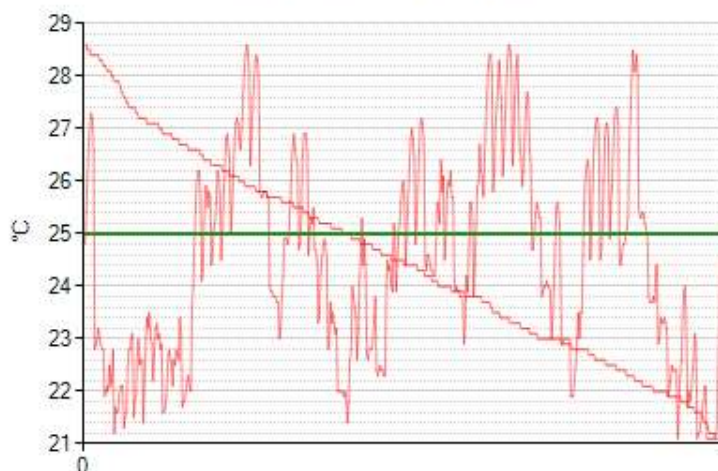


Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
2 269,6 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 487.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometrisen pinta-ala:	3 217,1 m ²				
		Geometrisen tilavuus:	9 007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	Etuku MWh	Etuku kWh/m ²
Ostoenergia:							87
•	Lämmitysenergia:	204,0	63,4	22,6	44,9	102,0	31,7
•	Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:	147,9	46,0	16,4	33,0	177,5	55,2
•	Lämmityssähkö:	0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytys sähkö:	7,4	2,3	0,8			
•	LVI, muu sähkö:	51,8	16,1	5,8			
•	Valaistussähkö:	56,4	17,5	6,3			
•	Latesähkö:	32,2	10,0	3,6			
	Uusiutuva omavaraisenergia:	0,0	0,0	0,0			
	Ilmaisenergia, muu:						
	Ilmaisenergioiden ylijäämät:						
Lämmitysenergian tarve:		204,0	63,4	22,6			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	47,1	14,7	5,2			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalatteet:	82,0	25,5	9,1			
	• Häviöenergia:	9,1	2,8	1,0			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:		18,5	5,7	2,0			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalatteet:	0,0	0,0	0,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:		51,8	16,1	5,8			
✓	• Simuloitu, puhaltimet:	50,4	15,7	5,6			
✓	• Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 2

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu

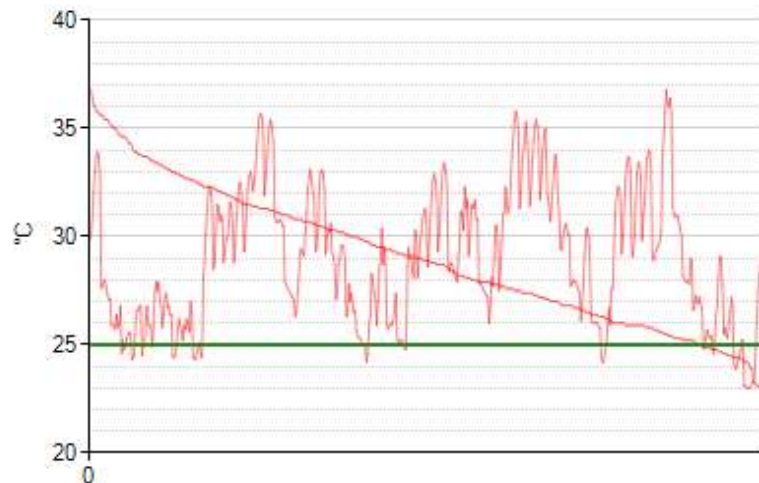


Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
314,2 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 212.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuusiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3 217,1 m ²		1000kg CO ₂	E-luku	E-luku
		Geometriamallin tilavuus:	9 007,7 m ³			MWh	kWh/m ²
			MWh	kWh/m ²	kWh/m ³		
			0,0				88
Ostoenergia:							
•	Lämmitysenergia:		207,8	64,6	23,1	45,7	103,9
•	Jäähdytysenergia:		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:		147,9	46,0	16,4	33,0	177,5
•	Lämmitys sähkö:		0,0	0,0	0,0		
•	Jäähdytys sähkö:		7,4	2,3	0,8		
•	LVI, muu sähkö:		51,8	16,1	5,8		
•	Valaistus sähkö:		56,4	17,5	6,3		
•	Laitesähkö:		32,2	10,0	3,6		
	Uusiutuva omavaraisenergia:		0,0	0,0	0,0		
	Ilmaisenergia, muu:						
	Ilmaisenergioiden ylijäämät:						
Lämmitysenergian tarve:							
✓	• Simuloitu, IV-kone:		47,5	14,8	5,3		
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0		
✓	• Simuloitu, tilalattiat:		85,0	26,4	9,4		
	• Häviöenergia:		9,4	2,9	1,0		
✓	• Lämmin käyttövesi:		35,4	11,0	3,9		
	• Häviöenergia:		30,4	9,4	3,4		
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0		
Jäähdytysenergian tarve:							
✓	• Simuloitu, IV-kone:		18,5	5,7	2,0		
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0		
✓	• Simuloitu, tilalattiat:		0,0	0,0	0,0		
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0		
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0		
LVI, muu sähkön tarve:							
✓	• Simuloitu, puhaltimet:		50,4	15,7	5,6		
✓	• Muu:		1,4	0,4	0,2		
Valaistussähkön tarve:							
✓	• Tilat:		56,4	17,5	6,3		
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0		
Laitesähkön tarve:							
✓	• Tilat:		32,2	10,0	3,6		
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0		

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 3

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu

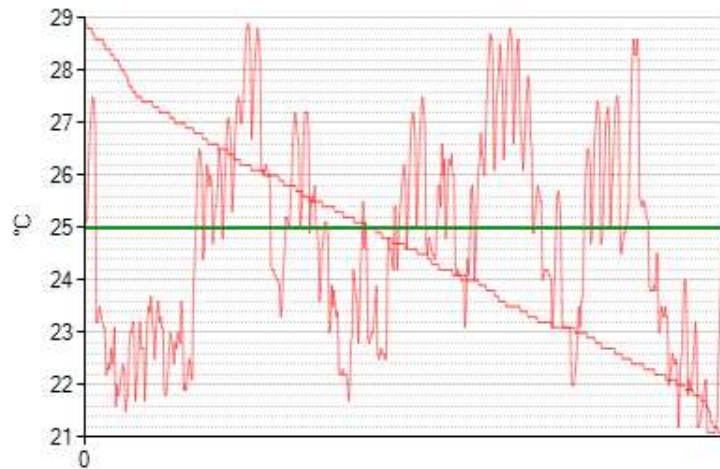


Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
2 161,6 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 476.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3 217,1 m ²					
		Geometriamallin tilavuus:	9 007,7 m ³					
			MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
			∞					87
Ostoenergia:								
•	Lämmitysenergia:		204,0	63,4	22,7	44,9	102,0	31,7
•	Jäähdytysenergia:		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:		147,9	46,0	16,4	33,0	177,5	55,2
•	Lämmitys sähkö:		0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytys sähkö:		7,4	2,3	0,8			
•	LVI, muu sähkö:		51,8	16,1	5,8			
•	Valaistus sähkö:		56,4	17,5	6,3			
•	Laitesähkö:		32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:			0,0	0,0	0,0			
Ilmaisenergia, muu:								
Ilmaisenergioiden ylijäämät:								
Lämmitysenergian tarve:			204,0	63,4	22,7			
✓	• Simulointi, IV-kone:		47,2	14,7	5,2			
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0			
✓	• Simulointi, tilalaitteet:		82,0	25,5	9,1			
	• Häviöenergia:		9,1	2,8	1,0			
✓	• Lämmin käyttövesi:		35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:		30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:			18,5	5,7	2,0			
✓	• Simulointi, IV-kone:		18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0			
✓	• Simulointi, tilalaitteet:		0,0	0,0	0,0			
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0			
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:			51,8	16,1	5,8			
✓	• Simulointi, puhaltimet:		50,4	15,7	5,6			
✓	• Muu:		1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:			56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:			32,2	10,0	3,6			
✓	• Tilat:		32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 4

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu

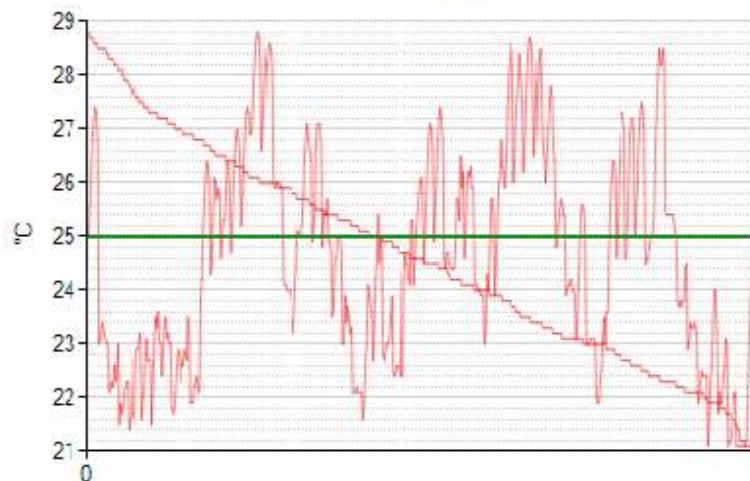


Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyy:
367,1 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 230.

	MWh	kWh/m²	kWh/m³	1000kg CO₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m²
Ostoenergia:						88
• Lämmitysenergia:	207,7	64,6	23,1	45,7	103,8	32,3
• Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
• Sähköenergia:	147,9	46,0	16,4	33,0	177,5	55,2
• Lämmityssähkö:	0,0	0,0	0,0			
• Jäähdytys sähkö:	7,4	2,3	0,8			
• LVI, muu sähkö:	51,8	16,1	5,8			
• Valaistussähkö:	56,4	17,5	6,3			
• Laitesähkö:	32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:	0,0	0,0	0,0			
Ilmaisenergia, muu:						
Ilmaisenergioiden ylijäämät:						
Lämmitysenergian tarve:	207,7	64,6	23,1			
✓ • Simuloitu, IV-kone:	47,5	14,8	5,3			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Simuloitu, tilalatteet:	85,0	26,4	9,4			
• Häviöenergia:	9,4	2,9	1,0			
✓ • Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓ • Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:	18,5	5,7	2,0			
✓ • Simuloitu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Simuloitu, tilalatteet:	0,0	0,0	0,0			
• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓ • Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:	51,8	16,1	5,8			
✓ • Simuloitu, puhaltimet:	50,4	15,7	5,6			
✓ • Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:	56,4	17,5	6,3			
✓ • Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓ • Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:	32,2	10,0	3,6			
✓ • Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓ • Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 5

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu



Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötila +25,0 °C ylitetty:
344,7 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 221.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3217,1 m ²				
		Geometriamallin tilavuus:	9007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
Ostoenergia:							88
•	Lämmitysenergia:	204,9	63,7	22,7	45,1	102,5	31,8
•	Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:	147,9	46,0	16,4	33,0	177,5	55,2
•	Lämmitys sähkö:	0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytys sähkö:	7,4	2,3	0,8			
•	LVI, muu sähkö:	51,8	16,1	5,8			
•	Valaistus sähkö:	56,4	17,5	6,3			
•	Laitesähkö:	32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:		0,0	0,0	0,0			
Ilmaisenergia, muu:							
Ilmaisenergioiden ylijäämät:							
Lämmitysenergian tarve:		204,9	63,7	22,7			
✓	• Simulotu, IV-kone:	47,2	14,7	5,2			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simulotu, tilalaitteet:	82,8	25,7	9,2			
	• Häviöenergia:	9,2	2,9	1,0			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:		18,5	5,7	2,0			
✓	• Simulotu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simulotu, tilalaitteet:	0,0	0,0	0,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:		51,8	16,1	5,8			
✓	• Simulotu, puhaltimet:	50,4	15,7	5,6			
✓	• Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:		32,2	10,0	3,6			
✓	• Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 6

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu

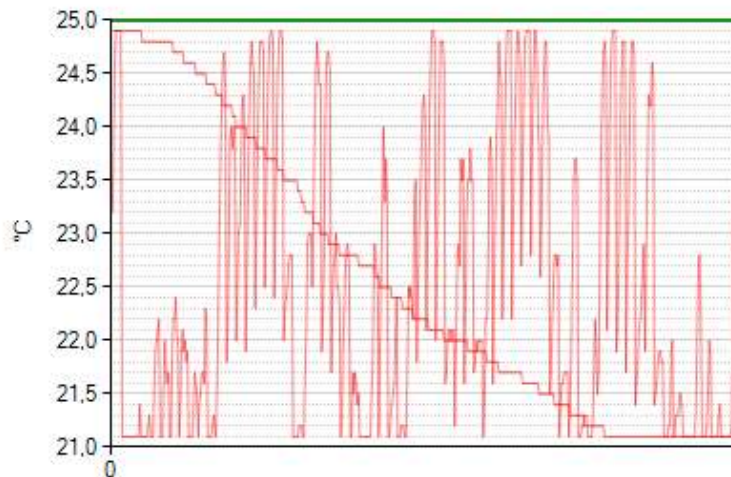


Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
2,6 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 7.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometrialan pinta-ala:	3 217,1 m ²		1000kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
		Geometrialan tilavuus:	9 007,7 m ³				
			MWh	kWh/m ²	kWh/m ³		
			0,0				97
Ostoenergia:							
• Lämmitysenergia:			231,5	72,0	25,7	50,9	115,8
• Jäähdytysenergia:			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
• Sähköenergia:			162,1	50,4	18,0	36,1	194,5
• Lämmitys sähkö:			0,0	0,0	0,0		
• Jäähdytys sähkö:			8,4	2,6	0,9		
• LVI, muu sähkö:			65,0	20,2	7,2		
• Valaistus sähkö:			56,4	17,5	6,3		
• Laitesähkö:			32,2	10,0	3,6		
Usiutuva omavaraisenergia:			0,0	0,0	0,0		
Ilmaisenergia, muu:							
Ilmaisenergioiden ylijäämät:							
Lämmitysenergian tarve:			231,5	72,0	25,7		
✓	• Simuloitu, IV-kone:		47,4	14,7	5,3		
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0		
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:		106,5	33,1	11,8		
	• Häviöenergia:		11,8	3,7	1,3		
✓	• Lämmin käyttövesi:		35,4	11,0	3,9		
	• Häviöenergia:		30,4	9,4	3,4		
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0		
Jäähdytysenergian tarve:			20,9	6,5	2,3		
✓	• Simuloitu, IV-kone:		18,5	5,7	2,0		
	• Häviöenergia:		0,0	0,0	0,0		
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:		2,2	0,7	0,2		
	• Häviöenergia:		0,2	0,1	0,0		
✓	• Muu:		0,0	0,0	0,0		
LVI, muu sähkön tarve:			65,0	20,2	7,2		
✓	• Simuloitu, puhaltimet:		63,6	19,8	7,1		
✓	• Muu:		1,4	0,4	0,2		
Valaistussähkön tarve:			56,4	17,5	6,3		
✓	• Tilat:		56,4	17,5	6,3		
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0		
Laitesähkön tarve:			32,2	10,0	3,6		
✓	• Tilat:		32,2	10,0	3,6		
✓	• Rakennus:		0,0	0,0	0,0		

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 7

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu



Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
0,0 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 0.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3 217,1 m ²				
		Geometriamallin tilavuus:	9 007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
		0,0					95
Ostoenergia:							
•	Lämmitysenergia:	227,9	70,8	25,3	50,1	113,9	35,4
•	Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:	157,5	48,9	17,5	35,1	188,9	58,7
•	Lämmityssähkö:	0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytys sähkö:	7,4	2,3	0,8			
•	LVI, muu sähkö:	61,4	19,1	6,8			
•	Valaistussähkö:	56,4	17,5	6,3			
•	Laitesähkö:	32,2	10,0	3,6			
	Uusiutuva omavaraisenergia:	0,0	0,0	0,0			
	Ilmaisenergia, muu:						
	Ilmaisenergioiden ylijäämät:						
Lämmitysenergian tarve:							
✓	• Simuloitu, IV-kone:	47,6	14,8	5,3			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:	103,1	32,0	11,4			
	• Häviöenergia:	11,5	3,6	1,3			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:							
✓	• Simuloitu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:	0,1	0,0	0,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:							
✓	• Simuloitu, puhaltimet:	59,9	18,6	6,7			
✓	• Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:							
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:							
✓	• Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 8

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu



Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyy:
1,5 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 6.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuusbedot:		Geometrialain pinta-ala:	3 217,1 m ²				
		Geometrialain tilavuus:	9 007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	E-luku MWh	E-luku kWh/m ²
							97
Ostoenergia:							
•	Lämmitysenergia:	231,1	71,8	25,7	50,9	115,6	35,9
•	Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:	161,8	50,3	18,0	36,1	194,2	60,4
•	Lämmitys sähkö:	0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytys sähkö:	8,3	2,6	0,9			
•	LVI, muu sähkö:	64,8	20,2	7,2			
•	Valaistus sähkö:	56,4	17,5	6,3			
•	Laitesähkö:	32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:		0,0	0,0	0,0			
Ilmaisenergia, muu:							
Ilmaisenergioiden ylijäämät:							
Lämmitysenergian tarve:		231,1	71,8	25,7			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	47,4	14,7	5,3			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalatteet:	106,2	33,0	11,8			
	• Häviöenergia:	11,8	3,7	1,3			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:		20,8	6,5	2,3			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalatteet:	2,1	0,7	0,2			
	• Häviöenergia:	0,2	0,1	0,0			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:		64,8	20,2	7,2			
✓	• Simuloitu, puhaltimet:	63,4	19,7	7,0			
✓	• Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:		32,2	10,0	3,6			
✓	• Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 9

Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu



Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyi:
0,0 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 0.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3 217,1 m ²				
		Geometriamallin tilavuus:	9 007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000kg CO ₂	Etuku MWh	Etuku kWh/m ²
		0,0					95
Ostoenergia:							
•	Lämmitysenergia:	228,2	70,9	25,3	50,2	114,1	35,5
•	Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
•	Sähköenergia:	157,7	49,0	17,5	35,2	189,3	58,8
•	Lämmityssähkö:	0,0	0,0	0,0			
•	Jäähdytysenergia:	7,4	2,3	0,8			
•	LVI, muu sähkö:	61,6	19,2	6,8			
•	Valaistussähkö:	56,4	17,5	6,3			
•	Laitesähkö:	32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:		0,0	0,0	0,0			
Ilmaenergia, muu:		...					
Ilmaenergioiden ylijäämät:		...					
Lämmitysenergian tarve:		228,2	70,9	25,3			
✓	• Simulotu, IV-kone:	47,6	14,8	5,3			
	• Häviöenergia:	...	0,0	0,0			
✓	• Simulotu, tilalatteet:	103,4	32,1	11,5			
	• Häviöenergia:	...	11,5	3,6			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	...	30,4	9,4			
✓	• Muu:	...	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:		18,6	5,8	2,1			
✓	• Simulotu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	...	0,0	0,0			
✓	• Simulotu, tilalatteet:	0,1	0,0	0,0			
	• Häviöenergia:	...	0,0	0,0			
✓	• Muu:	...	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:		61,6	19,2	6,8			
✓	• Simulotu, puhaltimet:	60,2	18,7	6,7			
✓	• Muu:	...	1,4	0,4			
Valaistussähkön tarve:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	...	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:		32,2	10,0	3,6			
✓	• Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:	...	0,0	0,0			

Sisälämpötilan pysyvyys ja energiankulutukset tapauksessa 10

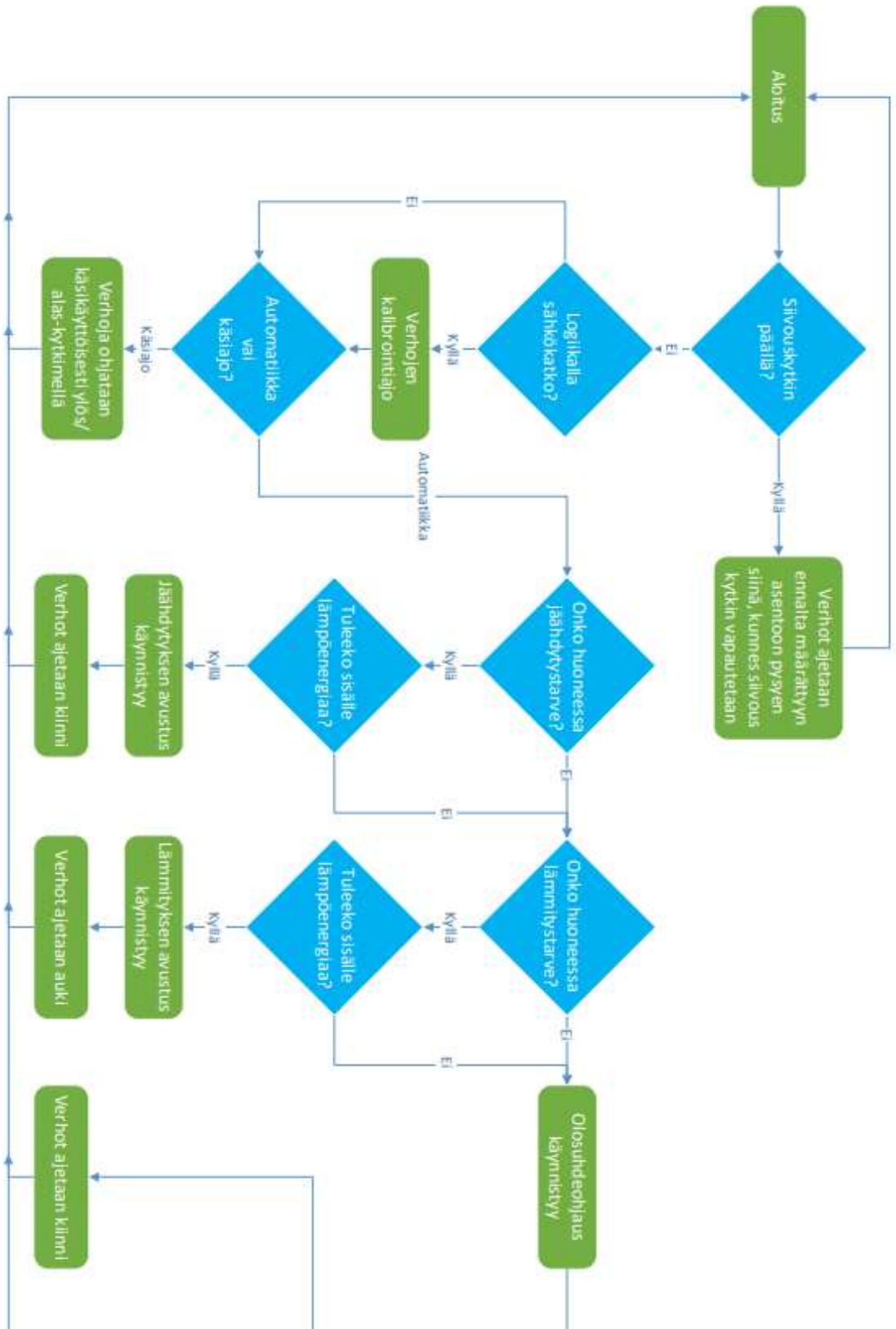
Sisälämpötilan pysyvyys ja vaihtelu



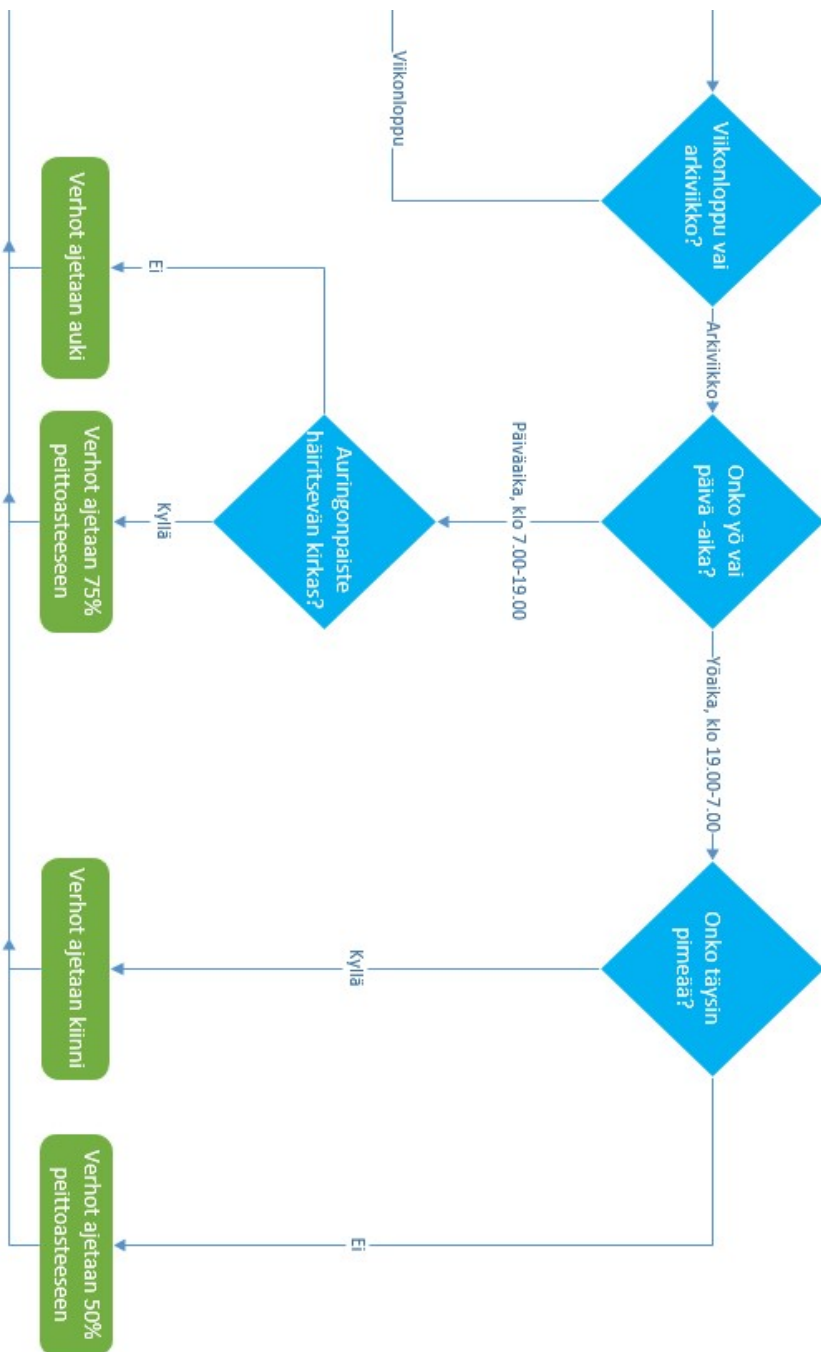
Opetusrakennukset ja päiväkodit
Kesäk.-elok. | ma-pe | 08-16 (528 h)
Lämpötilaraja 25,0 °C ylittyä:
0,0 astetunnilla. Tuntien lukumäärä: 0.

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:		Geometriamallin pinta-ala:	3 217,1 m ²				
		Geometriamallin tilavuus:	9 007,7 m ³				
		MWh	kWh/m ²	kWh/m ²	1000kg CO ₂	Etuku MWh	Etuku kWh/m ²
Ostoenergia:							94
• Lämmitysenergia:		225,5	70,1	25,0	49,6	112,7	35,0
• Jäähdytysenergia:		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
• Sähköenergia:		158,0	49,1	17,5	35,2	189,6	58,9
• Lämmityssähkö:		0,0	0,0	0,0			
• Jäähdytys­sähkö:		7,8	2,4	0,9			
• LVI, muu sähkö:		61,6	19,1	6,8			
• Valaistussähkö:		56,4	17,5	6,3			
• Laitesähkö:		32,2	10,0	3,6			
Uusiutuva omavaraisenergia:		0,0	0,0	0,0			
Ilmaisenergia, muu:							
Ilmaisenergioiden ylijäämät:							
Lämmitysenergian tarve:		225,5	70,1	25,0			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	47,4	14,7	5,3			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:	101,1	31,4	11,2			
	• Häviöenergia:	11,2	3,5	1,2			
✓	• Lämmin käyttövesi:	35,4	11,0	3,9			
	• Häviöenergia:	30,4	9,4	3,4			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
Jäähdytysenergian tarve:		19,5	6,1	2,2			
✓	• Simuloitu, IV-kone:	18,5	5,7	2,0			
	• Häviöenergia:	0,0	0,0	0,0			
✓	• Simuloitu, tilalaitteet:	1,0	0,3	0,1			
	• Häviöenergia:	0,1	0,0	0,0			
✓	• Muu:	0,0	0,0	0,0			
LVI, muu sähkön tarve:		61,6	19,1	6,8			
✓	• Simuloitu, puhallimet:	60,1	18,7	6,7			
✓	• Muu:	1,4	0,4	0,2			
Valaistussähkön tarve:		56,4	17,5	6,3			
✓	• Tilat:	56,4	17,5	6,3			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			
Laitesähkön tarve:		32,2	10,0	3,6			
✓	• Tilat:	32,2	10,0	3,6			
✓	• Rakennus:	0,0	0,0	0,0			

Toimintakaavio



Toimintakaavio



1 POU:PLC_PRG

1 POU: PLC_PRG

```
1 PROGRAM PLC_PRG
2
3 (*copyright (c) 2019, Petteri Parkkinen & Tomi Tarranen
4
5 permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining
6 a copy of this software and associated documentation files (the
7 "software"), to deal in the Software without restriction, including
8 without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish,
9 distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to
10 permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to
11 the following conditions:
12
13 The above copyright notice and this permission notice shall be included
14 in all copies or substantial portions of the Software.
15
16 THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND,
17 EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF
18 MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT.
19 IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY
20 CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT,
21 TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE
22 SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE. *)
23
24 VAR
25     VerhomoottoriOhjain : WagoAppBuilding . epsunshadedactor ;
26     automaatioOhjain : typSunshade ;
27     verhon_palkka : typSunshadePosition ;
28     visuylos : BOOL ;
29     visualas : BOOL ;
```

Verhomoottorin ohjausohjelma

Virallinen ohjelma.ecp

4/11/2019 5:06 PM

1 POU: PLC_PRG

```

29   asetukset_moottori : typConfigSunshade := (tTotalRunningTimeUp := TIME#45S0MS , tTotalRunningTimeDown := TIME#45S0MS ,
    (ReverseIdleTime := TIME#70S0MS , tMechanichReverseTime := TIME#1MS , tTotalRunningTimeMella := TIME#0S1MS ,
    tShortPushButton := TIME#60S0MS , tTimeBananaOverfide := TIME#30MS0S0MS ) );
30
31   kallibrointilajo : BOOL := TRUE;
32   viivakalibrcint1 : BOOL;
33   painan_nollaus : rs := { Q1 := TRUE };
34   nollausaika : Standard , TON;
35   aika : TIME;
36
37   jaahdytyksen_avustus : wagoAppBuilding . fbsunshadeCoolingSupport;
38   jaahdytyks : BOOL;
39   autojaahdytyks : typSunshade;
40   asetukset_jaahdytyks : typConfigCoolingSupport := ( tTimeYstererestIllumination := TIME#10MS0MS , tDelayRestartCooling
    := TIME#5MS0S0MS , tIlluminationLimit := 75 );
41
42   lammityksen_avustus : wagoAppBuilding . fbsunshadeHeatingSupport;
43   lammityks : BOOL;
44   autoLammityks : typSunshade;
45   asetukset_lammityks : typConfigHeatingSupport := ( tTimeYstererestIllumination := TIME#10MS0S0MS , tDelayRestartHeating
    := TIME#5MS0S0MS , tIlluminationLimit := 75 );
46
47   viihtyvyyks_olosuhteet_paiwa : wagoAppBuilding . fbsunshadeAutomaticTWiilightControl;
48   asetukset_olosuhde_paiwa : typConfigAutomaticTWiilightControl := ( tTWiilightLimit := 266 , tSunriseLimit := 267 ,
    tTimeYstererestis := TW5MS , tTWiilightPositionBlind := 0 , tSunrisePositionBlind := 75 );
49   olosuhde_paiwa : typSunshade;
50   viikkokalitaulu_paiwa : fbscheduleWeekly;
51   viikkousetus_paiwa : typSingleScheduleWeekly := { xActivate := TRUE , todOnTime := rom#07:00:00 , todOffTime :=
    TOD#19:00:00 , xMonday := TRUE , xTuesday := TRUE , xWednesday := TRUE , xThursday := TRUE , xFriday := TRUE };
52
53   viihtyvyyks_olosuhteet_yo : wagoAppBuilding . fbsunshadeAutomaticTWiilightControl;
54

```

1 POU: PLC_PRG

```

55   asetuksen_olosuhde_yo : typConfigAutomatletTwilightControl := { #TwilightLimit := 150, #SunriseLimit := 151,
timeHysteresis := #5MIN, #TwilightPositionLimit := 100, #SunrisePositionLimit := 50 };
56   olosuhde_yo : typSunshade ;
57   vilkkoakataulu_yo : #psScheduleWeekly ;
58   vilkkosetus_yo : typSingleScheduleWeekly := { #activate := TRUE, #todayTime := #00#19:00:00, #todayOffTime := #00#7:00:00,
#konday := TRUE, #tuesday := TRUE, #wednesday := TRUE, #thursday := TRUE, #friday := TRUE } ;
59   olosuhde_vilkonloppu : typSunshade ;
60   vilkonloppu_kaynnissa : BOOL ;
61
62   automaattimerkkivalo : BOOL ;
63
64   T_C_aurinko : REAL ;
65   T_C_sisa : REAL ;
66
67   olosuhdemerkkivalo : BOOL ;
68
69   kellonaika : DATE_AND_TIME ;
70
71
72
73
74   TP_pitka_ylos : Standard ; TP ;
75   TP_lyhyt_ylos : Standard ; TP ;
76   viisunylsennappi : BOOL ;
77
78   TP_pitka_alas : Standard ; TP ;
79   TP_lyhyt_alas : lp ;
80   viisunalaennappi : BOOL ;
81   W_aurinkoenergia : REAL ;
82   END_VAR ;
83

```

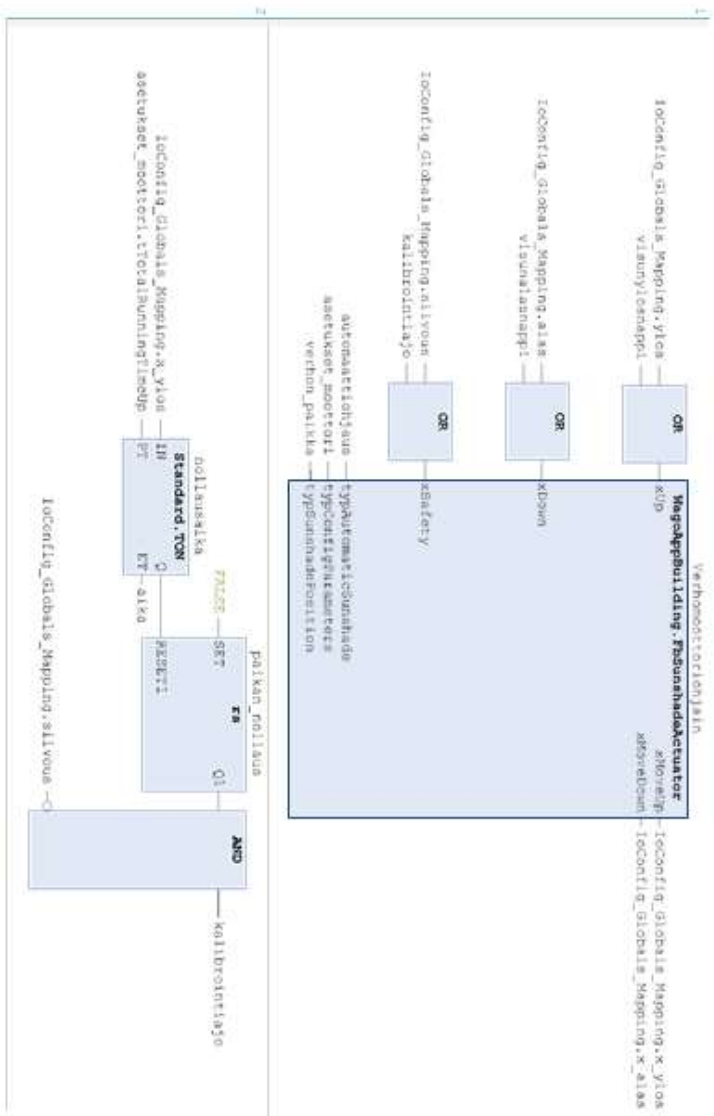
Verhomoottorin ohjausohjelma

Virtallinen ohjelma.ecp

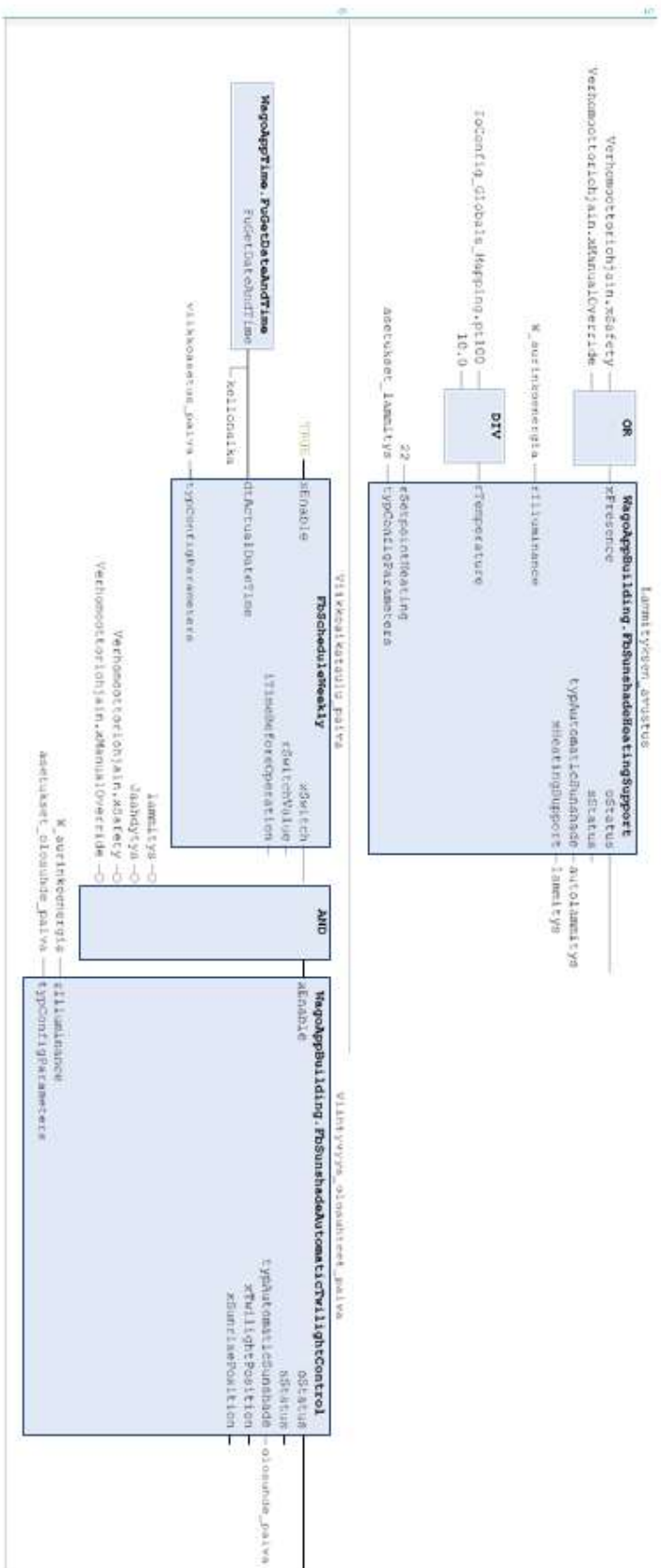
4/11/2019 5:06 PM

Verhomoottorin ohjausohjelma

1 POU: PLC_PRG



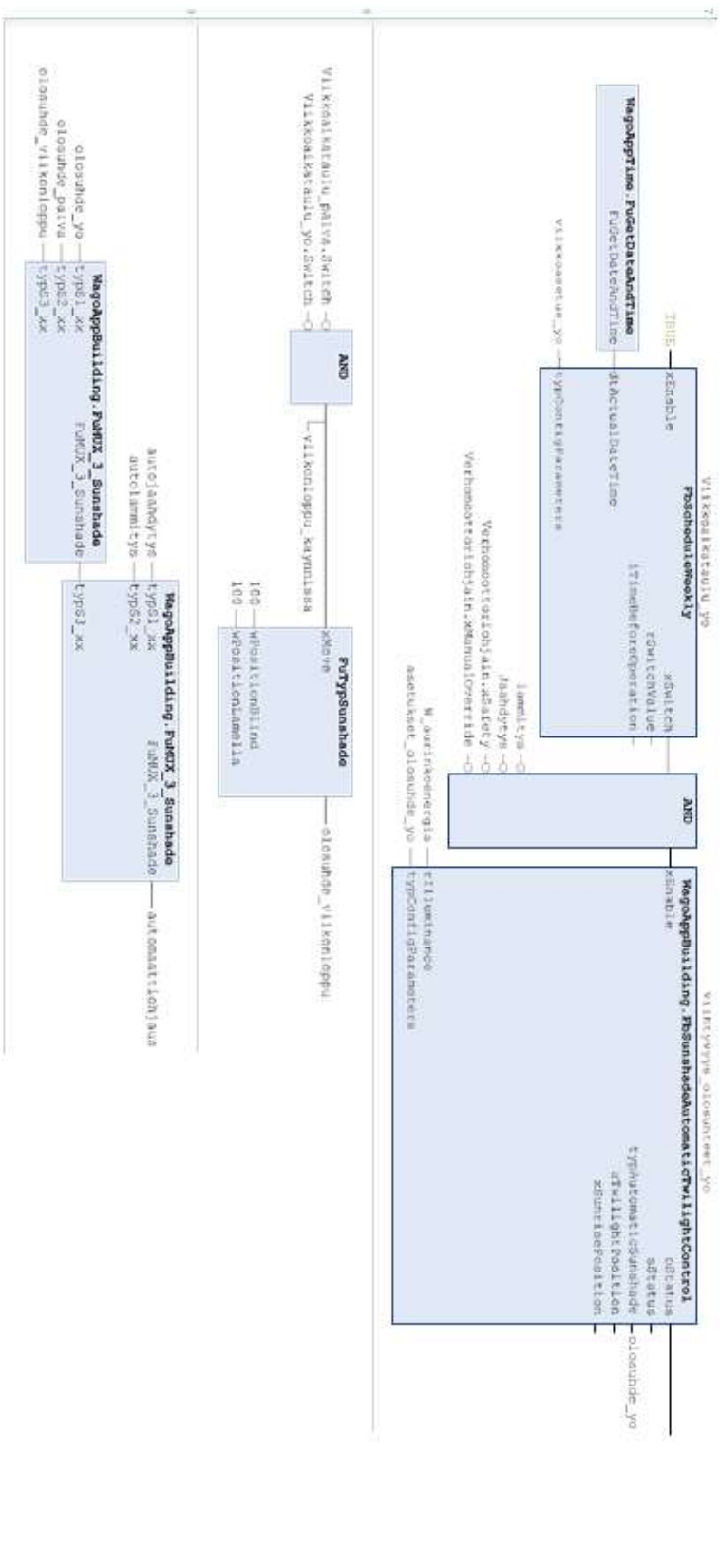
1 POU: PLC_PRG



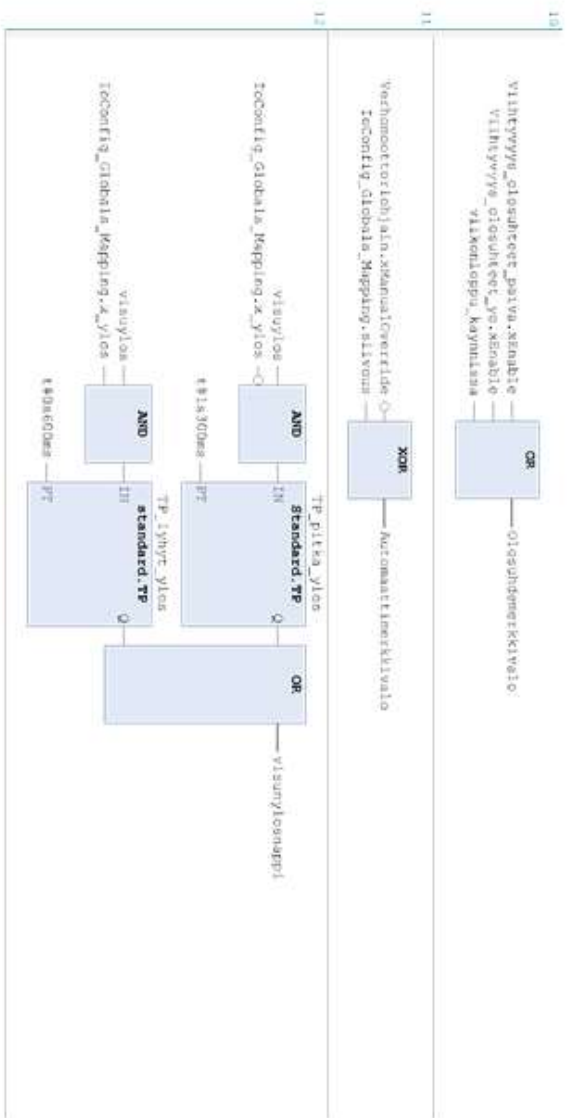
Verhomootorin ohjausohjelma

Verhomoottorin ohjausohjelma

1 POU: PLC_PRG



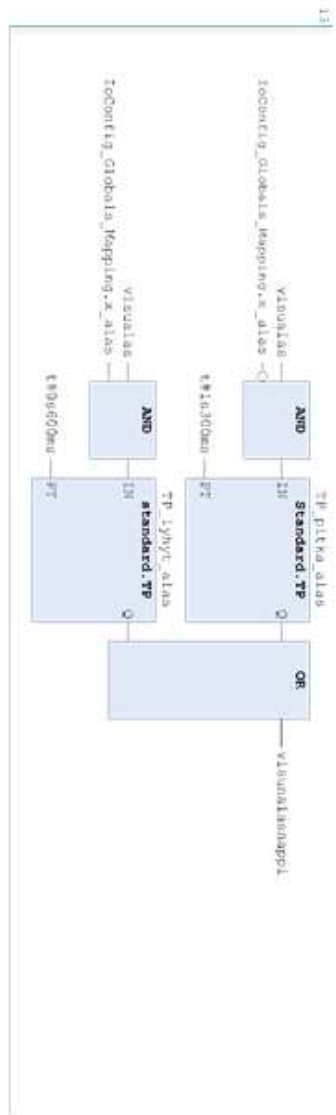
1 POU: PLC_PRG



Verhomootorin ohjausohjelma

Verhomoottorin ohjausohjelma

1 POU: PLC_PRG



Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

Alustus toimintaselostukselle

Jokaisessa ohjelmointitavassa on yhteistä se, että niillä kirjoitettu ohjelma tarvitsee muuttujia. Muuttujat täytyy nimetä, eikä niitä saa olla kahta samannimistä. Muuttujia luodessa pitää muistaa myös valita niiden datatyyppi oikeanlaiseksi. Datatyypin muoto riippuu siitä minkälaista tietoa se välittää. Muuttuja voi sisältää myös useita datatyypiltään erilaisia muuttujia sisällään, tällaisia ovat yleensä konfigurointi muuttujat, johon määritellään asetusarvoja.

BOOL-datatyyppi on, joko TRUE tai FALSE tilassa, käynnistysnappi voisi olla tämän tyyppinen muuttuja. TIME-tyyppi tarkoittaa nimensä mukaisesti aikaa, tämä voidaan määritellä millisekunnin tarkkuudella. Tätä käytetään aikalaskuri funktio- lohkoissa. BYTE-tyyppi on lukuarvo väliltä 0—255. REAL tarkoittaa reaaliilukua, lämpöanturilta tuleva tieto voi olla tämän tyyppinen. WORD on positiivinen luku väliltä 0—65535.

Erikoisempaa typSunshade-datatyyppiä käytetään useissa WagoBuilding_01 kirjaston funktion lohkoissa, esimerkiksi Sunshade Actuator -lohkon yhteydessä. Tämä datatyyppi sisältää kolme datatietoa, joista kaksi on WORD-tyyppisiä ja yksi on BOOL-tyyppinen. WORD-tyyppiset tiedot sisältävät määrätyn aurinkosuojainverhojen ja sälekaihtimien asennon prosenteissa ja BOOL tieto on käsky liikuttaa suojaimia tähän kohtaan. typConfigSunshade-datatyyppinen muuttuja sisältää Sunshade Actuator -lohkon konfigurointiasetukset, näistä seitsemän on TIME-tyyppisiä, kaksi on BYTE-tyyppisiä ja viimeinen on BOOL-datatyyppinen. typConfigHeatingSupport-datatyyppinen muuttuja sisältää Heating Support -lohkon konfigurointiasetukset, näistä kaksi on REAL-tyyppisiä, kaksi on TIME-tyyppisiä ja viimeiset kaksi ovat WORD-datatyyppisiä. typConfigCoolingSupport-datatyyppinen muuttuja on muuten sama, kuin edellinen, mutta se sisältää Cooling Support -lohkon vastaavat konfigurointi asetukset. typConfigAutomaticSolarControl-datatyyppinen muuttuja sisältää Automatic Twilight Control -lohkon konfigurointiasetukset, näistä kaksi on REAL-tyyppisiä, yksi on TIME-tyyppinen ja neljä viimeistä ovat datatyypeiltään WORD: a. (Wago group 2019).

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

Ohjelmointitapoja on viisi erilaista ja tässä työssä käytetään niistä function block diagram -tapaa, lyhennettynä FBD. FBD on graafinen ohjelmointikieli, jossa näillä lohkoilla kuvataan tapahtumaa tulojen ja lähtöjen välillä. Perustoimintalohkoja on Wagon ohjelmassa paljon, joilla saa jo tehtyä monipuolisia ohjelmia.

Toimintalohkoja saa käyttöön lisää asentamalla ohjelmaan Wagon kirjastoja, esimerkkinä sanottakoon tässä työssä käytetty WagoBuilding_01 kirjasto, josta löytyy valmiita lohkoja aurinkosuojainten ohjaamiseen ja moneen muuhunkin. Lohkoja voi myös tehdä itse. Itsetehtyihin lohkoihin määritellään tulot, lähdöt ja itse tapahtuma, joka halutaan suorittaa kyseisellä lohkolla.

Seuraavaksi käydään tämän opinnäytetyön automaatio-ohjelmassa käytetyt yleiset toimintalohkot läpi. Kirjastosta ladatuista toimintalohkoista kerrotaan selostuksen yhteydessä. AND-lohkossa on kaksi tuloa ja yksi lähtö. Se päästää käskyn eteenpäin, kun molemmat tulot ovat yhtä aikaa arvoltaan TRUE. OR-lohko vaatii vain ensimmäisen tai toisen tulon olevan TRUE päästääkseen käskyn eteenpäin. XOR on käänteinen OR-lohko, se vaatii vain ensimmäisen tai toisen tulon olevan FALSE päästääkseen käskyn eteenpäin. RS-lohkossa on tulot set ja reset ja lähtö Q. Lohkon lähtö Q menee TRUE tilaan silloin, kun set-tulo saa arvon TRUE ja reset-tulo on FALSE. Q pysyy TRUE tilassa, kunnes reset-tulo saa arvon TRUE. Reset-käsky on aina vahvempi set-käskyyn verrattuna. TON on aikalaskurilohko. Siinä on tulona IN, lähtönä Q ja PT ja ET kohdat näyttävät ajan. IN tulon TRUE arvo laittaa laskurin päälle, kulunut aika näkyy ET-kohdassa ja PT-kohtaan asetetaan haluttu aika. Kun asetettu aika on kulunut lähtö Q saa TRUE arvon. Kaikkien funktion lohkojen BOOL-datatyypinen tulo tai lähtö voidaan muuntaa käänteiseksi lisäämällä lohkon haluttuun tuloon tai lähtöön negate-ominaisuus. Negate kääntää TRUE arvon FALSE:ksi ja FALSE:n TRUE:ksi.

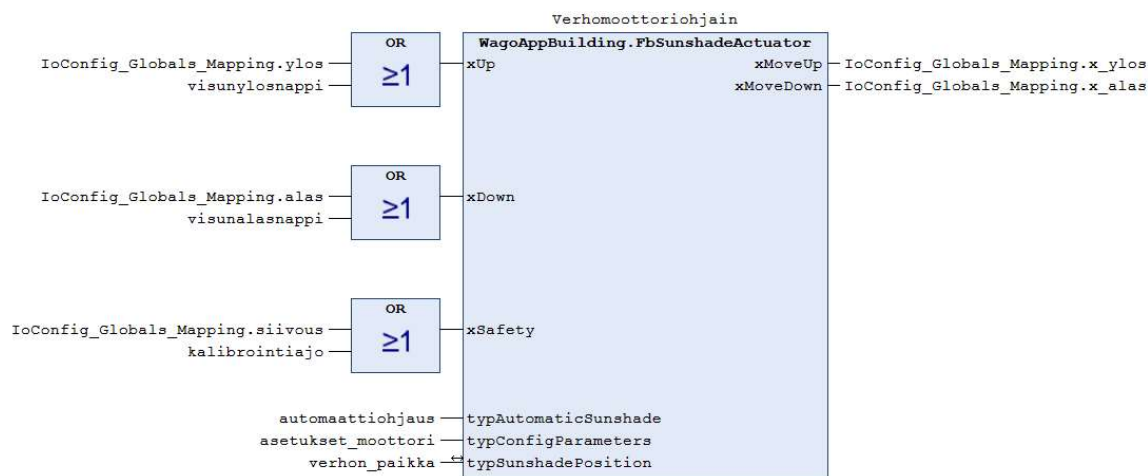
Matemaattisia toimintalohkoja ovat seuraavat. SUB on vähennyslaskulohko, siinä on kaksi tuloa ja yksi lähtö. Ylempään ja alempaan tuloon tulevat REAL-datatyypiset muuttujat. Lohko vähentää ylemmän tulon arvosta alemman tulon arvon ja näiden erotus on lähdön arvo. DIV on jakolaskulohko, siinä on kaksi tuloa

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

ja yksi lähtö. Ylempään ja alempaan tuloon tulevat REAL-datatyypiset muuttujat. Lohko jakaa ylemmän tulo arvon alemman tulo arvilla ja näiden osamäärä on lähdön arvo. MUL on kertolaskulohko, siinä on kaksi tuloa ja yksi lähtö. Ylempään ja alempaan tuloon tulevat REAL-datatyypiset muuttujat. Lohko kertoo ylemmän tulo arvon alemman tulo arvilla ja näiden lukujen tulo on lähdön REAL datatyypinen arvo. (Wago group 2019).

Toimintaselostus

Verhojen päätoimiseksi ohjaustoimintalohkoksi valittiin WAGO:n ohjelmointi kirjastosta löytyvä valmis aurinkosuojien ohjainlohko -FbSunshadeActuator ja se nimettiin Verhomoottoriohjainiksi (kuva 1).



Kuva 1. Verhomoottoriohjain-toimintalohko.

Toimintalohkossa on oletuksena priorisoitu ohjaukset seuraavaan järjestykseen vahvimasta heikoimpaan. Suluissa on näiden tulojen nimet.

1. Safety (xSafety)
4. Maintenance (typMaintenanceSunshade, xLockPosition)
5. Manual (xUp / xDown, typSetPosition)
6. Automatic (typAutomaticSunshade)

Heikompi käsky ei voi kumota vahvempaa käskyä, mutta vahvempi voi kumota heikomman.

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

Toimintalohkon lähtö-bPriority näyttää minkä vahvuinen ohjaus kullakin hetkellä toimii. Tämä lähtö on piilotettu kuvan yksi lohokosta. Lohkon lähdöt xMoveUp ja xMoveDown lähettävät eteenpäin BOOL-tyyppisiä käskyjä, joiden mukaan verhomoottorit ajavat verhoja ylös tai alas. Näitä käskyjä tulee sekä käsiohjaukselta, että automatiikalta.

Lohkon ominaisuuksiin kuului myös xManualOverride, jolla saa määritettyä ajan (TIME), kuinka kauan kestää, että automatiikka ottaa ohjauksen taas haltuunsa käsikytkimen painamisen jälkeen.

Lähtö sStatus näyttää tuleeko lohkolle käskyt käsiohjaukselta vai automatiikalta. Lähdössä lukee arvo automatic tai manual. Tuloihin xUp ja xDown tuodaan käsiohjauskytkimiltä aurinkosuojien ylös ja alas-käskyt globaaleina tai paikallisina BOOL-tyyppisinä muuttujina. Tulo xSafety on erilaisia turvakytkimiä varten. Kun xSafety saa BOOL-tyyppisen TRUE käskyn, se ajaa verhot yläasentoon määritellyn ylösnousuajan mukaisesti, ajaen varmuuden vuoksi vielä hieman yliaikaa, jotta verhot ehtivät varmasti ylärajaansa asti ja sitten lukitsee verhojen paikan. Tulo xSafety on ensimmäisen prioriteetin käsky, joten mikään muu ohjauskäsky ei voi ohittaa sitä.

typAutomaticSunshade tulo ottaa vastaan typSunshade-tyyppiset automatiikkakäskyt lohkolle. Tuloon typConfigParameters määritellään lohkon toimintaasetukset. typSunshadePosition tulo kerää tietoa verhon peittoasteesta prosenteissa väliltä 0—100. FbSunshadeActuator sisältää myös useita muita tuloja sekä lähtöjä, jotka piilotettiin lohokosta ja jätettiin käyttämättä, koska niitä ei tarvittu työssä.

Lohkon xUp- ja xDown-tuloihin kytkettiin käsiohjaukset, eli ylös/alas -kytkimet. Lohko toimii kyseisten tulojen osalta siten, että kun lohkolle tulee ylöspäin käsky eli pitkä painallus (yli 0,6 s) käsikytkimeltä lohkon lähdön-xMoveUp muuttuja x_ylos antaa digitaalilähtökortin kautta moottorien ohjausreleille käskyn vetää määritellyn 45 sekunnin ajan ja verhomoottorit lähtevät nostamaan verhoja ylöspäin. Täysin vastaavalla tavalla toimii myös alaspäin käsky xMoveDown-lähdön

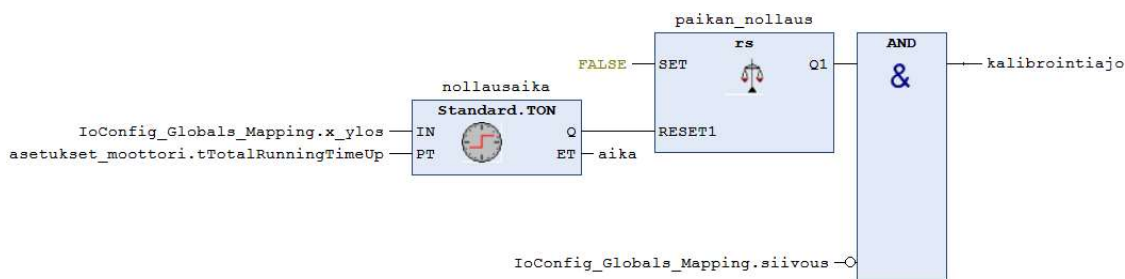
Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

x_alas -muuttujan kanssa ajaen verhoja alaspäin. Verhot saa pysäytettyä halutessaan mihin kohtaan vain painamalla lyhyen painalluksen verran (alle 0,6s) kumpaa tahansa ylös tai alas painiketta. xUp- ja xDown-tuloihin yhdistettiin myös OR-porttien kautta muuttujat-visunylosnappi ja -visunalasnappi webikäyttöliittymän ohjausmahdollisuutta varten.

Siivouskytkimen globaali muuttuja -siivous kytkettiin xSafety-tuloon OR-portin kautta. Lohko käsittelee xSafetylle tulevan käskyn siten, että se ajaa xMoveUp-lähdön kautta verhot yläasentoon ja lukitsee ne sinne. Automatiikalla ja käsiohjauksella ei voi ohjata verhoja, ennen kuin siivous kytkin on vapautettu. XSafety tuloon kytkettiin myös paikallinen muuttuja -kalibrointiajo saman OR-portin läpi, johon globaali muuttuja -siivous kytkettiin.

TypAutomaticSunshade tuloon yhdistettiin paikallinen muuttuja - automaattiohjaus (typSunshade-datatyypin) automatiikan käskyjä varten, jotka tulevat FuMUX_3_Sunshade -lohkolta toisesta networkista.

Tuloon-typConfigParameters luotiin muuttuja-asetukset_moottori asetuksia varten ja siihen määriteltiin verhojen yläasennosta ala-asentoon siirtymisaika, verhojen suunnanvaihdon varoaika, käsiohjaukspainikkeiden lyhyen ja pitkän painalluksen ajat, sekä xManualOverride-aika. Seuraavaksi luotiin uusi ohjelmaosio kalibrointiajoa varten (kuva 2).



Kuva 2. Kalibrointiajo osio.

Ensin luotiin Standard.TON -lohko nimeltään nollausaika, jonka IN tuloon tuotiin verhomoottoreilta lähtevä x_ylös -lähtö. PT tuloon määrittelimme verhojen ylösnousuajan. ET lähtö laskee aikaa nollasta, määritellyn verhojen ylösnousuaikaan asti.

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

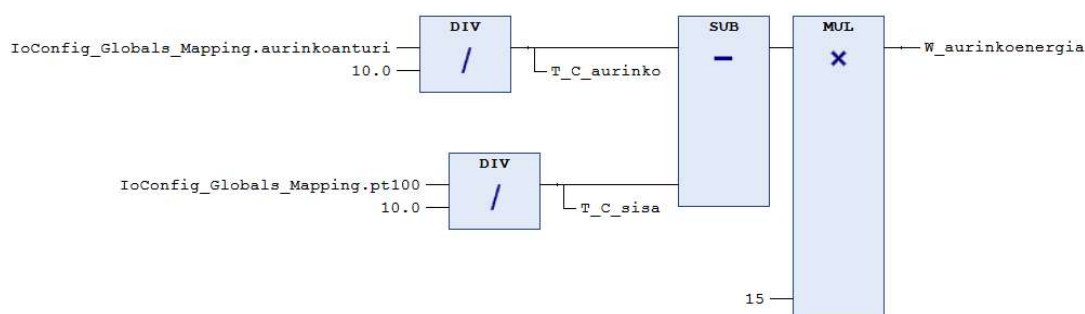
Seuraavaksi luotiin RS-lohko nimeltään paikan_nollaus. Sen SET tulo asetettiin oletusarvoon FALSE. Standard.TON:in Q lähtö yhdistettiin RS:n tuloon RESET1. RS:n lähtö yhdistettiin AND lohkon kautta muuttujaan-kalibrointiajo. AND lohkon toiseen tuloon yhdistettiin globaali muuttuja -siivous negaten kautta. RS-lohkon tarkoitus on päästää standard.TON:ilta tuleva ylös-käsky ainoastaan kerran läpi ennen kuin tilanne taas resetoidaan. Resetointi tapahtuu silloin, kun logiikalta katkeaa sähkö tai jos käytetään käsiohjausta.

Kalibrointiajon tarkoitus on aloittaa ohjaus "nolla tilanteesta" aina kun automatiikka ottaa verhot hallintaansa. Ohjelmassa tämä nollatilanne on se, kun verhot ovat ylärajoissaan. Verhot voivat olla ylärajoissaan jo kalibrointiajon alkaessakin, jolloin ne eivät liiku mihinkään, mutta niitä ei voi kuitenkaan ohjata ennen kuin kalibrointiajona määritetty ajoaika on kulunut. Tällä varmistetaan, että automatiikka ohjaa verhoja kuten pitää. Kalibrointiajo suoritetaan tulon-xSafety kautta, joten se on ohjelman käsky vahvuudessa tasolla 1, eikä sitä voi kumota tai ohittaa mikään muu käsky. Ohjelmaan haluttiin kuitenkin tehdä siivouskäskystä vahvempi kuin kalibrointiajo. Siksi Q1 lähdön jälkeen tehtiin AND-portti, johon kytkettiin siivous-muuttuja negaten kautta. Näin saatiin priorisoitua siivous-muuttuja ohjelmallisesti vahvimaksi käskyksi ja se ohittaa aina kalibrointiajo-käskyn, jos molemmat käskyt tulevat yhtä aikaa, vaikka molemmat tulevatkin xSafety-tuloon.

Lämpötilatietoja varten luotiin oma ohjelmaosio, johon tuotiin sisätilanlämpötila ja aurinkoanturin globaalit muuttujat (kuva 2). Anturien lämpötilatiedot tulivat toimintalohkoille celsiusasteiden kymmenyksien määränä, joten tiedot jaettiin ensin DIV-toimintalohkoilla kymmenellä ja näin saatiin kokonaisia celsiusasteita. DIV-lohkoilta tiedot menivät T_C_aurinko- ja T_C_sisa -muuttujille, joista celsiusastetieto saatiin datan talteenottoa varten. Tiedot menivät myös SUB-lohkolle, jolla aurinkoanturin lämpötilasta vähennettiin sisälämpötila. Lämpötilojen erotus kerrottiin seuraavaksi MUL-lohkolla kertoimella 15, jotta saatiin muunnettua lämpötilaerotus vastaamaan auringon lämpösäteily energiaa muodossa W/m^2 . Muuttujassa W_aurinkoenergia näkyy lämpösäteilyn määrä. Kerroin saatiin bolometri mittauksien perusteella, joista laskettiin että, $15 W/m^2$ auringon lämpösäteilyä riittää tekemään $1\text{ }^\circ C$ erotuksen aurinkoanturin ja

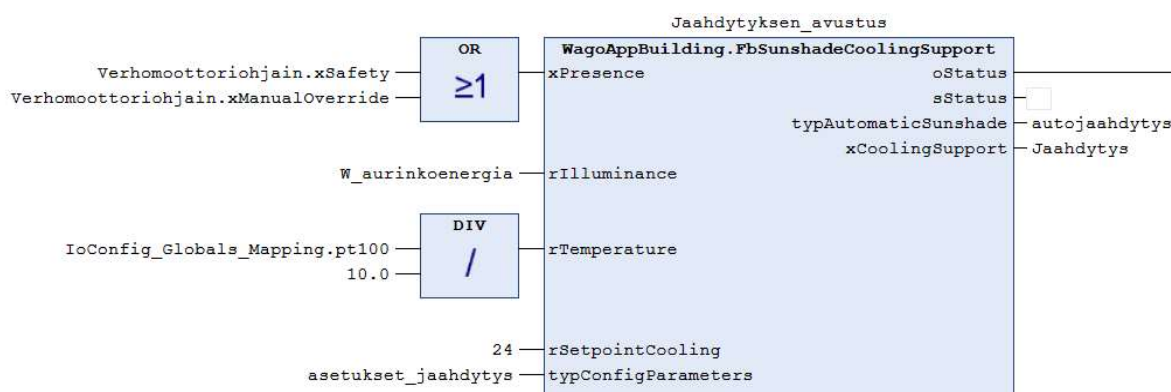
Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

sisälämpötila-anturin välille, lämpötila erotus nousee lähes lineaarisesti lisääntyvän auringon lämpösäteilyn kanssa.



Kuva 2. Lämpötilatiedot osion toimintalohkot.

Energiatohokkuuden parantamiseksi, ohjelmaan luotiin jäähdtyksen (kuva 3), sekä lämmityksen (kuva 4) avustus toiminnot käyttäen WAGO:n ohjelmointikirjastosta löytyviä valmiita lohkoja FbSunshadeCoolingSupport, joka sai nimeksi Jaahdytyksen_avustus, sekä FbSunshadeHeatingSupport, joka sai nimeksi Lammityksen_avustus.



Kuva 3. Jäähdytyksen avustus. FbSunshadeCoolingSupport.

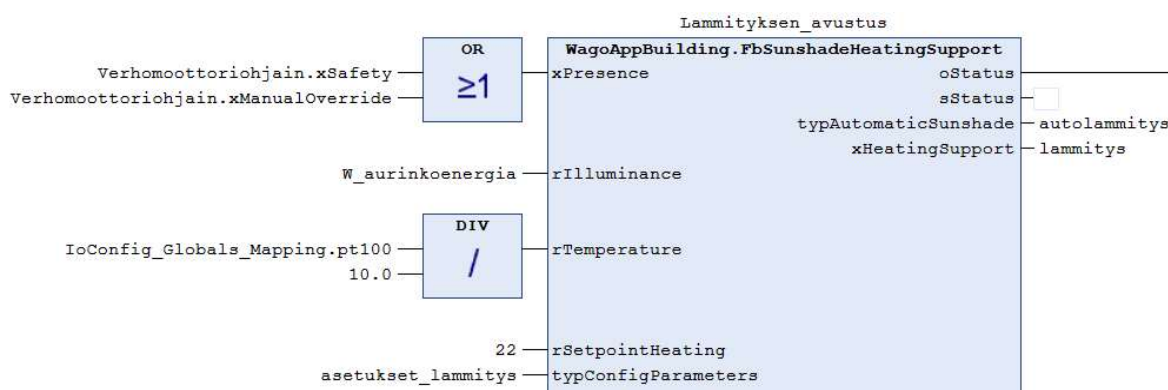
Tulo xPresence on liiketunnistinta varten ja kytkee jäähdtyksen avustuksen pois päältä, mikäli liiketunnistin havaitsee liikettä. Tulon rIlluminance on tarkoitus tuoda lux-anturin tieto (REAL). Lohko ohjaa jäähdtyystä lux-arvon ja sisälämpötilan mukaan. Tulon rTemperature on tarkoitus tuoda sisälämpötila-arvo (REAL). RSetpointCooling tulon asetetaan tavoiteltu sisälämpötila-arvo (REAL), johon lohko toiminnallaan pyrkii. TypConfigParameters kohtaan määritellään lohkon asetusarvoja. Lähtö sStatus näyttää onko lohko odottavassa tilassa "OK" vai jäähdtyys toiminnassa "Cooling".

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

Lähtö-typAutomaticSunshade lähettää typSunshade-tyyppistä käskyä FuMUX_3_Sunshade -lohkon kautta FbSunshadeActuator verhomoottoriohjaimelle, kun lohko havaitsee jäähdytystarvetta lux ja sisälämpötila arvojen perusteella. Lähtöön-xCoolingSupport luotiinn muuttuja, joka näyttää BOOL-tyyppisen arvon TRUE silloin, kun jäähdytys on päällä ja FALSE silloin, kun jäähdytys ei ole päällä. xPresence-tuloon kytkettiin Verhomoottoriohjain.xSafety- -muuttuja, jotta toimintalohkon toiminta saatiin pysäytettyä silloin, kun joko siivouskytkin on päällä tai kalibrointiajo käynnissä. RlIlluminance tuloon kytkettiin lämpötilatiedot osiolta tuleva W_aurinkoenergia -muuttuja. Tuloon-rTemperature kytkettiin PT100 lämpötila-anturin globaali muuttuja DIV-lohkon kautta. Jakajana on 10, koska anturilta tuleva reaalityyppi on asteen kymmenyksiä ja täten se saatiin muutettua asteiksi. Tuloon-rSetpointCooling asetettiin jäähdytyksen aloittamiselle sisälämpötilan rajaksi 24 astetta.

typConfigParameters kohtaan luotiinn muuttuja -asetukset_jaahdytys, jonne määritettiin aika 10 minuuttia, jonka välein lohko tarkastaa anturitiedot, sekä muutettiin myös lohkon asetuksiin rIlluminance toimintarajat vastaamaan laskettua auringon lämpösäteilyenergiaa. Oletuksena on, kun auringon lämpösäteilyenergiaa tulee yli 75 W/m^2 , niin silloin on myös kirkas auringon paiste.

Lähtöön-xCoolingSupport loimme Jaahdytys nimisen muuttujan. Lohko toimii siten, että se laskee verhot alas, jos havaitsee lämpötilaerotuksen ylittävän määrittlemämme raja-arvon, sekä sisälämpötila on yli 24 astetta ja toimii näin jäähdytyksen avustajana.

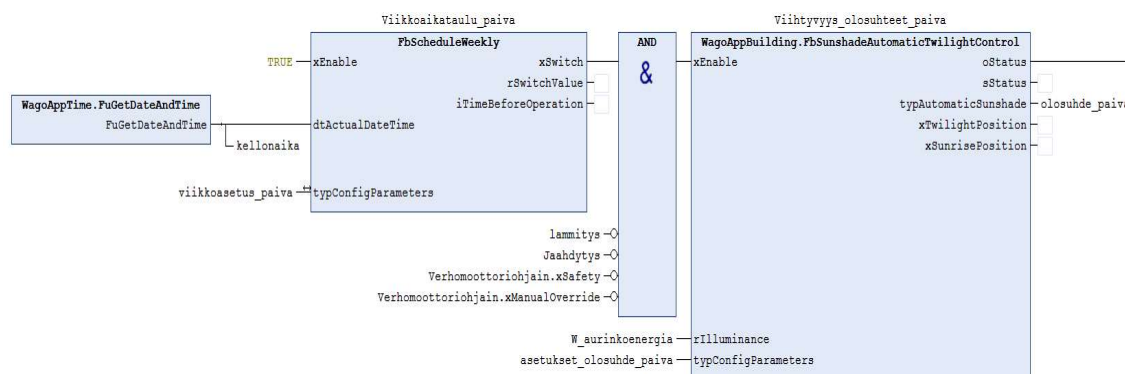


Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

Kuva 4. Lämmityksen avustus. FbSunshadeHeatingSupport.

Lämmityksen avustus on hyvin samankaltainen lohko samanlaisilla tuloilla ja lähdöillä, sekä asetuksilla kuin jäähdytyksen avustus. Ainoana erona on, että siinä lämmitys ajaa verhoja ylöspäin, että saadaan tarvittaessa auringon lämpöenergiaa sisälle ja se toimii, kun sisälämpötila on raja-arvon alapuolella ja auringon lämpöenergiaa on saatavilla. Lähtö -typAutomaticSunshade lähettää lämmitys käskyä eteenpäin FuMUX_3_Sunshade -lohkolle. Tuloon rSetpointHeating asetettiin lämmityksen aloittamiselle sisälämpötilan rajaksi 22 astetta.

Tilan viihtyvyys ja mukavuus olosuhteiden ohjausta varten tehtiin kolme toimintoa. Arkipäiville päiväajan olosuhdeohjaus ja yöajan olosuhdeohjaus, sekä viikonlopulle viikonlopun olosuhdeohjaus. Päiväajan olosuhdeohjaukseen käytettiin FbSunshadeAutomaticTwilightControl -lohkoa, jonka nimesimme Viihtyvyys_olosuhteet_paiva:ksi, FbScheduleWeekly -lohkon kanssa, jonka nimesimme Viikkoaikataulu_paiva:ksi ja FuGetDateAndTime -lohkon kanssa (kuva 5).



Kuva 5. Päiväajan ohjaus -network.

FbSunshadeAutomaticTwilightControl -lohkon `xEnable`-tuloon määritetään BOOL-tyyppisellä `TRUE` käskyllä lohkon käynnistyminen. Tulot `rIlluminance` ja `typConfigParameters`, sekä `sStatus` ja `typAutomaticSunshade` lähdöt toimivat, kuten lämmitys- ja jäähdytyslohkoissa. `xTwilightPosition` -lähden on tarkoitus toimia, kun ulkoa tulee viihtyvyyden ja mukavuuden kannalta sopivasti auringon valoa. Se nostaa verhot ylös. `xSunrisePosition` -lähtö on tarkoitus toimia, kun

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

ulkoa tulee häikäisevää ja häiritsevän kirkasta auringon valoa. Se laskee verhot alas.

FBScheduleWeekly -lohkolla saadaan BOOL-tyyppinen käsky ajastettua halutusti viikonpäivien sekä kellonajan mukaan. FBScheduleWeekly -lohkon xEnable-tuloon määritetään BOOL-tyyppisellä TRUE käskyllä lohkon käynnistyminen. DtActualDateTime -tuloon määritetään todellinen päivämäärä ja kellonaika tieto.

xEnable-tuloon kytkettiin AND-portin kautta neljä muuttujaa, Lammitys, Jaahdytys, Verhomoottoriohjain.xSafety ja Verhomoottoriohjain.xOverride negaten kautta. Näillä saatiin estettyä lohkon käynnistyminen silloin, kun jokin noista neljästä muuttujasta on aktiivinen. Samaan AND-porttiin kytkettiin myös FbScheduleWeekly -lohkon xSwitch-lähtö, jolla saimme ajastettua FbSunshadeAutomaticTwilightControl -lohkon toimimaan ainoastaan arkipäivinä päiväaikaan. Päiväajaksi määritettiin klo 7.00—19.00 välinen aika. Todellinen päivämäärä sekä kellonaika FBScheduleWeekly -lohkolle saatiin FuGetDateAndTime -lohkosta, joka hakee päivämäärä ja aika -tiedot logiikalta. Kyseiset tiedot logiikalle määritettiin manuaalisesti.

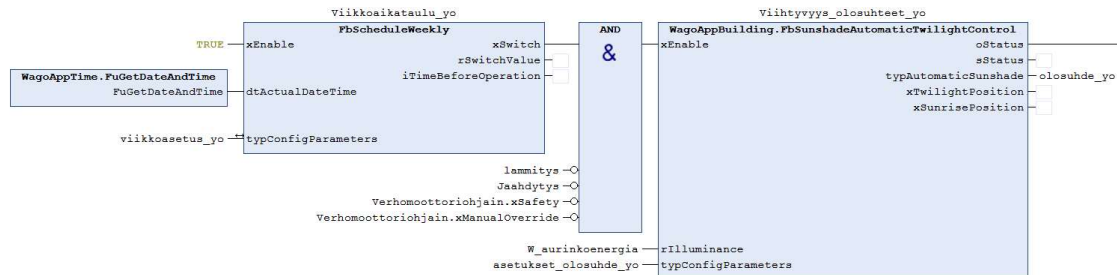
FbSunshadeAutomaticTwilightControl -lohko on hyvin samankaltainen lämmityksen ja jäädytyksen avustus -lohkojen kanssa. Lohkon rIlluminance-tuloon tuotiin W_aurinkoenergia muuttuja.

Lohkossa on kaksi toimintoa. Kun auringon säteilyenergia pysyy alle 266 W/m^2 , aurinkosuojat nousevat ylös (xTwilightPosition), jotta saadaan valoa sisään viihtyvyyden ja mukavuuden kannalta päiväaikaan. Kun arvo taas ylittää 267 W/m^2 (xSunrisePosition) suojat menevät 70% peittoasteeseen, jotta vältetään epämurkavalta häikäisyltä. TypAutomaticSunshade lähettää olosuhde_paiva -käskyä eteenpäin FuMUX_3_Sunshade -lohkolle.

Yöajan olosuhdeohjausta varten käytettiin myös samoja lohkoja kuin päiväajan ohjauksessakin (kuva 6). Erona päiväajan ohjaukseen asetettiin lohko

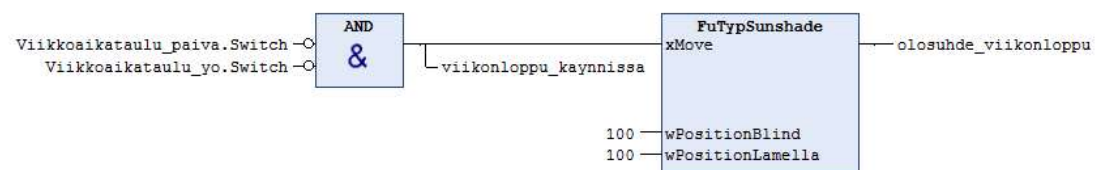
Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

käynnistymään yöaikaan, joka määritettiin klo 19.00—7.00 väliseksi ajaksi. Lisäksi FbSunshadeAutomaticTwilightControl -lohkon toiminnot asetettiin siten, että kun ulkoa tuleva auringon säteilyenergia pysyy alle 150 W/m²:ssä, verhot pysyvät kiinni (xTwilightPosition). Jos auringon säteilyenergia nousee yli 151 W/m² verhot nousevat 50% peittoasteeseen.



Kuva 6. Yöajan ohjaus -network.

Viikonlopun olosuhdeohjaukseen käytettiin FuTypSunshade -lohkoa (kuva 7). Tulo-xMove käynnistää lohkon toimintaan saadessaan BOOL-tyyppisen TRUE käskyn. Tulo-wPositionBlind määrittää mihin peittoasteeseen verhot ajetaan lohkon toimiessa. Tulo-wPositionLamella määrittää sälekaihtimen säleiden kulman. Tätä emme työssämme tarvinneet, mutta lohko ei hyväksynyt jostain syystä kyseisen asetuksen poistamista, joten jouduimme antamaan sille arvon. Tämä ei vaikuttanut ohjelman toimintaan mitenkään. Lohkon nimetön lähtö lähettää typSunshade -tyyppistä käskyä eteenpäin.

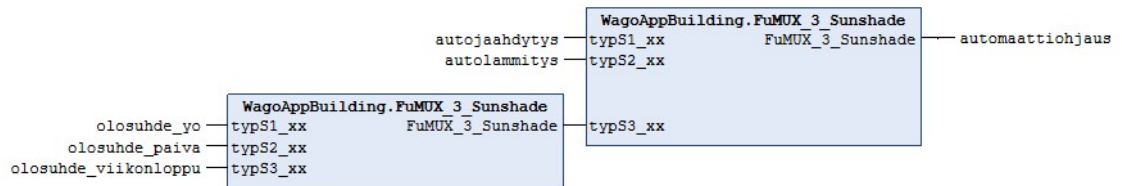


Kuva 7. FuTypSunshade -lohko.

xMove-tuloon kytkettiin AND-lohko, johon kytkettiin negaten kautta Viikkoaikataulu_paiva.Switch, sekä Viikkoaikataulu_yo.Switch. Näin saatiin estettyä, ettei viikonlopun ohjauslohko voi olla päällä, kun jompikumpi päivä tai yö ohjauslohko on toiminnassa arkipäivinä. AND-portin jälkeen luotiin myös assingment, jonka päähän luotiin muuttuja viikonloppu_kaynnissa. Muuttuja luotiin käyttöliittymän olosuhdeohjaus-merkkivaloa varten. Lohko toimii viikonloppuisin pitäen verhot lauantai sekä sunnuntai päivien ajan kiinni.

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

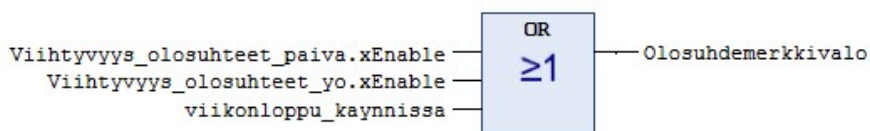
Viikonloppuisin tiloissa ei ole ihmisiä, joten viihtyvyydestä ei tarvitse huolehtia. Tämän networkin idea olikin siis parantaa viikonlopun aikaista energiatehokkuutta, pitämällä verhot kiinni. Jotta kaikki, lämmitys-, jäähdytys- ja olosuhde-lohkot saatiin toimimaan yhdessä, täytyi luoda kaksi kappaletta FuMUX_3_Sunshade -lohkoa (kuva 8). FuMUX yhdistää typSunshade -muotoiset käskyt yhdeksi typSunshade -käskyksi.



Kuva 8. Kaksi FuMUX_3_Sunshade lohkoa

Kyseinen lohko priorisoi ja järjestää käskyt järjestykseen. Ylin muuttuja on vahvin ja alin on heikoin. Laitimme ylimmäiseksi ja toiseksi ylimmäiseksi jäähdytyksen ja lämmityksen. Näiden järjestyksellä ei olisi ollut väliä, koska ne eivät koskaan toimi ristiin toiminta arvojensa vuoksi. Kolmanneksi eli heikoimmaksi käskyksi laitettiin olosuhdeohjaus. Tämä saattaisi muuten toimia päällekkäin lämmityksen tai jäähdytyksen kanssa. Koska lohkon sai tehtyä ainoastaan 3 tuloa. Olosuhdeohjauksia varten täytyi tehdä toinen FuMUX_3_Sunshade -lohko, jolla saatiin kaikki kolme olosuhdeohjausta toimimaan yhdessä ja tuotua ne kaikki yhteen tuloon.

Ohjelman loppuun tehtiin 4 kappaletta osioita, joiden avulla saatiin käyttöliittymä toimimaan halutunlaisesti. Käyttöliittymän olosuhdeohjaus-merkkivaloa varten luotiin oma osio (kuva 9).

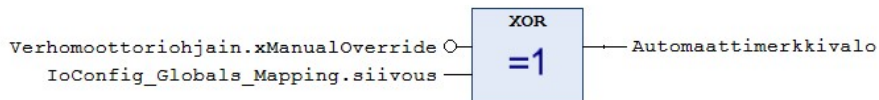


Kuva 9. Merkkivalo osio.

Tämän avulla saimme käyttöliittymän olosuhdeohjaus-merkkivalon syttymään, aina kun jokin olosuhdeohjauksista on toiminnassa. Automatiikan päällä olon merkiksi tehtiin oma muuttuja käyttöliittymää varten (kuva 10). Tämän avulla

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

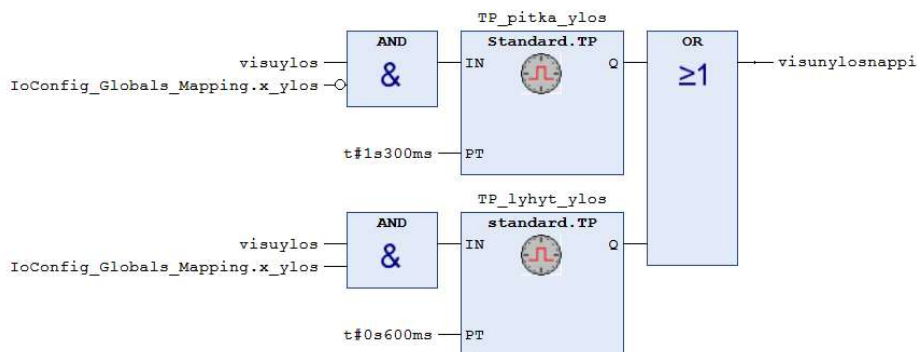
saatiin visualisoinnin automaattiohjaus -merkkivalo palamaan aina, kun automatiikka ohjaa verhomoottoreita, sekä merkkivalo sammumaan aina, kun käsiohjaus ohjaa moottoreita tai siivouskytkin on päällä.



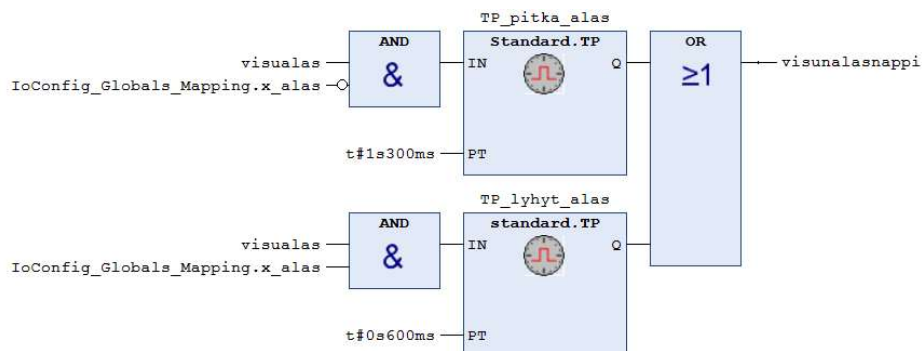
Kuva 10. Automaation merkki.

Samsungin-tabletin kosketusnäyttö ei tunnistanut erilaisia painalluksia oikein. Se tunnisti ainoastaan lyhyen painalluksen eikä ollenkaan pitkää painallusta.

Jotta Web käyttöliittymän painonapit saatiin toimimaan myös kapasitiivisilla kosketusnäyttö laitteilla, ylös ja alas painonapeille tehtiin seuraavanlaiset ohjaus toiminnot (kuvat 11 ja 12). Nämä kaksi networkia tekevät sen, että käyttöliittymässä ylös/alas painonappeja tarvitsee painaa vain lyhyesti. Pitkän ja lyhyen painalluksen käskyt tulevat ohjelmallisesti ajastimien avulla.



Kuva 11. Käyttöliittymän ylöspäin nappi.

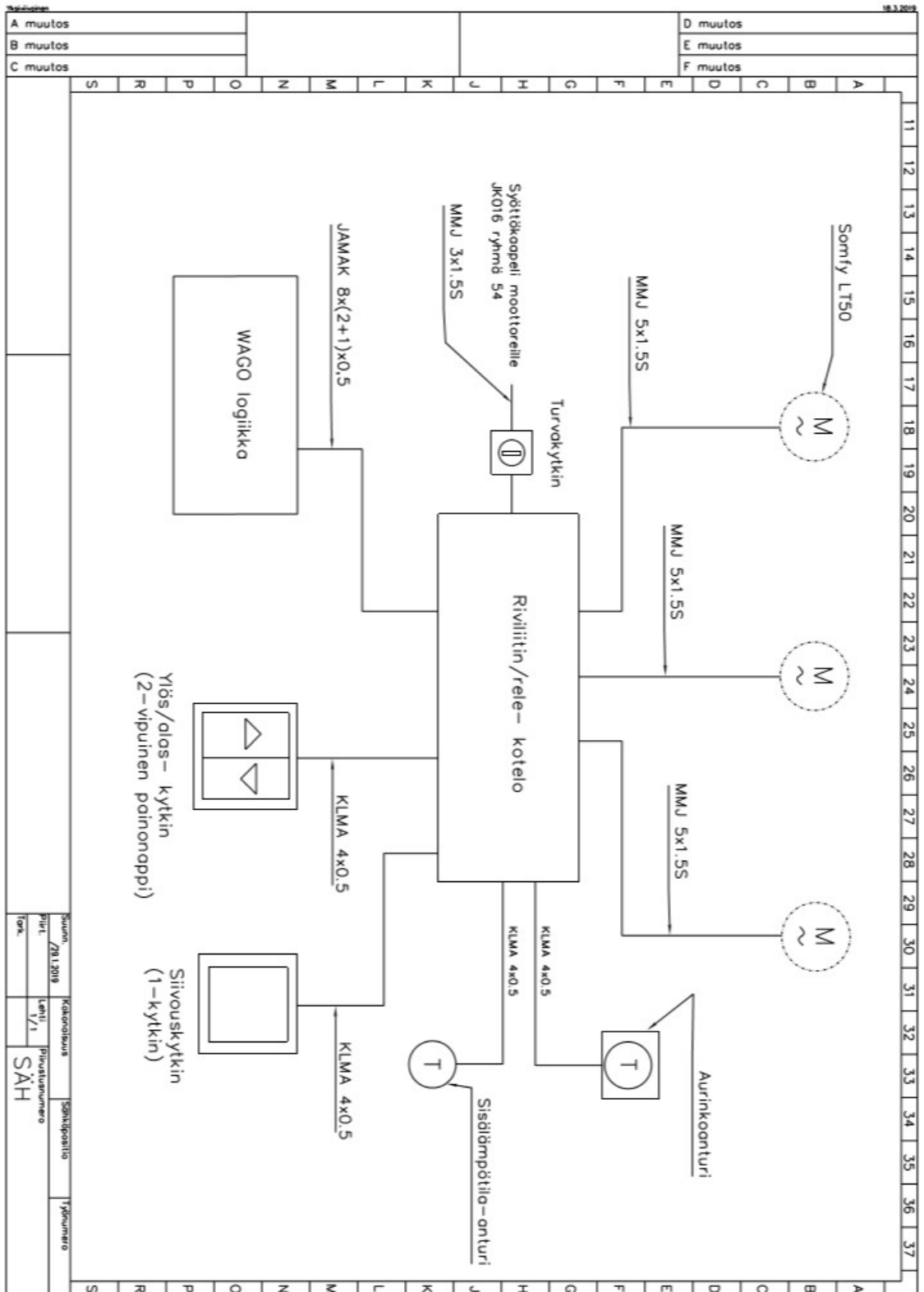


Kuva 12. Käyttöliittymän alaspäin nappi.

Verhomoottorin ohjausohjelman alustus ja selostus

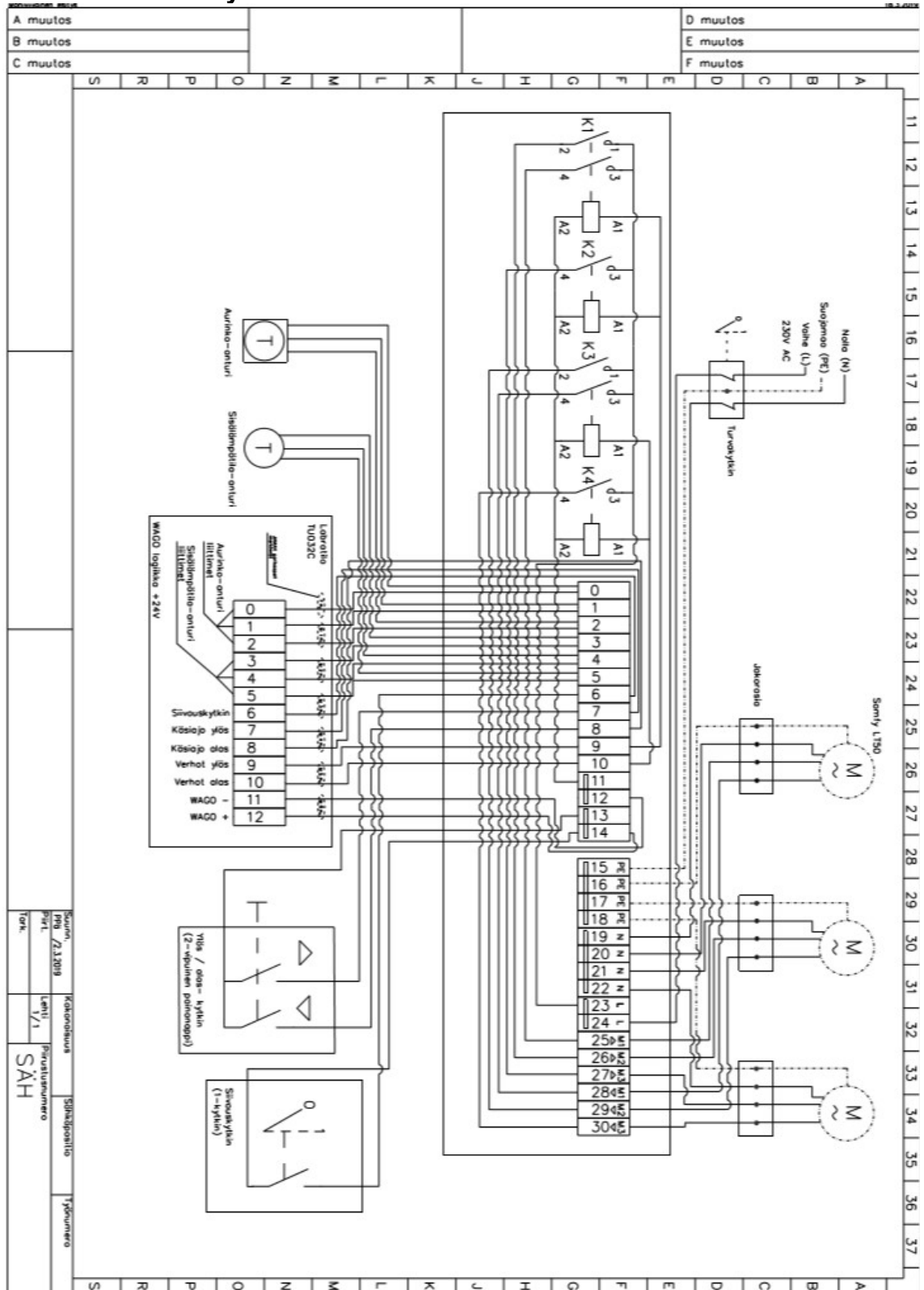
Verhomoottoriohjain lohko saa 1,3 sekuntia kestävän painonappi käskyn, eli pitkän painalluksen, silloin kun painetaan ylös-nappia käyttöliittymästä ja verhot eivät liiku jo ylöspäin. Jos verhot liikkuvat ylöspäin ja ylös-nappia painetaan käyttöliittymästä, verhomoottoriohjain saa 0,6 sekuntia kestävän painonappi käskyn eli lyhyen painalluksen. Verhomoottoriohjain liikuttaa verhoja käskyn mukaisesti. Alas-nappi toimii vastaavanlaisesti. Verhojen liikkeessa toisen suunnan nappia painaessa suunta vaihtuu. Pysäytys onnistuu painamalla uudestaan sen suunnan nappia, johon verhot liikkuvat.

Yksiviivainen esitys



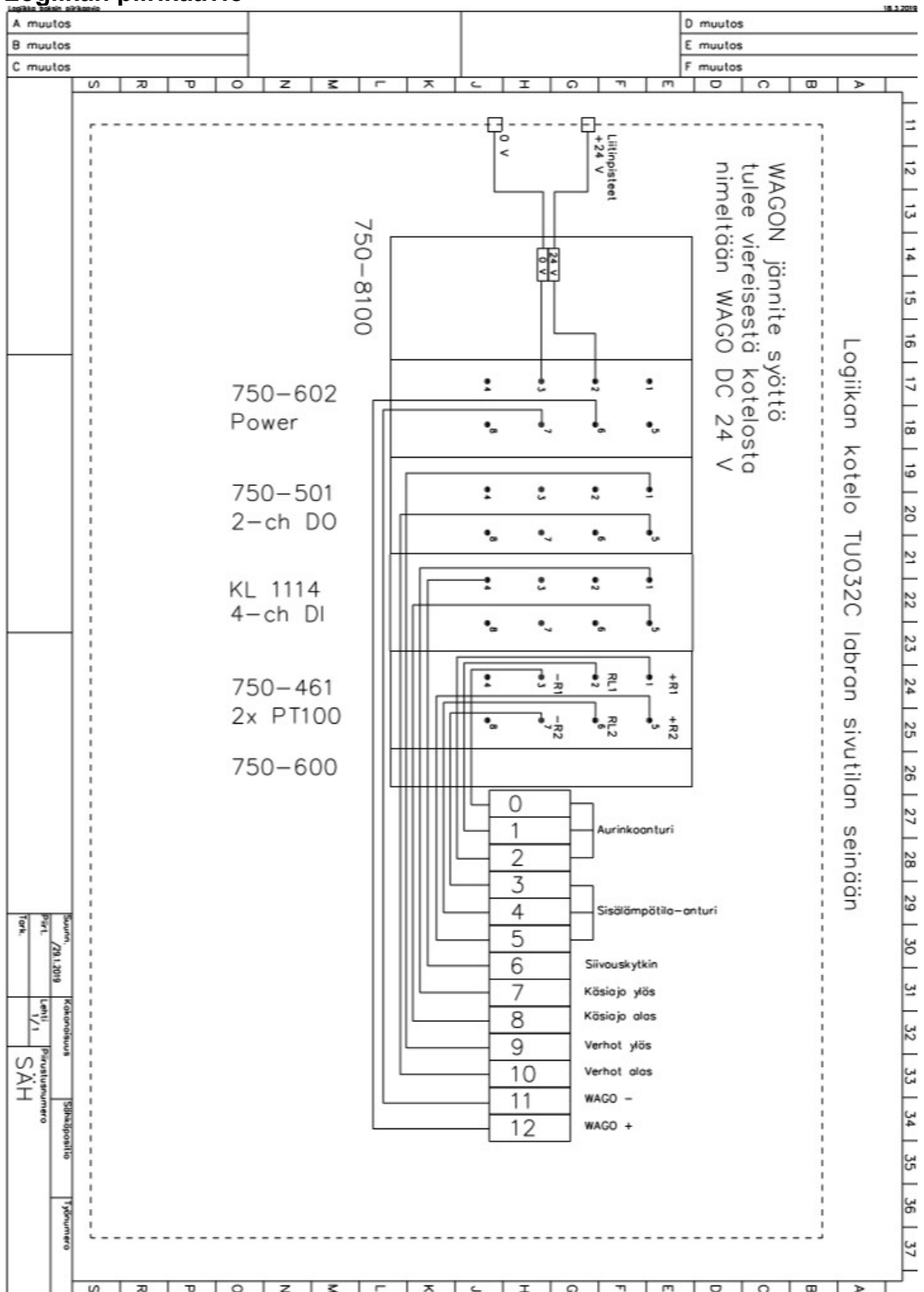
suunn.	7/21.2018	Käsitönteos	Signtipointti	Yhteystieto
piirt.		latti	1/1	
proj.				
toim.				
SÄH				

Moniviivainen esitys



Kuusi	Kokonaisuus	Sähkölaitte	Yksinumero
ppn / Z1.2019	lahti	Prinssi	
Parti	V/1	SÄH	
Tark.			

Logiikan piirikaavio



Käyttöohje verhojen käsiohjaukselle

Käyttöohje verhojen käsiohjaukselle

- Pitkä painallus ylös painiketta, verhot liikkuvat yläasentoon.
- Pitkä painallus alas painiketta, verhot liikkuvat ala-asentoon.
- Lyhyt painallus kumpaa tahansa painiketta, pysäyttää verhojen liikkeen.

Siivouskytkin "1" asennossa, ajaa verhot yläasentoon ja lukitsee ne paikalleen, siihen asti, kunnes siivouskytkin painetaan "0" asentoon. Lukituksen aikana verhot eivät voi liikkua.

Automatiikka ottaa verhot takaisin haltuunsa, mikäli siivouskytkin on "0" asennossa ja käsiohjaukspainikkeita ei paineta 30 minuuttiin.

Ikkunoiden pesu

Paina siivouskytkin "1" asentoon. Verhot nousevat ylös ja pysyvät ylhäällä, niin kauan, kunnes siivouskytkin painetaan "0" asentoon. Muista palauttaa kytkin lopetettuasi "0" asentoon.

Verhojen puhdistus

Aja verhot käsiohjaukspainikkeella ala-asentoon. Sinulla on tämän jälkeen 30min aikaa puhdistaa verhot, ennen kuin automatiikka ottaa verhot takaisin haltuunsa. Jos tarvitsee lisää aikaa, ajanlasku alkaa alusta, kun painaa uudelleen käsiohjaukspainiketta.