



Insinööriyden kynnyksellä

Sähkö-, talo- ja biotuotetekniikan koulutusten
opinnäytetöitä vuosijulkaisu 2023

Kari Dufva & Mari Koivunen (toim.)

Kari Dufva & Mari Koivunen (toim.)

Insinööriyden kynnyksellä

Sähkö-, talo- ja biotuotetekniikan
koulutusten opinnäytetöitä
vuosijulkaisu 2023



XAMK KEHITTÄÄ 225

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
MIKKELI 2023



© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Getty Images

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-549-9 (nid.)

ISBN: 978-952-344-550-5 (PDF)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkko)

julkaisut@xamk.fi

TIIVISTELMÄ

Insinööriyden kynnyksellä -julkaisun neljänteen vuosikertaan on edellisvuosien tapaan koottu Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun sähkö-, talo- ja biotuotetekniikan koulutusten insinööriopiskelijoiden opinnäytteinä julkaistuja tutkimuksia, jotka on toteutettu yhteistyössä yritysten kanssa. Kirjoittajina ovat opinnäytetöiden tekijät sekä ohjaavat opettajat. Julkaisun artikkelit ovat tiivistelmiä opinnäytetöistä ja kussakin artikkelissa on linkki Theseuksessa julkaistuihin alkuperäisiin opinnäytetöihin.

Tutkintoon johtava insinöörikoulutus toimii tiiviissä yhteistyössä yritysten ja elinkeinoelämän kanssa niin opiskelijoiden, yritysten kuin aluekehityksenkin hyväksi. Koulutukseen kuuluva opinnäytetyö tehdään usein yritysten toimeksiantona, ja sen tarkoituksena on myös auttaa opiskelijan siirtymistä työelämään. Opinnäytetyön merkitys korostuu ylemmän ammattikorkeakoulun tutkinnossa, jossa puolet tutkinnon laajuudesta koostuu opinnäytetyöstä. Tässä julkaisussa ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetöitä on esitelty sähkövoimatekniikan sekä talotekniikan YAMK-koulutuksista.

Kestävään kehitykseen ja vihreään siirtymään liittyvän osaamisen kasvattaminen on ollut ammattikorkeakouluopetuksen keskeinen tavoite jo pitkän ajan. Kiertotalouteen ja energiaan liittyvät aiheen ovat opinnäytetöissä usein esillä, ja myös tässä julkaisussa on runsaasti energiaan liittyviä töitä. Teemaan liittyvät asiat tulevat olemaan vahvasti esillä myös tulevaisuudessa.

Tämän artikkeliteoksen toimittajat kiittävät opinnäytetöiden tekijöitä ja teokseen osallistujia, opinnäytetöiden rahoittajia sekä yhteistyökumppaneita yhteisen toiminnan mahdollistamisesta.

Avainsanat: opinnäytetyö, sähkötekniikka, talotekniikka, biotuotetekniikka

ABSTRACT

As in previous years, studies published as theses by the engineering students of the Schools of Electrical, Building and Bioproduct Engineering at South-Eastern Finland University of Applied Sciences have been compiled in the fourth volume of the publication. The authors are the thesis writers and the guiding teachers. The publication articles are thesis summaries, each containing a link to the original thesis published in Theseus.

Engineering education leading to a degree works in close cooperation with companies and life sciences for the benefit of students, companies and regional development. The thesis, which is part of schooling, is often done as an assignment for companies, and it is also intended to help the student transition into working life. The master's degree emphasises the significance of the thesis, which is half of the degree's scope. In this publication, master's theses have been presented from the bachelor's degree programmes in Electrical Power Engineering and Building Technology.

Increasing competence related to sustainable development and green transition has been a key goal of polytechnic education for a long time. The topic related to the circular economy and energy is often featured in theses, and there is plenty of energy-related work in this publication. Issues related to the theme will also be strongly highlighted in the future.

The editors of this article thank the thesis authors and the participants, the financiers, and the collaborators for enabling joint action.

Keywords: thesis, electrical engineering, building services, bioproduct engineering

KIRJOITTAJAT

JOHANNA AROLA,

insinööri (ylempi AMK), lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy, Sähkö-,
talo- ja materiaalitekniikan koulutus

KARI DUFVA,

TkT, koulutusjohtaja
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy, Sähkö-,
talo- ja materiaalitekniikan koulutus

KONSTANTIN GROMYKO,

insinööri (ylempi AMK), projekti-insinööri
Fimpec Engineering Oy

VILJAMI HAUTAKOSKI,

insinööri (AMK), automaatioasiantuntija
Mipro Oy

TEPPO JÄRVINEN,

insinööri (ylempi AMK), kojeistosuunnittelija
Norelco Oy

MARI KOIVUNEN,

FM, lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Yhteisten opintojen koulutusyksikkö

JARKKO KOLEHMAINEN,

insinööri (ylempi AMK), lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutus

MARJA KORHONEN,

insinööri (AMK), Vanhempi operaattori
UPM Tutkimuskeskus

JUHA KORPIJÄRVI,

TkT, yliopettaja
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutus

AKI KOSONEN,

insinööri (AMK) Sales Engineer
Andritz Oy

RISTO KUITUNEN,

insinööri, lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutus

RITVA KÄYHKÖ,

TkL, lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutus

PETRA LIETOSAARI,

insinööri (AMK), LVI-suunnittelija
A-Insinöörit Oy, Espoo

JARKKO MÄNNYNSALO,

DI, lehtori
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy,
Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutus

OLLI PEUHKURI,

insinööri (AMK), LVI-suunnittelija
Etteplan Finland Oy

ANTTI RATIA,

insinööri (AMK), tekninen neuvonantaja
ISTO Group Oy

JANI RÄISÄNEN,

insinööri (AMK), automaatioinsinööri
Jartek Invest

HANNA TIIHONEN,

insinööri (AMK), palveluasiantuntija
Mipro Oy

SIMO UDD,

insinööri (ylempi AMK), laatuinsinööri
Kempower Oy

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	5
ABSTRACT.....	6
KIRJOITTAJAT	7
JOHDANTO	10
SYRJÄYTYPESURIN KÄYTTÖÖNOTTO MUOKATUN SELLULOOSAN PESUUN.....	16
Marja Korhonen & Jarkko Männynsalu	
POHJAPURKAIMEN PERUSKUNNOSTUSTEN TUOTTEISTAMINEN	23
Aki Kosonen & Ritva Käyhkö	
VALTRA REMAN OSIEN TUOTTAMA ENERGIANSÄÄSTÖ VERRATTUNA UUSIEN OSIEN VALMISTUKSEEN.....	30
Hanna Tiihonen & Ritva Käyhkö	
ÄLYKKÄIDEN SÄHKÖVERKKOJEN OPETUSSIMULAATTORIN TESTAUS JA PEDAGO- GINEN KÄSIKIRJOITUS	35
Konstantin Gromyko & Juha Korpijärvi	
SÄHKÖAUTOJEN LATAUSJÄRJESTELMÄN MITOITUS TALOYHTIÖYMPÄRISTÖSSÄ	40
Viljami Hautakoski & Risto Kuitunen	
RYHMÄJOHDON VALOKAARISUOJAUS.....	45
Teppo Järvinen & Juha Korpijärvi	
LÄMPÖKÄSITTELYLAITTEISTON MODERNISOINTI.....	52
Jani Räisänen & Risto Kuitunen	
KOTKAN KANTASATAMAN ENERGIAYHTEISÖN SIMULOINTI	58
Simo Udd & Juha Korpijärvi	
TALOTEKNIIKAN OPETUSSUUNNITELMA TULEVAISUUDESSA – TUTKIMUKSESTA TAUSTATIETOA KEHITYSTYÖHÖN.....	62
Jarkko Kolehmainen & Johanna Arola	
TALOTEKNIikka OSANA VÄHÄHIILISTÄ RAKENTAMISTA – OPETUSRAKENNUKSEN HIILIJALANJÄLKI.....	68
Petra Lietosaari & Johanna Arola	
RAKENNUKSEN TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ENERGIA-AUDIOINTI.....	73
Olli Peuhkuri & Johanna Arola	
MIKKELIN PERHETALOSSA TUTKITTIIN SÄTEILYPANEELIJÄRJESTELMÄN SOVELTU- VUUTTA JA TOIMINTAA SAIRAALAOLOSUHTEISIIN	80
Antti Ratia & Johanna Arola	

JOHDANTO

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa insinööritieteitä voi opiskella kaikilla koulun neljällä kampuksella; Kotkassa, Kouvolassa, Mikkelissä ja Savonlinnassa. Koulutusta annetaan informaatioteknologian, logistiikan ja merenkulun, metsätalouden ja ympäristötekniikan, rakennus- ja energiatekniikan sekä sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutusyksiköissä. Monipuolinen ja uudistuva koulutustarjonta tuo alueiden yrityksille ja elinkeinoelämälle työntekijöitä ja lisää osaamista useilla aloilla.

Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutusyksikön toiminta jakautuu Mikkelin sekä Savonlinnan alueille. Mikkelin kampuksella sijaitsevat sähkö- ja automaatiotekniikan sekä talotekniikan (LVI) koulutukset antavat insinöörin perustutkinnon lisäksi YAMK-koulutusta sähkövoimatekniikan sekä talotekniikan koulutuksissa. Biotuotetekniikan koulutus toimii Savonlinnan kampuksella sekä prosessitekniikan tutkimustoimintaan erikoistuneen Xamkin kuitulaboratorion yhteydessä Savonlinnassa.

Tämänvuotisessa kokoomateoksessa esitettyjen julkaisujen teemat liittyvät melkein kaikki jollain lailla ekologisuuteen ja tehokkuuden parantamiseen, eivät niinkään suoraan taloudelliseen tehokkuuden parantamiseen, vaan tehokkuuteen erityisesti ympäristön ja energian näkökulmasta. Tuotannollisen tehokkuuden lisäksi ja omalla tavallaan taloudellista tehokkuutta kehittävä kiertotalousajattelu on myös esillä. Huoltoa, kunnossapitoa ja uudelleenkäyttöä tutkivat opinnäytetyöt ovat esimerkkejä kiertotalouteen liittyvästä toiminnasta, jossa tuotteiden käyttöikä ja mahdollista uusiokäyttöä muodossa tai toisessa pyritään lisäämään. Valtran esimerkki konepajatuotteiden komponenttien uusiokäytöstä on hieno sovellus autoteollisuudessa jo pitkään käytössä olleesta toimintatavasta, jossa vanhoja laiteosien runkoja on pystytty hyödyntämään vastaavien uusien kokoonpanojen tuotannossa onnistuneesti. Valitettavasti volyymit tällaisissa osissa suhteessa kokonaisuuteen ovat melko pieniä. Uusiokäyttöä esittelevä opinnäytetyö tuo esille myös tuotekehityksen näkökulman, jossa tehtaalle palaavia vanhoja osia voidaan hyödyntää tuotesuunnittelun apuna. Kiertotalouden toimintamalleissa voisi olettaa olevan vielä paljon vastaavaa kehityspotentiaalia ja tutkimattomia hyödyntämismahdollisuuksia.

Ammattikorkeakoulun opetuksen sisältöä ohjataan, pääsääntöisesti vuosittain aloittavalle opiskelijaryhmälle, ennalta laaditulla opintosuunnitelmalla. Tyypillisesti useampi aloitusryhmä mukailee samaa opintosuunnitelmaa, jolloin valmistumisajan ollessa 3 tai 4 vuotta ehtii työelämässä tapahtumaan joskus merkittäviäkin muutoksia. Viimeisinä vuosina yhteiskunnassa tapahtunut nopea työskentely- ja opiskelutapojen muutos vaikuttaa suuresti koulutusorganisaatioihin ja tulee luonnollisesti huomioida opetuksen sisällöissä, mutta erityisesti myös toteutuksissa. Ihmisten liikkumistapojen muutos haastaa koulutuksia erityisen paljon.

Talotekniikan opintosuunnitelman ja sen toteutuksen kehittämisen tueksi tehdyssä opinnäytetyössä nousevat esille vuorovaikutus-, johtamis- ja ongelmanratkaisutaitojen tarve. Näitä alueita edelleen kehittämällä koulutus pyrkii jatkossakin vastaamaan yhteiskunnan tarpeeseen osaajien kouluttajana ja uuden osaamisen tuottajana. Tutkimuksen mukaan myös ammatillinen osaaminen taloteknisten sisältöjen osalta katsotaan tärkeäksi ja käytännön-, järjestelmä- ja teoriaosaamista tulisi vahvistaa.

Sähkö-, talo- ja materiaalitekniikan koulutusyksikön opinnäytetöiden kokoomateos julkaistaan nyt neljännen kerran. Aikaisempien teosten tavoin julkaisun toivotaan osaltaan tiedottavan opinnäytetöiden tutkimustuloksista sekä opiskelijoiden tekemästä tiivistä yhteistyöstä yrityselämän kanssa. Artikkeleissa on linkki Theseuksessa julkaistuihin opinnäytetöihin.

Biotuotetekniikan koulutukseen liittyvässä opinnäytetyössä *Syrjäytyspesurin käyttöönotto muokatun selluloosan pesuun* on toteutettu pilot-mittakaavan kokeita selluloosan käytön monipuolistamiseksi. Perinteisesti paperinvalmistukseen käytettävälle selluloosalle voidaan muokkauksen kautta etsiä uusia käyttökohteita, mutta muokkauksessa massaan syntyy hajoamistuotteita ja siihen jää muokkauksessa käytettyjä kemikaaleja. Uuden menetelmän testaus lähtee perinteisesti käyntiin laboratoriokokeista edeten pilot-mittakaavan kokeisiin. Tässä työssä edettiin tavanomaisesta tuotekehitysjärjestyksestä poiketen pilot-kokeiden kautta laboratoriokokeisiin, ja näin voitiin ensin todeta, minkälainen massa suotautui ja peseytyi koneella vallinneissa olosuhteissa.

Selluteollisuudessa laadukkaan ja onnistuneen kunnossapidon merkitys on suuri. Opinnäytetyössä *Pohjapurkaimen peruskunnostusten tuotteistaminen* on tutkittu pohjapurkaimien kunnostusten prosessia ja prosessin tuotteistamista valmiimmiksi kokonaisuuksiksi. Tuotteistamal-

la saataisiin aikaan sujuvampi tarjousprosessi myynnille sekä paremmin hallittava toimitusprojekti projektiorganisaatiolle. Kunnossapidolla voidaan myös pidentää avainlaitteiden elinkaarta ja näin kehittää kestäväen kehityksen mukaista toimintaa. Ympäristöystävällisyys sekä kustannustehokkuus vaikuttavat myös omalta osaltaan toimijoiden halukkuuteen kehittää kunnostustoimintaa. Pohjapurkaimien kunnostukset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne voidaan tehdä suhteellisen lyhyessä ajassa, ilman pitkäkestoisia työvaiheita.

Kestäväen kehityksen mukaista toimintamallia on selvitetty myös opinnäytetyössä *Valtra reman osien tuottama energiansäästö verrattuna uusien osien valmistukseen*. Työssä tutkimuksen kohteena olevassa uudelleenvalmistuksessa on kyse tuotteen elinkaaren pidentämisestä. Uudelleenvalmistuksessa jo käytössä ollut tuote palautetaan uutta vastaavaan tilaan. Prosessissa hyödynnetään mahdollisimman paljon olemassa olevaa materiaalia, mutta lisäksi osa voidaan korvata uudella materiaalilla. Kiinnostava näkökulma on myös se, kuinka paljon prosesseissa säästy energiaa, kun tuotteita ei tarvitse valmistaa aina alusta asti uudestaan.

Energiajärjestelmät ovat voimakkaassa muutoksessa, ja tämä on johtanut olemassa olevan sähköverkon kehittämistarpeeseen, jossa verkon tulee olla entistä kyvykkäämpi huomioimaan eri tuotantomuodot. Erilaiset uusiutuvia luonnonvaroja hyödyntävät sähköntuotantotavat, hajautettu sähköntuotanto sekä sähköverkkoon liittyvät tietotekniikkaa hyödyntävät sovellukset lisääntyvät. Teknisten näkökohtien lisäksi tämä haastaa myös perinteisen sähkötekniikan opetuksen. Älykkäiden sähköverkkojen luonne tuleekin huomioida sähkötekniikan insinöörikoulutuksessa, ja tähän kontekstiin liittyy Tampereen ammattikorkeakoulun ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun yhdessä kehittämä PowerWorld-ohjelmistolla rakennettu älykkäiden sähköverkkojen simulaattori. Opinnäytetyössä *Älykkäiden sähköverkkojen opetussimulaattorin testaus ja pedagoginen käsikirjoitus* simuloituissa mikroverkoissa niin sanottuna referenssisolmuna toimii kantaverkon asemesta energiavarasto.

Huoli tulevaisuudesta ja planeettaamme uhkaavasta ilmastonmuutoksesta on saanut monet autoilijat harkitsemaan ekologisempia vaihtoehtoja. Suomen hallituskin on linjannut liikenteen sähköistämisen olevan yksi keskeisimmistä toimista saavuttaa ilmastotavoitteet vuoteen 2035 mennessä. Nykyisen kaltaisen liikennemäärän ylläpito sähköautojen avulla vaatii laajan ja tehokkaan latausinfraan rakentamisen. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutuksen opiskelijan opinnäytetyön *Sähköautojen latausjärjestelmän mitoitus taloyhtiöympäristössä* tavoitteena oli

tehdä selvitys sähköautojen latauspisteiden hankinnasta mikkeliäiselle taloyhtiölle. Työssä pyrittiin löytämään ratkaisuja, jotka olisivat mahdollista toteuttaa hiukan alhaisemmilla kustannuksilla verraten laajamittaiseen saneeraukseen, joka vaatisi kalliita muutoksia taloyhtiön sähköjärjestelmään ja liittymäkokoon.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin sähkölaboratorioon toteutetaan testilaitte, jolla voidaan tuottaa sarjavalokaaria ja havaita, miten kuluttajakäyttöön tarkoitettu valokaarivikasuoja kykenee havaitsemaan valokaaria ja katkaisemaan virtapiirin, ennen kuin valokaari ehtii aiheuttaa vahinkoa ympäristöön. Sähköpalot ovat merkittävä omaisuus- ja henkilövahinkojen syy. Sähkölaitteista aiheutuu tulipaloja ja vaaratilanteita, joiden ehkäisemiksi markkinoilla on olemassa erilaisia suojalaitteita. *Ryhmäjohdon valokaarisuojaus* opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva laboratoriolaitte, jolla voidaan kontrolloidusti generoida valokaaria ja havaita, miten kaupalliseen käyttöön tarkoitettu valokaarivikasuoja laite havaitsee valokaaria eri kuormilla ja eri tilanteissa

Automaatiolaitteiston päivittäminen on osa kunnossapitoa ja vaatii usein tuotantoprosessin keskeytyksen. Tällainen on myös puun lämpökäsittelyprosessi. Lämpökäsittelyprosessin toimintaan liittyy monia tuotteen laadullisia ja prosessin turvallisuuteen liittyviä riskitekijöitä. Lämpökäsittelyprosessin ja -laitteiston tuntemus on erittäin tärkeää laitteiston modernisoinnin onnistumisen kannalta. *Lämpökäsittelylaitteiston modernisointi* -työssä, ennen varsinaista päivitystyön suorittamista, testattiin päivityskonaisuuden PLC-laitteisto ja ohjelmisto testiseinällä. Varsinainen päivityskohde sijaitsi Japanissa ja päivitykseen toteutukseen varattu aika oli rajallinen, joten ennakkotestauksella voitiin varmistaa onnistunut päivitystyö asiakkaan luona.

Energiayhteisöt koostuvat tyypillisesti pienistä tuotantoyksiköistä ja perinteisistä voimalaitoksista irrallaan olevista tuottajista. Opinnäytetyössä *Kotkan kantasataman energiayhteisön simulointi* selvitettiin tällaisen pientuotannon energiavirtoja ja käytettävyyttä. Kantasataman alueelle on ollut suunnitteilla älykäs sähköverkko, jonka alueella tulisi olemaan mm. museo, tapahtumakeskus ja XAMK-kampus. Alueelle on suunniteltu aurinko- ja tuulivoimaa, joilla pystyttäisiin kattamaan osa alueen sähköntarpeesta. Työssä tutkittiin, kuinka aurinko- ja tuulivoiman lisääminen alueen verkkoon vaikuttavat sen toimintaan. Tutkimuksen tuloksista selviävät energian suunnat ja määrät sekä mahdolliset käyttötilanteet, missä laitteiston tehontuotanto ei riitä. Tällaisen tilanteen pystyisi välttämään älykkäillä kuormanohjauslaitteilla ja ajastetuilla akkujen latausjärjestelmil-

lä. Älykkäillä kuormanohjauslaitteilla uusiutuva energiantuotanto riittäisi myös laivojen lataukselle.

Talotekniikan opetussuunnitelma tulevaisuudessa – tutkimuksesta taustatietoa kehitystyöhön on talotekniikan koulutuksen kehittämiseen suuntautuva työ. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyönä toteutettu tutkimus paneutuu selvittämään Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta valmistuneiden, nykyisten talotekniikan ammattilaisten näkemyksiä oman koulutuksensa annista aikansa työelämän tarpeisiin sekä siihen, mitä heidän mielestään uusien, vasta valmistuvien insinöörialkujen, olisi tarpeen työelämään astuessaan osata. Ammatilakohtainen osaaminen liittyy suoraan työn tekemiseen. Koulutuksen työelämävastaavuutta voidaan tarkastella paikka-, sisältö- ja muotovastaavuuden näkökulmista. Koulutuksen tulee siis myös vastata työelämän tarpeisiin paikallisesti, sisällöllisesti ja muotonsa puolesta.

Insinöörikoulutuksen opetussuunnitelma perustuu osaamisperustaiseen ajatteluun, jossa otetaan huomioon, mitä opiskelijan tulisi osata valmistumisvaiheessa. Opetussuunnitelmaa päivitetään säännöllisesti vastaamaan työelämän muutoksia ja tarpeita, jolloin suunnitelmalla on keskeinen rooli siinä, kuinka koulutuksen sisältö vastaa työelämäkentän vaatimuksia. Saatujen kommenttien mukaan opetussuunnitelmaa tulisi päivittää vastaamaan paremmin tulevaisuuden työelämän tarpeita erityisesti korostaen vuorovaikutus-, johtamis- ja ongelmanratkaisutaitoja sekä vahvistaen käytännön-, järjestelmä- ja teoriaosaamista.

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali yhteiskunta vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi rakennuslalla käytettävässä termistöissä ja toiminnassa ollaan siirtymässä vähähiilisestä rakentamisesta kohti hiilineutraalia rakentamista. Rakentamisessa muodostuvaa hiilijalanjälkeä käsittelevän opinnäytetyön *Talotekniikka osana vähähiilistä rakentamista – opetusrakennuksen hiilijalanjälki* tavoitteena oli selvittää talotekniikan osuutta vähähiilisessä rakentamisessa opetukseen käytettävien opetusrakennusten osalta. Kirjallisuuskatsauksen ja One Click LCA -laskentaohjelmalla toteutetun kvantitatiivisen hiilijalanjälkilaskennan avulla selvitettiin kolmen Lohjan kunnassa sijaitsevan koulurakennuksen talotekniikan hiilijalanjälki energiankulutuksen ja talotekniikan tuotesidonnaisten päästöjen näkökulmasta.

Energia-auditoinnilla on tarkoitus löytää rakennuksesta energiansäästön kannalta oleelliset talotekniset kehitystoimet mahdollisimman kattavasti ja tehokkaasti. Auditoinnin tuloksia on mahdollista käyttää esimer-

kiksi laitehankintojen lähtötietoina. *Artikkeli Rakennuksen taloteknisten järjestelmien energia-auditointi* esittelee työtä, jonka tavoitteena oli testata energia-auditointiprosessia todellisessa kiinteistössä, miettiä kohteeseen mahdollisia parannustoimenpiteitä sekä raportoida kattavasti työn tilaajalle.

Artikkelissa *Mikkelin perhetalossa* tutkittiin säteily-paneelijärjestelmän soveltuvuutta ja toimintaa sairaalaolosuhteisiin on paneuduttu rakennuksen lämpöolojen vaikuttavuuteen viihtyisyyden ja käytettävyyden kannalta. Lämpöolojen vaikututusta työtehoon, tuottavuuteen ja työssä jaksamiseen on tutkittu jonkun verran, mutta tutkimustietoa on hankala löytää. Tutkimuksen kohteena oli perhetalon kolmas kerros, jossa sijaitsevat synnytys- ja lastenosasto. Tietoa koetuista lämpöoloista haluttiin saada henkilökunnalta sekä myös synnytys- ja lastenosaston potilailta. Teknisenä sovelluksena lämpöolojen muodostamisessa säteilypaneelit tulevat varmasti olemaan yhä enemmän mukana, kun rakennuttajat sekä rakennuksien omistajat kartoittavat tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä. Tutkimuksia tarvitaan kuitenkin enemmän, jotta järjestelmiä pystytään vertailemaan keskenään ns. perinteisten menetelmien kanssa.

SYRJÄYTYPESURIN KÄYTTÖÖNOTTO MUOKATUN SELLULOOSAN PESUUN

Marja Korhonen & Jarkko Männynsalo

Asiasanat: syrjäytyspesu, muokattu selluloosa, suotautuvuus

Työn tausta ja tavoite

UPM:n Tutkimuskeskuksessa Lappeenrannassa tehdään päivittäin työtä selluloosan hyödyntämiseksi uusilla menetelmillä. Esimerkiksi paperinvalmistukseen käytettävää selluloosaa voidaan muokata edelleen, jolloin sille on mahdollista löytää uusia käyttökohteita. Massan muokkauksessa massa syntyy hajoamistuotteita, ja siihen jää muokkauksessa käytetyt kemikaaleja.

Pesun avulla näistä hajoamistuotteista ja kemikaaleista pyritään pääsemään eroon sekä saamaan massa jatkokäsittelyyn paremmin soveltuvaksi (Tervola 2011). Muokatun selluloosan pesun tiedetään olevan haasteellista muokkauksessa syntyneiden muutosten vuoksi (Uotinen 2016, Wakeman 1999).

Syrjäytyspesussa pesutapahtuma alkaa kakun muodostuksella. Kakun muodostuksen jälkeen kakun päälle lisätään pesuneste, joka pakotetaan kakun läpi. Puhdas pesuneste puristuu kakun läpi ja syrjäyttää likaisen nesteen pois. Pesuneste voidaan pakottaa kakun läpi joko alipaineen tai paineen avulla. (Tervola 2011, Santos 2014)

Laimennus-sakeutuspesu on vanhin ja yksinkertaisin tapa suorittaa massan pesu (Santos 2014). Massa laimennetaan ensin vedellä tai puhtaamalla pesunesteellä. Laimennuksen jälkeen seuraa sekoitus, jonka avulla kuidut saadaan kosketukseen pesuvien kanssa. Epäpuhtauksien poistamiseksi massa tulee sakeuttaa. (Pesun periaate ja tunnusluvut).

Toimiva sakeutus on osa onnistunutta pesutapahtumaa. Selluloosamassan pesu tapahtuu yleensä hyvin alhaisessa sakeudessa. Toimivan sakeutuksen avulla pesuveteen liuenneet komponentit saadaan poistettua tehokkaasti. Sakeutus tapahtuu suodattamalla tai puristamalla. (Santos 2014)

Työn tavoite oli selvittää syrjäytyspesurin käyttömahdollisuuksia muokattun selluloosan pesussa. Menetelmässä hyödynnetään sekä laimennus-sakeutuspesua että syrjäytyspesua.

Menetelmät

Kokeissa käytettiin kolmea erilaista muokattua, puupohjaista selluloosamassaa. Massat erosivat toisistaan mm. hienoaineksen määrän ja CED-viskositeettiä perusteella. Massat olivat lisäksi voimakkaan happamia. Pesun onnistumista seurattiin mittaamalla massan pH-arvoa. Kakun kuiva-ainepitoisuuden avulla seurattiin sakeutuksen onnistumista.

Kokeet aloitettiin pilot-mittakaavan kokeilla, jotka tehtiin teollisuusmittakaavan indeksoivalla tasoviirasyrjäytyspesurilla (kuva 1). Indeksoivassa tasoviirasyrjäytyspesurissa pesutapahtumassa hyödynnetään laimennus-sakeutus- sekä syrjäytyspesua (BHS-Sonthofen Group 2018). Massan sakeutus tapahtuu alipaineen ja puristuksen avulla. Tasoviirapesurilla suurimmaksi haasteeksi muodostui suotautuminen.



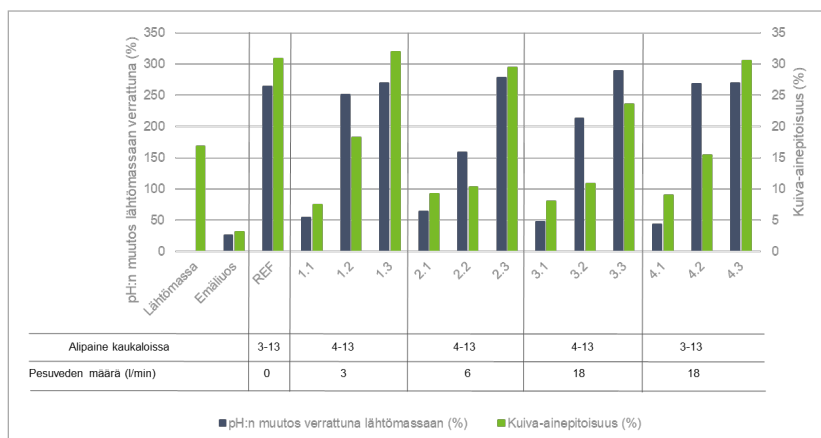
Kuva 1. Indeksoiva tasoviirasyrjäytyspesuri (Tervola 2011)

Suotautumisen haasteisiin lähdettiin hakemaan ratkaisuja laboratoriomittakaavan kokeilla. Laboratoriokokeet tehtiin UPM Tutkimuskeskuksen Biojalostamokehityskeskukseen (BrDC) laboratoriossa. Laboratoriomittakaavassa pystyttiin helpommin testaamaan erilaisia suotautumiseen vai-

kuttavia tekijöitä. Laboratoriokokeiden muuttujiksi valikoitui lämpötila, viira, sakeus ja suotautumista parantavat apuaineet. Kokeet suoritettiin büchner-suodatuslaitteiston avulla.

Tulokset

Pilot-mittakaavan kokeissa saatiin peseytymään yksi massa. Peseytynyt massa sisälsi vähiten hienoainesta, ja sen CED-viskositeetti oli testatuista massoista pienin. Peseytyneellä massalla pääsimme testaamaan myös pesuveiden syöttöä (syrjäytyspesu) onnistuneesti.



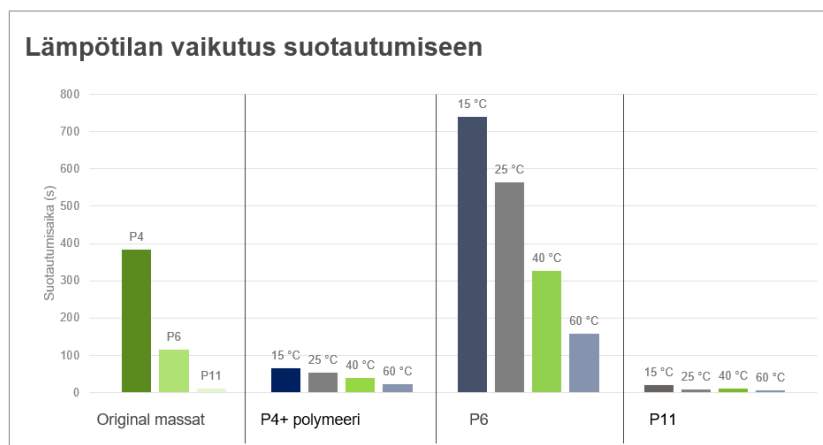
Kuva 2. Pilot-kokeissa onnistunut massan pesu ja sakeutus

Onnistuneen pilot-ajon tuloksista (kuva 2) nähdään viisi eri koepistettä. Yllä olevassa taulukossa on näkyvissä kunkin koepisteen alipaineessa olleiden kaukaloitten määrä sekä syötetty pesuvesimäärä. Referenssi-koepisteellä (REF) pesuvettä ei syötetty. Todettiin, että massan pH nousee tavoitetasolle jo ilman pesuveiden syöttöä. Pulpperoinnin yhteydessä tehty laimennus on siis riittävä pH:n tavoitetasoon saavuttamiseksi.

Jokainen syrjäytyspesun koepiste (1.1.–4.3.) sisälsi kolme näytekäytettä pesuviiran eri kohdista. Kuvasta 2 nähdään pH:n ja kuiva-ainepitoisuuden kehitys pesun edetessä eri pesuvesimäärillä. Koepisteellä 3 huomattiin, että alipaine ei ollut enää riittävä veden poistoon ja lisättiin alipaine kaukalo 3. Koepisteellä 4 nähdään, että kakun kuiva-ainepitoisuus saadaan jälleen nousemaan halutulle tasolle. Massan sakeutus oli onnistunut, ja valmiin kakun kuiva-ainepitoisuus nousi hyvälle tasolle.

Laboratoriokokeissa testattiin lämpötilan, viiran, muutamien apuaineiden ja sakeuden vaikutusta suotautumiseen. Lämpötila osoittautui merkittävimmäksi suotautumiseen vaikuttavaksi tekijäksi. Viiralla on myös merkitystä suotautumiseen jonkin verran, lisäksi sillä on merkitystä sameuteen.

Kuvassa 3 nähdään lämpötilan vaikutus suotautumisaikaan kaikilla kolmella massalla. Vasemmalla on kuvattu lähtömassojen (original massat) suotautumisajat. Massat pulperoitettiin laboratorio-olosuhteissa. Suodatus tehtiin +40 °C:n lämpötilassa. Massojen suotautumisessa on huomattavia eroja. P4-massa sisälsi eniten hienoaainesta, ja sen CED-viskositeetti oli vertailluiden massojen matalin. P11-massa, joka saatiin suotautumaan pilot-kokeissa, on suotautumisajaltaan nopein myös laboratoriokokeissa.



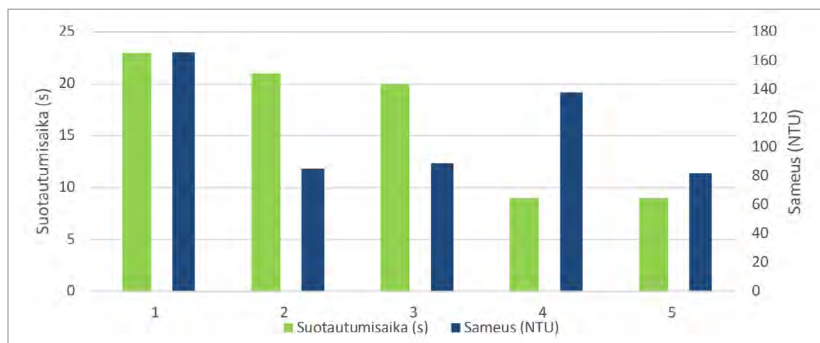
Kuva 3. Lämpötilan vaikutus suotautumiseen

P4 + polymeeri -massa on pulperoitu pilot-kokeiden yhteydessä. Lisäksi P4-massaan lisättiin pilot-kokeiden aikana polymeeri (kationinen polyakryyliamidi, CPAM) suotautumisen parantamiseksi. Massan suotautuminen on huomattavan paljon nopeampaa, jopa niin, että tämän massan pesu olisi voinut onnistua syrjäytyspesurilla, mikäli lämpötila olisi ollut korkeampi.

P6-massa on pulperoitu pilot-kokeissa. Huomataan, että suotautumisajat ovat huomattavan paljon pidemmät kuin P6 original -massalla. Tästä voidaan päätellä, että massaan tulee muutoksia pulperoinnin yhteydessä. P6-massaa olisi tuskin saatu suotautumaan syrjäytyspesurilla, vaikka lämpötilaa olisi saatu nostettua.

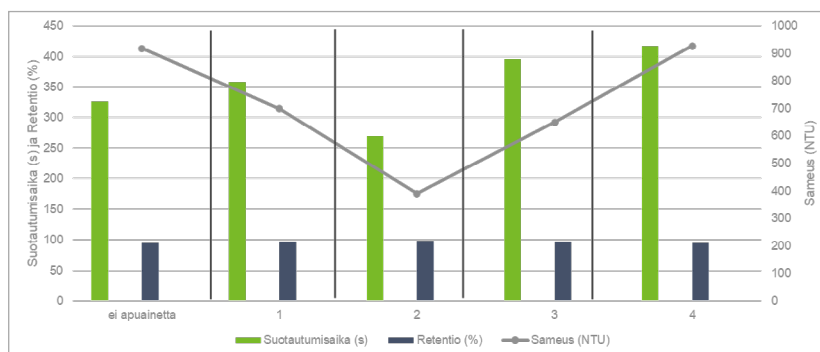
Viiralla huomattiin olevan vaikutusta suotautumiseen sekä suodoksen

sameuteen. Viirujen testaus tehtiin pilot-ajoissa suotautuneella massalla P11. Kuvassa 4 nähdään eri testattujen viirujen suotautumisajat sekä sameudet. Pilot-ajoissa oli käytössä twill-tyyppinen viira 1. Laboratorio-testien perusteella näyttäisi, että testin DLW-tyyppiset viirat (2–5) soveltuvat tämän tyyppisille massoille paremmin. Viiralla 5, joka osoittautui parhaaksi (nopein suotautumisaika, pienin sameus) verrattuna viiroista, on pienin ilmanläpäisyarvo.



Kuva 4. Viiran vaikutus suotautumiseen

Apuaineiden vaikutusta suotautumiseen testattiin kansainvälisen kemikaalitoimittajan neljän aineen avulla. Testattavana massana oli P6-massa, joka oli pulperoitu pilot-kokeiden yhteydessä. Testauslämpötila oli +40 °C. Kuvasta 5 huomataan, että osa apuaineista jopa pidensi suotautumisaikaa.



Kuva 5. Testattujen apuaineiden vaikutus suotautumiseen

Suotautumisaikaa nopeuttavasti ja sameutta pienentävästi vaikutti aine numero 2. Aine on kationinen polyakryyliamidi-pohjainen valmiste, eli saman tyyppinen valmiste, jota lisättiin P4-massaan pilot-kokeissa. Kationiset polyakryyliamidi-pohjaiset polymeerit näyttävät siis toimivan

parhaiten tämän tyyppisille massoille suotautumisen parantamiseen. Apuaineilla saadaan myös suodoksen sameutta pienennettyä. Sameuden pieneneminen on merkki siitä, että hienoaines sitoutuu massaan eikä karkaa suodoksen mukaan.

Johtopäätökset

Uuden menetelmän testaus lähtee perinteisesti käyntiin laboratoriokokeista edeten pilot-mittakaavan kokeisiin. Tässä työssä edettiin päinvastaisessa järjestyksessä. Järjestys osoittautui toimivaksi. Pilot-ajojen jälkeen oli käsitys siitä, minkälainen massa suotautui ja peseytyi koneella vallinneissa olosuhteissa. Laboratoriokokeilla saatiin käsitys siitä, mitä tulisi muuttaa, jotta myös nyt suotautumattomat, runsaasti hienoainesta sisältävät massat saadaan suotautumaan ja peseytymään.

Syrjäytyspesuri soveltuu muokatun selluloosan pesuun, kun suotautuminen saadaan onnistumaan. Laboratoriotesteissä testattiin ja löydettiin useampia muuttujia, joiden avulla pystytään massan peseytymistä edellyttävää suotautumista parantamaan. Riittävä lämpötila on näistä muuttujista merkittävin. Lämpötilaa nostamalla saadaan massan viskositeettiä nostettua ja suotautuvuutta parannettua.

Toisena muuttujana voidaan mainita viira. Viiran tulee olla sellainen, että se ei päästä hienoainesta sisään ja sen on oltava helposti puhdistettavissa. Runsaasti hienoainesta sisältävillä massoilla näyttää parhaiten toimivan DLW-typin viira, jossa on pieni ilmanläpäisyarvo. Viiran pesulaitteiston on myös toimittava moitteettomasti.

Suotautumista voidaan parantaa oikein valitun apuaineen avulla. Parhaiten tämäntyyppisille massoille näyttää soveltuvan kationiset polyakryyliamiinipolymeerit. Sopivalla apuaineella voidaan vähentää hienoaineksen karkaamista suodokseen ja hienoaineksen aiheuttamaa viiran likaantumista.

Laboratoriokokeiden tulokset eivät vastaa syrjäytyspesurin toimintaa. Niiden avulla voidaan kuitenkin ennustaa massan käyttäytymistä isossa mittakaavassa. Seuraavaksi olisi mielenkiintoista testata massojen pesua uudelleen nyt saatujen tulosten valossa.

LÄHTEET

BHS-Sonthofen Group. BF Indexing Belt Filter – Gentle filtration of sedimenting media. PDF-dokumentti. Julkaistu 1.10.2018. Saatavissa: https://static.bhs-sonthofen.com/BHS-Prospekt-Taktbandfilter-BF-EN_102018-web_12.pdf [viitattu 15.3.2023].

Pesun periaate ja tunnusluvut. Know Pulp/AEL. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/pulping/washing/2_washing_theory/frame.htm?zoom_highlightsub=laimennus [viitattu 14.7.2023].

Santos, R. & Hart, P. Brown Stock Washing – A Review of the Literature. Tappi Journal Yearbook 3/2014, s. 9–18. United States of America.

Tervola, P., Andersson, R., Danielsson, M., Engelfeldt, A., Kiero, S., Olsson, K., Pikka, O., Samuelsson, A. & Siik, S. Washing, screening and cleaning of pulp. Teoksessa Papermaking science and technology - Volume 6 – Chemical Pulping Part 1, Fibre Chemistry and Technology. 2. painos. Helsinki: Paper Engineers' Association/ Paperi ja Puu Oy. E-kirja. 2011. Saatavissa: <https://forestbiofacts.com/papermaking-science-and-technology-books/volume-6-chemical-pulping-part-1/> [viitattu 20.5.2023].

Uotinen, H. Saostumat kartonkikoneen märkápäässä sekä kemikaalikierrossa. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos. Pro gradu -tutkielma. PDF-dokumentti. 2016. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/50674> [viitattu 18.6.2023].

Wakeman, R.J. & Tarleton, E.S. Filtration Equipment Selection Modelling and Process Simulation. 1. painos. Great Britain: Elsevier Advanced Technology. 1999.

POHJAPURKAIMEN PERUSKUNNOSTUSTEN TUOTTEISTAMINEN

Aki Kosonen & Ritva Käyhkö

Asiasanat: massanvalmistus, kunnossapito, tuotteistus

Selluteollisuudessa laadukkaan ja onnistuneen kunnossapidon merkitys on suuri. Hyvällä kunnossapidolla voidaan pidentää avainlaitteiden elinkaarta sekä varmistaa niiden laadukas toiminta. Alan toimijoiden halukkuus toimia aina ympäristöystävällisemmin sekä kustannustehokkaammin on myös osaltaan vaikuttanut laadukkaan kunnostustoiminnan houkuttelevuuteen.

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan suunniteltua ja säännöllistä kunnostustoimintaa. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan tehdä joissain tapauksissa laitteen käydessä, mutta huoltoseisokki vaaditaan usein. Kunnostus voidaan tehdä paikallaan, mutta tietyissä kunnostusprojekteissa tarvitaan esimerkiksi konepajaympäristöä. Tuotantolaitoksella olevan laitteen on pystyttävä tekemään sille osoitettu rooli, tässä ehkäisevän kunnossapidon rooli on suuri. Ehkäisevällä kunnossapidolla on mm. prosessiteollisuudessa merkittävä taloudellinen merkitys. Suunniteltu kunnostustoiminta on huomattavasti suunnittelematonta kunnostusta, eli rikkoutumisen seuraamisesta tehtävää kunnostusta, halvempaa. Kun kustannuksiin lasketaan suunnittelemtomien kunnostusten mukana tuleva tuotannonmenetyt, on ero moninkertainen. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 59–61.)

Myös Ansaharju (2009, 294–295) kuvailee kunnossapitoa teollisuudessa hyvin tärkeäksi osa-alueeksi. Mahdollisista yllättävistä prosessilaitteiden rikkoutumisista tai puhki kulumisista voi seurata jopa koko tehtaan alasajo. Seisakin pituuden mukaan kustannukset voivat kasvaa hyvinkin suuriksi menetetyt tuotannon kasvaessa. Kunnostus voidaan tehdä paikallaan, mutta tietyissä kunnostusprojekteissa tarvitaan esimerkiksi konepajaympäristöä.

Laadukkaan kunnostustoiminnan on oltava hyvää niin suunnitellussa huoltotoiminnassa, kuin myös häiriökorjauksissa. Ehkäisevällä kunnossapidolla tehdas voi suunnitella heidän huoltosyklejään siten, että linjassa olevat laitteet ovat mahdollisimman hyväkuntoisia. Kun tehtaalta tilataan kunnostustoimenpiteitä, on niitä hoitavalla konepajalla suuri vastuu. Laitteiden on lähdettävä kunnostuksista siten, että asiakastehdas voi luottaa niiden toimintakykyyn. Myös kunnostusten aikataulujen on oltava sellaiset, että tehtaas eivät joudu huonoon tilanteeseen odottaessaan omia laitteitaan takaisin konepajalta.

Työn tausta ja tavoitteet

Andritz toteuttaa Savonlinnan konepajalla monien eri laitteiden kunnostustöitä. Eri laitteiden kunnostuksissa on aina omat erikoisuutensa. Suurimassa osassa on tietyt kunnostustoimintaan vaikuttavat pääpiirteet samat. Tehtailla voi olla samaa laitetta parhaimmillaan jopa kolme kappaletta. Näistä yksi on linjassa, toinen tehtaan varastossa ja kolmas huoltosyklissä. Kun käytössä on yksikin varalaitte, voidaan kunnostukseen varata enemmän aikaa. Usein tällaisten laitteiden kohdalla myös kunnostuksen kesto on pidempi; laitteesta riippuen toimitusajat mitataan viikoissa tai kuukausissa.

Usein toistuvilla kunnostuksilla on Andritzilla muodostettu tietty läpimenokaava. Kunnostuksien peruslaajuudet ovat ennalta määriteltynä. Myös kunnostuksien aikana löydettävät lisätyöt noudattavat usein tuttua kaavaa. Tähän tilanteeseen on vaikuttanut se, että vakiintuneiden kunnostusten laitteita tulee huoltoon melko tasaisella tahdilla, joten kunnostusprosessia on voitu tehostaa toistojen määrän ollessa tasainen. Esimerkkinä toistuvasti huollossa käyvistä laitteista ovat mm. kiikit ja ruuvit.

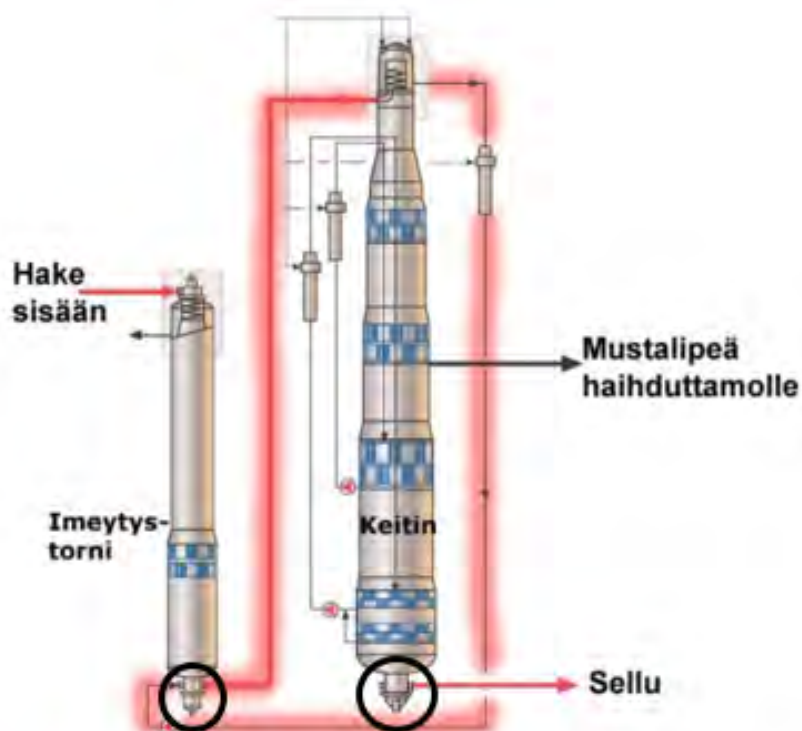
Pohjapurkaimien kohdalla tilanne on toinen. Laitekannan tilanne on se, että varalaitteita ei kovinkaan usein ole. Pohjapurkaimien kunnostuksissa joudutaan tämän vuoksi toimimaan tiukan aikapaineen alla, ja niiden peruskunnostukset ajoitetaan tehtaiden huoltoseisakkien yhteyteen. Seisakin kestosta riippuen jää konepajalle aikaa toimittaa peruskunnostus yleensä alle viikossa. Pohjapurkaimien kunnostukset kuitenkin ovat luonteeltaan sellaisia, että ne voidaan tehdä lyhyemmässä ajassa, sillä niissä harvoin tarvitaan pitkäkestoisia työvaiheita tai esimerkiksi uusia valuosia, ja niitä toimitetaan määrällisesti vähemmän kuin muiden laitteiden. Työn tavoitteena oli tutkia pohjapurkaimien kunnostusten prosessia ja lähteä tuotteistamaan pohjapurkaimien peruskunnostuksia valmiimmiksi

kokonaisuuksiksi. Tuotteistamalla saadaan aikaan sujuvampi tarjousprosessi myynnille sekä paremmin hallittava toimitusprojekti projektiorganisaatiolle.

Projektimallinen toiminta luo omat haasteensa myös kunnostuksiin. Tällä opinnäytetyöllä tavoitellaan tilannetta, jossa pohjapurkaimen peruskunnostusprojektiä ei tarvitse aina määritellä alusta asti, vaan peruskunnostuksen runko on jo valmis. Valmis laajuus auttaa myös käsittelemään projekteihin usein kuuluvat muuttuvat sujuvammin ja tehokkaammin.

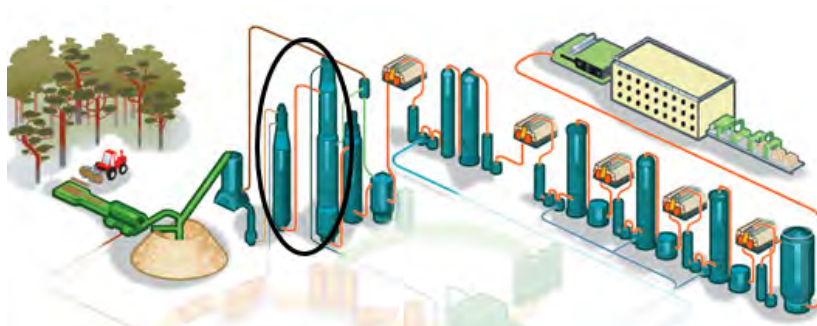
Pohjakaavari ja pohjapurkain

Pohjakaavarilla pidetään imeytystornin pohjalla imeytetty puuhake tai keittimen pohjalla keitetty massa liikkeessä. Kuvassa 1 on nähtävissä kaksiasiakeiton siirtokierto, jossa on ympyröitynä pohjakaavarien ja pohjapurkaimien sijainnit imeytystornissa sekä keittimessä.



Kuva 1. Kaksiasiakeittimen siirtokierto (Hakkeen annostelu ja syöttö prosessiin s.a.)

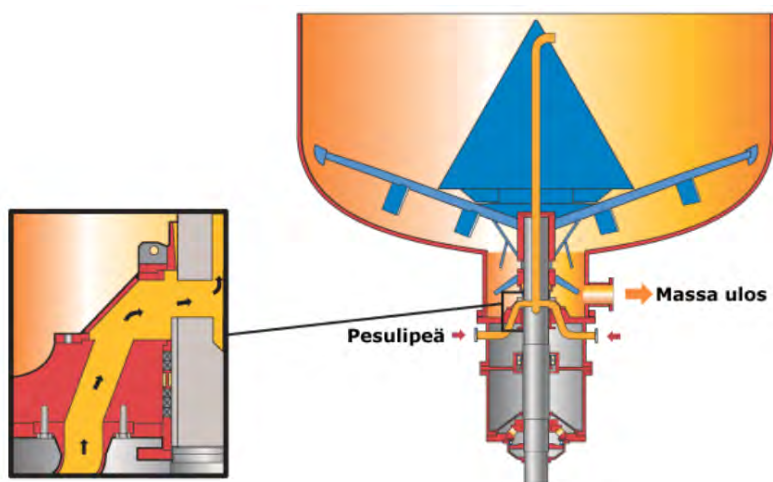
Kuvassa 2 on esitetty imeytystornin sekä keittimen sijainti sellutehtaan kuitulinjassa. Kaikissa kuitulinjoissa ei keitetä sellua kaksiasiamenetelmällä, jolloin imeytystornia ei ole. On tehtaasta ja sen kuitulinjoista riippuvaa, kuinka monta pohjapurkainta mistäkin massanvalmistuslinjasta löytyy.



Kuva 2. Sellutehtaan kuitulinja (Hakkeen annostelu ja syöttö prosessiin s.a.)

Pohjakaavarin lavat pyörivät keittimen pohjalla hitaasti n. 2–8 kierrosta minuutissa. Hake tai massa halutaan pitää liikkeessä, jotta mahdolliset kasautumiset tai sakkautumiset voidaan minimoida. Tämä puolestaan helpottaa imeytetyn hakkeen tai keitetyn massan purkua imeyttimeen tai keittimen pohjalta.

Kuvassa 3 näkyy pohjakaavarin keskiosan ontto rakenne. Tämä mahdollistaa pesulipeän pumppaamisen keittimen pohjalle. Pesulipeää pumpataan pesuvyöhykkeen sihtien alle, pohjakaavarin siiville ja keittimen purkuaukolle. Pesulipeää keittokattilaan pumppaamalla saadaan massaa jäähdettyä ja laimennettua. Laimennettua massaa on helpompaa purkaa ulos kattilasta. Liian sakea massa voi nostaa paine-eroa haluttua suuremmaksi sekä kuormittaa pohjakaavarin pyörimistä. (Sulfaattisellun valmistus s.a.)



Kuva 3. Jatkuvatoimisen keittimen pohjakaavari (Sulfaattisellun valmistus s.a.)

Menetelmät

Työn alussa tutkittiin aikaisempia pohjakaavareiden kunnostuksia. Materiaalia, josta informaatiota kerättiin, olivat mm. vanhat kunnostustarjoukset, huoltoraportit sekä koulutusmateriaalit. Peruskunnostuslaajuudet määriteltiin vanhojen huoltojen perusteella. Työn tekohetkellä ei kunnostuksia ollut käynnissä. Kunnostusprojektien ja niiden myynnin läpiviennit ovat jokaisella kerralla hieman erilaisia. Muuttuvia tekijöitä on myynnin ja projektin henkilöstö, joka on harvoin sama eri projektien välillä. Myös pohjakaavareiden laaja kirjo on haastavuutta lisäävä tekijä. Näiden muutujien vuoksi työ rajattiin sellaisiin tekijöihin, jotka toistuvat kunnostusprojekteista toisiin.

Tulokset ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tuloksena luotiin toimeksiantajalle valmiit peruskunnostuslaajuudet kahdelle eri pohjapurkainmallille. Käytännössä siis määriteltiin ne työvaiheet, jotka sisältyvät jokaiseen konepajalla tehtävään pohjapurkaimen peruskunnostukseen. Työ rajattiin pelkästään konepajalla tapahtuviin työvaiheisiin, joten esimerkiksi tehtaalla tapahtuvat pohjapurkaimen irrotus- ja kiinnitystyöt jäivät aiheen ulkopuolelle.

Peruskunnostuslaajuudet luotiin valmiiksi tarjousmateriaaleiksi sekä suomeksi että englanniksi kahdelle useimmiten kunnostettavalle pohjapurkaintyyppille. Peruskunnostuslaajuuksien lisäksi työssä määriteltiin

miehitystarpeet konepajalla sekä luotiin alustavat läpiviennit työvaiheille. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa pohjapurkaimien kunnostuksiin liittyvissä tarjous- ja toimitusprojekteissa.

Jatkotutkimuksena opinnäytetyön pohjalta tullaan seuraamaan valmiiden kunnostuslaajuuksien toimimista tulevaisuudessa projekteissa. Myös kustannuspuolta tullaan seuraamaan, ja valmiille peruskunnostuslaajuuksille voidaan tulevaisuudessa määrittellä osittain valmiiksi kustannuksia. Näillä jatkotutkimuksilla päästäisiin edelleen suoraviivaisempaan myyntiprojektiin, joka hyödyttää niin toimittajaa kuin myös asiakasta.

LÄHTEET

Ansaharju, J. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Hakkeen annostelu ja syöttö prosessiin. s.a. KnowPulp. Kuitulinja. Jatkuvakeitto. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö. Verkkosivusto. Saatavissa: http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/cooking/2_continuous/5_feeding/frame.htm [viitattu 13.10.2023].

Kunnossapitoyhdistys ry. 2004. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. Rajamäki: KP-Media Oy.

Sulfaattisellun valmistus. s.a. KnowPulp. Kuitulinja. Keitto. Pusku. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/cooking/2_continuous/9_blow/frame.html [viitattu 13.10.2023].

VALTRA REMAN OSIEN TUOTTAMA ENERGIANSÄÄSTÖ VERRATTUNA UUSIEN OSIEN VALMISTUKSEEN

Hanna Tiihonen & Ritva Käyhkö

Asiasanat: kiertotalous, uudelleenvalmistus, energiansäästö, vertailu, vaihteistokotelo

Viime vuosina yhteiskunnan kiertotaloustavoitteet ja resurssien ylikulutus ovat luoneet markkinat tuotteiden uudelleen valmistukselle. Usein myös edullisempi hinta houkuttelee asiakasta valitsemaan uudelleenvalmistettuja tuotteita. Uudelleenvalmistuksessa on kyseessä tuotteen elinkaaren pidentäminen. Jo käytössä ollut tuote palautetaan uutta vastaavaan tilaan. Uudelleenvalmistusprosessissa hyödynnetään mahdollisimman paljon käytettyä materiaalia, mutta lisäksi osa siitä saatetaan korvata uudella materiaalilla. Kiinnostava näkökulma on myös, kuinka paljon prosesseissa säästyy energiaa, kun tuotteita ei tarvitse valmistaa aina alusta asti uudestaan.

Uudelleenvalmistus sopii erityisesti konepajateollisuuteen, sillä Sitran varovaisten arvioiden mukaan uudelleenvalmistus sekä uudelleenkäyttö tuovat konepajateollisuudelle jopa noin 300–450 miljoonan vuosittaisen liikevaihtopotentialin. Maailman suurimmat uudelleenvalmistuksen markkinat löytyvät Pohjois-Amerikasta. Euroopassa uudelleenvalmistuksen markkinat ovat myös kasvussa, ja se on jo hyvin yleistä varsinkin autoteollisuudessa. (Karvonen ym. 2015, 17–21.)

Uudelleenvalmistusta toteutetaan Suomessa esimerkiksi Valtralla. Valtra Reman, joka on lyhenne termistä remanufacturing eli uudelleenvalmistus, on opinnäytetyön ohjaajanakin toimineen Jari Luoma-ahon vuonna 2012 Valtralle kehittämä vaihto-ohjelma. Hänen ideanaan oli ryhtyä kunnostamaan traktorien voimansiirtoon kuuluvia osia uudelleen käytettäviksi. Tällä tavoin jo käytettyjen osien materiaalia pystyttiin hyödyntämään uudestaan ilman sulatusta ja samalla pidentämään vanhempienkin traktorien käyttöikä, joihin uusia komponentteja ei välttämättä enää ole saatavilla

Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon Valtran vaihteistokoteloiden uudelleenvalmistusprosessissa säästyy energiaa verrattuna täysin uuden vaihteistokotelon valmistukseen malminlouhinnasta alkaen. Työssä laskettiin siis sekä täysin uuden kotelon valmistuksessa käytettävä energia että kotelon uudelleenvalmistusprosessissa käytettävä energia tuhatta kiloa kohti, jolloin kotelo on samassa vaiheessa kuin täysin uusi. Saatuja tuloksia verrattiin keskenään. Työssä tehdyt laskut ovat suuntaa antavia ja yksinkertaistettuja, sillä täsmällisiä vastauksia näin laajaan aiheeseen on vaikea saada. Tutkimus on eräänlainen pohjatyo, joka on tarvittaessa hyödynnettävissä jatkoselvityksiä varten.

Lähdemateriaalit

Työssä on hyödynnetty toimeksiantajan eli Valtran usean vuoden tietotaitoa uudelleenvalmistusprosessin vaiheista, käytetyistä laitteista ja kuhunkin vaiheeseen kuluva ajasta. Lisäksi työssä käytettiin lähteinä muun muassa konepajateollisuuden tutkimustuloksia, laitevalmistaja Makitaa sekä kiertotalouteen liittyviä toimijoita, kuten Sitraa ja Teknologian tutkimuskeskusta (VTT). Toimeksiantajalla ei entuudestaan ollut kuin arvioita, kuinka paljon uudelleenvalmistusprosessissa säästyy energiaa, joten opinnäytetyön kaltaista selvitystä oli asiaan kaivattu jo pidempään.

Tulokset

Uudelleenvalmistusprosessissa laskuissa huomioitavia pääosin sähköenergiaa kuluttavia vaiheita olivat purku, pesu, hionta ja maalaus. Näissä vaiheissa käytettyjä laitteita olivat muun muassa iskevä mutterinväänin, tasohiomakone, kulmahiomakone, dieselillä ja sähköllä toimiva kuumasipesuri sekä paineilmakäyttöinen maaliruisku. Kuvassa 1 ruosteinen ja purkamaton vaihteistokotelo ja viereisessä kuvassa 2 huomattavasti siistimpi pesty, purettu ja hiottu vaihteistokotelo.



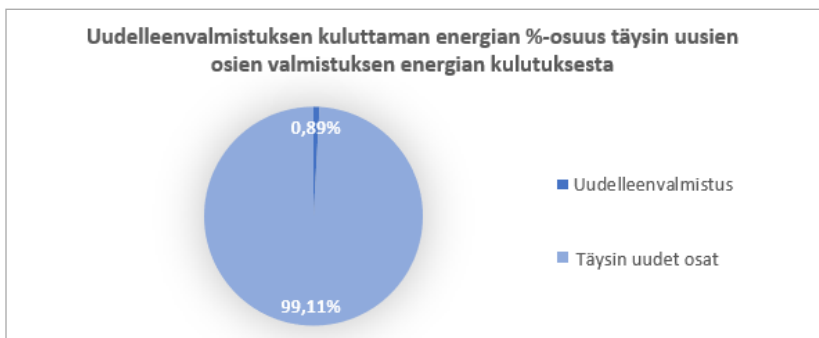
Kuva 1. Hiomaton ja purkamaton kotelo



Kuva 2. Pesty, purettu ja hiottu vaihteistokotelo (kuva: Hanna Tiihonen)

Uusien valurautaisten osien laskuissa huomioitaviin valmistusvaiheisiin kuului raakaraudan valmistus, joka käsitti metallimineraalin louhinnan, rikastuksen riittävän korkeaan rautapitoisuuteen, pelletoinnin, pelkistykseen sekä raakaraudan jalostusvaiheen, joka käsitti sulatuksen, kuumana- pidon, valun, esikäsitteilyn ja koneistuksen lopulliseen muotoon.

Uudelleenvalmistetun tonnin valmistamiseen kului laskelmien perusteella noin 70,40 kWh energiaa ja täysin uuden komponenttitonin valmistukseen noin 7933,32 kWh. Tarkemmat laskuvaiheet ovat eriteltynä varsinaisessa opinnäytetyössä. Yksinkertaistettujen prosessilaskujen perusteella uudelleenvalmistettujen osien valmistukseen kulunut energia oli noin $70,40 \text{ kWh} / 7933,32 \text{ kWh} * 100 \% \approx 0,89 \%$ täysin uusien osien valmistukseen kuluneesta energiasta. Uudelleenvalmistuksen energiankulutuksen osuutta havainnollistettu ympyrädiagrammiin kuvassa 3.



Kuva 3. Ympyrädiagrammi uudelleenvalmistuksen kuluttaman energian %-osuus täysin uusien osien valmistuksen energian kulutuksesta

Tarkasteluun valittu vaihteistokotelo oli hyvä kohde selvittää uudelleenvalmistuksen ja täysin uuden osan valmistuksen energiankulutuksen eroa. Esimerkiksi vaihdelaatikko kokonaisuudessaan muodostaa huomattavasti monimutkaisemman rakenteen. Jos vaihdelaatikon energiankulutuksen olisi halunnut selvittää, olisi selvitys paisunut nopeasti liian laajaksi sen sisältämän jokaisen eri komponentin, kuten tiivisteiden ja laakereiden, vuoksi.

Johtopäätökset

Saatujen tulosten perusteella uudelleenvalmistus on erittäin hyvä keino pidentää tuotteiden elinikää ja säästää energiaa varsinkin tuotteissa, joiden materiaali on erittäin kestävä ja melko vähällä vaivalla uudelleenkäytettävissä. Energiankulutuksen ero uudelleenvalmistetun tuotteen ja täysin uuden tuotteen valmistuksessa on valurautakappaleen tapauksessa merkittävä. Energiansäästö on toki aina prosessikohtaista. Tässä työssä uudelleenvalmistettujen tuotteiden osalta huomioitiin vain Valtralla tehdyt uudelleenvalmistusprosessin vaiheet ja vain näissä työvaiheissa käytettyjen laitteiden energiankulutus.

Energiakriisin aika on varmasti saanut erilaisten koneiden osien valmistajat sekä Suomessa että ulkomailla kiinnittämään entistä enemmän huomiota energiansäästöön. Energian hinnan nousu nostaa varmasti uusien tuotteiden myyntihintaa merkittävästi. Energiankulutus tulee vuoteen 2050 mennessä kasvamaan maailmanlaajuisesti arviolta jopa 50 % nykyisestä kulutuksesta, jos vallitsevat toimintatavat ja teknologian trendit jatkuvat entiseen malliin (U.S. Energy Information... 2021, 1). Energian hukkaamiseen ei ole siis enää varaa. Oletettavasti uudelleenvalmistuksesta tulee siis entistä kilpailukykyisempi vaihtoehto taloudellisuuden, pienempien ympäristöhaittojen ja energiansäästön vuoksi.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Valtra Reman osien tuottama energiansäästö verrattuna uusien osien valmistukseen

Karvonen, I., Jansson, K., Vatanen, S., Tonteri, H., Uoti, M. & Wessman-Jääskeläinen, H. 2015. Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta VTT. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2015/T207.pdf> [viitattu 1.10.2023].

U.S. Energy Information Administration. 2021. International Energy Outlook 2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2021_Narrative.pdf [viitattu 1.10.2023].

ÄLYKKÄIDEN SÄHKÖVERKKOJEN OPETUSSIMULAATTORIN TESTAUS JA PEDAGOGINEN KÄSIKIRJOITUS

Konstantin Gromyko & Juha Korpijärvi

Asiasanat: simulaattori, suunnitelma, opetus, tekniikka

Energiajärjestelmät ovat voimakkaassa muutoksessa. Erilaiset uusiutuvia luonnonvarjoa hyödyntävät sähköntuotantotavat, hajautettu sähköntuotanto sekä sähköverkkoon liittyvät tietotekniikkaa hyödyntävät sovellukset lisääntyvät. Tämä haastaa myös perinteisen sähkötekniikan opetuksen. Älykkäiden sähköverkkojen luonne tuleekin ottaa huomioon sähkötekniikan insinöörikoulutuksessa. Tähän kontekstiin liittyy Tampereen ammattikorkeakoulun ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun yhdessä kehittämä PowerWorld-ohjelmistolla rakennettu älykkäiden sähköverkkojen simulaattori.

Tavoite

Opinnäytetyössäni oli tavoitteena kehitetyn simulaattorin testaus sekä koulutuksen kehittäminen älykkäistä sähköverkoista. Tässä koulutuksessa oli nimenomaan tavoitteena kehitetyn simulaattorin soveltaminen osaksi koulutusta sekä sen koekäyttö. Eräs tavoite oli myös tehdä koulutuksesta houkuttelevampi opiskelijoille. Opinnäytetyössä kehitettiin lisäksi pedagoginen käsikirjoitus sekä raportti pilotoinnin onnistumisesta. (Annala 2018)

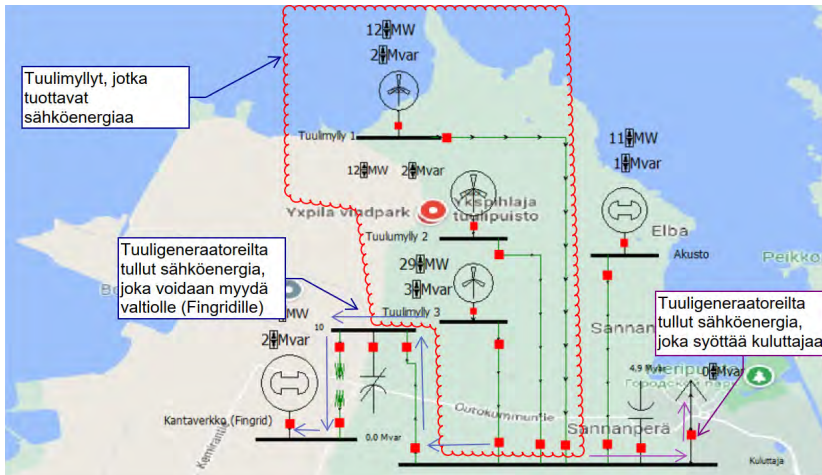
Opinnäytetyössä on tutkittu, miten voidaan pedagogisesti oikein esittää uutta opetusmateriaalia opiskelijoille ja miten voi auttaa opiskelijoita käyttämään tietokoneohjelmia ja simulaattoria. Lisäksi on käsitelty erilaisia Suomessa käytettyjä generaattorityyppejä. On yritetty myös määrittää, millä tavalla simulaattorin avulla voidaan selittää opiskelijoille älykkäät sähköverkot ja loistehokompensointi ja mitä tarvikkeita tarvitaan uusiutuvien energialähteiden tulevaisuuden järjestelmiin. (TUNI 2021)

Oppilaiden tulee olla motivoituneita siitä, että he ovat yhteiskunnan jäseniä ja osana uusien löytöjen tekemistä. Oppilaiden huomion valloitta-

miseksi opettajan pitää osata yllättää. Kuten Milos Formanin tekemän elokuvan "Amadeus" eräs hahmo sanoo: "Ihmiset odottavat fantasioita." Perinteisten generaattorien huomioonoton lisäksi ehdotinkin opinto-ohjelmaan lisättäväksi vaativampien kytkentöjen rakentamista, jotka ovat rakenteilla tai sijaitsevat tällä hetkellä voimassa olevilla paikoilla. Esimerkinä toimi Keski-Pohjanmaalla sijaitseva Yksipihlaja-tuulipuisto.

Simuloidut mikroverkot

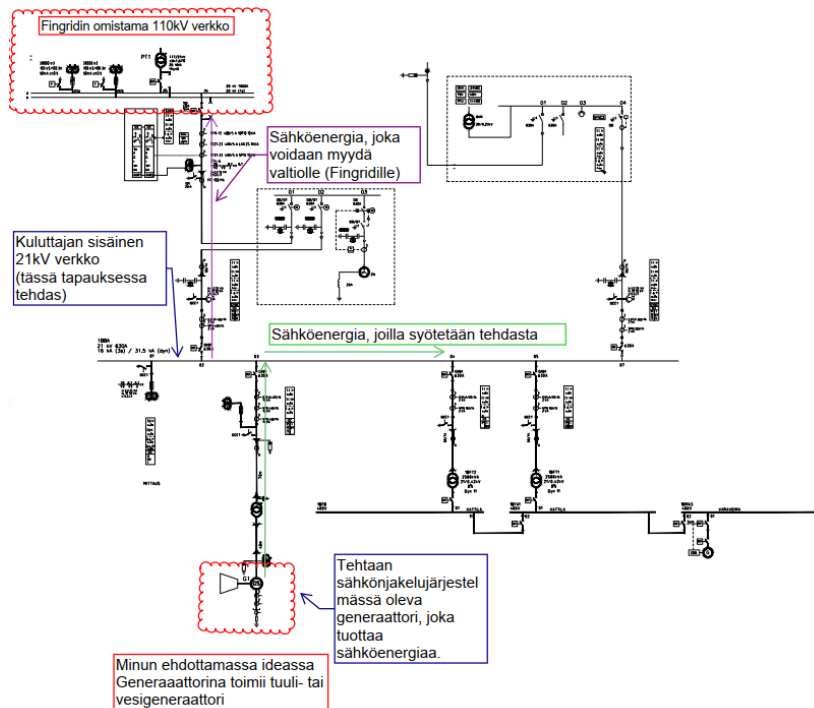
Tehdyssä opinnäytetyössä keskityttiin älykkäisiin sähköverkkoihin oleellisesti kutsuttujen ns. mikroverkkojen (microgrids) toimintaan. Yleensä verkot toimivat osana kantaverkkoa, jolloin mikroverkkojen tehonjous tapahtuu kantaverkosta. Kuitenkin mikroverkot voidaan myös eristää toimimaan saarekkeina, jolloin yleensä kantaverkosta tuleva jousto tulee korvata energiavarastolla. Opinnäytetyössä simuloituissa mikroverkoissa niin sanottuna referenssisolmuna toimiikin kantaverkon asemesta energiavarasto.



Kuva 1. Yksipihlaja-tuulipuisto. Energian myynnin tekninen toimintaperiaate

Kuvassa 1 nähdään, että on rakennettu kolme energiaa tuottavaa tuuligeneraattoria. Akusto latautuu vapaasti saatavalla energialla. Vapaasti saatua sähköä syötetään kuluttajalle. Kantaverkossa toimivat suurtehoisen generaattori ja jännitettä alentava muuntaja. Tilanne onnistuttiin simuloimaan niin, että kuluttajien syöttämisen lisäksi voidaan myös myydä vapaasti tuotettua energiaa kantaverkkoon. Kantaverkko voi toimia tukiverkkona, jos päivä ei ollut tuulinen ja riittävää energian määrää ei

tuotettu. Sen lisäksi kartoitettiin, miten vapaasti saatua energian myyntiä voi selittää opiskelijoille Autocadilla piirretyn sähkönjakelukaavion avulla (kuva 2).



Kuva 2. Energian myynnin tekninen toimintaperiaate Autocadin piirustuksessa

Kevättalvella vuonna 2023 alkaen uutta opetus suunnitelmaa on testattu Tampereen ammattikorkeakoulussa sähköverkoston suunnittelukurssilla, jossa käytettiin enemmän tietokonetta ja PowerWorld-simulaattoria. Tehdyn kyselyn mukaan opiskelijat arvostivat tätä opintojaksoa. Heille tuli parempi ymmärrys siitä, mikä on kuormien, generaattoreiden ja akuston rooli sähköverkossa. Erilaisten sähköverkon osien keskinäinen riippuvuus käykin simulointitapauksista hyvin ilmi.

Johtopäätökset

Yhteiskunnalla on paljon kehitettävää, suunniteltavaa ja rakennettavaa kotimaahamme. Suomessa puhutaan paljon uusiutuvista energianlähteistä ja älykkäistä sähköverkoista. Niiden kehittäminen on oikea päätös, koska uusina aiheina ne avaavat uusia mahdollisuuksia. Ne ovat ympäristöystävällisiä, käyttökelpoisia ja luotettavia energian tuotantomuotoja. Älykkään sähköverkon kehittäminen lisää Suomen energian politiikan itsenäisyyttä ja energian tuotannon turvallisuutta. Näihin haasteisiin tarvitaan paljon ammattitaitoisia, päättäväisiä ja aktiivisia ihmisiä. Koulutusjärjestelmän on oltava valmiina vastaamaan näihin haasteisiin, koska ongelmanratkaisu alkaa nimenomaan koulusta. (Pantsu 2023)

Lopussa haluan lainata roomalaisen filosofin Lucius Annaeus Senecan siitaattia: ”Jos et tiedä, mitä tehdä, tee, mitä on tehtävä ja tulee mitä tulee”.

LÄHTEET

Annala, H. Pedagoginen käsikirjoitus & Storyboard. DIGIJOUJOU-webinaari. TAMK. Julkaistu 18.1.2018. Saatavissa: https://kultura.hamk.fi/media/DIGIJOUJOU-webinaari-170118/0_eu9glt95 [viitattu 17.10.2023].

Pantsu, P. Kallis sähkö jää kohta muistoihin: Suomeen iskee sähkötulva ja kiinteät hinnat painuvat 4–5 senttiin kilowattitunnilta – syynä tuulivoima. Yle 12.1.2023. Verkkolehti. Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20012175> [viitattu 11.4.2023].

TUNI. Pedagoginen suunnittelu WWW-dokumentti. Päivitetty 8.3.2021. Saatavissa: <https://www.tuni.fi/tlc/suunnittelu/pedagoginen-suunnittelu/> [viitattu 10.4.2023].

Gromyko, K. Älykkäiden sähköverkkojen opetussimulaattorin testaus ja pedagoginen käsikirjoitus. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka. Opinnäytetyö. 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023091025547> [viitattu 8.10.2023].

SÄHKÖAUTOJEN LATAUS- JÄRJESTELMÄN MITOITUS TALOYHTIÖYMPÄRISTÖSSÄ

Viljami Hautakoski & Risto Kuitunen

Asiasanat: Sähköautot, Sähköautojen latauspisteet, Sähkösuunnittelu

Johdanto

Sähköautojen suosio on viime vuodet ollut kovassa nousussa. Kysynnän kasvaessa maailmanlaajuisesti sähköautojen hinnat ovat tulleet roimasti alaspäin, mikä on vain vauhdittanut niiden suosiota. Myös huoli tulevaisuudesta ja planeettaamme uhkaavasta ilmastonmuutoksesta on saanut monet autoilijat harkitsemaan ekologisempia vaihtoehtoja. Suomen hallituskin on linjannut liikenteen sähköistämisen olevan yksi keskeisimmistä toimista saavuttaa ilmastotavoitteet vuoteen 2035 mennessä.

Suomessa arvioidaan olevan yli 700 000 sähköautoa vuoteen 2030 mennessä. Sähköautoilun mahdollistaminen vaatii laajan ja tehokkaan latausinfraan rakentamisen. Vuonna 2022 Suomessa on ollut arviolta 1700 latauspaikkaa ja yli 7000 latauspistettä. (Autoalan tiedotuskeskus s.a.) Koko maan tasolla julkisia latauspisteitä löytyy 50 km:n säteellä, Etelä- ja Länsi-Suomessa latauspisteitä on tiheämmin, 25 km:n säteellä. Julkisia latauspisteitä on asennettu paljon huoltoasemien ja kauppakeskusten yhteyteen.

Vaikka julkisia latauspisteitä onkin paljon ja jotkin kaupungit ovat tarjonneet asiakkailleen jopa ilmaista latausta ostosten aikana, on kotilataaminen silti yleisin lataustapa. Niinpä latauspisteiden hankinnasta on tullut ajankohtainen aihe yhä useammalle taloyhtiölle. Tämän opinnäytteen työnä oli tehdä selvitys sähköautojen latauspisteiden hankinnasta mikkelliläiselle taloyhtiölle, Mikkelin Marskin Tornin Oy:lle. Tilaajan toiveesta työssä pyrittiin löytämään ratkaisuja, jotka olisi mahdollista toteuttaa alhaisilla kustannuksilla, sillä kellään talon asukkaista ei vielä tilaushetkellä ollut sähköautoa käytössä. Taloyhtiö ei myöskään ollut valmis isompaan latausjärjestelmäsaneeraukseen jo siitäkään syystä, että se vaatisi kalliita muutoksia taloyhtiön sähköjärjestelmään ja liittymäkokoon.

Lataustavat

Työn alkuvaiheessa tutustuttiin erilaisiin sähköajoneuvojen lataustapoihin. Lataustapoja eli modeja on käytännössä neljä, joista mode 2 ja mode 3 soveltuvat sähköautojen lataukseen kotitalous- ja kerrostaloympäristössä. Mode 2 on hitaampi lataustapa, joka mahdollistaa sähköauton lataamisen tarvittaessa tavallisesta pistorasiasta. Pitempiaikaiseen lataukseen on olemassa kestävämmillä supersuko-pistokkeilla varustettuja latauslaitteita, jotka ovat hinnaltaan huokeita ja muistuttavat tavallisia lämmitystolppia (kuva 1). Mode 3 puolestaan on ideaalimpi ja tehokkaampi lataustapa. Isommissa järjestelmissä se vaatii isoja liittymäkokoja sekä dynaamisen kuormanhallinnan, mikä jo itsessään saattaa olla hintava investointi.



Kuva 1. Mode 2:n mukainen latausasema (Kuva: Sonepar s.a)

Kuormanhallinta

Työssä tutustuttiin erilaisiin kiinteistöjen kuormanhallintaratkaisuihin. Staattinen kuormanhallinta perustuu kulutuksen ja järjestelmän hyvään mitoittamiseen. Se ei vaadi aktiivisesti toimenpiteitä, sillä järjestelmä ei ylikuormitu, vaikka kaikilla autopaikoilla olisi lataus käynnissä. Dynaaminen kuormanhallinta puolestaan vaatii investointeja älykkäisiin järjestelmiin, jotka tarkkailevat liittymän kuormitusta ja tarvittaessa hallitsevat ja tasaavat saatavilla olevan lataustehon samaan aikaan ladattavien ajoneuvojen kesken.

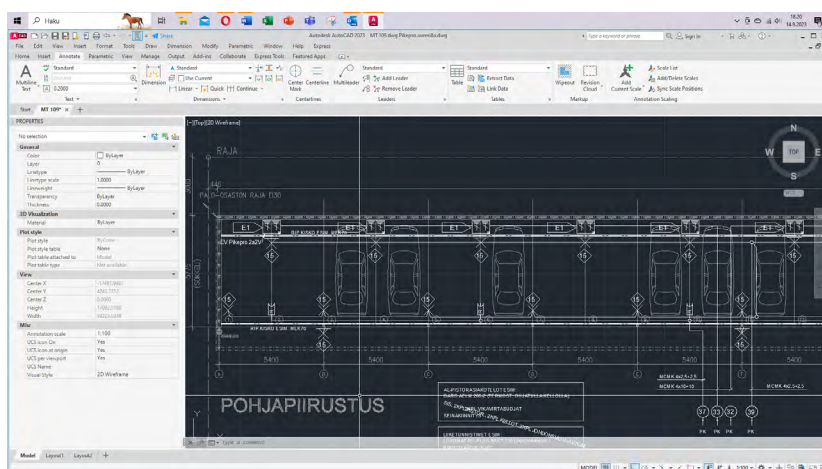
Latausjärjestelmän suunnittelu

Tässä työssä käytettiin apuna isännöitsijän tarjoamia sähkökuvia, joista nähtiin kiinteistön sähkötekniisiä tietoja, kuten pääsulakkeiden ja kaapeleiden koot. Näiden tietojen lisäksi oli hyvä käydä tutustumassa kohteeseen paikan päällä yhdessä ohjaavan opettajan Risto Kuitusen kanssa (kuva 2).



Kuva 2. Osana työtä tehtiin kohdevierailu, jonka aikana tehtiin tarvittavat mittaukset mitoituslaskuja varten (Kuva: Viljami Hautakoski)

Työn kannalta tärkeää oli tehdä liittymän huipputeholaskenta mitattua oikosulkuvirtaa hyödyntäen, jotta pystyttiin paremmin arvioimaan saatavilla latauskapasiteettia. Huipputeholaskelman tukena hyödynnettiin verkkoyhtiön tarjoamia kulutustietoja viimeisen kuuden vuoden ajalta. Näin oli perustellumpaa arvioida kohteen suurinta hetkellistä kulutusta. Laskelmat tuli tehdä hypoteettisesti niin, että jokaisella autopaikalla olisi auto latauksessa. Lataustehojen tuli olla standardien vaatimissa rajoissa. Mitoituksessa voitiin luottaa siihen tilastolliseen faktaan, että useimmiten kotilataus tapahtuu yöaikaan, jolloin latausaika on pitempi eikä lataustehon tarvitse välttämättä olla kovinkaan suuri. Osana opinnäytettä valmistuneista ehdotuksista tehtiin muutokset kohteen sähkökuviin, kuten asemakaavakuvaan ja sähkökeskuskuviin Autocad-suunnitteluohjelmalla (kuva 3).



Kuva 3. Tilaajalle esitetyistä ehdotuksista tehtiin muutokset isännöitsijältä saatuihin sähkökuviin (Kuva: Viljami Hautakoski)

Pohdinta

Työssä saavutettiin tavoiteltu lopputulos, ja tilaajalle pystyttiin esittämään perustellusti useampi tapa toteuttaa latausjärjestelmän saneeraus. Ehdotetut ratkaisut vastasivat toimeksiantoa ja tilaajan toivetta pysytellä alhaisissa kustannuksissa. Tilaaja oli työhön erittäin tyytyväinen ja jopa positiivisesti yllätynyt siitä, ettei projekti välttämättä vaatisikaan suuria investointeja.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Selvitys sähköautojen latauspaikkojen mitoittamisesta kerrostaloyhtiön autolämmitysjärjestelmään

Autoalan tiedotuskeskus. s.a. Sähköautot. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/sahko [viitattu 14.9.2023].

Sonepar. s.a. Latausasema - EVPIKE PRO 2A2V. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/latausasema-evpik-pro-2a2v-3504501> [viitattu 14.9.2023].

RYHMÄJOHDON VALOKAARISUOJAUS

Teppo Järvinen & Juha Korpijärvi

Asiasanat: valokaari, ryhmäjohto, suojaus

Työn tavoite

Opinnäytetyössä tutustutaan ryhmäjohtojen valokaarivikasuojiin, niiden toimintaan ja käyttöön. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin sähkölaboratorioon toteutetaan testilaitte, jolla voidaan tuottaa sarjavalo-kaaria ja havaita, miten kuluttajakäyttöön tarkoitettu valokaarivikasuoja kykenee havaitsemaan valokaaria ja katkaisemaan virtapiirin, ennen kuin valokaari ehtii aiheuttaa vahinkoa ympäristöön.

Teoreettista taustaa

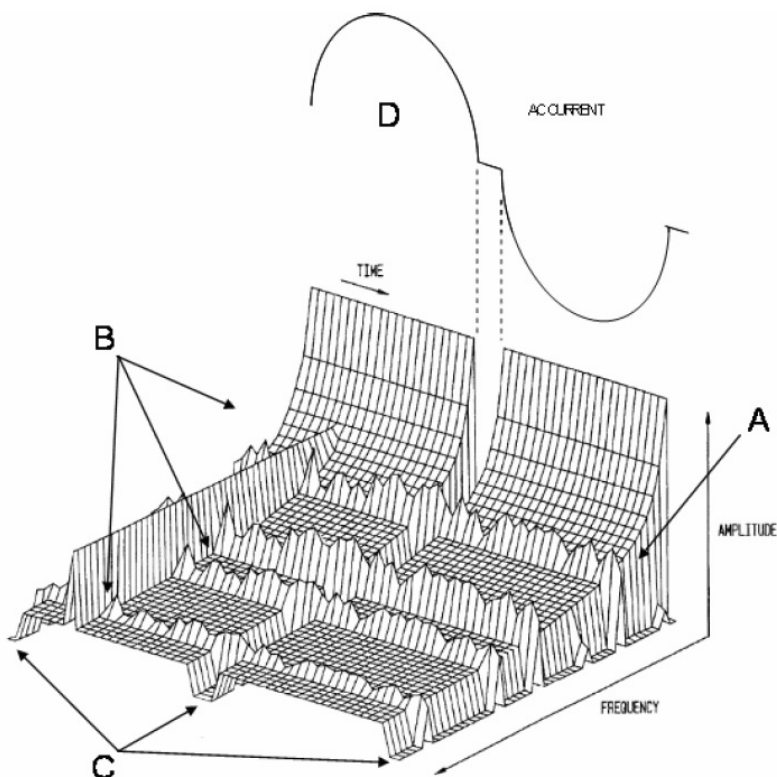
Sähköpalot ovat merkittävä omaisuus- ja henkilövahinkojen syy. Euroop- palaisista maista kerätyn tilastotiedon perusteella jopa noin neljäsosa kaikista tulipaloista on lähtöisin sähkölaitteistoista (FEEDS 2020). Yhdys- valloissa valokaarien on arvioitu aiheuttavan noin kolmanneksen kaikista sähkölaitteiden aloittamista tulipaloista (USFA 2018, 1–2.). Sähköpalojen vaarallisuutta lisää se, että ne voivat alkaa piilossa, esimerkiksi seinä- rakenteissa, joten niillä on aikaa kehittyä suuremmiksi ennen kuin ne havaitaan. Perinteisiä vikavirtasuojakytkimiä voidaan käyttää palosuo- jaukseen, mutta kaikissa tilanteissa ne eivät havaitse paloriskin aiheut- tavia vikavirtoja. Valokaarivikasuoja pyrkii havaitsemaan valokaaria ja vähentämään niiden vaikutuksia, joten se voi antaa lisäsuojaa sähkö- paloilta.

Valokaarivikasuoja on Yhdysvalloissa ollut saatavilla 1990-luvun lopulta alkaen, ja 2000-luvun alusta lähtien ne ovat paikallisen sähköturvalli- suusmääräyskokoelman mukaan olleet pakollisia kaikissa makuutilojen sähköasennuksissa (Siemens Industry, Inc. 2012, 4). Euroopassa käytös- sä oleva valokaarivikasuoja koskeva standardi perustuu yhdysvaltalai- seen standardiin (Martel 2018, 12–13). Euroopassa valokaarivikasuojien pakollisuus eri maiden kansallisissa standardeissa on harvinaista, ylei-

simmin vikasuojia suositellaan vain tiettyihin tiloihin liittyvissä sähköasennuksissa. Eurooppalaisen ja yhdysvaltalaisen standardin välillä on jotain eroja, johtuen mm. erilaisista sähköverkon vaihejännitteistä (Martel 2018, 164).

Valokaaria esiintyy virtapiireissä myös tarkoituksellisesti, esimerkiksi lähes kaikki pyörivät koneet synnyttävät pyöriessään valokaaria, ja tavallisten valokatkaisimien toiminta perustuu valokaaren syttymiseen ja sen hallittuun sammumiseen. Kaikki virtapiireissä esiintyvät valokaaret eivät siis ole välttämättä haitallisia. Valokaarivika tarkoittaa virtapiirissä esiintyvää ei-tarkoituksellista valokaarta. Valokaari on kirkas sähköpurkaus eristävän aineen yli. Valokaaren vaarallisuus perustuu sen korkeaan lämpötilaan, valokaaren lämpötila on yleisesti lähes 5000 °C. Rinnakkaisvalokaaret, eli virtapiirin kahden eri johtimen väliin syntyvät valokaaret, havaitaan yleensä hyvin perinteisilläkin suojakytkimillä. Rinnakkaisvalokaarien vikavirta on yleensä hyvin suuri, koska sitä rajoittaa ainoastaan virtapiirin virtalähteen kyky syöttää virtaa sekä vikavirtapiirin yleensä pieni resistanssi. Johdinsuojat ja vikavirtakytkimet havaitsevat vaihejohtimen ja nolla- tai suojajohtimen väliset valokaaret yleensä hyvin nopeasti ja luotettavasti. Sarjavalokaaria, eli yhteen johtimeen syntyviä valokaaria, nämä perinteiset suojalaitteet eivät yleensä havaitse lainkaan, koska sarjavalokaarissa ei vikavirta johdu lainkaan maahan ja vikavirrat saattavat olla jopa pienempiä kuin piirissä normaalisti esiintyvät virrat.

Valokaarien havaitsemista hankaloittavat sekä virtapiireissä muutenkin esiintyvät, normaalin käyttöön liittyvät valokaari-ilmiöt että virtapiirien muut häiriöt. Koska pyritään välttämään tarpeettomat virtapiirien katkaisut, on välttämätöntä erottaa oikean valokaarivian aiheuttamat signaalit virtapiirin tavallisista signaaleista ja kohinasta. Tavallisia valokaarivian havainnointia hankaloittavia laitteita ovat lähes kaikki pyörivät moottorit, esimerkiksi pölynimurit tai porakoneet. Muuta korkeataajuisia häiriötä voi aiheutua erilaisista valonhimentimistä tai vaikkapa kompressoreista. Myös sähköjakeluverkossa tapahtuva tiedonsiirto näkyy korkeataajuisena signaalina sähköjohdoissa. Luotettavassa valokaarivian havainnoinnissa onkin olennaista kyetä erottamaan todellinen valokaarivika piirin normaalista toiminnasta. Kuvassa 1 on havainnollistettu erityyppisten häiriösignaalien esiintymistä ryhmäjohdossa.



Kuva 1. Erityyppisten häiriösignaalien esiintyminen ryhmäjohdossa. C:llä merkittynä vaihtovirtasähkön nollakohdat, joissa havaitaan valokaarivikaan liittyvien häiriösignaalien vaimeneminen, mutta ryhmäjohton muut häiriöt (B) eivät vaimene. (Restrepo 2007, 117)

Yleisesti ottaen valokaarivikasuojien toiminta perustuu virtapiirin virran analysointiin. Tyypillinen tapa havainnoida valokaaria on tehdä signaalianalysointia ryhmäjohdossa esiintyvistä korkeataajuisesta signaalista ja pyrkiä suodattamaan siitä tietoa, joka viittaa johdossa esiintyvään valokaareen. Analysoinnissa voidaan käyttää hyödyksi tietoa siitä, että valokaari poikkeuksetta sammuu virran nollakohdissa. Vaihtosähköpiirissä oleva valokaari ei voi palaa, kun piirissä ei kulje virtaa. Häiriöt, jotka esiintyvät suunnilleen jatkuvasti, eivät siis voi olla valokaaresta johtuvia. Valokaarien havainnointitapoja ja niihin liittyviä algoritmeja on vähintäänkin kymmeniä. Tyypillisesti laitevalmistajat kehittävät omia algoritmejaan ja suojaavat ne patenteilla, eikä niiden tarkkoja toimintatapoja ole mahdollista selvittää, vaan ne kuuluvat yrityssalaisuuden piiriin. Myytävissä kelpaavien laitteiden on kuitenkin täytettävä standardin vaatimukset.

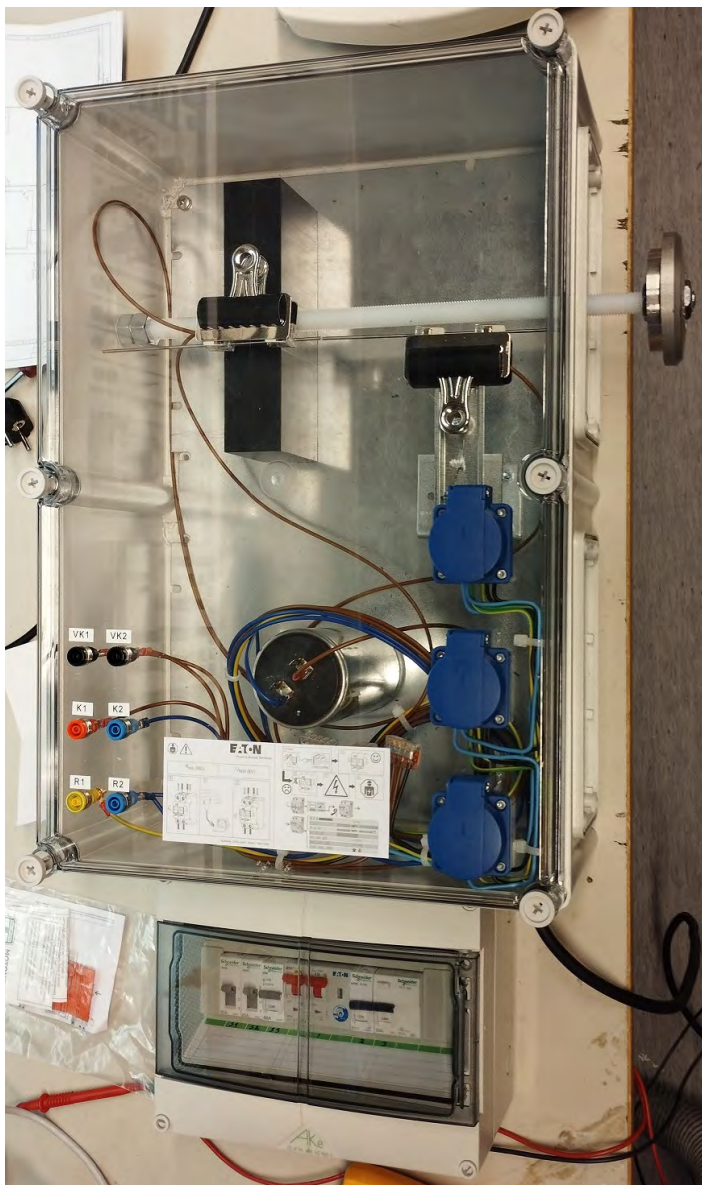
Kansainvälinen valokaarivikasuoja koskeva standardi määrittelee testit, jotka vikasuojien on läpäistävä. Testit pyrkivät määrittelemään tarvittavat

raja-arvot ja testimetodit, joita kaikkien laitevalmistajien laitteiden hyväksynnässä käytetään. Standardi määrittelee tiettyjä aika- ja virta-arvoja, joiden sisällä vikasuojan on toimittava, sekä testilaitteiston ja testitilanteita, joista laitteen on selviydyttävä annetuissa aikarajoissa. Opinnäytetyössä toteutettava testilaitteisto mukailee standardin määrittelemää valokaarigeneraattoria niin tarkoin kuin mahdollista.

Työn toteuttaminen

Opinnäytetyössä toteutetussa laitteessa ei ole mahdollista aiheuttaa rinnakkaisvalokaaria. Rinnakkaisvalokaarien virrat voivat kohota huomattavan suuriksi, joten laitteen suunnittelu turvalliseksi olisi huomattavan haasteellista, jos sillä pitäisi voida tuottaa myös rinnakkaisvalokaaria. Sarjavalokaari saadaan aikaan standardinmukaisella järjestelyllä, jossa vaihejohtimeen kytkettyjä elektrodeja voidaan siirtää toisiinsa nähden niin, että niiden välille syntyvään rakoon aiheutuu valokaari. Standardissa on määritelty käytettyjen elektrodien materiaali, mutta toteutetussa laitteessa elektrodit on mahdollista vaihtaa halutuiksi eikä toteutus rajoita käytettävien elektrodien materiaalivalintaa. Laitteeseen voidaan liittää kuormaksi mikä tahansa sähkölaite käyttämällä laitteen pistorasioita, lisäksi laitteessa on sisäinen kondensaattori, joka voidaan lisätä ulkoisten kuormien rinnalle. Useissa tutkimuksissa nimenomaan kapasitiivinen kuorma aiheuttaa ongelmia valokaarivikavirtasuojan kyvyllä havaita piirissä esiintyvää valokaarivikaa. Laitteessa on myös valokaarivikavirtasuojapiiristä erillinen piiri, jossa suojaavana kytkimenä on vikavirtasuojakytkin. Valokaaren mahdollistavat elektrodit voidaan myös kokonaan ohittaa tarvittaessa.

Laboratoriolaite rakennettiin noin neljässä päivässä, työkaluina vain tavalliset joka kodista löytyvät työkalut, joten mitään kovin tarkkaa työstämistä vaativaa työtä ei ollut mahdollista tehdä. Koska kyseessä oli yksittäinen laite, suunnittelussa ei käytetty mitään prosessia, vaan laitetta tehtiin suunnittelutyön ohessa kokeilemalla eri ratkaisuja ja hylkäämällä ne, jotka eivät toimineet. Varsinkin elektrodien liikuttelumekanismissa olisi tarvittu tarkempia työvälineitä, mutta koska niitä ei ollut saatavilla, elektrodien liike jäi lopullisessa laitteessa hieman epämääräiseksi. Paremmilla työkaluilla ja suunnittelulla laitteesta olisi varmasti saatu sirompi ja käyttäjäystävällisempi (kuva 2).



Kuva 2. Valmis laboratoriolaite (Kuva: Teppo Järvinen)

Kuvassa yllimpänä oikealla käsipyörä, jota pyörittämällä voidaan liikuttaa elektrodeja toisiinsa nähden ja aiheuttaa niiden välille valokaari. Keskellä oikealla kolme pistorasiaa, joihin voidaan liittää kuormiksi haluttuja sähkölaitteita. Keskellä laitekotelon sisällä isohko kondensaattori, jota voidaan käyttää kuormana ulkoisten kuormien rinnalla. Vasemmalla alempana mittauspisteitä ja alimpana koteloituna laitteen käyttökytkimet sekä valokaarivikavirtasuoja, tavallinen vikavirtasuoja sekä johdonsuoja.

Päätelmät

Opinnäytetyön tuloksena kuitenkin lopulta syntyi toimiva laboratoriolaitte, jolla voidaan kontrolloidusti generoida valokaaria ja havaita, miten kaupalliseen käyttöön tarkoitettu valokaarivikasuojalaitte havaitsee valokaaria eri kuormilla ja eri tilanteissa. Kirjoittajalle aihepiiri oli uusi ja mielenkiintoinen. Opinnäytetyötä kirjoittaessa kävi ilmi, että erilaisten tiedonhakumenetelmien yhdisteleminen on hyödyllistä. Jos jotain tietoa tai artikkelia ei ole suoraan saatavilla esimerkiksi jostain tietokannasta, joskus artikkelin kirjoittaja saattoi jakaa artikkeliaan vaikkapa omalla nettisivullaan tai jonkun toisen median kautta. Eri hakutapojen yhdisteleminen siis kannattaa, varsinkin jos materiaali on jonkun maksumuurin takana. Varsinkaan standardeja ei yleensä ole saatavilla ilmaiseksi tai koulun kauttakkaan.

LÄHTEET:

Opinnäytetyö Ryhmäjohdon valokaarisuojaus

FEEDS. 2020. European data on domestic fires from electrical source. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://drive.google.com/file/d/1jHIExer-MwhDYKkrYe5ofT8XrtxGSFCUF/view> [viitattu 22.11.2022].

Martel, J.-M. 2018. Series arc faults in low-voltage AC electrical installations. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.db-thueringen.de/receive/dbt_mods_00034130 [viitattu 9.11.2022].

Restrepo, C.E. 2007. Arc Fault Detection and Discrimination Methods. Teoksessa *Electrical Contacts - 2007 Proceedings of the 53rd IEEE Holm Conference on Electrical Contacts* 115–122. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.doi.org/10.1109/HOLM.2007.4318203> [viitattu 9.11.2022]

Siemens Industry, Inc. 2012. History of the AFCI. White Paper. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.siemens.com/download?BTLV_40703 [viitattu 14.10.2022].

USFA. 2018. Residential Building Electrical Fires (2014–2016) Volume 10. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.usfa.fema.gov/statistics/reports/> [viitattu 22.11.2022].

LÄMPÖKÄSITTELYLAITTEISTON MODERNISOINTI

Jani Räisänen & Risto Kuitunen

Asiasanat: lämpökäsittely, päivitys, PLC, Siemens

Opinnäytetyöni aihe oli puun lämpökäsittelyssä käytettävän kamarin automaatiolaitteiston modernisointi. Opinnäytetyö suoritettiin Jartek Investin toimesta, Japanissa sijaitsevalta asiakkaalta saadun toimeksiannon pohjalta. Opinnäytetyön alussa perehdytään lämpökäsittelyn puun ominaisuuksiin, puun lämpökäsittelyprosessiin ja lämpökäsittelylaitoksen laitteistoon. Lämpökäsittelyprosessin ja -laitteiston tuntemus on erittäin tärkeää laitteiston modernisoinnin onnistumisen kannalta. Lämpökäsittelyprosessin toimintaan liittyy monia tuotteen laadullisia ja prosessin turvallisuuteen liittyviä riskitekijöitä. Tuotteen laadun ja prosessin tuntemuksella nopeutetaan ja varmistetaan modernisointityön onnistuminen.

Puutavaran lämpökäsittelyprosessi ja -laitteisto

Puutavaran lämpökäsittelyllä parannetaan puutavaran säänkeston ominaisuuksia, ilman että käsittelyssä käytettäisiin ylimääräisiä lisätyjä kemikaaleja. Lämpökäsiteltävä puutavara kuivataan ja kuumennetaan noin 200 asteeseen, ja puun lämpötila pidetään tässä lämpötilassa vähintään standardien määrittämän ajan. Puun lämpökäsittelyn laadulle on määritetty kaksi luokkaa: Thermo S ja Thermo D. Nämä lämpökäsittelylaadut poikkeavat hieman toisistaan värin ja käytettävyyden osalta (Lämpöpuuyhdistys ry 2023):

- Thermo S Käsittelylämpötila 190 °C (+/- 3°C)
S = stability (muotopysyvyys)
- Thermo D Käsittelylämpötila 212 °C (+/- 3°C)
D = durability (muotopysyvyyden lisäksi lahon- ja säänkestävyys)

Puutavaran lämpökäsittelyprosessin ollessa korkean lämpötilan vaiheessa puusta irtoaa ja muodostuu erilaisia kemiallisia yhdisteitä, esimerkiksi tervaa ja häkää. Näiden yhdisteiden epäsuotuisa seossuhde aiheuttaa tulipalon vaaran sekä huonoimmassa tapauksessa räjähdyksen lämpö-

käsittelykamarin sisällä. Toimilaitteiden ja toimintojen varmuus ja varmistus on erittäin tärkeä osa kokonaisprosessia ja laitteiston turvallisuutta. Lämpökäsittelykamarin lisäksi tuotantolaitoksen kokonaisuuteen kuuluu oleellisena osana lämpökäsittelyn vaatiman energian tuotanto. Lämmitysenergian lisäksi kamarin turvallisen ja laadullisen toiminnan varmistamiseksi tarvitaan höyryntuotanto sekä prosessissa käytettävän veden puhdistus ja varastointi. Näiden toimintojen saumaton ja varma yhteistoiminta takaa onnistuneen ja turvallisen puun lämpökäsittelyprosessin. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkikokonaisuus lämpökäsittelylaitoksen laitteistosta.

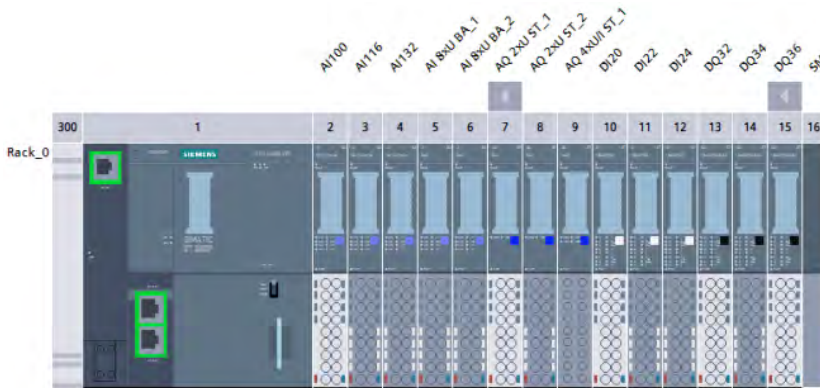


Kuva 1. Esimerkkikokonaisuus lämpökäsittelylaitoksesta (Kuva: Jartek)

Lämpökäsittelykamarin PLC-laitteisto

Lämpökäsittelykamarin automaatiolaitteisto pitää sisällään ”sydämen”, jonka ympärille kokonaisuus rakennetaan. Yleensä tämä on PLC-laitteisto, johon on liitetty erilaisia kentälaitteita. Näitä kentälaitteita ovat yleisemmin erilaiset anturit (digitaaliset ja analogiset), prosessin säätölaitteet (pellit ja venttiilit), moottorit ja niiden ohjauksessa mahdollisesti käytettävät taajuusmuuttajat. PLC-laitteisto on yleisesti varustettu analogisilla ja digitaalisilla input-korteilla, joiden avulla luetaan kentälaitteiden PLC-laitteistolle lähettämä oloarvo (esimerkiksi lämpö tai paine) tai digitaalisen anturin tilatieto (ON/OFF). Input-korttien lisäksi PLC-laitteisto varustetaan yleisesti vastaavilla analogisilla ja digitaalisilla output-korteilla, joiden avulla voidaan ohjata kamarin toimilaitteita. Toimilaitteiden lähettämä input-tieto tulkitaan PLC-laitteistoon ohjelmoidun ohjelman perusteella. Toimilaitteiden tiedon perusteella PLC-laitteisto määrittää output-tiedon, jonka avulla toimilaitteita voidaan ohjata haluttuun ase-

tusarvoon tai olotilaan (ON/OFF). Kuvassa 2 on esitetty mallikokonaisuus lämpökäsittelykamarin PLC-laitteiston hardwaresta.



Kuva 2. PLC-laitteiston hardware (Kuva: Jani Räisänen)

Toimilaitteiden ohjaus voidaan suorittaa myös Profinet-väylän välityksellä. Profinet-väylän välityksellä voidaan helposti käsitellä erilaista input-ja output-tietoa, eikä näiden käsittelyyn vaadita erillisiä PLC-laitteiston ohjainkortteja. Useat toimilaitteet ja monet mittalaitteet tukevat nykyään jo valmiiksi Profinet-väylän käyttöä. Väylän avustuksella toimilaitteelta ja sen toiminnasta saadaan PLC-laitteistolle paljon hyödynnettävää tietoa ja dataa (esimerkiksi taajuusmuuttajan lämpötila tai moottorin käyttämä teho ja virta). Lisäksi erilaiset vikatilanteiden tulkinnot ovat Profinet-väylän avustuksella nopeita ja helppoja.

PLC-laitteiston ja toimilaitteiden lisäksi lämpökäsittelykamarin toiminnan kannalta tärkeitä kokonaisuuksia ovat SQL-serveri eli tietojen ja historian tallennukseen käytettävä PC sekä HMI (Human Machine Interface) (kamarin käyttöliittymä) laitteisto käyttöä varten. SQL-serverille tallennetaan PLC-laitteiston mitaamat arvot, joiden perusteella pystytään jälkepäin tarkistamaan laitteiston ja kamarin toimivuus. Lisäksi SQL-serverille voidaan tallentaa lämpökäsittelyssä käytettävät reseptit, jotka voidaan ladata PLC-laitteistoon käsiteltävän puutavaran mukaisesti. HMI-laitteistoa käytetään lämpökäsittelykamareiden osalta visuaalisena käyttöliittymänä. Käyttöliittymä pystyttäisiin toteuttamaan joiltakin osin myös ääneen tai tuntoon perustuvana, mutta lämpökäsittelykamareiden osalta käytössä on visuaalinen käyttöliittymä. Käyttöliittymän avustuksella tuotantolaitoksen operaattorit suorittavat ja valvovat puun lämpökäsittelyprosesseja. HMI-käyttöliittymän avulla pystytään tutkimaan SQL-Server-tietokantaan tallennettuja mittausarvoja visuaalisessa grafiikkamuodossa. Kuvassa 3 on esitetty muutamia malliesimerkkejä HMI-käyttöliittymistä.



Kuva 3. HMI-käyttöliittymiä (Inductive Automation 2018)

Lämpökäsittelykamarin ohjauslaitteiston kokonaisuus muodostuu kohteen mukaan Siemensin 1512SP F-1 PN- tai 1512SP-1 PN-CPU:lla varustetusta logiikasta sekä siihen liitetyistä ohjainkortista ja mahdollisista laajennuksista. Lämpökäsittelykamarin käyttöliittymä (HMI) on toteutettu Beckhoff TwinCat HMI-sovelluksella ja HMI-serverinä toimii Beckhoff PC-laitteisto (Beckhoff Twincat 3 HMI 2023). Tietokantana käytetään yleisimmin Microsoft SQL-express sovellusta, joka on hiukan rajattu ominaisuuksiltaan, mutta riittävän laaja lämpökäsittelykamarien käyttöön. (Microsoft SQL 2019.)

Päivitystyön suunnittelu ja toteutus

Varsinaisen päivitystyön suunnittelu aloitettiin asiakkaan toimittamien alkutietojen (valokuvat ja sähköpiirustukset) perusteella, ja näiden avulla pystyttiin alustavasti määrittämään päivitettävän laitteiston toimilaitteiden kokonaisuus sekä voitiin laatia alustaa IO-listaus (input- ja output-luettelo). Näitä tietoja verrattiin lämpökäsittelykamarin vakioitoimituksen listauksiin, jonka perusteella voitiin määrittää tarvittavan ohjelmointityön laajuus ja muutostarpeet. Seuraava kartoituksen ja suunnittelutyön vaihe olikin asiakkaan toimitiloissa tapahtuva kartoituskäynti. Tämän kartoituksen avulla saatiin täsmennyksiä ja selkeyttäviä havaintoja päivitystyön laajuudesta ja vaativuudesta. Kartoitusten perusteella pystyttiin asiakkaalle laatimaan tarjous kustannuksista ja toteutuksen aikataulusta.

Ennen varsinaista päivitystyön suorittamista testattiin päivityskokonaisuuden PLC-laitteisto ja ohjelmisto konttorin testiseinällä. Koska päivityskohde sijaitsi Japanissa, oli työn suorittamista hankaloittamassa välimatka ja aikaero. Lisäksi päivitykseen toteutukseen varattu aika oli rajallinen, joten ennakkotestauksella voitiin varmistaa onnistunut päivitystyö asiakkaan luona.

Tulokset ja johtopäätökset

Päivitystyö sujui ilman suuria ongelmia. Suurimmat ongelmat työnsuorituksen osalta olivatkin asiakkaan luona tapahtuvan päivitystyön aikana kielellisistä ja kulttuurillisuuksista johtuvat eroavaisuudet. Näistäkin ongelmista selvittiin luovilla ratkaisulla, ja lämpökäsittelykamarin automaatiolaitteiston päivitystyö saatiin suoritettua loppuun sovitussa aikataulussa. Lämpökäsittelykamarin päivitystyön tilannut asiakas ja päivitystyön toteuttanut taho olivat tyytyväisiä projektin lopputulokseen. Päivitystyössä tehdyillä muutoksilla saatiin parannettua lopputuotteen laatua, prosessin nopeutta sekä turvallisuutta.

Suoritetusta päivitystyöstä saatiin Jartek Investin käyttöön paljon hyvää oppia tulevaisuutta varten. Lämpökäsittelykamareita on toimitettu eri toimittajien toimesta maailmanlaajuisesti jo yli 20 vuoden ajan, joten PLC-laitteistojen päivityksiä on tarjolla vielä tulevaisuudessakin.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Lämpökäsittelylaitteiston modernisointi

Beckhoff TwinCat HMI. 2023. Beckhoff. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com/en-en/products/automation/twincat-3-hmi/> [viitattu 17.10.2023].

Inductive Automation. 2018. What is HMI. Verkkoartikkeli. Julkaistu 10.8.2018. Saatavissa: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi> [viitattu 17.10.2023].

Lämpöpuuyhdistys ry. 2023. Yhdistys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://thermowood.palvelee.fi/> [viitattu 17.10.2023].

Microsoft SQL. 2019. Compare SQL Server versions. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2019-comparison> [viitattu 17.10.2023].

KOTKAN KANTASATAMAN ENERGIAYHTEISÖN SIMULOINTI

Simo Udd & Juha Korpijärvi

Asiasanat: simulointi, tuulivoima, aurinkovoima, microgrid

Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli Kotkan Kantasataman energiayhteisön simulointi ja siitä saatujen tulosten arviointi. Energiayhteisö mallinnettiin PowerWorld-ohjelmistoa käyttäen ja Kantasataman alueelta saatuja tehotietoja hyödyntäen. Opinnäytetyö perustuu Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin VAU-hankkeeseen.

Kantasataman alueelle on ollut suunnitteilla älykäs sähköverkko, jonka alueella tulisi olemaan mm. museo, tapahtumakeskus ja XAMK-kampus. Alueelle on suunniteltu aurinko- ja tuulivoimaa, joilla pystyttäisiin kattamaan osa alueen sähköntarpeesta. Työssä tutkittiin, kuinka aurinko- ja tuulivoiman lisääminen alueen verkkoon vaikuttavat sen toimintaan.

Mitä tarkoitetaan microgridillä?

Microgrid tarkoittaa verkkoa, joka pystyy toimimaan itsenäisesti, vaikka se irrotettaisiin kiinteästä jakeluverkosta. Tämän mahdollistaa paikallinen pientuotanto ja älykäs kuorman hallinta. (Bush 2014, 172.)

DC-microgridit ovat saaneet nykyään enemmän suosiota, koska tasajännitteellä saadaan pois suljettua osa ongelmista. Näitä ongelmia ovat mm. harmoniset yliaallot, verkon tahdistus saarekekäytössä sekä tehon reaktiivisen osan hallinta. (Al-Ismaail 2021.)

Suunnitellessa microgridejä tulee erityisesti ottaa huomioon:

1. kuorman ja tuotannon mitoitus/arviointi
2. energiavaraston mitoitus
3. topologian valinta.

Kuorman ja tuotannon arvioinnilla pystytään välttämään tilanne, jolloin jännite ja taajuus lähtevät elämään. Energiavaran mitoituksella estetään verkon kaatuminen silloin, kun verkkoon ei tule uusiutuvista energialähteistä tehoa. Energiavaran mitoitukselle voi olla useita perusteita, kuten taloudelliset tai verkon luotettavuuteen liittyvät perusteet. Topologian valintaan vaikuttaa ympäröivät verkot, esim. olemassa olevat DC-verkot tai jo olemassa olevat varavirtalähteet. (Al-Ismaïl 2021.)

Älykkäällä sähköverkolla pystytään parantamaan uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Energialähteet, joista ei saada jatkuvasti hyötyä, kuten aurinko- ja tuulienergia, voidaan varastoida silloin, kun tarve on pieni. Kun tarve kasvaa, voidaan ohjata varastoitu energia käyttöön.

Microgridit ja älykkäät sähköverkot kulkevat monesti käsikädessä uusiutuvien energialähteiden käytön kanssa. Uusiutuvien energialähteiden käyttö on tärkeää, jotta pystytään vähentämään CO₂-päästöjä. Ilmastonmuutos on tämän aikakauden ongelma, ja älykkäillä sähköverkoilla pystytään helpottamaan tulevaisuuden näkymää. Tulee silti muistaa, että vaikka uusiutuvat energialähteet ovat tärkeitä ilmastonmuutoksen kannalta, säätövoimaa on silti oltava verkon toiminnan varmistamiseksi. Kuten aiemmin todettiin, uusiutuvilla energialähteillä on hyvin vähän tai ei ollenkaan inertiaa. Säätövoimalla pystytään hallitsemaan inertian puutteesta johtuvaa taajuuden vaihtelua.

Kotkan kantasatama

Kantasataman alueelle on ollut suunnitteilla älykäs sähköverkko, jonka alueella tulisi olemaan mm. museo, tapahtumakeskus ja XAMK-kampus. Yksi tutkittava kohde oli, pystyttäisiinkö alueelle lisäämään vielä laivojen lataus ilman, että verkko kaatuisi. Alueelle on suunniteltu aurinko- ja tuulivoimaa, joilla pystyttäisiin kattamaan osa alueen sähköntarpeesta. Sähkönjakeluverkko on suunniteltu suljettuna tasasähköverkkona, mikä mahdollistaa helpomman uusiutuvien energialähteiden käytön.

Simulointityökalu ja simuloinnin tulokset

Opinnäytetyön simulointiosuus toteutettiin PowerWorld-ohjelmistolla. Ohjelman on tehnyt PowerWorld Corporation, joka on perustettu 1996. Simulaattori on keski- ja suurjänniteverkkojen mallinnukseen tarkoitettu työkalu, jolla pystyy laskemaan jopa 250 000 kiskostoa. Simulointiajao

pystyy tarkastelemaan muutamasta minuutista useiden päivien ajanjaksoihin. (PowerWorld Corporation s.a.) Työssäni käytin PowerWorld-simulaattoria kuormien ja uusiutuvien energialähteiden mallintamiseen.

Ennen simulointia oletuksena oli, että verkon taajuuden ja stabiilisuuden kanssa tulee olemaan ongelmia, lähinnä verkon pienen inertian vuoksi. Akustot ja jaettu uusiutuvien energialähteiden käyttö tulisivat kuitenkin tasaamaan järjestelmää jonkin verran. Epäilyksenä ennen työn aloitusta oli, että verkko ei tule kestävään enää laivojen latausta pelkällä uusiutuvalla energialla.

Simulointia aloittaessa tuli määritellä arvioidut kulutukset jokaiselle rakennukselle. Tähän olin saanut apua Xamkin VAU-projektin henkilöltä, jolla oli Excel-taulukoissa muutaman rakennuksen tehotiedot vuoden ajalta tunnin välein. Näitä apuna käyttäen määritin rakennuksille arvioidut kulutukset kellon ympäri. Lisäksi määrittelin aurinkoenergialle, että se tuottaa sähköä aikavälillä 9:00–16:00, aamua ja iltaa kohti hieman vähemmän kuin keskipäivällä. Tuulivoimalle määrittelin pientä tuulisuutta koko ajan ja lisääntyvää 11:00 alkaen, kun ilma alkaa lämmetä. Tuulivoiman tuotantoa vähensin hieman auringon laskun jälkeen.

Simuloinnista tuloksena sain ”one-line”-esityksiä, joista selviää energian suunnat ja niiden määrät. Näistä kuvaajista tuli verrata tuotannolle määritetyn laitteiston nimellisarvon ylitystä, jolloin pystyttiin toteamaan, missä tilanteissa laitteiston tehontuotanto ei riitä. Ainoa tilanne, jota verkko ei pystyisi ylläpitämään, olisi se, että akkuja ladattaisiin täydellä teholla samaan aikaan, kun valtakunnan verkko olisi päiväsaikaan pois käytöstä. Tämän tilanteen pystyisi välttämään älykkäillä kuormanohjauslaitteilla ja ajastetuilla akkujen latausjärjestelmillä. Älykkäillä kuormanohjauslaitteilla uusiutuva energiantuotanto riittäisi myös laivojen lataukselle.

Pohdinta

Simulointi vaikutti alusta asti hankalalta lähinnä PowerWorld-ohjelmiston monimuotoisuuden takia. Uusiutuvat energialähteet aiheena on mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Suurimmat ongelmat uusiutuvien energialähteiden käytössä ovat kuormanohjaukseen ja inertiaan liittyvät haasteet. Suomessa uusiutuvien energialähteiden käyttöä hankaloittaa myös se, että auringonpaiste on talvisin vähäistä ja tuulivoimaloista saadaan järkevästi hyötyä lähinnä rannikkoalueilla. Yksityishenkilön näkökulmasta tämä vaikuttaa suoraan siihen, että esimerkiksi aurinkopaneelien takaisinmaksuajat ovat pitkiä, jolloin taloudellinen hyöty on toistaiseksi vähäinen.

LÄHTEET

Al-Ismail, F. 2021. DC Microgrid planning, operation and control: A comprehensive review. IEEE Access. PDF-dokumentti [viitattu 10.1.2022].

Bush, S. 2014. Smart Grid: Communication-enabled intelligence for the electric power grid. 1. painos. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

PowerWorld Corporation. s.a. PowerWorld Corporation: History. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.powerworld.com/company/history> [viitattu 7.1.2022].

TALOTEKNIIKAN OPETUS- SUUNNITELMA TULEVAISUUDESSA – TUTKIMUKSESTA TAUSTATietoa KEHITYSTYÖHÖN

Jarkko Kolehmainen & Johanna Arola

Asiasanat: ammatillinen osaaminen, urakehitys, tapaustutkimus, lvi-insinööri

Johdanto

Ammattikorkeakoulut ovat korkeakouluja, joiden tehtävänä on tarjota opetusta, joka perustuu työelämän tarpeisiin ja sivistyksellisiin näkököhtiin. Niiden rooli on kouluttaa opiskelijoita asiantuntijatehtäviin ja tukea heidän ammatillista kasvuaan. Ammattikorkeakoulut eivät kuitenkaan rajoitu pelkästään opetustoimintaan, vaan niiden on oltava aktiivisesti mukana aluekehityksessä tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan (TKI) kautta.

Ammattikorkeakoulututkintojen tavoitteena on varustaa opiskelijat riittäväillä tiedoilla ja taidoilla, jotta he voivat toimia asiantuntijatehtävissä omalla alallaan. Samalla heille tulisi tarjota valmiudet elinikäiseen oppimiseen ja oman ammatillisen osaamisen kehittämiseen. Näitä tavoitteita tukeva TKI-toiminta on korostunut entisestään, kun teknologian lisääntyminen on tuonut muutosta työelämään ja osaamistarpeisiin. Eri koulutusten tavoitteet ovat monimuotoisia, ja osaamisen määritelmät vaihtelevat. Osaaminen voidaan määritellä mm. tietojen soveltamiseksi tavoitteen saavuttamiseksi, ja se kattaa tiedot, taidot, asenteet, kokemukset ja kontaktit. Osaaminen voi olla myös yhteydessä tekemiseen ja suoritukseen, joka koostuu kyvystä toimia eri tilanteissa.

Ammattikorkeakoulut tuottavat asiantuntijoita, ja niille on laadittu yhteiset valmistumisvaiheen kompetenssit, kuten oppimaan oppiminen, eettisyys, kansainvälisyys, työelämässä toimiminen, kestävä kehitys ja ennakoiva kehittäminen. Työelämäosaamisessa korostetaan tulevaisuuden tarpeita, kuten ongelmanratkaisutaitoja, oman osaamisen kehittämisen taitoja ja digitaalisuuteen liittyviä taitoja. Geneeriset taidot, kuten ongelmanratkai-

su- ja ryhmätyötaidot, ovat keskeisiä. Ammattialakohtainen osaaminen liittyy suoraan työn tekemiseen. Koulutuksen työelämävastaavuutta voidaan tarkastella paikka-, sisältö- ja muotovastaavuuden näkökulmista. Koulutuksen tulee vastata työelämän tarpeisiin paikallisesti, sisällöllisesti ja muotonsa puolesta.

Insinööri-koulutuksen opetussuunnitelma perustuu osaamisperustaiseen ajatteluun, jossa otetaan huomioon, mitä opiskelijan tulisi osata valmistumisvaiheessa. Opetussuunnitelmaa päivitetään säännöllisesti vastaamaan työelämän muutoksia ja tarpeita. Opetussuunnitelmilla on keskeinen rooli siinä, kuinka koulutuksen sisältö vastaa työelämäkentän vaatimuksia, ja ne on suunniteltava huolellisesti yhteistyössä opettajien, opiskelijoiden ja työelämän edustajien kanssa.

Tausta ja tutkimuksen tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tausta ja tavoitteet syntyivät keskusteluista työyhteisössä, missä ammattikorkeakoulun uudistuminen ja koulutuksen jatkuva kehitys olivat toistuvasti esillä. Tutkimus keskittyy vuosina 2009–2015 Mikkelin ammattikorkeakoulusta (nykyisin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu) valmistuneiden talotekniikan insinöörien (AMK) kokemuksiin ja näkemyksiin koulutuksesta saamastaan osaamisesta, omasta osaamisestaan nykyisin sekä osaamisen aihealueista ja merkityksestä nykyisessä ja tulevaisuuden työelämässä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kehitysnäkökuilma, joita Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutuksen opetussuunnitelmaa uudistettaessa tulisi ottaa huomioon, jotta se palvelisi opiskelijoita ja työelämää mahdollisimman hyvin myös tulevaisuudessa. Opintojaksojen sisältöjä voidaan säätää vastaamaan paremmin nyky-päivän vaatimuksia, ja tulevaa opetussuunnitelmaa voidaan suunnitella paremmin vastaamaan tulevaisuuden haasteita.

Tutkimuksen menetelmät

Opinnäytetyön tutkimuksessa noudatettiin tapaustutkimuksen periaatteita, koska tapaustutkimus sopii hyvin muutoksessa olevien ilmiöiden tarkasteluun. Tutkimuksen kohteena oli Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun talotekniikan (LVI) insinööri-koulutus. Tutkimuksessa pyrittiin hyödyntämään koulutuksesta valmistuneiden kokemuksia koulutuksessa

saamastaan osaamisesta, työelämän osaamistarpeista ja muuttuvasta työelämästä.

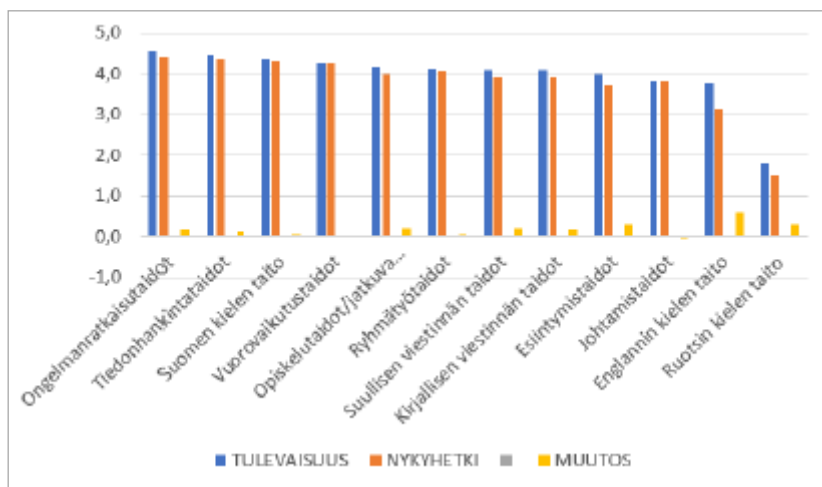
Tutkimusmenetelmänä käytettiin kyselytutkimusta, joka toteutettiin Webropol-kyselytyökalulla alkuvuodesta 2023. Kyselytutkimus on tyypillinen määrällisen tutkimuksen menetelmä, ja se soveltuu hyvin suurelle ja maantieteellisesti hajautetulle kohdejoukolle teetetylle tutkimukselle, kuten tässä tutkimuksessa. Kyselylomakkeessa oli sekä suljettuja monivalintakysymyksiä että avoimia kysymyksiä, joihin vastattiin sanallisesti. Kyselytutkimus osoittautui tehokkaaksi menetelmäksi suurelle kohdejoukolle, ja huolellinen kyselyn suunnittelu ja valmistelu ovat avain onnistuneeseen tutkimukseen.

Kohdejoukkona olivat vuosina 2009–2015 Mikkelin ammattikorkeakoulusta valmistuneet talotekniikan (LVI) insinöörit (AMK). Kohdejoukon oikealla valinnalla pyrittiin varmistamaan kyselyn luotettavuus ja tavoitteiden saavuttaminen. Kyselylomaketta testattiin huolellisesti ennen sen lähettämistä vastaajille.

Kyselytutkimuksen tuloksena saatiin numeerisia ja sanallisia vastauksia, joita käsiteltiin eri menetelmin. Numeerista aineistoa käsiteltiin tilastollisilla menetelmillä, kuten luku- ja keskiarvojen laskennalla sekä ristiintaulukoinnilla. Sanallisia vastauksia analysoitiin teemoittelun, luokittelun ja pelkistämisen avulla. Aineiston käsittelyssä pyrittiin myös selvittämään yhteyksiä ja syy-seuraussuhteita.

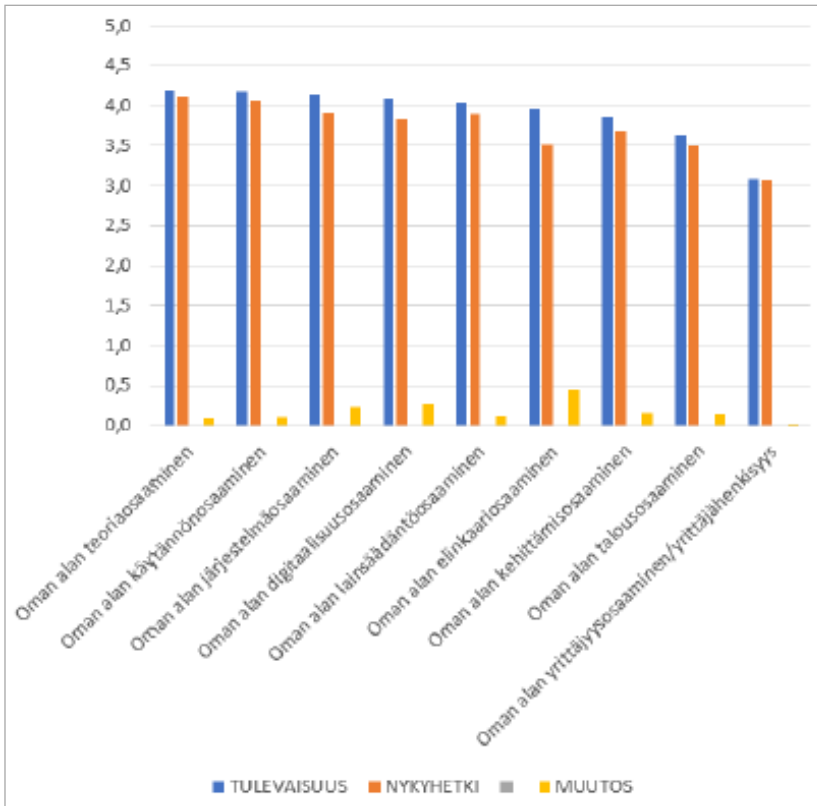
Kyselytutkimuksen tärkeimmät tulokset

Tärkeimpinä yleistaitoina tulevaisuuden työelämäkentällä vastaajat pitivät ongelman-ratkaisutaitoja, tiedonhankintataitoja ja suomen kielen taitoa. Selvästi vähiten tärkeänä taitona vastaajat pitivät ruotsin kielen taitoa. Yleistaitojen merkityksen muutos nähdään vastaajien mukaan melko pienenä. Melkein kaikkien yleistaitojen osalta vastaajat näkevät, että niiden merkitys kasvaa tulevaisuudessa. Suurin muutos nähdään englannin kielen kielitaidon kohdalla. Ruotsin kielen vastaajat näkevät olevan hieman suuremmassa roolissa kuin nykyisin (kuva 1).



Kuva 1. Yleistaitojen osaamisten merkitys nykyisin ja tulevaisuudessa sekä merkityksen muutos. Y-akselilla on esitetty vastausten keskiarvo

Vastaajista merkityksellisimpinä ammatillisen osaamisen aihealueina tulevaisuuden työelämässä pidettiin oman alan teoriaosaamista, oman alan käytännönoosaamista, oman alan järjestelmäosaamista ja oman alan digitaalisuusosaamista. Vähiten merkityksellisenä ammatillisen osaamisen aihealueena vastaajat pitivät oman alan yrittäjyysosaamista ja oman alan talousosaamista. Ammatillisen osaamisen ja taitojen merkityksen muutos nähdään vastaajien mukaan melko pienenä, mutta vastauksissa on hieman enemmän hajontaa kuin yleistaitojen osalta. Kaikkien ammatillisten osaamisten osalta vastaajat näkevät, että niiden merkitys kasvaa tulevaisuudessa. Suurin muutos nähdään oman alan elinkaariosaamisen kohdalla, myös digitaalisuusosaamisen ja järjestelmäosaamisen merkitys nähdään tulevaisuudessa nykypäivää suurempana (kuva 2).



Kuva 2. Ammatillisten osaamisten merkitys nykyisin ja tulevaisuudessa sekä merkityksen muutos. Y-akselilla on esitetty vastausten keskiarvo

Pohdinta/johdopäätökset

Mikkelin ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutuksesta valmistuneet ovat pääosin tyytyväisiä tutkinnon tuomaan osaamiseen. Jatko-opintoja on aloitettu kiitettävästi, mikä osoittaa vastaajien tietoisuuden työelämän muuttuvista vaatimuksista ja motivaation oman osaamisen kehittämiseen. Toisaalta jotkut vastaajat ovat kokeneet, että tutkinnon tuoma osaaminen ei ole riittävää työelämän vaatimukseen tai urakehitykseen.

Yleisesti ottaen tulevaisuuden työelämässä korostuvat taidot, kuten ongelmanratkaisutaidot, jatkuva oppiminen, kestävä kehitys ja vuorovaikutustaidot. Myös ammatillisen osaamisen, erityisesti teknisen osaamisen, merkitys korostuu. Valmistuneet insinöörit ovat kykeneviä analysoimaan kriittisesti omia kokemuksiaan ja tekemään arvioita tulevaisuuden osaamistarpeista.

Opetussuunnitelmaa tulisi tarkastella etenkin vuorovaikutus-, johtamis- ja ongelmanratkaisutaitojen osalta, sillä näissä taidoissa vastaajat kokevat tarvetta parantamiselle. Kielen osaamisen suhteen lisäopintojen tarvetta ei juurikaan näy, sillä vastaajat kokevat olevansa kieliä hallitsevia. Ammatillisen osaamisen osalta käytännön-, järjestelmä- ja teoriaosaamisen näkökulmaa tulisi vahvistaa. Käytännön- ja järjestelmäosaaminen ovat erityisen tärkeitä tulevaisuuden työelämässä, ja vastaajat kokevat niiden osaamisen tarpeelliseksi.

Kaiken kaikkiaan opetussuunnitelmaa tulisi päivittää vastaamaan paremmin tulevaisuuden työelämän tarpeita erityisesti korostaen vuorovaikutus-, johtamis- ja ongelmanratkaisutaitoja sekä vahvistaen käytännön-, järjestelmä- ja teoriaosaamista.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Talotekniikan insinöörikoulutuksen työelämävastaavuus: kyselytutkimus opetussuunnitelmatyön tueksi.

TALOTEKNIikka OSANA VÄHÄHIILISTÄ RAKENTAMISTA – OPETUSRakennuksen HIILIJALANJÄLKI

Petra Lietosaari & Johanna Arola

Asiasanat: talotekniikka, vähähiilinen rakentaminen, hiilijalanjälki, ilmastomuutos, opetusrakennus

Johdanto

Rakennukset ovat vastuussa noin 30 prosentista ilmastomuutosta aiheuttavista kasvihuonekaasupäästöistä, ja lähes 40 prosenttia primäärienergian kulutuksesta liittyy rakennuksiin ja rakentamiseen. Taistelussa ilmastomuutosta vastaan muutokset rakennussektorilla ovat välttämättömiä, sillä niiden avulla päästöjen määrään voidaan vaikuttaa tehokkaasti. Talotekniikalla on mahdollista pienentää rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä sekä energiankulutuksen että materiaalisidonnaisien päästöjen osalta. Taloteknisten järjestelmien keinot edistää vähähiilistä rakentamista ovat moninaiset, ja aiheesta tehtyjen tutkimusten mukaan erityisesti rakennukseen valitulla lämmitysjärjestelmällä ja ilmanvaihdoilla voidaan rakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttaa kaikista tehokkaimmin. Myös rakentamista ohjaavalla lainsäädännöllä on oma tehtävänsä siirryttäessä kohti vähähiilistä rakentamista.

Tavoite ja menetelmät

Talotekniikan hiilijalanjälkeä käsittelevän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää talotekniikan osuutta vähähiilisessä rakentamisessa peruskouluopetukseen käytettävien opetusrakennusten osalta. Kirjallisuuskatsauksen ja One Click LCA -laskentaohjelmalla toteutetun kvantitatiivisen hiilijalanjälkilaskennan avulla selvitettiin kolmen Lohjan kunnassa sijaitsevan koulurakennuksen talotekniikan hiilijalanjälki energiankulutuksen ja talotekniikan tuotesidonnaisien päästöjen näkökulmasta. Kirjallisuuskatsauksessa kartoitettiin aiempaan tutkimustietoon perustuen eri rakennustyyppien taloteknisten järjestelmien merkitystä vähähiilisessä

rakentamisessa. Kirjallisuuslähteinä käytetyistä tutkimuksista selvitettiin myös niitä taloteknisiä ratkaisuja, joilla voidaan pienentää rakennusten hiilijalanjälkeä.

One Click LCA -ohjelmalla laskettiin energiatodistuksista saatujen laskennallisten ostoenergiatietojen perusteella kolmelle koulurakennukselle (taulukko 1) käytönaikaisen energiankulutuksen hiilijalanjälki käyttäen Suomen ympäristöministeriön kehittämää Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmää 50 vuoden elinkaaren jaksolla. Lisäksi taloteknisten järjestelmien materiaalisidonnaiset päästöt laskettiin ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti käyttäen eri rakennustyypeille keskimääräisiä arvoja rakennuksen lämmitettyä huonealaa kohden. Arviointimenetelmässä energiankulutuksen osuuden laskeminen rakennuksen taloteknisestä hiilijalanjäljestä perustuu puolestaan energiantuotannon polttoaineille määriteltyihin vakioituihin päästökerroimiin.

Taulukko 1. Hiilijalanjälkilaskennan kohteet

Peruskoulu	Sammatin koulu	Karjalohjan koulu	Järnefeltin yhtenäiskoulu
Lämmitysjärjestelmä	Kaukolämpö	Öljy	Kaukolämpö
Lämmitetty nettopinta-ala n-m ²	2 894	1 576	6 190
Vakioitu, laskennallinen ostoenergian määrä sähkölle kWh/a	141 603	111 347	253 796
Sähkön kulutus kWh/n-m ² /a	49	71	41
Vakioitu, laskennallinen ostoenergian määrä lämmitykselle kWh/a	365 423	318 462	439 940
Lämmityksen kulutus kWh/n-m ² /a	126	202	71
Energiatohokkuusluokka	B	E	A

Tulokset

Kirjallisuuskatsauksen mukaan rakennusten suurimmista ilmastovaikutuksista vastaa edelleen rakennusten energiankulutus, erityisesti käytettävä energianlähde. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy ja kivihiili, tuottavat suuren osan rakennusten päästöistä. Näihin energiankulutuksen ilmastovaikutuksiin voidaan tehokkaimmin vaikuttaa rakennusten energiankäyttöä vähentävillä ja energiatehokkuutta edistävillä toimenpiteillä, kuten parantamalla rakennuksen eristystä sekä lämmön talteenoton järjestelmiä ja siirtymällä uusiutuvaan energiaan, esimerkiksi maalämpöön.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa esille tulleiden tulosten mukaan rakennusten talotekniikan materiaalisidonnaisiin päästöihin on mahdollis-

ta vaikuttaa tehokkaimmin vähentämällä hiili-intensiivisistä materiaaleista valmistettujen rakennustuotteiden määrää. Rakennustyyppistä riippumatta materiaalisidonnaisia päästöjä tarkasteltaessa huomio kiinnittyy erityisesti ilmanvaihtojärjestelmään laitteineen ja kanavistoineen sekä rakennuksen putkistoihin, sillä ne sisältävät runsaasti hiili-intensiivistä terästä. Kirjallisuuskatsauksessa käytetyn tutkimusaineiston mukaan talotekniikan materiaalisidonnaiset päästöt vaihtelevat kuitenkin runsaasti (7–36 %) riippuen rakennuksen taloteknisestä varustelusta, käyttötarkoituksesta ja rakennustyyppistä. Rakennusten eroavaisuuksista huolimatta kierräysmateriaalien käyttö ja materiaalmäärän minimoiminen pienentävät rakennusten talotekniikan materiaalisidonnaista hiilijalanjälkeä, samoin järjestelmien mahdollisimman pitkä käyttöikä.

Opinnäytetyön laskentaosiossa kolmen opetusrakennuksen talotekniikan hiilijalanjälkitulokset ovat linjassa kirjallisuuskatsauksessa esille tulleiden tekijöiden kanssa. Rakennusten energiatodistuksista koottujen laskennallisten ostoenergiatietojen pohjalta tehtyjen laskelmien avulla voitiin todeta, että energiankäyttö, ja erityisesti lämmitys, vastaa suurimmasta osuudesta opetusrakennuksen talotekniikan hiilijalanjäljessä. Tarkasteltavista opetusrakennuksista kaksi on kaukolämpökohteita ja yhdessä on öljylämmitys (taulukko 1). Öljylämmitetyn Karjalohjan koulun talotekniikan hiilijalanjälki oli vertailun raskain, ja siitä peräti 91 prosenttia muodostui öljylämmityksestä. Pienemmän ja vähemmän energiatehokkaan kaukolämpökohteen (Sammatin koulu) lämmitysjärjestelmän energiankulutus vastasi puolestaan yli 64 prosentista talotekniikan hiilijalanjäljestä. Vertailluista kouluista suurimman ja energiatehokkaimman koulurakennuksen (Järnefeltin yhtenäiskoulu) lämmitysjärjestelmä vastasi enää 53 prosentista rakennuksen talotekniikkaan liittyvästä hiilijalanjäljestä (taulukko 2).

Taulukko 2. Opetusrakennusten talotekniikan hiilijalanjälki CO₂-ekvivalentteina

Peruskoulu	Sammatin koulu	Karjalohjan koulu	Järnefeltin yhtenäiskoulu
Lämmitetty nettopinta-ala n-m ²	2 894	1 576	6 190
Lämmityksen päästöt kgCO ₂ e/m ² /a	8,70	61,83	4,90
Sähkönkulutuksen päästöt kgCO ₂ e/m ² /a	2,89	4,17	2,42
Energiankulutuksen kokonaispäästöt kgCO ₂ e/m ² /a	11,59	66,01	7,32
Taloteknisten järjestelmien materiaalisidonnaiset päästöt kgCO ₂ e/m ² /a	1,92	1,92	1,92
Talotekniikan materiaali- ja käytönaikaiset päästöt kgCO ₂ e/m ² /a	13,51	67,93	9,24
Talotekniikan kokonaispäästöt 50 vuoden elinkaaren ajalta kgCO ₂ e/m ²	676	3 397	462
Talotekniikan kokonaispäästöt 50 vuoden elinkaaren ajalta tCO ₂ e	1 955	5 353	2 860

Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa ja siirryttäessä uusiutuviin energiamuotoihin rakennuksen materiaalisidonnaisten päästöjen suhteellinen määrä kasvaa. Opinnäytetyön tutkimustulokset osoittavat tämän energiatehokkaimman koulurakennuksen osalta (Järnefeltin yhtenäiskoulu), jonka taloteknisten järjestelmien materiaalisidonnainen hiilijalanjälki oli noin 21 prosenttia, kun vähemmän energiatehokkaiden rakennusten kohdalla osuus jäi noin 14 prosenttiin. Kirjallisuuskatsauksen mukaan energiatehokkuus itsessään lisääkin rakennusten tarvetta talotekniikalle ja tekniikan vaatimille materiaalmäärille.

Johtopäätökset

Talotekniikan osuutta vähähiilisessä rakentamisessa on tutkittu vasta vähän. Osa aiemmin tehdyistä tutkimustuloksista on ristiriitaisia keskenään, ja tulokset vaihtelevat näkökulman mukaan. Esimerkiksi ilmanvaihdon energiankulutuksen osalta hajautettu, tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä on energiatehokkaampi ratkaisu kuin keskitetty ilmanvaihto, mutta materiaalipäästöjen näkökulmasta keskitetty järjestelmä onkin tarpeenmukaista ilmanvaihtojärjestelmää selvästi vähähiilisempi. Rakentamisen ympäristövaikutuksia arvioitaessa tulisivatkin aina verrata energiatehokkuuden tuomia säästöjä ja päästöjä suhteessa rakentamisen ja rakennusmateriaalien aiheuttamiin ilmastovaikutuksiin.

1.1.2025 voimaan astuvalla rakentamislaillla pyritään ohjaamaan rakentamista entistä vähähiilisempään suuntaan. Lainsäädäntö tulee koskemaan kaikkea rakentamista, myös talotekniikkaa, jolla on merkittävä rooli rakennusten ilmastovaikutusten minimoimisessa. Raja-arvot vähähiiliselle rakentamiselle määritellään uuden rakentamislain asetuksessa, ja ne tulevat ohjaamaan niin rakennuksen energiankulutusta kuin materiaalienkin käyttöä. Rakentamista koskevan lainsäädännön uudistuessa tutkimuksia talotekniikan mahdollisuuksista edistää vähähiilistä rakentamista tarvitaan vielä lisää ja kehitystyö aiheen parissa jatkuu. Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali yhteiskunta vuoteen 2035 mennessä, mikä edellyttää lähitulevaisuudessa siirtymistä vähähiilisestä rakentamisesta kohti hiilineutraaleja rakennuksia.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Talotekniikka osana vähähiilistä rakentamista: opetusrakennuksen hiilijalanjälki - Theseus

RAKENNUKSEN TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN ENERGIA-AUDIOINTI

Olli Peuhkuri & Johanna Arola

Asiasanat: energiansäästö, energiatehokkuus, energia-auditointi, korjausrakentaminen

Opinnäytetyössä kehitettiin Sweco PM Oy:lle olemassa olevien rakennusten energia-auditointiprosessia ja luotiin sitä varten auditointityön tueksi asiakkaalle lähetettävä esitietolomake. Energia-auditoinnilla on tarkoitus löytää rakennuksesta energiansäästön kannalta oleellimmat talotekniset kehitystoimet mahdollisimman kattavasti ja tehokkaasti. Auditoinnin tuloksia on mahdollista käyttää esimerkiksi hankesuunnittelun pohjana tai laitehankintojen lähtötietoina. Energia-auditointiprosessia testattiin opinnäytetyön aikana todellisessa kiinteistössä, minkä jälkeen esitietolomakkeelle lisättiin vielä siitä puuttunut raportointiosio.

Taloteknisten järjestelmien energiankulutus

Taloteknisten järjestelmien avulla tuodaan rakennukseen lämpöä ja ilmaa siten, että sisäilmasto on sopivan lämmin, vedoton, äänetön ja raitista ilmaa on riittävästi. Kylmää ja lämmintä vettä tuodaan jokaiselle vesikalusteelle tarpeen mukaan ja hallitusti, lisäksi käytetty vesi ohjataan turvallisesti pois rakennuksesta. Järjestelmät usein toimivat sähköisesti, ja niitä ohjataan automatiikan avulla, jotta halutut olosuhteet saavutetaan. Prosesseissa energiaa kuluu sekä lämpötilan nostamiseen että aineiden siirtämiseen, mutta näiden energioiden minimointi sisäilmasto-olosuhteiden- ja järjestelmien toimintakyvyn kärsimättä on talotekniikan keskeinen osa-alue. (Seppänen 1996, 7–8.)

Jotta taloteknisten järjestelmien kulutusta voitaisiin vähentää, ensimmäisenä tulee mitata, mihin rakennuksessa energiaa kuluu. Riittävän luotettavilla mittauksilla energiansäästötoimet voidaan keskittää ensisijaisesti sinne, missä energiaa kuluu eniten. Toisena keskeisenä asiana tulee varmistaa, että rakennuksen LVI-järjestelmät ovat tasapainossa ja oikein

säädetyt. Rakennuksen samankaltaisissa huoneissa tulisi olla käyttötarkoitukseen sama käyttötarkoitukseen sopiva lämpötila ja ilmanvaihto. Mikäli näin ei ole, joko sisäilmasto on epäviihtyisä tai sitten rakennuksessa kuluu tarpeeseen nähden liikaa energiaa. Kolmantena keskeisenä asiana tulisi rakennuksessa käyttää energiaa vain silloin, kun se on tarpeen. Mikäli rakennuksessa ei ole ketään, voidaan yleensä sen sisälämpötilaa pudottaa, ilmanvaihtoa pienentää ja valaistus sammuttaa vaikuttamatta rakennuksen rakennetekniikan toimivuuteen tai ihmisten viihtyisyyteen käyttöaikana. Näitä kaikkia tulisi vielä hallita rakennusautomaation avulla kuhunkin kohteeseen sopivimmalla tavalla.

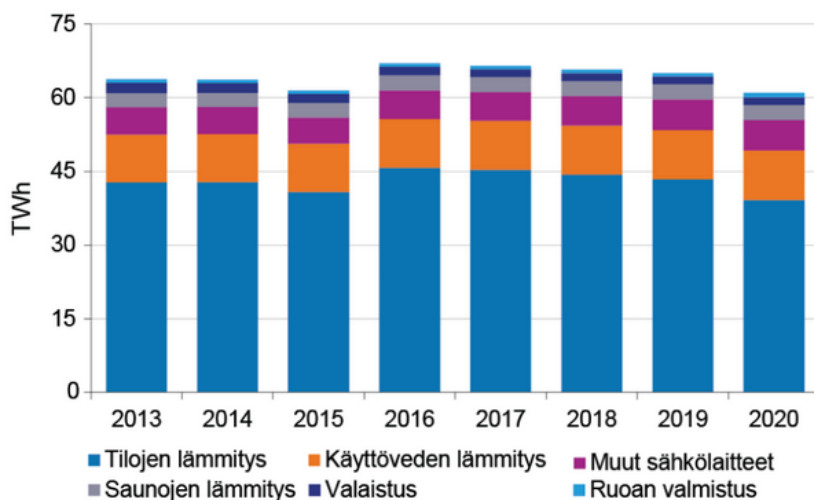
Olemassa olevien rakennusten energiankulutus

Opinnäytetyössä tutkittiin Suomen rakennuskantaa, jotta korjausrakentamisen markkinoiden suuruus pystytään hahmottamaan ja etsimään ratkaisuita eri ikäluokkien rakennuksiin. Käytännössä rakenteille asetetut vaatimukset ovat pysyneet kutakuinkin ennallaan vuonna 2010 tulleiden määräysten jälkeen, mutta taloteknisten laitteiden energiatehokkuusvaatimukset ovat tiukentuneet aina vuoteen 2018 asti. Energiatehokkuuden lisäksi energian vähähiilisyys ohjaa lämmitysmuotojen käyttöä tulevaisuudessa.

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategian mukaan rakennusten hiilidioksidipäästöjä tulee vähentää 90 prosenttia vuoden 2020 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Strategiassa esitellään Suomen rakennuskanta kattavasti ja kerrotaan energiatehokkuustavoitteista vuoteen 2050 asti. Strategia erittelee myös kustannustehokkaita energiatehokkuustoimenpiteitä sekä kertoo niiden rahoitusmahdollisuuksista ja poliittisista kannustimista niiden toteuttamiseksi. (Ympäristöministeriö 2020.)

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategian mukaan energiatehokkuuden tulee parantua vielä jatkossakin ja lämmitykseen käytettävien energiamuotojen tulee siirtyä entistä enemmän pois fossiilisista polttoaineista kohti ympäristöystävällisempiä energiamuotoja. Vain sähköä käyttävien lämpöpumppujen osuus pitkällä aikavälillä tulee lisääntymään selvästi, ja jopa tämän hetken suosituimman lämmöntuotantomuodon eli kaukolämmön osuus kokonaislämmitysenergiasta tulee putoamaan huomattavasti. (Ympäristöministeriö 2020.)

Asuinrakennuksissa käytettävästä energiasta valtaosa menee tilojen ja käyttöveden lämmitykseen kuvan 1 mukaan. Vaikka myös valaistukseen ja muuhun sähkönkäyttöön kuluva energiamäärä on merkittävä, suurin säästöpotentiaali on kuitenkin LVI-järjestelmien energiatehokkuuden parantamisella. (Suomen ympäristökeskus 2022.)



Kuva 1. Asumisen energiankulutus vuosina 2013–2020 (Suomen ympäristökeskus 2022)

Rakennusten kokonaisenergiankulutusta ei saada laskettua riittävästi pelkästään odottamalla rakennuskannan uusiutumista ja keskilämpötilan nousua ilmastonmuutoksesta johtuen pitkällä aikavälillä. Korjausrakentamisessa tulee entistä voimakkaammin paneutua myös rakennuksen rakenteiden sekä teknisten järjestelmien energiatehokkuuden parantamiseen. Tämän lisäksi jokaisen tulisi miettiä omaa energiankulutustaan arjessa heti, jotta esimerkiksi Venäjän aloittaman hyökkäyssodan takia energiaa ei tarvitsisi ruveta säännöstelemään. Energiankulutuksen vähentämisen lisäksi tulee miettiä keinoja kulutuksen ajoittamiseksi edullisen sähkön aikaan, jotta energiankulutus koko energiamarkkinan alueella saataisiin mahdollisimman tasaiseksi. Etenkin sähkönkulutuksen kannalta kulutushuippujen tasaaminen on erityisen tärkeää, koska sähköä ei käytännössä vielä varastoida, vaan sitä pitää tuottaa sama määrä kuin sitä kulutetaan. (Swedish Energy Agency 2022.)

Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050:n mukaan yleispäteviä taloteknisen korjausrakentamisen energiansäästötoimenpiteitä ovat ainakin ilmanvaihdon LTO:n parantaminen, käyttöveden käytön vähentämistä vesikalustemuutosten ja paineenlaskun avulla, sekä läm-

mitysjärjestelmän muutos tai rinnalle lämpöpumppuja. Muita esimerkkejä taulukossa 1.

Taulukko 1. Energiatohokkuuden parantaminen ja vähähiilinen lämmitys ei-asuinrakennuksissa. (Ympäristöministeriö 2020)

Rakennusosa / järjestelmä	Korjaustoimenpiteet
Ilmanvaihto	Ilmanvaihdon ohjaus uusitaan alykkääksi (tarpeenmukainen ilmavaihto). Lämmöntalteenotto (LTO) vaihdetaan tehokkaammaksi tai asennetaan se uutena varusteena.
Sähkö	Vaihdetaan loisteputket LED valaisimiin. Valaistuksen läsnäolotunnistus. Aurinkopaneelit, mikäli rakennus on ympärivuotisessa käytössä.
Lämmitys-järjestelmä	Älykäs lämmityksen ohjaus automaationjärjestelmän uusiminen yhteydessä. Lämmitysjärjestelmän tasapainotus.
Ulkoseinät	Lisälämmöneristys, kun ulkoverhouk on uusimistarpeessa. Lämpimien tiivistäminen.
Yläpohja	Lisälämmöneristys, jos teknisesti mahdollista. Tasakattoisiin rakennuksiin lisälämmöneristys vesikattokorjauksen yhteydessä.
Ikkunat	Heikkokuntoisten ikkunoiden tilalle uudet.
Alapohja	Uusitaan tai lisätään routaeristystä. Pohjakerroksen katto eristetään varastotiloissa.
Käyttövesi	Vedenpaineen säätäminen. Uusitaan hanat ja vesikalusteet vettä säästäviksi. Lämmöntalteenotto jätevedestä, mikäli rakennuksessa käytetään paljon lämmintä käyttövettä.
Vähähiilinen lämmitys ja jäähdytys	Kiinteistökohtaisessa lämmityksessä luovutaan fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Tilalle maalämpö tai muu päästötön energia. Mikäli mahdollista, vaihdetaan sähköllä toteutettu jäähdytys kaukokylmään tai maakylmään.
Tietolähteet	Korjausrakentamisessa noudatettavien energiatohokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten kustannusoptimaaliset tasot, ympäristöministeriö Strategian valmistelun yhteydessä järjestetyt työpajat ja Ota kantaa -kysely 9/2019-10/2019. Vastaukset kysymyksiin tehokkaista keinoista parantaa energiatohokkuutta.

Näiden lisäksi isossa roolissa energian säästämiseksi on myös järjestelmien tasapaino sekä tarpeenmukaisesti ohjatut järjestelmät.

Auditointiprosessi ja lähtötietojen analysointi

Jotta energia-auditointi olemassa oleville rakennuksille olisi mahdollisimman tehokasta, rakennuksiin tulisi pystyä tutustumaan mahdollisimman kattavasti jo, ennen kuin paikan päälle mennään. Haluttuja tietoja ja dokumentteja rakennuksesta on paljon ja niiden haalinta saattaa olla työlästä asiakkaalle. Lähtötietojen hankintaa varten opinnäytetyössä kehitettiin asiakkaalle lähetettävä esitietolomake, jonka avulla kiinteistöstä pyydetään mahdollisimman kattavat esitiedot energia-auditointia varten. Vaikka kaikkia pyydettyjä tietoja ei saisikaan, tärkeintä olisi saada kustakin rakennuksesta ajatus tärkeimmistä säästöpotentiaaleista, joihin paikan päällä suoritettavalla auditoinnilla tulisi keskittyä. Samaa esitietolomaketta voidaan täydentää kohdekäynnillä, jolloin se toimii samalla tarkastettavien asioiden muistilistana.

Auditointiprosessin alussa esitietolomakkeen täyttö olisi hyvä aloittaa asiakkaan kanssa pidettävässä palaverissa, jotta tärkeistä lomakkeen ulkopuolisista asioista saa käsityksen. Toisaalta suunniteltu auditointikäynti olisi hyvä käydä myös asiakkaan kanssa läpi, jotta paikan päällä tehtäisiin mahdollisimman vähän turhaa työtä. Aloituspalavereissa voidaan asiakkaan kanssa sopia myös tiettyjen lähtötietojen tarpeettomuudesta tai tärkeysjärjestyksestä sekä sopia käytännön asioita kohdekäynnistä. Kun tarvittavia esitietoja on saatu riittävästi, ne analysoidaan ja niiden pohjalta suunnitellaan kohdekäynti. Kohteessa kannattaa käydä ainakin lämmönjako- ja ilmastointikonehuoneissa ja tutustua kohteeseen yleisesti. Tarkastettavia asioita on järjestelmäkohtaisesti listattuna esitietolomakkeelle, ja vaikka kaikki kohdat eivät koskisi jokaista rakennusta, listan avulla auditointiprosessista saadaan tasalaatuisempi. Listaa kehittämällä kertyneiden kokemusten mukaan koko auditointi kehittyy ajan saatossa.

Energia-auditointiprosessin testaus ja johtopäätökset

Opinnäytetyöhön kuului auditointiprosessin testaus todellisessa kohteessa. Kohteeksi valikoitui kiinteistö, jossa oli esimerkiksi liiketiloja, asuntoja, ravintola ja koulutiloja ja kiinteistön eri osiin on tehty viime vuosina parannuksia vaihtelevasti. Kohdekäynnin aikana yhteyshenkilöltä selvisi myös se, että heidän tavoitteenaan on nostaa kiinteistön energialuokka B:ksi. Energiansäästötoimenpiteiksi ehdotettiin valaistuksen suunnitelmallista päivittämistä, aurinkopaneelien lisäasentamista sekä toisen lämmitysjärjestelmän tutkimista olemassa olevan rinnalle. Kohdekäynnillä selvisi myös, että maalämpöä on tutkittu yhtenä vaihtoehtona lämmitysjärjestelmän päivittämiseksi. Tämän rinnalle ehdotettiin ilma-vesilämpöpumppua, koska maalämpöjärjestelmällä saataisiin vain osa tarvittavasta lämmitysenergiasta.

Ideaalinen auditointiprosessi kulkisi kuvan 2 mukaan siten, että toimeksiannon jälkeen esitietolomake lähetetään asiakkaalle, ja se saadaan mahdollisimman täydellisesti täytettynä takaisin kaikkine pyydettyine liitteineen.



Kuva 2. Energia-auditointiprosessin kulku

Näiden esitietojen perusteella etsitään rakennuksesta energian käytön- ja teknisten järjestelmien mukaisia energiansäästöä lisääviä toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet raportoidaan työn tilaajalle alustavien säästölaskelmien saattamana, ja toivotaan, että energiansäästötoimien toteuttamisessa päästään tilaajaa jälleen konsultoimaan.

Testauskokemuksen avulla esitietolomakkeelle lisättiin raportointiosio, jolla suositellut toimenpiteet saadaan esitettyä asiakkaalle. Tulevaisuudessa esitietolomaketta voidaan käyttää myös laajempien selvitysten lähtötietoina. Mahdollista on myös kehittää esitietolomaketta siten, että sen avulla etsittäisiin sopivia kiinteistöjä tiettyjä yksittäisiä energiansäästötoimia varten.

LÄHTEET

Opinnäytetyö Rakennuksen taloteknisten järjestelmien energia-auditointi

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Viides painos. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Suomen ympäristökeskus. 2022. Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.10.2022. Saatavissa: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa> [viitattu 22.4.2023].

Swedish Energy Agency. 2022. Every kilowatt-hour counts. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.10.2022. Saatavissa: <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/every-kilowatt-hour-kwh-counts/> [viitattu 22.4.2023].

Ympäristöministeriö. 2020. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. PDF-dokumentti. Päivitetty 10.3.2020. Saatavissa: <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia> [viitattu 4.3.2023].

MIKKELIN PERHETALOSSA TUTKITTIIN SÄTEILYPANEELI- JÄRJESTELMÄN SOVELTUVUUTTA JA TOIMINTAA SAIRAALAOLO- SUHTEISIIN

Antti Ratia & Johanna Arola

Asiasanat: säteilypaneelit, lämpöolot, lämpötila, lämpöviihtyvyys, työolosuhteet

Nykyään rakennusten lämpöoloihin kiinnitetään tarkempaa huomiota, kuin mitä vielä joitain vuosia sitten. Vaihtelevat olosuhteet ilmastossa ovat johtaneet siihen, että työntekijöiden hyvinvointia sekä työssä jaksamista tarkastellaan myös sisäympäristön kantilta. Lämpöolot ovat yksi osa-alue sisäympäristön tekijöistä. Lämpöolojen vaikututusta työtehoon, tuottavuuteen ja työssä jaksamiseen on tutkittu jonkun verran, mutta tutkimustietoa on hankala löytää. Jotta viihtyisät työskentelyolosuhteet rakennusten sisällä saadaan aikaiseksi ympäri vuoden, tarvitaan erilaisia järjestelmiä, joilla tuotetaan nämä olosuhteet.

Tutkimus terveydenhuoltorakennuksen lämpöviihtyvyydestä

Etelä-Savon hyvinvointialueella, Eloisalla, on Mikkeliissä Perhetalo-rakennus, jossa sijaitsevat mm. synnytys- ja lastenosasto. Artikkelin pohjana olevassa opinnäytetyössä tutkittiin kyseisen Perhetalon sisäilmasto-olosuhteita lämpöviihtyvyyden näkökulmasta. Perhetalossa viihtyisät työskentelyolosuhteet lämpöolojen kannalta on toteutettu säteilypaneelijärjestelmällä, jolla toteutetaan tilojen lämmityksen tarve sekä myös kesäajan tilojen jäähdytys. Tutkimuksen kohteena oli perhetalon kolmas kerros, jossa sijaitsevat synnytys- ja lastenosasto. Tietoa koetuista lämpöoloista haluttiin saada henkilökunnalta sekä myös synnytys- ja lastenosaston potilailta.

Tutkimus aloitettiin tammikuussa 2022, jolloin Covid-19 oli Etelä-Savossa sekä muualla Suomessa vielä leviävänä. Herkästi tarttuva virus ai-

heutti tutkimukseen toteuttamiseen haasteita, esimerkiksi supistamalla tutkimuksesta pois tärkeitä osa-alueita. Osastoille kulkeminen oli ulkopuolisille hankalaa, joten kaiken toiminnan piti olla ennalta sovittua ja tarkkaan harkittua.

Käyttäjahaastattelut ja lämpöolosuhdemittaukset

Tutkimukseen valittujen tilojen (kanslia, potilashuoneet ja synnytyssali) lämpöolosuhteita tutkittiin käyttäjahaastatteluin ja lämpöolosuhdemittauksin kahtena eri ajankohtana. Ensimmäinen tarkastelujakso oli kahden viikon mittainen ja toteutettiin lämmityskaudella 27.1.–14.2.2022. Toiseksi mittausajankohdaksi valittiin kesäajan jäähdytyskausi ja siitä oletettavasti kuumen jakso. Tarkastelu aloitettiin juhannuksen jälkeen heinäkuussa.

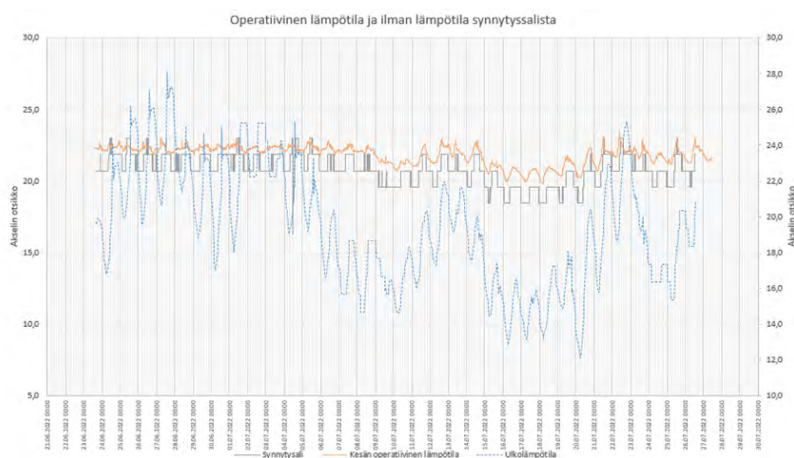
Haastattelututkimusta varten osastolle toimitettiin tutkimuksen alussa kyselykaavakkeet, joihin oli valikoitu muutamia kysymyksiä Ympäristöministeriön sisäilmastotutkimuksesta 2002. Kysely toteutettiin sekä henkilökunnalle että potilaille käyttäen samoja kysymyksiä. Kysely toteutettiin molempina tutkimusajankohtina, jotta saatiin tietoa sekä lämmitys- että jäähdytyskauden olosuhteista. Kesäaikana kiinnosti etenkin jäähdytyksen toimivuus.

Samaan aikaan kyselyiden ohella suoritettiin valikoiduissa tiloissa huonelämpötilan mittauksia. Mittauksissa käytettiin kahta erilaista mittausmenetelmää, lämpötilamittauksen dataloggeria huonelämpötilojen mittaamiseen ja mustapalloa, jolla saatiin todettua operatiivinen lämpötila.

Tilat, jotka olivat mukana talven mittausjaksolla, valittiin mahdollisuuksien salliessa mukaan myös kesäajan tarkasteluun. Tarkasteluun otettiin yhtenä tilana mukaan synnytyssali, josta herkästi voidaan ajatella, että siellä tulisi olla tavallista huonetta korkeammat lämpötila-arvot. LVI-suunnitelmista saatiin ohjeistukset, joista saatiin vertailuarvot mitatuille huonelämpötiloille.

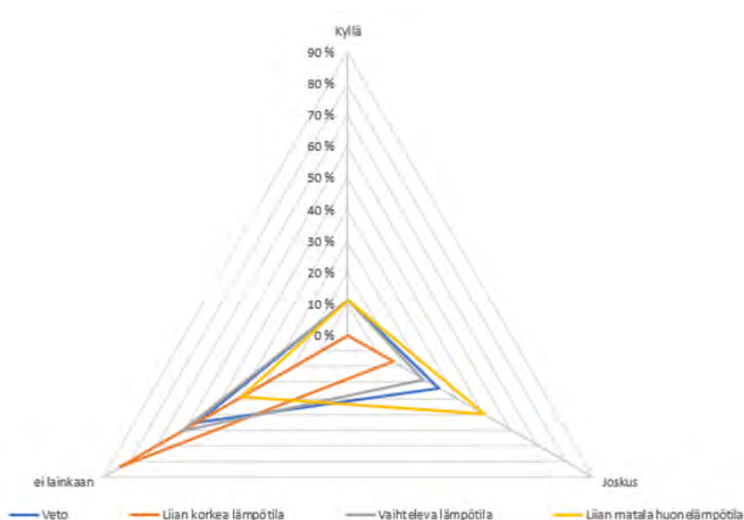
Mittaus- ja kyselytulokset

Sairaalan talotekniseen suunnitteluun on olemassa yllättävänkin vähän lähteitä ja oppaita, vaikka kyseessä olevat rakennukset ovat tärkeitä yhteiskunnan kannalta. Synnytysalasta saatujen lämpötilojen perusteella pystyttiin muodostamaan käsitys järjestelmän soveltuvuudesta tilaan, koska lämpötilat pysyttelivät tasaisina talvella ja kesällä. Kaikista tutkimuksen kohteena olevista tiloista voitiin todeta samaa kuin synnytysalasta: järjestelmä on soveltuva sairaalaolosuhteisiin. Kuvassa 1 esitetään operatiivinen lämpötila sekä ilman lämpötila kesäajan mittausjaksolta synnytysalasta. Operatiivinen lämpötila tallennettiin loggerilla, joka oli sijoitettu mustapalloon.



Kuva 1. Operatiivinen lämpötila synnytysalasta kesän mittausjaksolta

Suoritetuista kyselyistä henkilökunnalle toivottiin suurta vastausprosenttia, joka saavutettiin talvella, ja vastausprosentiksi muodostui 60 %. Kesän vastausprosentti jäi huomattavasti talvea alhaisemmaksi ollen vain 26 %. Potilaiden vastauksista ei tutkimuksessa pystytty muodostamaan vastausprosenttia, koska ei ollut tiedossa, kuinka monta potilasta osastoilla oli ollut mittauksen aikana. Potilaiden osalta vastauksia talvelta kertyi 18 kappaletta ja kesältä viisi kappaletta. Vastauksista voitiin muodostaa kuitenkin selvä kuva lämpöoloista, koska kun tuloksia verrattiin sisäilmastokyselyyn 2002, huomattiin tuntemuksien oleva samansuuntaisia keskenään. Kysytyjä olosuhteita oli neljä, jotka olivat vedon tunne, liian korkea lämpötila, liian matala lämpötila ja vaihteleva lämpötila. Kaavakkeissa oli kolme erilaista vastausvaihtoehtoa, jotka olivat 'kyllä', 'ei lainkaan' ja 'joskus'. Talven mittausjakson henkilökuntakyselyn vastaukset havainnoidaan kuvassa 2, josta voidaan huomata, että liian matala lämpötila ja vedon tunne olivat tuntemuksista koetuimmat.



Kuva 2. Henkilökuntakyselyn tulokset talven mittausjaksolta

Johtopäätökset ja jatkotutkimukset

Yhteenvetona tutkimustuloksista voidaan sanoa, että säteilypaneelijärjestelmä on soveltuva sairaalaolosuhteisiin ja todennäköisesti myös asuinrakennuskäyttöön, koska potilashuoneiden lämpöolojen tarvetta voidaan rinnastaa myös asuinkäyttöön tarkoitettuihin huoneisiin. Jotta voitaisiin muodostaa tarkempi kuva olosuhteista, tulisi mukaan tarkasteluun ottaa myös ilman nopeuden ja suhteellisen kosteuden mittaukset. Tulevaisuudessa säteilypaneelit tulevat varmasti olemaan yhä enemmän mukana, kun rakennuttajat sekä rakennuksien omistajat kartoittavat tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä. Tutkimuksia tarvitaan kuitenkin enemmän, jotta järjestelmiä pystytään vertailemaan keskenään ns. perinteisten menetelmien kanssa.

LÄHTEET

Ratia, A. 2023. Säteilypaneelijäähdytys- ja lämmitysjärjestelmän soveltuvuuden todentaminen sairaalaolosuhteisiin. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202302222702> [viitattu 4.10.2023].



XAMK
KEHITTÄÄ