



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VALTTERI VALTONEN

Kampus Porin korkeakouluraken- nuksen automaatiojärjestelmien ohjaus energiatehokkuuden näkökulmasta

Opinnäytetyö

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2022

Tekijä(t) Valtonen, Valtteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 7 / 2022
	Sivumäärä 30	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kampus Porin korkeakoulurakennuksen automaatiojärjestelmien ohjaus energiatehokkuuden näkökulmasta		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma		
<p>Työn tilaajana toimi Satakunnan ammattikorkeakoulu Oy. Työssä tarkasteltiin Samk kampus Porin rakennusautomaatiojärjestelmää. Työn tarkoituksena oli selvittää, mitä kaikkea rakennusautomaatiojärjestelmästä voidaan havainnoida ja millainen vaikutus järjestelmien ohjauksella on energiatehokkuuteen.</p> <p>Työssä käytiin läpi rakennusautomaation perusteet ja esiteltiin kampuksen automaatiojärjestelmän rakennetta ja toimintaa. Rakennusautomaatiojärjestelmän ylläpitäjiä haastateltiin työn edetessä. Valmiista opinnäytetyöstä saatiin kirjallisuuden, kenttätutkimusten ja kiinteistön järjestelmien ylläpitäjien haastattelujen avulla tietoa kampuksen automaatiojärjestelmän ohjauksesta ja energiatehokkuudesta. Energiatehokkuutta tarkasteltiin ilmanvaihdon ja valaistuksen ohjauksen osalta. Tutkimustulosten perusteella TK09 ilmanvaihtokoneen tehostettu käyttö nosti koneen energiankulutusta. Valaistuksen osalta optimaalisella säädöllä rakennuksen käyttöaikojen sekä vuodenaikojen mukaan olisi mahdollista säästää energiaa. Tutkimustuloksista saatiin selville hyödyllistä tietoa ilmanvaihdon tehostuksen ja valaistuksen vaikutuksesta sähköenergiankulutukseen.</p>		
Asiasanat automaatiojärjestelmä, energiatehokkuus, rakennusautomaatio		

Author(s) Valtonen Valtteri	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 7 / 2022
	Number of pages 30	Language of publication: Finnish
Title of publication Control of the automation systems of the Kampus Pori university building from the perspective of energy efficiency		
Degree program Energy and environment engineering		
<p>The work was done for Satakunta University of Applied Sciences. The work examined the building automation system of Samk campus Pori. The purpose of the work was to find out what can be observed from the building automation system and what kind of effect the control of the systems has on energy efficiency.</p> <p>The work covered the basics of building automation and presented the structure and operation of the campus automation system. Building automation system administrators were interviewed during the work process. From the finished thesis, information about the control and energy efficiency of the campus automation system was obtained through literature, field research and interviews with administrators of the property's systems. Energy efficiency was examined in terms of ventilation and lighting control. Based on the research results, the enhanced use of the TK09 ventilation machine increased the energy consumption. With optimal adjustment according to the building's operating hours and seasons, it would be possible to save energy in terms of lighting. The research results revealed useful information about the effect of increased ventilation and lighting on electrical energy consumption.</p>		
Key words automation system, energy efficiency, building automation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 ORGANISAATIO JA KOHDE	7
2.1 Työn toimeksiantaja	7
2.2 Tarkastelun kohteena oleva kiinteistö	8
3 KIINTEISTÖN JÄRJESTELMÄT	9
3.1 Lämmitysjärjestelmä	9
3.2 Ilmanvaihtojärjestelmä	10
3.3 Valaistusjärjestelmä	11
4 RAKENNUSAUTOMAATION TEORIA & YLEISKUVAUS	12
4.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	12
4.1.1 Hallintotaso	13
4.1.2 Automaatiotaso	13
4.1.3 Kenttätaso	13
4.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän keskeiset tavoitteet	13
4.3 Järjestelmien käyttö ja ylläpito	14
4.3.1 Hälytykset	14
4.3.2 Aikaohjelmat	15
4.3.3 Säädot	15
4.3.4 Mittausten seuranta	16
4.4 Rakennusautomaation vaikutus energiatehokkuuteen	16
4.4.1 Optimointi	17
4.4.2 Hälytykset & valvonta	17
4.4.3 Raportit	17
5 KAMPUKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	18
5.1 Automaatiojärjestelmän rakenne	18
5.2 Valvomo-ohjelma	18
5.3 Aikaohjelmat	20
5.3.1 Ilmanvaihdon aikaohjelmat	22
5.4 Asetusarvot	23
6 TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ENERGIATEHOKKUUTEEN LIITTYVÄT TEKIJÄT	26
6.1 Kampuksen ilmanvaihdon ohjaus	26
6.2 TK 09 ilmanvaihtokoneen tehostettu ohjaus	26
6.3 Valaistuksen energiatehokkuus	27
6.4 Ohjauksen energiatehokkuuden parantamisedotukset	28

7 YHTEENVETO	29
--------------------	----

LÄHTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tehtiin Satakunnan Ammattikorkeakoulu Oy:lle. Työssä tutkittiin rakennusautomaation toimintaa ja ohjausta energiatehokkuuden näkökulmasta. Työn tilaaja halusi selvittää, mitä kaikkea rakennusautomaatiojärjestelmästä voidaan selvittää ja millainen vaikutus järjestelmien ohjauksella on energiatehokkuuteen. Työssä tarkasteltiin vuonna 2017 valmistunutta Samk Porin kampuksen koulukiinteistöä.

Työn tavoitteena oli esitellä kohteen rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaa ja tarkastella automaatiojärjestelmien ohjauksen toimivuutta energiatehokkuuden näkökulmasta. Työssä esitellään automaatiojärjestelmän teoriaa, kohteen automaatiojärjestelmän toimintaa sekä tarkastellaan järjestelmien ohjauksen energiatehokkuutta. Valmiista opinnäytetyöstä saadaan kirjallisuuden, kenttätutkimuksien ja kiinteistön ylläpitäjien haastattelujen avulla tietoa ja havaintoja kampuksen automaatiojärjestelmän ohjauksesta ja energiatehokkuudesta. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää järjestelmän toimintaa kohteessa, havaita mahdolliset puutteet sekä esittää parannusehdotuksia. Työn tarkoituksena on samalla kartoittaa, mitä kaikkea rakennusautomaatiojärjestelmästä pystytään havainnoida ja kuinka tarkasti.

2 ORGANISAATIO JA KOHDE

2.1 Työn toimeksiantaja

Toimeksiantaja työlle on Satakunnan ammattikorkeakoulu. Satakunnan ammattikorkeakoulussa opiskelee noin 6000 opiskelijaa. Ammattikorkeakoulun ylläpitäjä on vuonna 1997 perustettu Satakunnan ammattikorkeakoulu Oy, jossa on noin 400 työntekijää. Korkeakoulun osaamisalueet ovat hyvinvointi ja terveys, palveluliiketoiminta, teknologia sekä logistiikka ja meriteknologia. Kuvassa 1. kampuksen pääsisäänkäynti. (Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2022)

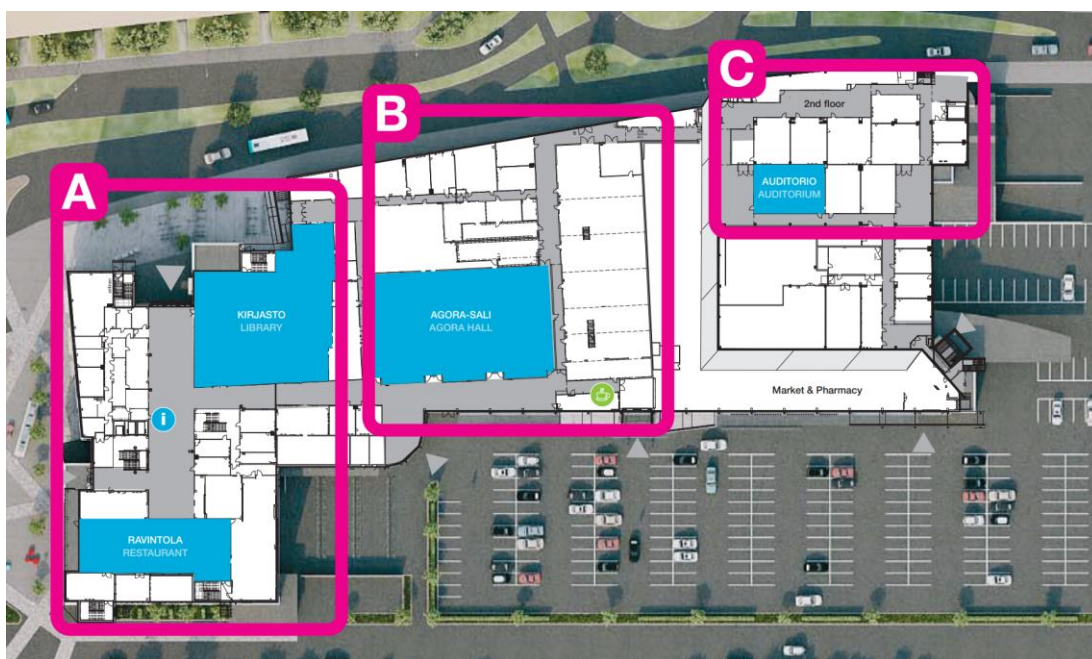


Kuva 1. Samk Porin kampus.

2.2 Tarkastelun kohteena oleva kiinteistö

Työssä tarkastellaan Satakunnan ammattikorkeakoulun Porin kampusta, joka sijaitsee Porin keskustassa, rautatieaseman ja matkakeskuksen vieressä asema- aukiolla osoitteessa Satakunnankatu 23, 28130 Pori. Koulurakennus on valmistunut vuoden 2017 keväällä.

Rakennus on lohkottu kolmeen osaan; A, B ja C. Lohkojako on esitelty kuvassa 2. A-osa on suurin ja siihen kuuluu luokkahuoneiden lisäksi kampuksen ravintola, kirjasto sekä kuntosali. B-osassa sijaitsee luokkahuoneiden lisäksi myös Agora-sali, johon mahtuu parhaimmillaan 1000 henkilöä. C-osan toisessa kerroksessa sijaitsee luokkahuoneiden lisäksi auditorio, ensimmäisessä kerroksessa on K-market sekä apteekki. A-osa on noin kolmanneksen suurempi kuin B- ja C-osat. Koulurakennuksen yhteenlaskettu lämmitetty nettoala on 23 277 m². A- osan lämmitetty nettoala on 14 009 m², B- osan 5 127,9 m² ja C- osan 4139,6 m². (Hämäläinen, 2021)



Kuva 2. Kampuksen jaottelu rakennuslohkoittain. (Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2022)

3 KIINTEISTÖN JÄRJESTELMÄT

3.1 Lämmitysjärjestelmä

Kiinteistön pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä toimii vuoden 2021 alussa käyttöön otettu maalämpö. Järjestelmän tukena ovat myös ilmavesilämpöpumppu ja kaukolämpö, jotka otetaan käyttöön lisälämmityksen tarpeen vaatiessa. Ilmanlämmityskanavisto on kytketty lämmitysverkostoon erillisen lämmönvaihtimen kautta, joten tilojen lämmitys toteutetaan pääasiassa ilmanvaihdon avulla. Ulkoseinällisissä tiloissa on lämmityksen tukena myös vesikiertoiset lämmityspatterit. Rakennuksen A-osa on kokonaan uusi ja sen energiatehokkuusluokka on määräystason mukainen. B- ja C-osat ovat vanhempia, mutta ikkunat sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä on uusittu vuonna 2017. (Aitamaa, 2022)

Kiinteistössä on kaksi eri hybridijärjestelmää. Kampuksen uuden puolen järjestelmä koostuu maalämpöjärjestelmästä, ilmavesilämpöpumpusta ja kaukolämpöjärjestelmästä. Maalämpöjärjestelmän teho on 500 kilowattia ja ilmavesilämpöpumpun teho on 175 kilowattia. Maalämmön ja ilmavesilämpöpumppujen ajojärjestykset riippuvat ulkolämpötilasta ja siitä, kummalla järjestelmällä saadaan tuotettua edullisemmin energiaa. Ulkolämpötilan alittaessa raja-arvon -15°C , ilmavesilämpöpumpun toiminta lakkaa ja maalämmön tueksi otetaan käyttöön kaukolämmitys. Maalämmön osuus lämmitysenergiankulutuksesta on noin 95 %. Kampuksen vanhalla puolella ei ole käytössä maalämpöä, vaan lämmitys perustuu kaukolämmön ja ilmavesilämpöpumpun yhdistelmään. Vanhalla puolella on kaksi 175 kW tehoista ilmavesilämpöpumppua ja raja-arvon alittaessa lämmitys toteutetaan kokonaisuudessaan kaukolämmöllä. Molemmilla puolilla lämmin käyttövesi tuotetaan lämpöpumppujen avulla. (Aitamaa, 2022)

Maalämmön investointikustannukset ovat suuret, mutta energiantuotanto on edullista. Maalämmön avulla voidaan säästää vuosittain jopa 60–80 % lämmityskuluissa. Maalämpöjärjestelmässä pumpun ottaman sähkötehon tarve on vain neljäsnes lämmitysenergiasta. Ohjaus tapahtuu energiatehokkaasti energianhinnan perusteella, jonka avulla säästetään lämmityskustannuksissa ja parhaimmillaan järjestelmän

takaisinmaksuaika voi olla 10 vuotta. Energiansäästöpotentiaalin lisäksi maalämpö on ympäristöystävällinen energiamuoto, sillä energian tuottamisesta ei synny suoria hiilidioksidipäästöjä. (Lamit Oy, 2021)

Maalämmön lisäksi uusiutuvana energiamuotona toimii vesi-ilmalämpöpumppu, joka ottaa ulkoilmasta lämmitysenergiaa ja siirtää sen kiinteistön lämmönjakopiiriin. Investointikustannukset ovat hieman alhaisemmat kuin maalämpöpumpussa, mutta toisaalta vesi-ilmalämpöpumppu tuottaa vähemmän ilmaisenergiaa kuin maalämpö. Nykyaikaiset pumput ovat niin sanottuja inverter-malleja, joissa lämmitystehoa säädetään kompressorin kierrosluvun ohjauksella. Tasavirtausohjauksen ansiosta hyötysuhde paranee, kompressorin elinikä pitenee ja käynnistämisestä aiheutuvat sähkövirran kulutushuiput vähenevät. (Motiva Oy, 2022)

3.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Kampuksen tilojen lämmitys toteutetaan pääasiassa ilmanvaihdon avulla. Kampuksella on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla. Ilmanvaihtokoneita kampuksella on yhteensä 20 kappaletta ja jäähdytyskoneita kolme kappaletta. Kampuksella on muuttuvan ilmavirran järjestelmä, jolla tarkoitetaan läsnäoloon perustuvaa ilmanvaihtoa. Muuttuvan ilmavirran järjestelmässä rakennuksen tulo- ja poistoilmavirtojen tulee olla tasapainossa. IMS (muuttuva ilmatilavuus) peltejä säädetään tilan hiilidioksidimittausten ja lämpötila-anturien perusteella. (Kuosa, 2022)

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava rakennuksen käyttötarkoituksen ja käytön mukaan. Ilmanvaihtojärjestelmän tehtävänä on luoda toiminnallaan edellytykset terveelliselle, viihtyisälle ja turvalliselle sisäilmalle. Ilmanvaihtojärjestelmä sisältää ohjaus-, säätö- ja valvontalaitteita, joiden avulla voidaan valvoa ja ohjata järjestelmän toimintaa. (Talotekniikkainfo, 2021)

Ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen on huomattava, sillä korvausilman lämmittämiseen kuluu noin 20–40 % rakennuksen lämmitysenergiankulutuksesta. Ilmanvaihdon energiatehokkaalla käytöllä voidaan säästää energiankulutuksessa 5–15 %. (Ympäristöministeriö, 2018)

3.3 Valaistusjärjestelmä

Kampuksen valaistusjärjestelmä on toteutettu nykyaikaisilla energiatehokkailla LED-valaisimilla. Valaistusta ohjataan aikaohjelmien avulla ja luokkahuoneissa valaistus toimii osittain liiketunnistimen avulla niin, että valot voidaan kytkeä perinteisellä valokatkasijalla päälle/pois, mutta valot sammuvat automaattisesti, kun tilassa ei ole käyttäjiä. WC-tiloissa pääasiassa valaistus perustuu liiketunnistimeen.

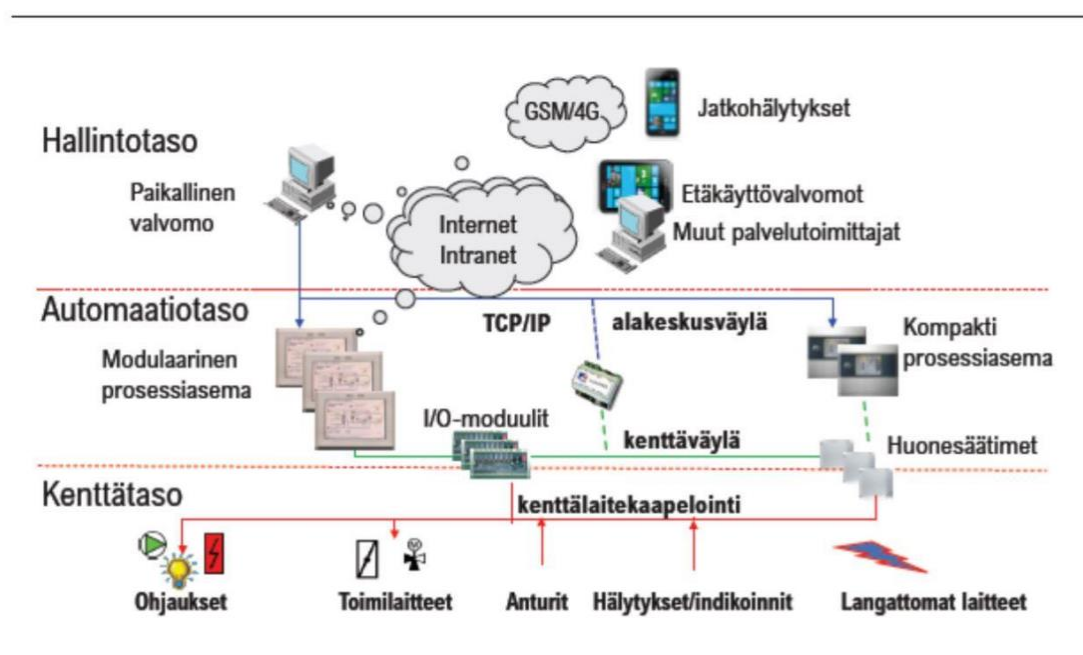
Kaikessa Suomessa käytetystä sähköstä valaistuksen osuus on noin 10 %. Joissain kohteissa valaistukseen kuluvan sähköenergian osuus voi olla kuitenkin suurempi. Esimerkiksi koulurakennuksissa valaistuksen osuus on normaalisti viidennes sähkönkulutuksesta, sillä valot ovat päällä ympäri vuorokauden. Valaistuksen energiatehokkuuden vaikuttaa monta tekijää, kuten valaisintyypit, valaisimien sijoittelu, käyttäjien toiminta sekä valaistuksen ohjaus. Hyödyksi saatavan valon määrä riippuu myös valaisimien kunnosta. LED-valaisimet ovat energiatehokkaita pitkän käyttöiän ja pienen sähkönkulutuksen ansiosta verrattuna muihin markkinoilla oleviin valaisimiin. Valojen tarpeenmukainen käyttö on yksi tärkeimmistä seikoista valaistuksen energiankulutukseen liittyen. Automaattisen ohjauksen avulla saadaan säädettyä valaisinasetuksia tarpeenmukaisiksi. Tärkeää on myös opastaa käyttäjiä toimimaan oikein valojen käytössä. Turha valojen käyttö tyhjillään olevissa tiloissa on suuri valaistuksen energiatehokkuutta alentava tekijä. (Motiva Oy, 2022)

4 RAKENNUSAUTOMAATION TEORIA & YLEISKUVAUS

4.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla ohjataan sekä valvotaan talotekniikan toimintaa kiinteistössä. Tavoitteena on saavuttaa annettujen asetusarvojen mukaiset olosuhteet kiinteistössä mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Ilmastonmuutoksen ja kasvihuoneilmiön vähentämiseksi kansallinen lainsäädäntö ja EU ovat yhdessä asettaneet tavoitearvot kiinteistöjen energiankulutukselle. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää kiinteistöhuollon toiminnan sekä kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamista. Rakennusautomaatiolla sekä sen käytön tehostamisella on merkittävä rooli tavoitteiden saavuttamisen kannalta. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 221)

Automaatiojärjestelmien hierarkia koostuu kuvan 3 mukaisesti kolmesta päätasosta: hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 59)



Kuva 3. Rakennusautomaation yleinen rakenne. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 60)

4.1.1 Hallintotaso

Hallintotason tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Tällä tarkoitetaan PC-valvomoita, joita on paikallistasolla automatisoitavan kiinteistön sisällä tai etävalvonnassa, johon on keskitetty useamman kiinteistön valvonta. Käyttäjälle tulee valvomoon tietoa eri hälytyksistä ja valvomosta voidaan tarkastella graafisia prosessikuvia ja tietojen perusteella säätää esimerkiksi aikaohjelmia tai lämpötilojen asetusarvoja. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 59)

4.1.2 Automaatiotaso

Automaatiotason perustana toimii itsenäiset alakeskukset ja niihin liittyvät I/O-moduulit (tulo/lähtömoduulit) keskitetyissä järjestelmissä. Alakeskus voi olla myös kiinteän I/O pisteen sisältämä kokonaisuus. Alakeskuksen ohjelmat ohjaavat I/O pisteisiin liitettyjen kenttälaitteiden välityksellä prosesseja kuten ilmanvaihtokoneita. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 59)

4.1.3 Kenttätaso

Kenttätasoon sisältyy toimintalaitteet ja anturit. Anturit välittävät tietoa prosessien tilasta ja olosuhteita, kuten tilojen kosteuspitoisuuksista ja lämpötiloista. Alakeskuksen ohjelmistot vertaavat anturista saatua tietoa automaatiosuunnitelman ja käyttäjän asettamiin arvoihin, ja ohjaavat toimintalaitteita niin, että pitoisuudet ja lämpötilat pysyvät säädettyjen asetusarvojen mukaisina. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 59)

4.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän keskeiset tavoitteet

Rakennuksen hyvä energiatehokkuus ja sen ylläpitäminen on jatkuva prosessi. Keskeistä energiatehokkaassa järjestelmässä on oikea tieto rakennuksen olosuhteista ja tilasta. Rakennuksen tilasta saadaan tietoa säätö- ja valvontajärjestelmän avulla. Automaatiojärjestelmän tavoitteena on vähentää turhaa energiankulutusta ja pitää

olosuhteet suunnitellulla tasolla. Tavoitteet saavutetaan oikeanlaisella instrumentoinnilla, sovitetuilla ohjelmistoilla ja ammattitaitoisella ylläpidolla.

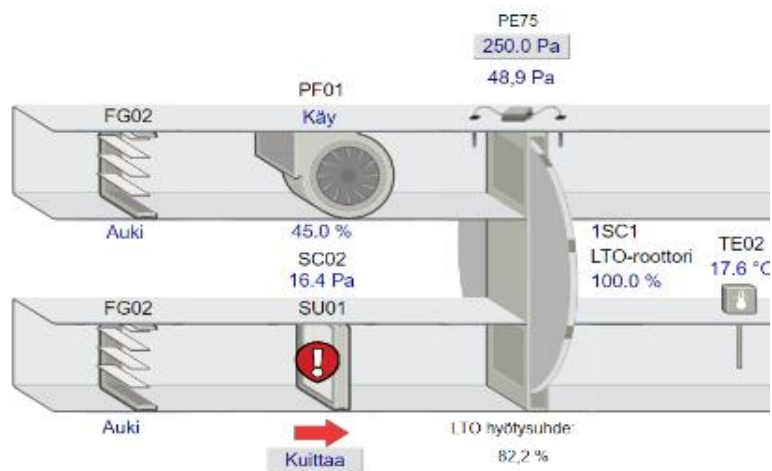
Rakennusautomaatiojärjestelmän keskeiset tavoitteet ovat seuraavat:

- Kykenee toteuttamaan prosessien säädöt ja ohjaukset suunnitelman mukaisella tavalla.
- Valvoo taloteknisiä toimintoja hälytyksien ja mittausten avulla.
- Tuottaa kulutus-, energiatehokkuus-, olosuhde- sekä tilastomateriaalia auttamaan laitoksen energiatehokasta ja toiminnallista ylläpitoa.
- Tarjoaa selkeän, ymmärrettävän ja päivittäistä käyttöä tukevan käyttöliittymän ylläpitäjälle. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 21)

4.3 Järjestelmien käyttö ja ylläpito

4.3.1 Hälytykset

Rakennuksen eri järjestelmien hälytykset ohjelmoidaan ja liitetään osaksi kohteen rakennusautomaatiojärjestelmää. Hälytysten avulla rakennuksen järjestelmien ylläpidosta vastaava taho pystyy reagoimaan nopeasti erilaisiin häiriö- ja vikatilanteisiin. Hälytykset jaetaan kiireellisyysluokkiin. Kiireellisimmät hälytykset ovat terveyttä ja henkeä uhkaavat tapahtumat ja mahdollisesti suurta taloudellista tappiota aiheuttavat tilanteet. Oma toimintaansa valvova rakennusautomaatiojärjestelmä antaa hälytyksiä esimerkiksi anturi- ja laitteiden kommunikaatiovioista. Järjestelmän pitää toimia niin, että se ilmoittaa vikatiloista ja niiden sijainneista automaattisesti järjestelmän ylläpitäjälle. Kuvassa 4 on toimintalaitteen häiriöstä johtuva hälytys. Hälytystiedot tallentuvat historiatiedostoon, mikä mahdollistaa hälytystietojen käsittelyn takautuvasti. Kiireellisyysluokittelun avulla vikailmoitukset luokitellaan tärkeysjärjestykseen, jolloin jatkotoimien arviointi on selvempää. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 222)



Kuva 4. Toimintalaitteen häiriöstä johtuva hälytys.

4.3.2 Aikaohjelmat

Aikaohjelmien avulla ohjataan kiinteistön talotekniikkaa yksinkertaisella ja tehokkaalla tavalla. Nimensä mukaisesti aikaohjelmien avulla hallitaan esimerkiksi ilmanvaihtokoneen käynnin alkamis- ja loppumisajankohtaa sekä sen tehoa. IV-koneet jaotellaan toiminta-alueittain ja jokaisella koneella on omat aikaohjelmat. Jos tilojen käyttäjät vaihtelevat huomattavasti, aikaohjelmiin perustuva ohjaus on hankalaa. Tällaisiin tilanteisiin parempi ohjausvaihtoehto olisi läsnäoloon, ilmanlaatuun tai ajastimeen perustuva ohjaustapa. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 230)

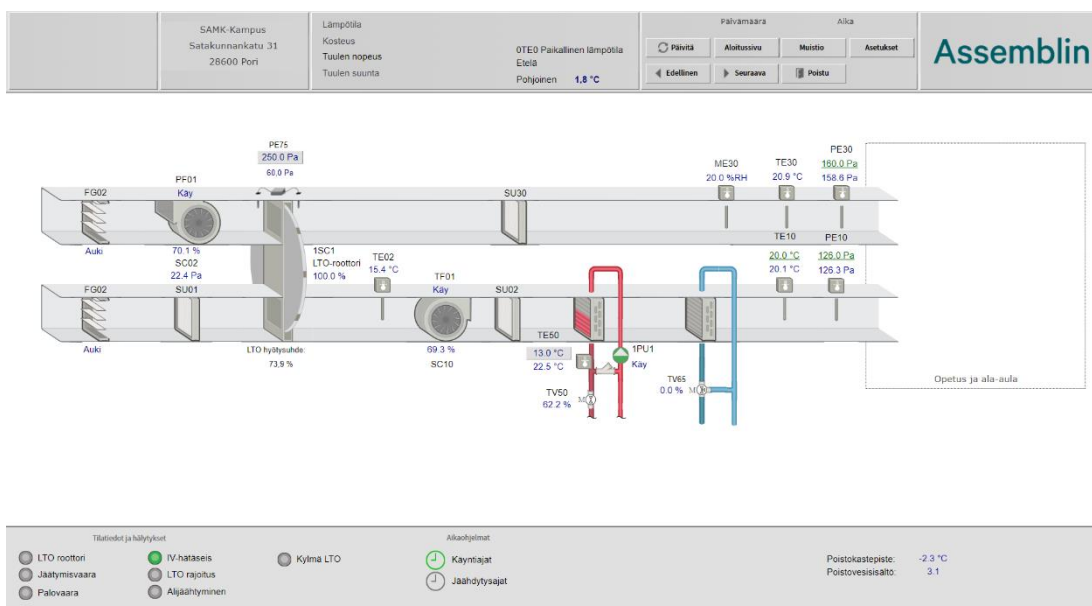
4.3.3 Säädöt

Säätöpiirien seurantaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä niiden toiminta vaikuttaa suoraan energiankulutukseen sekä tilojen olosuhteisiin. Heikosti viritetyt säädöt aiheuttavat tarpeetonta energiankulutusta ja suurella todennäköisyydellä lyhentävät myös nopeasti järjestelmän toimintalaitteiden käyttöikä. Esimerkiksi tilassa, jossa ilmastointikone on tarkoitettu vain ilmanvaihtoon ja lämmitys hoidetaan tilakohtaisilla lämmityspattereilla, tuloilma pitäisi pitää vakio- lämpöisenä. Jos ilmastoinnin tuloilman lämpötilaa säädetään, kun poisto- tai huonelämpötilat muuttuvat, voi syntyä tilanne,

jossa huoneen lämpöpatterit lämmittävät tilaa samanaikaisesti, kun ilmanvaihtokone pyrkii sitä jäähdyttää. Tärkeää on, että säätötapa on oikea sekä säätö on viritetty vastaamaan vaadittavia tarpeita. Näin vältetään ylimääräiseltä energiankulutukselta sekä pidennetään toimintalaitteiden käyttöikää. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 226)

4.3.4 Mittausten seuranta

Rakennusautomaatio pitää sisällään paljon erilaisia mittauksia. Mittausdatan avulla voidaan seurata tehokkaasti ja kattavasti kiinteistön talotekniikan laitteiden toimintaa eri prosesseissa. Prosessin toimintakaavion avulla voidaan tarkastella talotekniikan toimintaa, kuten säätöarvoja ja olosuhteita. Kuvasta 5 näkyy selvästi säätöarvot ja olosuhteet sekä myös mahdolliset hälytykset. (Liedes & Härkönen, 2018, s. 225)



Kuva 5. IV-Koneen TK02 toimintakaavio.

4.4 Rakennusautomaation vaikutus energiatehokkuuteen

Rakennusautomaation avulla helpotetaan käyttäjien työtä sekä vältetään ylimääräiseltä energiankulutukselta. Energiatehokkaalla käytöllä on suora yhteys kustannuksiin. Rakennusautomaatiojärjestelmällä vaikutetaan rakennuksen energiatehokkuuteen pääasiassa optimoinnilla, hälytyksillä sekä raporteilla. (Harju, 2014, s. 98)

4.4.1 Optimointi

Optimoinneilla tarkoitetaan esimerkiksi ilmanvaihdon tarpeenmukaista ohjausta ja säätöä CO₂-mittalaitteiden tai läsnäoloantureiden avulla. Optimaalisen säädön ja ohjauksen avulla voidaan välttää turhaa energiankulutusta. (Harju, 2014, s. 98)

Optimointiohjelmaa käytetään kiinteistöissä, jotka eivät ole ympärivuorokautisessa käytössä, kuten esimerkiksi kouluissa ja liiketiloissa. Ohjelman avulla alennetaan kiinteistön energiankulutusta laskemalla kiinteistön optimaalisen lämmityksen aloitus- ja lopetushetken ulko- ja sisälämpötilojen ja rakennuksen ominaisuuksien mukaan. (Liedes & Härkönen 2018, s. 234)

4.4.2 Hälytykset & valvonta

Automaatiojärjestelmän valvonnan ja hälytyksen tehtävänä on valvoa ja ilmoittaa järjestelmän sisällä tapahtuneista epänormaaleista muutoksista. Esimerkiksi mahdolliset vesivuodot voidaan huomata nopeasti seuraamalla vedenkulutusta aikana, jolloin vettä ei pitäisi kulua. Valvonnan ja hälytyksen avulla minimoidaan energiahukkaa, vahinkojen suuruutta sekä korjausaikoja. (Harju, 2014, s. 98)

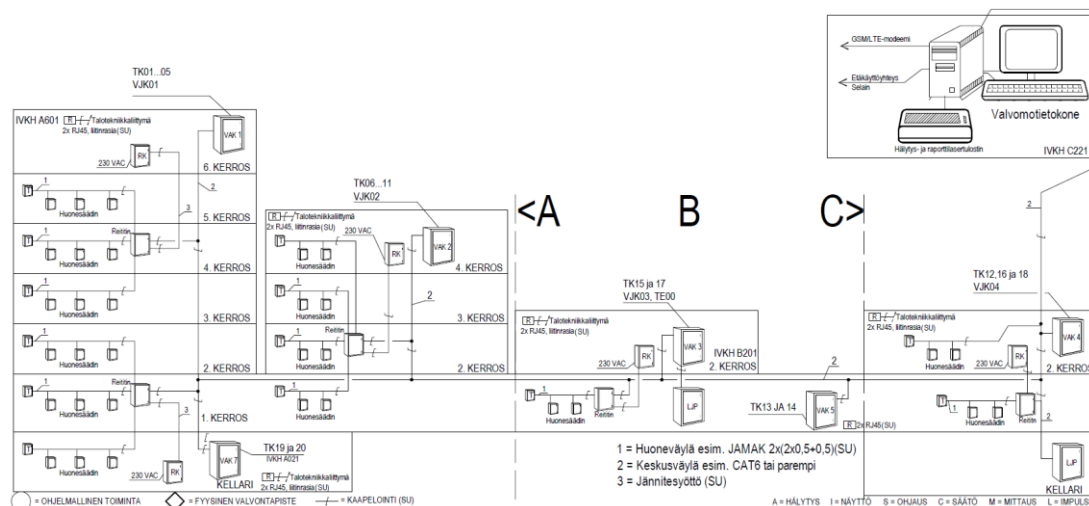
4.4.3 Raportit

Lämmön-, sähkön-, ja vedenkulutuksesta saadaan kuukausittain raportteja. Vertailemalla raportteja edellisiin tuloksiin voidaan päätellä rakennuksen käyttöastetta ja toimivuutta. Raportista saatujen energiakulutustietojen avulla voidaan vertailla rakennuksen energiatehokkuutta vastaavanlaisien rakennusten kanssa. (Harju, 2014, s. 98)

5 KAMPUKSEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

5.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

Kampuksen rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne perustuu hajautettuun järjestelmään, joka on esitetty kuvassa 6. Hajautetussa järjestelmässä kokonaisuus on jaoteltu pienempiin osakokonaisuuksiin, toisin kuin perinteisessä järjestelmässä. Perinteisessä keskitetyssä järjestelmässä on useita hierarkkisia tasoja, joista ylempi taso määrää alempien toimintaa. Ongelmana on se, että yksi vika saattaa ajaa koko järjestelmän alas. Hajautetun järjestelmän periaatteena on, että kaikki yksiköt pystyvät toimimaan itsenäisesti, eivätkä ole riippuvaisia toisistaan. Yksiköt toimivat rinnakkain järjestelmässä, jossa tieto kuitenkin jaetaan eri toiminnoille yhteisellä kielellä. Hajautettuihin kenttäväyliin perustuva ratkaisu mahdollistaa uusien kokonaisuuksien luomisen sekä järjestelmien joustavuuden. Jokainen ilmanvaihtokone toimii itsenäisesti, eli jokaisella konehuoneella on oma keskitetty I/O-moduuli ilmanvaihtokoneiden osalta. (Piikkilä & Sahlstén, 2017, s.16)

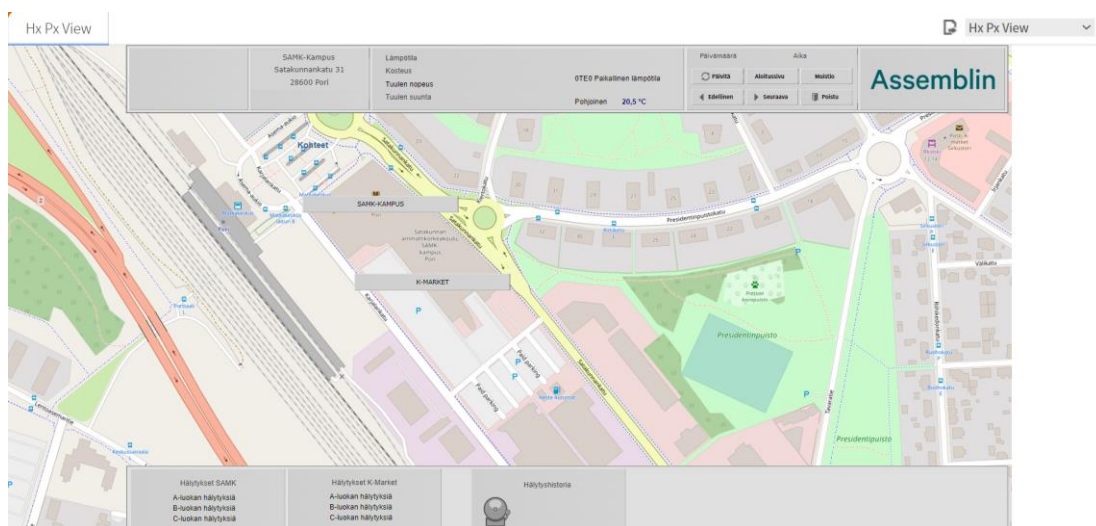


Kuva 6. Sanku Porin kampuksen järjestelmäkaavio. (Kuosa, 2022)

5.2 Valvomo-ohjelma

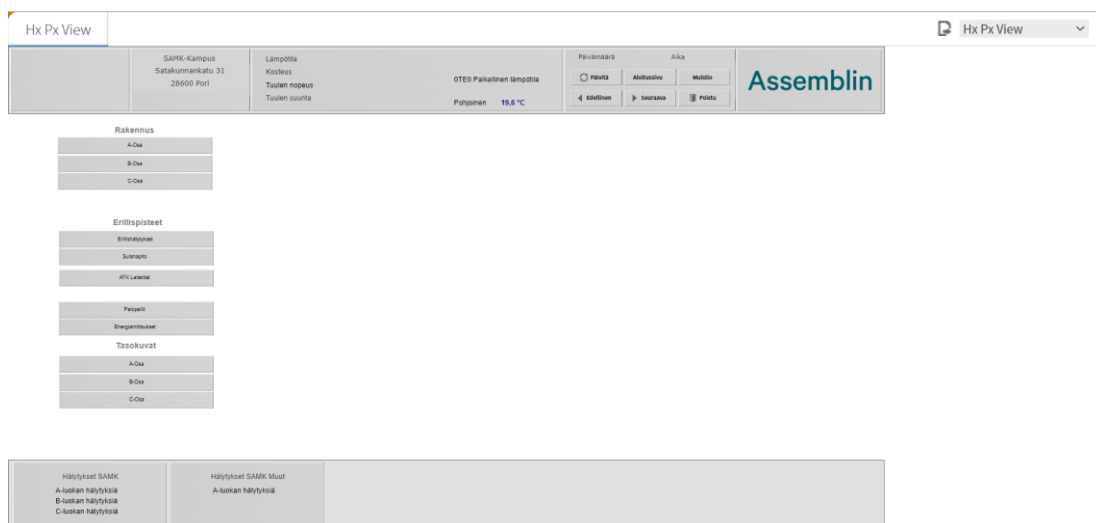
Kampuksen rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu valvomosta, ala-aseamista ja kenttälaitteista. Automaatiojärjestelmää ohjataan ja seurataan valvomotiokoneen avulla, joka sijaitsee IV-konehuoneen tilassa kampuksen C-osassa. Valvomo-ohjelma on

verkkoselainpohjainen, jonka on toimittanut Assemblin Oy, joka vastaa myös ohjelman ohjauksesta ja toiminnasta. Ohjelmaa voidaan käyttää myös etäyhteydellä. Kirjautuessaan järjestelmään sisälle avautuu kuvan 7 mukainen näkymä. Järjestelmästä näkyy reaaliaikaiset raja- ja asetuservot, ulko- ja sisälämpötilat, hälytykset ja muut ohjaukseen ja järjestelmien toimintaan liittyvät oleelliset tiedot. (Kuosa, 2022)



Kuva 7. Valvomojärjestelmän etusivu.

Kun valvomojärjestelmään kirjaututaan sisälle ja valitaan Samk kampus, avautuu kuvan 8 mukainen näkymä. Sivun yläosassa näkyy perustiedot, kuten reaaliaikainen ulkolämpötila. Sivun vasemmalla puolella näkyy valintapalkkeja eri toiminnoille. Valintapalkkia klikkaamalla päästään tarkastelemaan haluttua osaa. Sivun alareunassa on ilmoitus hälytyksistä.



Kuva 8. Samk kampuksen valvomojärjestelmän aloitussivu.

Kun valitaan tarkastelukohteeksi rakennuksen A-osa ja klikataan valintapalkkia, avautuu kuvan 9 mukainen näkymä. Valvomojärjestelmästä saa paljon tietoa rakennusosan automaatiojärjestelmän toiminnasta sekä mitä komponentteja järjestelmään kuuluu. Kuten kuvasta 7 voidaan nähdä, rakennuksen A-osassa on 13 ilmanvaihtokonetta, kaksi jäähdytyskonetta sekä porrashuoneiden, hissikuilujen sekä ryömintätilan poistoilmanpuhaltimet. B- ja C-osissa on yhteensä seitsemän IV-konetta ja C-osassa yksi jäähdytyskone sekä poistoilmapuhaltimet. Ohjelmasta pystytään seuraamaan myös luokkahuoneiden ja muiden tilojen ilmanlaatua sekä valaistuksen asetuksia.

The screenshot displays the 'Hx Px View' interface for building A. The top header includes the building name 'SAMK-Kampus Satakunnankatu 31 28500 Pori', location 'Lämpötila, Kosteus, Tuulen nopeus, Tuulen suunta', and weather '0TE0 Paikallinen lämpötila Etelä Pohjoinen 19,1 °C'. Navigation buttons include 'Päivitys', 'Alustus sivu', 'Muiden', 'Edellinen', 'Seuraava', and 'Poistu'. The main content area is divided into several sections:

- Lämmitys**: Ovet/oviovet, Jäähdytys (VAK1, VAK2)
- Huonesäädöt**: A-Osa, Valaistus (A-Osa, Ulkovalot)
- Ilmanvaihto**: TK01 through TK10, Erilappatorit
- Erillismitaukset**: Sähkömittaukset
- Palvelualueet**: Kallit, 1.Kerros through 6.Kerros

At the bottom, there is a small text block: 'Puuosasto 1, 23100 Myllymäki, Heteropään valtatie 40F, 33000 Tampere, Tiedustelu 4, 28000 Pori' and a timestamp: 'Kuva muodotettu: 11. heinäkuuta 2021 14:50:51. Kuvan muokkaa Ohj. Eronet'.

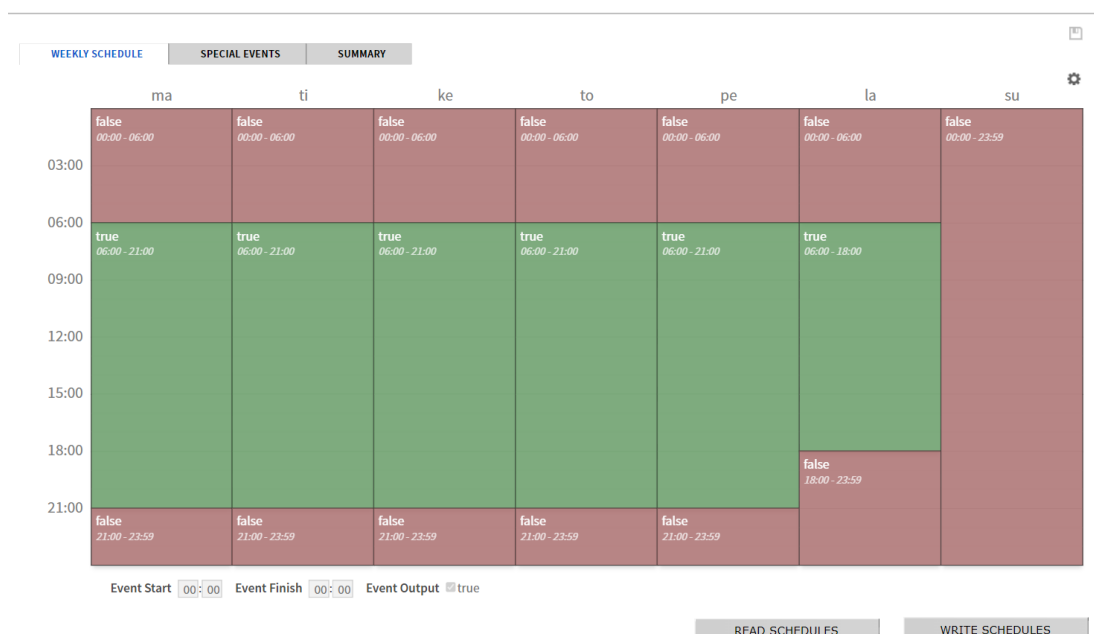
Kuva 9. Rakennuksen A-osan näkymä.

5.3 Aikaohjelmat

Aikaohjelmilla pystytään ohjaamaan lähes kaikkia rakennuksen järjestelmiä käsin valvomosta. Erityisen tärkeää on tiedostaa mihin eri toimintoihin valvomo-ohjelman käyttäjä pystyy vaikuttamaan aikaohjelmien muuttamisella. Ohjelman taulukoista nähdään selkeästi mitä laitteita tai ohjelmia aikaohjelman avulla voidaan ohjata. Aikaohjausten asetuksilla on suuri vaikutus järjestelmän energiatehokkuuteen, sillä oikeilla asetuksilla rakennuksen energiankulutus voidaan pitää hallinnassa. Aikaohjelmien

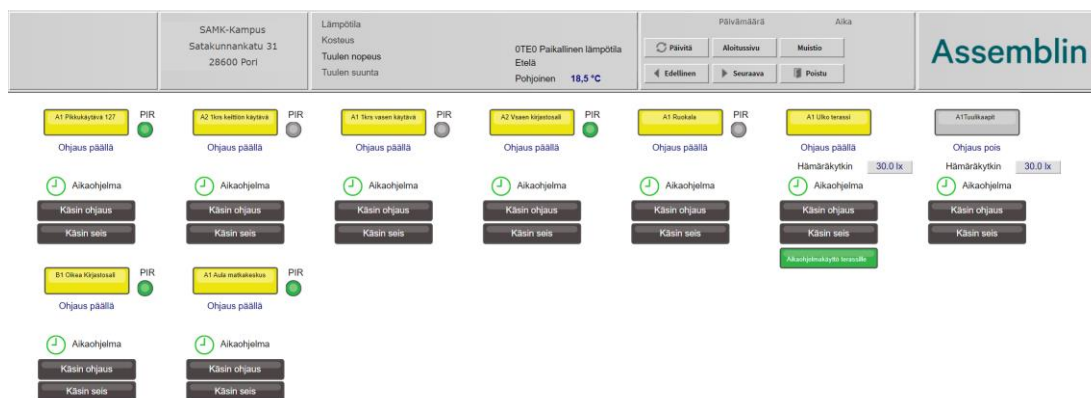
muokkaus on yksi yleisimmistä toimenpiteistä kiinteistöautomaatiojärjestelmien ohjauksessa. (Piikkilä & Sähkötieto, 2018)

Aikaohjelmia hyödynnetään kampuksella ilmanvaihtokoneen ja valaistuksen ohjauksessa. Ilmanvaihtokoneet ovat säädetty aikaohjelman avulla jatkuvalle käytölle ja valaistuksen osalta käyttöä on rajoitettu rakennuksen käyttöajankohtien mukaan. Yleisissä tiloissa kuten käytävillä ja ruokalassa, automaattivalaistus on säädetty aikaohjelmien avulla. Luokkahuoneissa ei ole aikaohjausta valaistuksen osalta, mutta valot sammuvat automaattisesti, kun tilassa ei ole käyttäjiä. Kampuksella valaistuksen aikaohjaus on arkisin klo 06–21 ja lauantaisin klo 06–18, kuten kuvasta 10 voidaan havaita. Sunnuntaisin aikaohjaus on pois päältä, koska rakennuksella ei ole silloin käyttäjiä.



Kuva 10. Rakennuksen A-osan valaistuksen aikaohjelma.

Valvomo-ohjelmasta voidaan säätää valaistuksen aikaohjelmia kuvan 11 mukaisesti. Valaistuksen aikaohjelma on säädetty rakennuksen oletetun käytön perusteella. Käyttäjän ulkopuolella aikaohjelman ollessa pois päältä valaistus perustuu liiketunnistukseen.



Kuva 11. Valvomo-ohjelman näkymä A-osan 1.kerroksen valaistuksista.

5.3.1 Ilmanvaihdon aikaohjelmat

Rakennusautomaatiojärjestelmän aikaohjelma ohjaa kojeiston käyntiä. Aikaohjelman avulla voidaan säätää koneen käynnistys- ja lopetusajankohdat. Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat eivät vaihtele, vaan kaikki koneet ovat jatkuvalla käytöllä kuvan 12 mukaisesti.



Kuva 12. Ilmanvaihtojärjestelmän aikaohjelma.

Jäähdytysjärjestelmälle on myös oma aikaohjelmansa, minkä avulla voidaan säätää keskitetysti rakennuslohkoittain käyntiaikoja. Konvektorin ja sen jäähdytysventtiilin käyttö estetään aikaohjelmalla, jolloin jäähdytys ei mene päälle, kun tila on

esimerkiksi tyhjillään. Jäähdytysjärjestelmän toiminta-aika nähdään kuvasta 13, jossa järjestelmä on päällä, kun tilassa oletetaan olevan käyttäjiä.



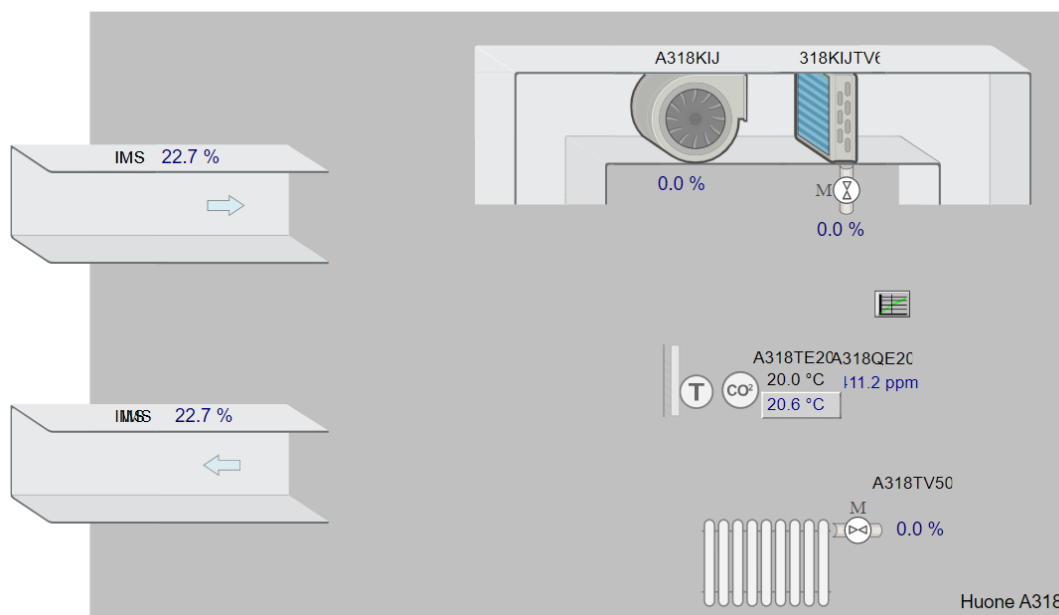
Kuva 13. Jäähdytysjärjestelmän aikaohjelma.

5.4 Asetusarvot

Samk kampuksella on läsnäoloon perustuva tilakohtainen ilmanvaihto. Ilmanvaihtoa ohjataan automaattisesti tilojen lämpötila- ja hiilidioksidimittausten perusteella. Valvontajärjestelmä pitää huoneen lämpötilan asetusarvossaan säätämällä ilmamääräsäätimiiä, jäähdytyskonvektorin käyntinopeutta sekä säätöventtiiliä asetusarvojen mukaisesti. Tilakohtaisten lämpötilojen asetusarvot vaihtelevat tilasta riippuen 20–22 asteen välillä ja asetusarvot näkyvät valvomo-ohjelman tilakohtaisista tiedoista. Valvomo-ohjelmasta näkee valitun tilan reaaliaikaisen lämpötilan, lämpötilan asetusarvot sekä tilan hiilidioksidipitoisuuden kuvan 14 mukaisesti. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on pitää tilan olosuhteet asetusarvojen mukaisina säätämällä rakennusautomaatiojärjestelmän komponentteja. (Kuosa, 2022)

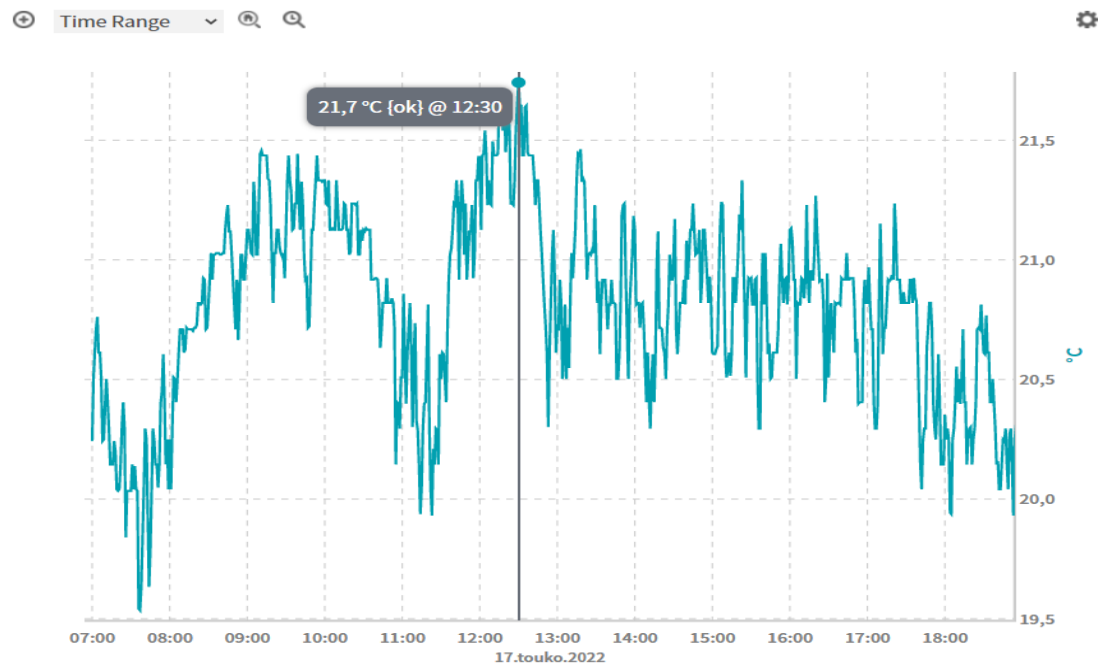
Valvomo-ohjelmaan on valittu kuvan 14 mukaisesti luokkahuone A318. Luokkahuone on ulkoseinällinen tila, joka sijaitsee rakennuksen A-osassa. Lämmityksen tukena on myös vesikiertoinen lämmityspatteri. Kuvasta nähdään IMS-peltien säätöasetnot ja luokkahuoneen lämpötilan asetusarvot sekä hiilidioksidipitoisuus. Kuvasta näkyy myös puhallin ja jäähdytysventtiili. Luokkahuoneen lämpötilan asetusarvo on

20 °C ja hiilidioksidipitoisuus 411,2 ppm. Luokkahuoneessa vallitsevan lämpötilan ollessa 20,6 °C, asetusarvon ja lämpötilan ero on 0,6 °C, kun tila on tyhjillään.



Kuva 14. Luokkahuoneen A318 valvomo-ohjelman näkymä.

Lämpötilalaatikkaa klikkaamalla aukeaa kuvan 15 mukainen näkymä, josta voidaan nähdä tarkasti tilan lämpötilat jopa vuoden otannalla. Tarkastelun aikaväli oli 17.5.2022 klo 07:00-19:00, jolloin luokkahuone oli käytössä 8:30-17:00. Tarkastelujakson aikana lämpötilapiikki oli ylimmillään 21,7 °C ja alimmillaan 19,5 °C. Lämpötiladatasta huomaa, milloin tila on ollut käytössä, sillä lämpötila on hetkellisesti hieman noussut asetusarvosta tilan käytön aikana.



Kuva 15. Luokkahuoneen A318 lämpötiladata.

6 TEKNISET JÄRJESTELMIEN ENERGIATEHOKKUUTEEN LIITTYVÄT TEKIJÄT

6.1 Kampuksen ilmanvaihdon ohjaus

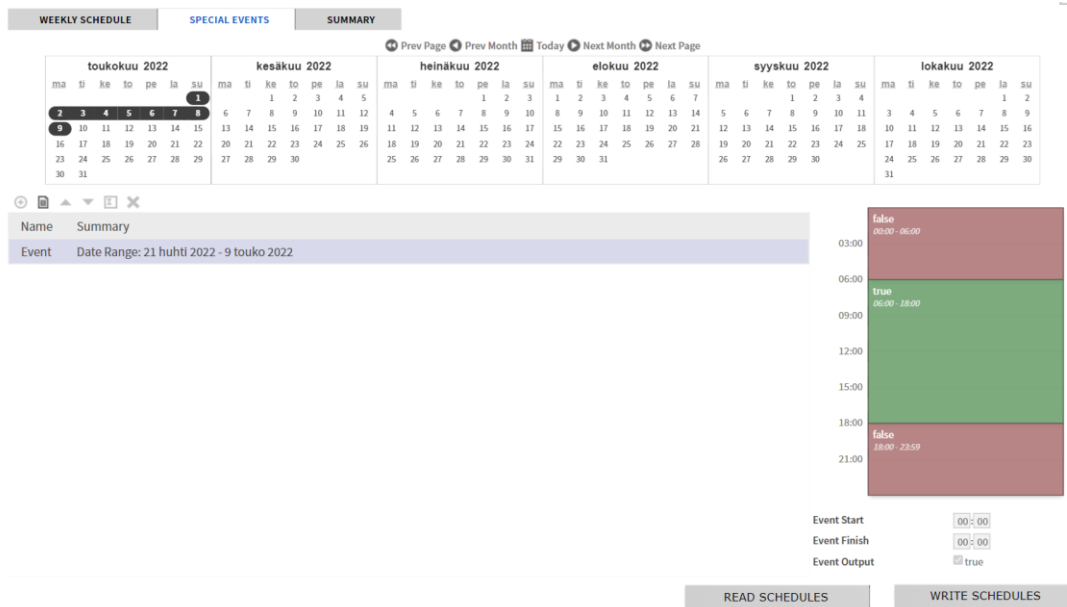
Ilmanvaihtokoneen ei välttämättä tarvitse käydä jatkuvasti, tai ainakin optimaalista tehostusta voisi hyödyntää paremmin aikaohjelmien ja tehon säädön avulla. Ilmanvaihdon aikaohjauksen säätöä voitaisiin säädellä niin, että kun tila on tyhjillään, ilmanvaihtokoneen tehoa voitaisiin tiputtaa nykyisestä.

6.2 TK 09 ilmanvaihtokoneen tehostettu ohjaus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millainen vaikutus aikaohjelman ja tehon säädöllä oli ilmanvaihtokoneen TK09 sähköenergiankulutukseen. Kampuksen ilmanvaihtokoneet käyvät IMS- säädöillä tiloissa, joissa on huonekohtainen ilmanvaihto. Tutkimukseen valittiin rakennuksen A-osan IV-kone TK09, joka on kampuksen suurin ilmanvaihtokone. Tutkimus sijoittui aikavälille 4.4.-9.5.2022.

Ilmanvaihtokoneen kierrostehoa muokattiin niin, että tehostuskäyttö oli päivisin 06-18 ajalla ja alennettu käyttö 18-06 välisellä ajalla kuten kuvasta 16 voidaan havaita. Alennetulla käytöllä koneen kierrosteho puolitettiin normaalista mitoitustehosta. Ilmanvaihtokoneen sähkönkulutusta seurattiin ensin 4.4.-21.4. välisenä aikana normaalilla ajolla. Tarkastelujakson jälkeen koneen säätöjä ja ohjausta muokattiin halutulla tavalla. Ilmanvaihdon tehostusasetukset olivat käytössä 21.4.-9.5. välisenä aikana. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää normaalin ajon sähköenergiankulutuksen määrää tehostettuun ajoon. Normaalin ajon hetkellinen sähkötehon määrä oli 32,4 kW ja tehostuksella hetkellinen sähköteho tippui 30,5 kW. Normaalilla ajolla tarkastelujakson aikana ilmanvaihtokoneen sähkönkulutuksen määrä oli 11 081 kWh, mikä on tarkastelujakson 408 tunnille jaettuna noin 27,2 kWh per tunti. Tehostetulla käytöllä tarkastelujakson sähkönkulutuksen määrä oli 12 316 kWh. Jaettuna tulos tarkastelujakson 432 tunnille keskimääräinen tuntikulutus oli 28,5 kWh per tunti. Tutkimustuloksesta nähdään tehostetun käytön vaikutus ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutukseen. Tehostetun käytön aikana sähkönkulutus oli noin 1,3 kWh korkeampi tunnissa kuin

normaalin ajon aikana. Vuorokaudessa kulutuksen ero on noin 31,2 kWh, mutta kyseessä on kuitenkin vain yksi kampuksen kahdestakymmenestä ilmastointikoneesta. Ilmanvaihtokoneen tehostettu käyttö nosti koneen energiankulutusta.



Kuva 16. TK 09 ilmanvaihtokoneen tehostettu käyttö aikaohjelmalla.

6.3 Valaistuksen energiatehokkuus

Energiatehokkuuden näkökulmasta valaistuksen osalta voisi tarkastella hieman tarkemmin rakennuksen käyttöaikoja. Kun rakennuksella ei ole käyttäjiä, valaistustehoa voidaan laskea tai pistää kokonaan pois päältä. Olisi syytä myös tarkastella valaistuksen tarvetta kampuksen ollessa kiinni, kuten pyhäpäivinä ja loma-aikoina. Kampuksen A-osassa on isot ikkunat ensimmäisessä kerroksessa ja porrashuoneissa, joten valaistuksen tarpeenmukaisuutta olisi syytä tarkastella kesäaikana, jolloin ulkoa tuleva valon määrä on huomattavasti suurempi kuin talviaikana. Valaistuksen optimaalisella säädöllä on suuri energiansäästöpotentiaali, sillä koulurakennuksessa jopa viidennes sähkön kokonaiskulutuksesta syntyy valaistuksesta. (Motiva Oy, 2022)

6.4 Ohjauksen energiatehokkuuden parantamisehdotukset

Rakennusautomaatiolla on suuri vaikutus kiinteistön energiatehokkaaseen käyttöön. Tärkeintä on optimoida järjestelmä toimimaan tarpeenmukaisesti ja mahdollisimman energiatehokkaasti tinkimättä kuitenkaan käyttäjien mukavuudesta. Huoneiden lämpötilojen laskun vaikutusta energiankulutukseen ei tässä tutkimuksessa käsitelty, mutta jo yhden asteen pudotuksella järjestelmän energiatehokkuus paranisi nykyisestä. Ongelmana on käyttäjien mahdollinen oireilu lämpötilan tiputukseen. Energiansäästöä voisi miettiä juuri tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ohjauksen osalta. Tarpeenmukainen lämmitys ja jäähdytys on välttämätöntä, mutta käyttöajan ulkopuolella lämpötiloja voitaisiin laskea asetusarvosta aikaohjelman avulla.

Kun kyse on koulurakennuksesta ja varsinkin kesällä rakennus on suurimmaksi osaksi tyhjillään, olisi järkevää tarkastella järjestelmien toimintaa, kun rakennuksessa ei ole käyttäjiä. Ilmanvaihtokoneen sammuttaminen käyttöajan ulkopuolella on yksi vaihtoehto, mitä kannattaa tutkia tarkemmin. Pysäyttämisen voitaisiin toteuttaa käyttöajan ulkopuolella lyhyissä jaksoissa. Esimerkiksi arkipäivinä koneet voitaisiin sammuttaa yöksi aikaohjelman avulla. Ilmanvaihdon pysäyttäminen kokonaan voi toisaalta vaikuttaa sisäilmanlaatuun ja sitä kautta heikentää käyttäjien hyvinvointia.

Parannusehdotuksia energiatehokkaamman ohjauksen osalta on varmasti vielä enemmän, mutta suurimmat energiankulutukseen vaikuttavat järjestelmät toimivat kampuksella optimaalisesti.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata ja selvittää rakennusautomaatiojärjestelmien toimintaa energiatehokkuuden näkökulmasta. Työn avulla saatiin paljon tietoa Samk kampuksen lämmitys-, ilmanvaihto- ja valaistusjärjestelmistä, automaatiojärjestelmän toiminnasta sekä järjestelmien energiatehokkuudesta.

Työssä esiteltiin kohteen automaatiojärjestelmän toimintaa ja valvomo-ohjelmaa. Kohteen automaatiojärjestelmän esittelystä selviää, mitä tietoja järjestelmästä voidaan saada selville. Energiatehokkuutta tarkasteltiin ilmanvaihdon ja valaistuksen ohjauksen osalta. Tutkimustulosten perusteella TK09 ilmanvaihtokoneen tehostettu käyttö nosti koneen energiankulutusta. Valaistuksen osalta optimaalisella säädöllä rakennuksen käyttöaikojen sekä vuodenaikojen mukaan olisi mahdollista säästää energiaa. Tutkimustuloksista saatiin selville hyödyllistä tietoa ilmanvaihdon tehostuksen ja valaistuksen vaikutuksesta sähköenergiankulutukseen. Jatkotutkimuksissa voitaisiin syventyä vielä tarkemmin esimerkiksi ilmanvaihdon ohjauksen energiatehokkuuteen.

LÄHTEET

- Aitamaa, L. (12.5.2022). Projekti- ja teknologiapäällikkö Lasse Aitamaan sähköposti.
- Harju, P. (2014). Talotekniikan perusteet 2. Penan tieto-opus.
- Hämäläinen, T. (6.8.2021). Kiinteistöpäällikkö Tero Hämäläisen sähköposti.
- Kuosa, J. (16.3.2022). Assemblin Oy projektipäällikkö, Jarkko Kuosa, videohaastattelu.
- Lamit Oy. (31.3.2021). Miksi maalämpöön siirtyminen kannattaa? Haettu 4.5.2022 osoitteesta <https://www.lamit.fi/miksi-maalampoon-siirtyminen-kannattaa/>
- Liedes, R.;& Härkönen, P. (2018). Rakennusautomaatiojärjestelmät. (6., uudistettu painos.). Sähköinfo.
- Motiva Oy. (24.1.2022). Ilma-vesilämpöpumppu. Haettu 4.5.2022 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu
- Motiva Oy. (13.1.2022). Valaistus. Haettu 17.5.2022 osoitteesta https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/valaistus
- Piikkilä, V.;& Sahlstén, T. (2017). Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. (2., uud.painos.). Sähköinfo Oy.
- Piikkilä, V.;& Sähkötieto. (2018). Kiinteistön valvomojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo.
- Satakunnan ammattikorkeakoulu. (22.4.2022). Haettu 10.6.2022 osoitteesta <https://www.samk.fi/>
- Talotekniikkainfo. (11.6.2021). Sisäilmasto ja ilmanvaihto-opas. Haettu 2.5.2022 osoitteesta <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas>
- Ympäristöministeriö. (9.3.2018). Keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Haettu 5.6.2021 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Energiatehokkuus/Energiahukan_vahentaminen/Ilmanvaihdon_tarkastus_ja_saato/Keskitetty_koneellinen_tulo_ja_poistoilmanvaihto