



Rakennusautomaatiojärjestelmän keskussuunnittelu

sähkösuunnittelun ja kulutusjouston näkökulmasta

Jori Lonka

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

LONKA, JORI:

Rakennusautomaatiojärjestelmän keskussuunnittelu
sähkösuunnittelun ja kulutusjouston näkökulmasta

Opinnäytetyö 51 sivua
Huhtikuu 2024

Energiamurros, jossa korostuvat energian varastointi ja sääriippuvaliset tuotantotavat kuten tuuli- ja aurinkoenergia, asettavat haasteita perinteiselle sähköverkolle Suomessa ja maailmalla. Energiamurros vaatii uudenlaista joustavuutta ja älykkyyttä sähköverkkoon, jotta vaihtelevaan tuotantoon voidaan vastata ja sähkönkäyttöä optimoida. Samanaikaisesti sähkön hinnoittelun muutokset edellyttävät uudenlaista lähestymistapaa kulutuksen ohjaukseen ja sähköjärjestelmien suunnitteluun, erityisesti asuinrakennuksissa. Kuluttajien kohdalla kulutuksen ohjaus tapahtuu käytännössä rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaus- ja automaatiokeskusten kautta. Sähkö- ja automaatiokeskusten suunnittelu on monitahoinen prosessi ja ajan mittaan siihen vaikuttava sääntely sekä keskusten sisälle asennettavat komponentit kehittyvät. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on auttaa suunnittelijoita hahmottamaan rakennusautomaation keskussuunnittelun kokonaiskuvaa suunnittelupöydältä käytännön toteutukseen asti.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä yhteen olennainen tieto siitä, mitä keskussuunnitteluun vaaditaan ja tarvitaan sähkösuunnittelijan näkökulmasta. Lisäksi tarkoituksena on antaa suuntaviivoja erityisesti aloitteleville keskussuunnittelijoille tuleviin rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluprojekteihin. Menetelmänä työssä käytetään perehtymistä erilaisiin kirjallisiin tietolähteisiin, kuten lainsäädäntöön, standardeihin ja sähköalan ammattikirjallisuuteen. Aineistoon perehtyminen osoittaa, että automaatiokeskuksen sähkösuunnitteluun vaikuttaa sekä ympäristöön ja energiaan että energiatehokkuuteen liittyviä poliittisia ja juridisia tavoitteita, joiden takana on myös taloudellisia kannusteita – näistä lähtökohdista käsin syntyy velvoitteita ja ohjeistuksia sähkösuunnittelua kohtaan. Opinnäytetyön lopputulokseksi muodostui katsaus keskussuunnitteluun näistä eri näkökulmista.

Asiasanat: keskussuunnittelu, rakennusautomaatio, sähkösuunnittelu, kulutusjousto, energiamurros

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

LONKA JORI:
Cabinet Design for Building Automation System
from Perspectives of Electrical Planning and Demand Response

Bachelor's thesis 51 pages
April 2024

The global energy transition, emphasizing energy storage and renewable sources like wind and solar radiation, challenges traditional electrical systems. Enhanced flexibility and intelligence in the electrical grid are required by this transition to adapt to variable production and optimize electricity usage. Concurrently, shifts in electricity pricing necessitate innovative approaches to consumption management and electrical system design, especially in residential buildings. Practical management of consumption for consumers is facilitated by building automation system control and automation cabinets. This thesis guides designers from conceptualization to practical implementation of building automation cabinet design.

The purpose of this thesis was to aggregate essential knowledge required for the design of building automation system cabinets from the viewpoint of an electrical designer and to establish guidelines specifically to assist novice cabinet designers in upcoming projects.

The research was conducted through a review of legislation, standards, and professional literature in the electrical field. This exploration indicated that the electrical design of automation cabinets was influenced by political and legal objectives related to environmental and energy efficiency goals, which were supported by economic incentives. These foundations led to specific regulations and guidelines for building automation systems and their electrical design, providing a perspective on cabinet design from various angles.

Key words: cabinet design, building automation, electrical planning, demand response, energy transition

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Työn tavoite ja tarkoitus	6
1.3	Opinnäytetyön rajaukset	7
2	KULUTUSJOUSTO JA SÄHKÖN HINNOITTELUN TULEVAISUUS	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Sähkönkäytön uudet hinnoitteluperusteet	10
2.3	Kulutusjousto.....	11
2.4	Uudet ARM-mittarit ja niiden rajapinnat.....	14
3	LAINSÄÄDÄNTÖ, MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA OHJEET	18
3.1	Yleistä	18
3.2	Lait, asetukset ja määräykset.....	19
3.3	Standardit.....	21
3.4	Ohjeistavat materiaalit.....	24
4	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	25
4.1	Mitä on rakennusautomaatio	25
4.2	Järjestelmän säätötekniset ja toiminnalliset perusteet	27
4.3	Järjestelmän hierarkkinen rakenne	28
4.3.1	Hallintotaso.....	30
4.3.2	Automaatiotaso.....	31
4.3.3	Kenttätaso	31
4.4	Keskus- ja kenttälaitteet	32
4.5	Rajapinnat.....	36
4.6	Topologiat	36
5	KESKUS- JA SÄHKÖSUUNNITTELU	41
5.1	Yleistä	41
5.2	Lähtötiedot	43
5.3	Näkökulmia keskussuunnitteluun	44
6	POHDINTA	48
	LÄHTEET	49

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

RAU	Rakennusautomaatio
PLC	Ohjelmoitavan logiikan ohjausyksikkö, eng. Programmable Logic Controller
Kulutusjousto	Laaja yleistermi, jolla kuvataan ohjauksia tai toimenpiteitä sähköntuotannon ja kulutuksen yhteensovittamiseksi tai resurssien käytön optimoimiseksi. Asiasta käytetään myös termejä "kysyntäjousto" ja "kysynnäjousto". eng. DR ("Demand Response")
HAN, H1, P1	Home Area Network. Kotiverkkorajapinta
AMR 2.0	Automatic Meter Reading, etäluettava mittari. Seuraavan sukupolven älykäs mittausjärjestelmä
Väylä	Digitaalisen tiedonsiirron reitti
Huipputeho	Suurin tarkastelujaksoissa esiintyvä keskiteho. Järjestelmän tai asennuksen huipputehon suuruuteen vaikuttaa laitetehojen ja niiden ohjauksen lisäksi mittausjakson pituus. Määritettävänä tehona käytetään yhden tunnin keskitehoa, jonka ylitystodennäköisyys on 1 %. Laskentaohje ST-kortiston kortissa ST 13.31
Tehohuippu	Tietyllä tarkastelujaksolla syntynyt suurin hetkellinen sähköteho
Rajapinta	Laite/järjestelmä joka välittää tietoa eri tahoille
Tiedonsiirtorajapinta	Tiedonsiirtotapa, jolla järjestelmästä voidaan lähettää tai vastaanottaa tietoa muiden järjestelmien käytettäväksi.
Kärkitieto-ohjaus	Ohjaustapa, jossa laitteelle tuodaan potentiaalivapaa ohjaustieto. Käytetään myös käsitteitä "kosketintieto-ohjaus" ja AUX-liitäntä
IoT	Internet of Things eli esineiden internet
VAK	Valvonta-alakeskus

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämän opinnäytetyön aiheen valinta juontaa juurensa omiin suunnittelijan tehtäviini automaatiokeskusten parissa sekä kiinnostuksestani sähkö- ja automaatio-suunnittelua sekä keskussuunnittelua kohtaan. Lisäksi oma innostukseni sähkönkulutuksen hallintaan automaation avulla on vaikuttanut aiheen valintaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään rakennusautomaatiojärjestelmän keskussuunnitteluun sähkösuunnittelijan näkökulmasta tarkastellen suunnitteluun vaikuttavia erilaisia tekijöitä ja raameja. Käynnissä oleva energiamurros vaatii rakennusautomaatiojärjestelmiin uudenlaista joustavuutta ja älykkyyttä. Murros heijastuu erityisesti energiatehokkuuden ja älykkäiden ratkaisujen kehittymiseen sähköverkoissa, missä rakennusautomaatiokeskukset ovat keskeisessä roolissa kuluttajan näkökulmasta. Samanaikaisesti myös sähkön hinnoittelun muutokset tulevaisuudessa edellyttävät uudenlaista lähestymistapaa kulutuksen ohjaukseen, joka tapahtuu käytännössä rakennusautomaatiojärjestelmän kautta. Tällä työllä pyritään valaisemaan näitä prosesseja ja niiden vaikutusta suunnittelutyöhön, sekä tarjoamaan ajankohtaisia näkökulmia ja suuntaviivoja erityisesti aloitteleville keskussuunnittelijoille.

1.2 Työn tavoite ja tarkoitus

Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ymmärrystä rakennusautomaatiojärjestelmien keskussuunnittelun merkityksestä nyky-yhteiskunnassa, jossa energiatehokkuuden ja älykkäiden ratkaisujen tarve korostuu. Tämä tavoite liittyy laajemmin globaaliin energiamurrokseen ja sähköverkkojen uudistustarpeisiin, jotka edellyttävät joustavia ja innovatiivisia lähestymistapoja. Pyrkimyksenä on auttaa erityisesti nuorempia sähkö- ja automaatio-suunnittelijoita ymmärtämään, kuinka he voivat omalla työllään vaikuttaa rakennusten energiatehokkuuteen ja käyttä-

jäystävällisyyteen sekä tukea kestävän kehityksen tavoitteita. Tavoitteeseen sisältyy myös tarve hahmottaa uusien teknologioiden ja sääntely-ympäristön vaikutuksia keskussuunnitteluprosessiin.

Työn tarkoitus

Opinnäytetyön keskeisenä tarkoituksena on kerätä ja analysoida kattavasti tietoa rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun liittyvistä prosesseista, teknisistä vaatimuksista ja sääntelystä. Tämän tiedonkeruun ja -analyysin kautta työ tarjoaa suunnittelijoille suuntaviivat keskussuunnittelun toteuttamiseen. Työ keskittyy erityisesti uusien suunnittelijoiden tukemiseen, antaen heille käsityksen automaatiojärjestelmien vaatimuksista ja toiminnallisuudesta. Lisäksi opinnäytetyö valottaa, kuinka erilaiset poliittiset ja juridiset tavoitteet yhdessä taloudellisten vaikutteiden kanssa ohjaavat sähkösuunnittelua. Nämä tavoitteet muodostavat sekä veloitteita että ohjeistuksia, jotka ovat kriittisiä suunnitteluprosessin ja lopputuloksen onnistumisen kannalta. Opinnäytetyön tarkoituksena on siis toimia makrotason ohjeistuksena, jolla varmistetaan, että keskussuunnittelu vastaa nykyajan vaatimuksiin energiatehokkuudesta, joustavuudesta ja älykkäistä ohjauksista. Näin opinnäytetyö osoittaa suunnittelun tarkoituksenmukaisuuden ja tarpeellisuuden nykypäivän energiakriittisessä ympäristössä. Työ pyrkii vahvistamaan, että hyvin suunnitellut automaatiojärjestelmät ovat avainasemassa rakennusten energiajärjestelmien optimoinnissa ja näin myös kestävän kehityksen edistämässä.

1.3 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyö keskittyy rakennusautomaatiojärjestelmän keskussuunnitteluun, erityisesti asuinrakennusten ja omakotitalojen näkökulmasta. Työ ei kuitenkaan tee selkeää rajausta millaiseen rakennukseen keskusta ollaan suunnittelemassa, vaan käsittelee yleisluontoisesti suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ja raameja, joiden pohjalta voidaan tehdä yleistettäviä päätelmiä. Opinnäytetyö keskittyy ensisijaisesti niin sanottuihin hybridikeskuksiin, jotka yhdistävät ryhmä- ja automaatiokeskusten ominaisuudet sekä vahvavirtapuolen, sisältäen rakennuksen suojauskomponentit päävirtapiirissä, kuten johdonsuojakatkaisijat ja pääsulakkeet. Työssä tarkastellaan yleisluontoisesti keskussuunnittelun eri tekijöitä, mutta ei

syvennytä mihinkään tietyn keskustyypin ominaispiirteisiin. Painopiste on suunnitteluprosessin keskeisissä vaiheissa. Vahvavirtapuoli on keskeinen osa rakennuksen sähköverkkojärjestelmää ja tarkoituksena on välttää rajoittuminen vain perinteisiin valvonta-alakeskuksiin tai heikkovirtakeskuksiin, joissa ohjaus on tyyppillisesti hajautettu eri puolille rakennusta. Tämä lähestymistapa mahdollistaa rakennuksen sähköverkon mitoittamisen huomioinnin sähkösuunnitteluprosessissa.

Tämän opinnäytetyön rajaus käsittää vain sähkösuunnittelun näkökulman keskuksen suunnittelussa. Työ ei käsittele koko rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluprosessia eikä ota kantaa keskusvalmistuksen taloudelliseen kannattavuuteen. Lisäksi, vaikka työ tarkastelee rakennusautomaation vaikutuksia energiansäästöön, se ei keskity ohjelmistopuolen aspekteihin, vaan keskuksen fyysiseen toteutukseen, kuten komponentteihin, johdotuksiin ja kaapelointeihin.

2 KULUTUSJOUSTO JA SÄHKÖN HINNOITTELUN TULEVAISUUS

2.1 Yleistä

Sähköverkossa sähkön tuotannon ja kulutuksen on oltava yhtä suuret koko ajan, sillä verkon toiminta perustuu jatkuvaan tuotannon ja kulutuksen tasapainoon. Aiemmin tuotanto on seurannut kulutusta eli järjestelmän tehotasapaino on toteutettu säätämällä sähköntuotantoa, esimerkiksi vesivoimaa. Käynnissä olevan energiamurroksen myötä on siirrytty yhä enemmän sääriippuvan ja luonnonolosuhteiden mukaan vaihtelevan uusiutuvan tuotannon, kuten tuuli- ja aurinkoenergian käyttöön. Näillä tuotetun sähkön määrää on vaikeaa ennustaa tarkasti. Tuotantoa on ajoittain vähemmän, tällöin säätelemätön käyttö voi johtaa sähköpuulaan. Jos sähköntuotantoa on paljon enemmän kuin kulutusta, voi ylituotanto johtaa häiriöihin sähköverkossa. Lisäksi sähkönkulutuksessa esiintyy huippukulutushetkiä, jolloin sähkön käyttö ylittää tavallisen tason. Kulutushuippujen aikaan tuotettava sähkö on myös kalleinta ja aiheuttaa eniten päästöjä. Luonnonolosuhteista riippuvaisen tuotannon lisääntyessä tarvitaan entistä enemmän tehotasapainon hallintaan osallistuvaa säätökapasiteettia. Sähkön kulutuksesta tulisi joustaa, sillä tätä kapasiteettia ei ole teknisesti tai taloudellisesti järkevää toteuttaa tuotannossa. (Fingrid.fi, Kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito)

Sähköverkon taajuus – joka pysyttelee normaalioloissa 50,0 Hz:ssä – on keskeinen indikaattori tuotannon ja kulutuksen välisestä tasapainosta. (ST-esimerkit 13, 1.1) Sähköverkon taajuuden sallittu vaihteluväli on 49,9–50,1 Hz. Sähköverkon stabiilius heikentyy tuotannon epätasapainotilanteissa, tällainen epätasapaino voi johtaa verkossa häiriöihin ja ääritilanteissa jopa sähkökatkoihin. Kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj vastaa Suomessa sähköverkon taajuuden ylläpidosta. Sähköverkon kestävä ja tasapainoisen tilan ylläpitäminen edellyttää ratkaisuja, jotka varmistavat verkon tasapainon lisääntyvän vaihtelevan ja arvaamattoman sähköntuotannon aikana. (Fingrid.fi, Kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito)

Kantaverkko yhtiö Fingridin vuonna 2018 julkaiseman ”Opas kulutusjousto – Hallitse kotisi sähkökulutusta” oppaan mukaan pientalot ovat suuri sähkönkulut-

tajaryhmä. Oppaan mukaan asumiseen kuluu noin 20 prosenttia Suomen energiankäytöstä ja luvussa todetaan olevan mukana niin pientalo- kuin kerrostaloasukkaatkin. Yhteisvaikutukseltaan pientalot muodostavat merkittävän ryhmän Suomen energiataloudessa. Kun tavoitteena on sähkönkäytön järkevä säätely, ovat pientaloasukkaat keskeisessä asemassa uudistuvilla sähkömarkkinoilla. Tehokkaassa sähkötehonhallinnassa sähkönkulutusta säännöstellään siten, että eri toiminnot eivät kuluta sähköä yhtä aikaa. (Fingrid.fi, Opas kulutusjousto) Käytännössä sähkötehonhallintaan tarvitaan tätä varten erityisesti suunniteltua rakennusautomaatiojärjestelmää.

Sähkönkäytön järkevän säätelyn vuoksi sähkösuunnittelussa ja rakennusautomaatiojärjestelmien keskussuunnittelussa kannattaisi huomioida joustavat ratkaisut, jotka tukevat sekä energiajärjestelmän vakautta että tehokkuutta. Rakennusautomaatiojärjestelmien keskussuunnitteluun liittyvien päätösten olisi hyvä perustua ymmärrykseen sähkömarkkinoiden toiminnasta ja uusiutuvan energian tuotannon dynamiikasta. Näiden tekijöiden ymmärtäminen ja mukaan ottaminen suunnitteluprosessiin varmistavat, että rakennusautomaatiojärjestelmät pystyvät tukemaan sähköjärjestelmän tasapainoa ja vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin. Pientaloasujille sähkönkäytön optimointi halvemmille tunneille tuo säästöä, ja tämä tulee korostumaan yhä enemmän tulevaisuudessa. (Fingrid.fi, Opas kulutusjousto)

2.2 Sähkönkäytön uudet hinnoitteluperusteet

Sähkön hinnoitteluperusteet ovat kokemassa merkittäviä muutoksia uusiutuvan energian käytön kasvun ja energiamarkkinoiden kehityksen myötä. Uusiutuvan energian tuotannon lisääntyessä, kuten tuuli- ja aurinkovoima, sähkön hinnan volatiliteetti on kasvanut. Tämä volatiliteetti, jossa hinnat voivat vaihdella negatiivisista useisiin kymmeneen sentteihin tunnin sisällä, kannustaa investoimaan kulutusjousto ja rakennusautomaatioon. (ST 55.51 -kortti, 5.1) Nykyään pörssisähkön hinnoittelu perustuu tuntihintaiseen malliin, mutta käynnissä on siirtymä kohti varttituntihinnoittelua (Fingrid.fi, Varttitaseen käyttöönotto 22.5.2023), mikä mahdollistaa tarkemman hinnoittelun ja kulutuksen ohjaamisen. (Fingrid.fi, varttitase)

(ST 55.51 -kortti, 5.1) Tämä tarkoittaa, että kuluttajat voivat optimoida energia-kustannuksiaan siirtämällä kulutusta kalliimmilta ajankohdilta edullisemmille. Lisäksi on kehitetty uusia hinnoittelumalleja, kuten tehopohjaiset siirtomaksut, joissa käyttäjän maksut perustuvat osittain kulutettavaan huipputehon määrään. Tällaiset maksut kannustavat kuluttajia vähentämään kulutustaan kalliimpina aikoina, jolloin verkko on suurimman kuormituksen alla. (Fingrid.fi, Opas kulutusjoustoon) (ST 55.51 -kortti) (ST-esimerkit 12)

Sähkömittauksen teknologia on myös kehittynyt. Uudet AMR (Automated Meter Reading) -mittarit mahdollistavat kulutustietojen rekisteröinnin 15 minuutin välein, tarjoavat mahdollisuuden reaaliaikaiseen sähkönkulutuksen seurantaan ja kykenevät raportoimaan lyhyistä sähkökatkoista ja muista häiriöistä tarkasti. Tämä teknologia tukee kulutusjouston tehokasta toteuttamista ja mahdollistaa käyttäjille entistä suuremman kontrollin oman sähkönkäyttönsä suhteen. Sähkönkäytön säätelyllä järkevästi voidaan varmistaa sähkön riittävyys kaikille myös tulevaisuudessa. (Elenia.fi, Sähkönkulutuksen mittauudistus)

Sähköhinnoittelun tulevaisuudesta voi lukea lisää vuonna 2017 julkaistusta ”Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset” -tutkimusraportista, jonka on tehty yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT) ja Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) kanssa. Tutkimusraportissa tarkastellaan pienasiakkaiden jakeluverkkohinnoittelun uudistamisen toteutusvaihtoehtoja, vaikutuksia eri osapuolten kannalta (asiakas, verkkoyhtiö, sähkön myyjät, yhteiskunta) sekä siirtymäreittiä nykyisestä hinnoittelumallista uuteen.

2.3 Kulutusjousto

Sähkön kulutusjousto eli kysyntäjousto tarkoittaa sähkönkulutuksen eli kysynnän säätämistä sähkön tuotantotilanteen mukaisesti joko hetkellisesti vähentämällä tai lisäämällä kulutusta. Sähkön käyttöä siis ohjataan aikaan, jolloin on runsaasti saatavilla edullista vähäpäästöistä sähköä, ja käyttöä vähennetään korkean kulutuksen aikaan tai uusiutuvan sähkön tuotannon ollessa alhaisempaa ja sähkön hinnan korkeampaa. Käytännössä sähkönkäytön pudotukset ja lisäämiset toteu-

tetaan rakennuksissa ja erityisesti asuinrakennuksissa rakennusautomaatio-ohjausten avulla. Kulutusjoustolla on tarkoituksensa myös sähkönkulutuksen tehohuippujen siirrossa toisiin ajankohtiin, jotka ovat kuluttajille edullisempia. Väähäisiin ja edullisempiin sähkön kulutuksen ajankohtiin on taas mahdollista lisätä kulutusta, jolloin on hyvä hetki esimerkiksi ladata sähköauton akustoa. (ST-esimerkit 13, 1.2)

Kulutusjoustop toteutus rakennuksissa

Rakennuksen energiatehokkuutta koskevan ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) 32 §:ssä säädetään, että suunnittelussa tulee huomioida mahdollisuuksia keinoihin sähkötehon ohjattavuuden parantamiseksi ja huipputehon tarpeen pienentämiseksi. Näiden parantaminen tarkoittaa käytännössä kiinteistöjen sähköverkon ja automaation suunnittelemista ja rakentamista niin, että kuormia voidaan ohjata sekä kulutuslaitteiden valintaa ja mitoitusta tarpeen mukaisesti. (ST-esimerkit 13, 1.2)

Rakennusten sähköjärjestelmien perusrakenteet, asennusten ryhmittely ja varautuminen kulutusjoustop ohjaukseen keskusrakenteissa ja rakennusautomaatioratkaisuissa tehdään suunnittelu-, asennus- ja käyttöönottoaiheissa. Tässä vaiheessa määritetään kohteen huipputeho ja luodaan perusta kuormitusten hallinnan ohjauspalveluille. Suunnitelmissa tulisi tavoitella tulevaisuus edellä ratkaisuja, jotka mahdollistavat sekä paikallisesti että alueellisesti sähköenergian käytön älykkäästi. Eri osista koottavan järjestelmän rakentaminen vaatii suunnitelman laatijalta laajaa ymmärrystä kokonaisuudesta. Sähköjärjestelmien rakenteiden muutokset jälkikäteen voivat olla kalliita sekä myös hankalia toteuttaa. (ST-esimerkit 13, 1.2)

Kulutusjoustopon varautuminen suunnittelussa

Kulutusjoustop asuinrakennuksissa keskittyy ensisijaisesti pörssisähkön hintaerojen ja paikallisesti tuotetun energian tehokkaaseen hyödyntämiseen. Tämä johtuu siitä, että asuntojen sähköjärjestelmiä ei yleensä liitetä reservimarkkinoille. Kulutusjoustopoalvius asuinrakennusten sähkösuunnittelussa saavutetaan parhaiten, kun järjestelmät on suunniteltu mahdollisimman ohjattaviksi ja muunneltaviksi. Tämä tarkoittaa, että erilaiset sähkökuormat pidetään erillisissä ryhmissä

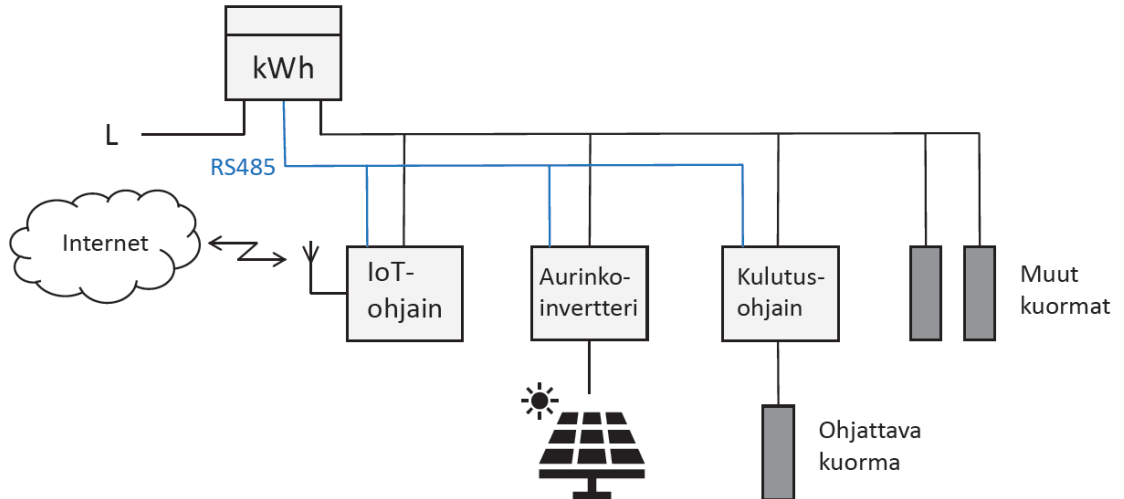
ja asennuksissa varataan tilaa ohjauslaitteille ja energiamittareille, mikä helpottaa järjestelmän myöhempää päivittämistä ja huoltoa. (ST 55.51 -kortti, 6.)

Kulutusjousto tuetaan asuinrakennuksissa yhä enenevässä määrin rakennusautomaation avulla. Tehokas automaatiojärjestelmä hyödyntää yleisiä standardeitua rajapintoja ja on kytkettävissä internetiin, mikä mahdollistaa laajemman integraation ja järjestelmän etähallinnan. Näiden ominaisuuksien avulla voidaan saavuttaa joustavuus sähkönkulutuksessa, joka on yhä useammin sisäänrakennettu ominaisuus kodin sähkölaitteistoon. Tällainen jousto mahdollistaa energiaresurssien tehokkaamman käytön ja vähentää kulutushuippujen aiheuttamaa rasitusta sähköverkolle. (ST 55.51 -kortti, 6.)

Kulutusjoustoan varautuminen suunnitteluvaiheessa asettaa perustan, jolla kiinteistöt voivat reagoida dynaamisesti sähkömarkkinoiden vaihteluihin, mikä tehostaa energiankäyttöä ja tukee kestävämpää energianhallintaa rakennuksissa. On myös perusteltua, että kulutusjoustoan ohjaus keskitetään yhteen laitteeseen, johon kaikki joustoan osallistuvat laitteet ja järjestelmät yhdistetään, jotta vältetään kulutushuipuilta ja eri järjestelmien välisiltä ristiriidoilta. (ST 55.51 -kortti, 6., 5.1)

Kulutusjousto pientalossa – esimerkki ST 55.51 -kortista

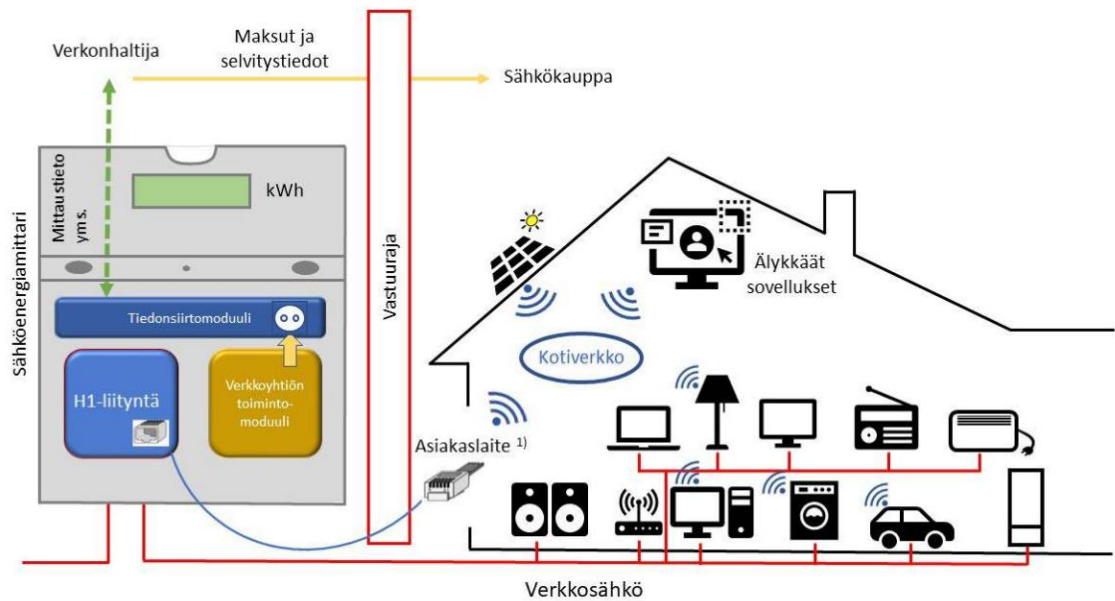
ST 55.51 -kortissa esitetään periaatekaavio asuinrakennuksen ohjausratkaisusta (KUVA 1.), jolla perinteisen lämminvesivaraajan sähkönkulutus saadaan optimoitu pörssisähkön tuntihinnan ja/tai paikallisesti tuotetun aurinkosähkön mukaan, mikäli talossa on aurinkosähköljärjestelmä. Toiminnallisuutta voidaan ohjata IoT-ohjaimella, joka saa internet-yhteyden kautta tiedon pörssisähkön tuntihinnasta. IoT-ohjain kytkee ohjattavan kuorman, kuten lämminvesivaraajan päälle silloin kun aurinkosähkön tuotannon tai sähköverkkoon toimitettavan sähkön raja-arvo ylittyy. Aurinkosähkötuoannon päättyessä illalla ohjataan kuormaa halvimpjen tuntihintojen perusteella siten, että varaaja saavuttaa sille määritetyn vuorokautisen päällä oloajan. (ST 55.51 -kortti, 5.2)



Kuva 1. Periaatekaavio kuormien ohjaamisesta sähkön hinnan ja aurinkosähköjärjestelmän tuotannon mukaan pientalossa (ST 55.51)

2.4 Uudet ARM-mittarit ja niiden rajapinnat

Sähkölmittarit ovat uudistumassa uuden sukupolven ARM 2.0 -sähkölmittareihin (ks. KUVAT 2 ja 3), jotka mahdollistavat kehittyneemmän sähkölmittausjärjestelmän käytön. Elenia on kehittänyt vuosina 2019–2020 yhteistyössä kotimaisen Aidonin kanssa uuden teknologian sähkölkulutuksen mittausjärjestelmään sekä tarvittavat mittarit. Teleoperaattori Elisa on osallistunut hankkeeseen kumppanina ja mittarien asennuksista on vastannut kotimainen Voimatel. (Elenia.fi, Tietoa mittausuudistuksesta) Uuden etämittauslaitteiston toiminnalliset vaatimukset sähköverkossa määritellään valtioneuvoston asetuksessa 767/2021 (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta). (SESKO, SUOSITUS SK 13-1:2021)



KUVA 2. Yleiskuvaus sähköenergiamittarin toiminnoista (SESKO, SUOSITUS SK 13-1:2021)



KUVA 3. Kolmivaihemittari, AIDON 7534C7410 (Aidon)

Liityntä rakennusautomaatiojärjestelmään

Rakennusautomaatiojärjestelmiin liityntä tehdään pulssitietona tai väyläpohjaisena toteutuksena, joista väyläpohjainen toteutus on suositellumpi. Väyläpohjaisia toteutusvaihtoja ovat mm. Modbus ja M-Bus. Väylän kautta mittareista saadaan myös muita syöttöjännitteen laatuun liittyviä tietoja sekä lisäksi kulutustietoja. (ST 17-käsikirja, 4.9)

HAN-rajapinta

SESKOn komitea SK 13 Sähköenergianmittaus on laatinut suosituksen SK 13-1:2021, jossa määritellään etäluettavien sähköenergiamittareiden paikallista H1-asiakasrajapintaa koskevat vaatimukset Suomessa käytettävien seuraavan sukupolven energiamittareiden toiminnallisuudelle.

Uuden sukupolven älykkäät sähkömittarit (ARM 2.0) on varustettu RJ12-liittimellä, jota kutsutaan myös kotiautomaatioliittynäksi, jonka kautta asiakkaat voivat lukea mittarin mittaustietoja omaan käyttöönsä. (Ks. KUVAT 2 ja 3) Tätä tiedonsiirtorajapintaa kutsutaan Suomessa HAN-portiksi, joka on lyhenne englanninkielisestä termistä Home Area Network. Eri maissa liitintä voidaan kutsua myös muilla nimillä, kuten P1-portti tai H1-portti. Mittarin tiedot ovat lähes reaaliaikaisia ja ne soveltuvat älykkään kodin ohjauksiin ja energiankäytön seurantaan sekä laskujen tarkastukseen. SESKOn suosituksen SK 13-1:2021 tarkoitus on yhdenmukaistaa Suomessa käytettävien mittareiden RJ12-kotiautomaatioliittynät. (SESKO.fi/SUOSITUS SK 13-1:2021) (Ks. SK 13-1:2021 ja Aidon, RJ12 HAN-rajapinta, Toiminnallinen kuvaus, joista löytyy tarkempaa tietoa liittimen toiminnasta.)

Tiedonsiirto HAN-rajapinnassa

HAN-datapaketit lähetetään HDLC-kehyksessä [REF6]:n mukaisesti. Seuraavat COSEM-luokat ovat käytössä: data (class_id 1), rekisteri (class_id 3) ja kello (class_id 8). (Elenia.fi, Sähkökulutuksen mittausuudistus / Aidon, RJ12 HAN-rajapinta, Toiminnallinen kuvaus)

Kuormanohjausrajapinta

Uudet älykkäät sähkömittarit tarjoavat kuormanohjauspalveluita, jotka mahdollistavat sähkökäyttöisten laitteiden ajastetun käynnistyksen. Näissä mittareissa on standardina kaksi kuormanohjausrajapintaa. Esimerkiksi Elenian verkossa käyttöön otetuissa Aidonin valmistamissa mittareissa on R1 ja R2 -releet (ks. KUVA 4.). Elenian sähköalan ammattilaisille tarkoitettujen ohjeiden mukaan, jos kuormanohjausrelettä käytetään laitteen ohjaukseen, on asennettava erillinen välirele tai kontaktori sekä ohjauspiiriin ohituskytkin ja erillinen ohjaussulake. Sulake on sijoitettava mittauksen taakse syöttösuunnasta katsottuna, ja sähköurakoitsijan on suoritettava tarvittavat kytkennät pääkeskukseen. Yöajan kuormanohjaukset,

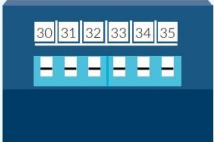
jos ne ovat jo käytössä, liitetään yleensä Aidonin relemoduulin R2-liittimien kautta, kun taas R1-rele on ollut usein käyttämätön. Uusien älymittareiden avulla kuormien ohjaus voidaan toteuttaa joko sähkön spot-hinnan mukaan tai asiakkaan valitsemina ajankohtina. Molempia releitä voidaan ohjata Elenia Aina -palvelun kautta. Kuvassa 5. näkyy TEM:n älyverkkotyöryhmän ehdottamia vaihtoehtoisia tapoja kuormanohjaukselle. (Elenia: Pienjänniteliittymien tekninen ohje)

Kuormanohjauksen kytkentä uuden sukupolven älymittarissa.
Johdotus kytketään Aidon-relemoduuliin seuraavasti:

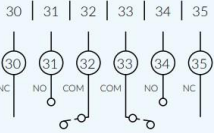
#	Rele 2	#	Rele 1
30	Avautuva kosketin (NC)	33	Sisääntulo (COM)
31	Sulkeutuva kosketin (NO)	34	Sulkeutuva kosketin (NO)
32	Sisääntulo (COM)	35	Avautuva kosketin (NC)

Huomio! Kun molemmat releet ovat käytössä, ohjausjännitteet (COM) pitää kytkeä samasta vaiheesta.

Relemoduulin liittimet

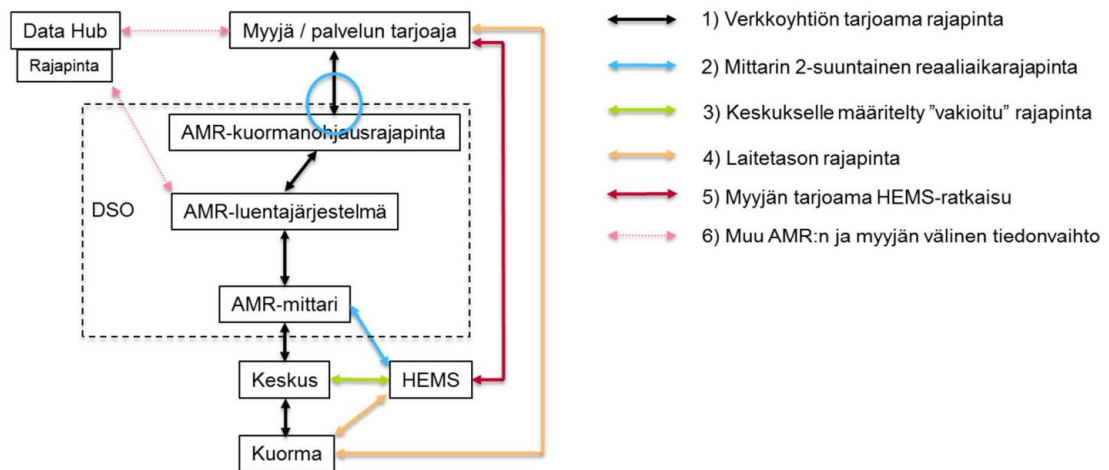


Relemoduulin kytkentäkaavio



KUVA 4. Kuormanohjausrajapintojen kytkentä (Elenia, Pienjänniteliittymien tekninen ohje)

Vaihtoehtoisia kuormanohjauksen toteutustapoja



KUVA 5. Vaihtoehtoisia kuormanohjaustapoja (TEM:n Älyverkkotyöryhmän raportti: Kuormanohjausrajapinta AMR-mittarin kautta toteutettaviin ohjauksiin)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ, MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA OHJEET

3.1 Yleistä

Sähkölaitteiden ja -järjestelmien suunnittelussa on keskeistä tietää alaan vaikuttava lainsäädäntö, määräykset, standardit ja niiden hierarkkinen järjestys toisiinsa nähden, sekä ymmärtää mitkä niistä ovat toimintaa velvoittavia ja mitkä opastavia. Työ- ja elinkeino ministeriö (TEM) on Suomessa ainoa instanssi, joka saa antaa kansalaisia sitovia sähköturvallisuuteen liittyviä määräyksiä.

Suomessa kaikkein ylimpänä velvoittavien lähteiden hierarkiassa on sähköturvallisuuslaki (1135/2016), jonka sisältö on velvoittavaa kaikelle sähkösuunnittelulle ja sähköalan urakoinnille ja toiminnalle. Sähköturvallisuuslaki toimii kaiken toiminnan perustana. Lait sekä ministeriön antamat määräykset ovat sähköalan toimintaa velvoittavia ja standardit ja ohjeet ovat luonteeltaan opastavia.

Sähköasioissa valvovana viranomaisena Suomessa toimii Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes, joka on TEM:n hallinnonalalla toimiva virasto. Tukes saa antaa määräysten soveltamista koskevia teknisiä ja hallinnollisia ohjeita. Sähköpätevydet Suomessa taas myöntää Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy. SETI on Tukesin nimeämä puolueeton ja riippumaton sähköturvallisuuslain 76 §:n mukainen pätevydenarviointilaitos. Lakisäätteisten pätevyystodistusten lisäksi SETI myöntää mm. tele-, turva- ja kuntotutkijapätevyksiä. Ja tietyt vaaditut ehdot täytävälle yrityksille tele- ja rakennusautomaatiourakoitsija hyväksyntöjä sekä myös TU- ja TT-sertifiointeja. (seti.fi)

SUUNNITTELUN LÄHTEIDEN HIERARKIA

1. VELVOITTAVAT

LAIT

- Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)
- Sähkömarkkinalaki (588/2013)

Asetukset

- 1434/2016 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista
- 1435/2016 Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä
- 1436/2016 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta
- 1437/2016 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta
- 767/2021 Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mitauksesta

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) määräykset

2. OPASTAVAT

- Tukesin ohjeet
- Standardit
- Sähkötieto ry: ST-materiaalit
- Muut ammattimateriaalit

3.2 Lait, asetukset ja määräykset

Euroopan unionin direktiivit, asetukset ja päätökset sekä kansallinen lainsäädäntö määrittelevät vaatimukset sähkölaitteiden ja -asennusten turvallisuudelle sekä sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle. Vaatimustenmukaisuus saavutetaan noudattamalla standardeja. (SFS.fi, Sähkö ja elektroniikka)

Ensisijaisesti tärkeimmät sähköturvallisuuslain vaatimukset ja vastuut koskevat nimensä mukaisesti turvallisuutta sähkölaitteissa ja -laitteistoissa, mutta vaatimukset koskevat myös niiden sähkömagneettista häiriöttömyyttä. Laissa säädettyt asiat ovat velvoitteita, jotka pitää ottaa sähkösuunnittelun perustaksi kaikissa

sähkölaitteissa ja -laitteistoissa niiden koko elinkaaren ajan. Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 6 §:ssä säädettyissä yleisissä vaatimuksissa turvallisuus ja häiriöttömyys todetaan seuraavasti:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Lainsäädännössä määritetään siis velvoittavia perusvaatimuksia, joissa todetaan esimerkiksi edellä kuvatun kaltaisesti, että laitteiston on oltava turvallinen eikä toiminta saa häiriintyä helposti. Sähköturvallisuuslaki ei kuitenkaan ota kantaa tarkemmin siihen, miten turvallinen sähkölaitteisto käytännössä toteutetaan, eli yksityiskohtaisia teknisiä vaatimuksia ei anneta itse laissa.

Vaikka lailla ei olekaan säädetty tarkemmista ehdottomista vaatimuksista, tulee suunnittelussa ottaa huomioon muita seikkoja. Sähkötekniikan alan kansallisen standardointijärjestön SESKO ry:n verkkosivuilla todetaan huomioon otettavista seikoista seuraavaa:

Nykyinen periaate teknisen turvallisuuden viranomaisvaatimuksissa Euroopassa perustuu siihen, että viranomaismääräykset eivät sisällä yksityiskohtaisia teknisiä vaatimuksia. Sen sijaan ne määrittelevät perustason vaatimukset ja viittaavat teknisten yksityiskohtien määrittelyssä standardeihin. Tämä periaate on käytössä useissa direktiiveissä, kuten pienjännitedirektiivissä ja konedirektiivissä. (SESKO.fi, Sähköasennukset)

Edelleen SESKO ry:n mukaan ”Sähköasennuksista ei ole olemassa Euroopan yhteisön direktiiviä, vaan näissä on käytössä kansallisia määräyksiä. Suomessa on vuoden 2017 alussa tullut voimaan uusi sähköturvallisuuslaki (1135/2016) sekä valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (1434/2016) ja asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016). Nämä säädökset ovat varsinaisia sähköturvallisuusmääräyksiä ja ne vastaavat periaatteeltaan direktiivejä. Säädöksissä

määritellään vaadittava turvallisuuden taso ja annetaan olennaiset turvallisuusvaatimukset sekä todetaan, että vaatimukset täyttyvät, jos noudatetaan virallisen standardointielimen vahvistamia standardeja, jotka Suomessa ovat SFS-standardeja. Nämä standardit on lueteltu Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukesin ohjeessa Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (S 10).” (SESKO.fi, Sähköasennukset)

Näin ollen voidaan todeta, että sähköalalla suunnittelussa on suuri merkitys standardointielinten vahvistamilla standardeilla.

3.3 Standardit

Kuten edellä todettu, laeissa ja asetuksissa säädetyt vaatimukset ovat velvoittavia, eli niitä tulee noudattaa. Standardit ovat taas luonteeltaan suosituksia ja niiden käyttö on periaatteessa vapaaehtoista, eli käytännössä ne ovat opastavaa materiaalia suunnitteluun. Kuitenkin sähkölaitteiden tai -laitteistojen valmistaja tai maahantuoja voi käyttää standardeja osoittamaan, että säädöksissä tuotteille asetetut vaatimukset täyttyvät. ST 710.00 -kortin mukaan kuitenkin helpoin tapa noudattaa säädöksissä määriteltyjä olennaisia turvallisuusvaatimuksia on tehdä työt sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002 mukaisesti. (ST 710.00 -kortti)

Tukesin mukaan valmistaja tai maahantuoja voi käyttää standardeja sen osoittamiseksi, että säädöksissä tuotteille asetetut vaatimukset täyttyvät. Kun tuotteet ovat yhdenmukaistettujen standardien mukaisia, katsotaan niiden täyttävän tuotetta koskevan EU-lainsäädännön olennaiset vaatimukset. (Tukes.fi, Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n mukaan sähköalalla on pitkät perinteet säädösten vaatimusten täyttämisestä standardien avulla ja yleensä standardit valmistellaan ilman EU:lta tulevaa erityistä pyyntöä standardointityön käynnistämisestä. Sähköalan standardit myös täydentävät lainsäädännön vaatimuksia: Lähtökohtaisesti sähkölaitteiden ja sähköasennusten turvallisuutta ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset tulevat Euroopan unionin direktiiveistä, asetuksista ja päätöksistä sekä kansallisesta lainsäädännöstä. Näiden

säädösten vaatimustenmukaisuus toteutuu noudattamalla standardeja. (SFS.fi, Sähkö ja elektroniikka)

Sähkö- ja elektroniikka-alan standardit ovat lisäksi hyvin kansainvälisiä. Suomessa käytettävät sähköalan standardit perustuvat pääasiassa maailmanlaajuisiin (IEC) tai eurooppalaisiin (EN) standardeihin. Suomessa sähköteknisen alan standardointijärjestö SESKO vastaa sähköalan standardoinnista. Lisäksi SESKO vastaa suomalaisten osallistumisesta alan kansainväliseen standardointiin. (SFS.fi, Sähkö ja elektroniikka)

Vaikka standardit eivät olekaan itsessään velvoittavia, on ne laadittu siten, että niiden noudattaminen täyttää Suomen ja EU:n lainsäädännön keskeiset vaatimukset ja viranomaismääräysten vaatimukset. Standardeista voidaan siis tarpeen vaatiessa poiketa. Yhdenmukaisista standardeista poikettaessa on vain osoitettava muilla tavoin, että laissa säädetyt olennaiset vaatimukset täyttyvät. (Ks. myös Tukes.fi, Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa)

Sähköstandardit

Sähköalan SFS-standardit valmistelee SESKO ry ja standardit julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS. Nykyisin sähköalan SFS-standardit valmistellaan lähes täysin kansainvälisten IEC-standardien ja eurooppalaisten CENELEC-standardien pohjalta. (SESKO, Sähköasennukset)

Sähköasennuksia koskevat standardit ovat:

- Standardit SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset
- SFS 6001 Suurjänniteasennukset
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus

Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit löytyvät uusimmasta S10 -luettelosta, joka on Tukesin ajan tasalla pitämä ohjeisto voimassa olevista ohjeista. Sähköturvallisuuslain 33 § ja 84 §:n mukaan Turvallisuus- ja kemikaalivirasto julkaisee luettelon niistä standardeista, joita noudattaen katsotaan lain vaatimusten täyttyvän sähkölaitteiston rakenteelle ja sähkötyötur-

vallisuudelle. Luettelo päivitetään tavallisesti kerran vuodessa. Ohjeessa luetteloituja standardeja noudattamalla katsotaan, että sähköturvallisuuslain 31 § ja 82 §:n nojalla annettujen olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Tämä koskee niitä standardeissa esitettyjä vaatimuksia, jotka kuuluvat lain kyseisten pykälien soveltamisalaan. Luetteloitujen standardien vaatimuksista suurin osa kuuluu soveltamisalaan, mutta eivät aivan kaikki. (Tukes.fi, Luettelo S10-2023)

Edellä luetelluissa standardeissa esitetään perusvaatimukset, joiden mukaan toimitettuna sähköasennukset ovat rakenteeltaan turvallisia ja niitä myös käytetään turvallisesti. Mainittuja standardeja täydentävät erityisaloilta laaditut SFS-EN standardit, joita on laadittu mm. räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksista ja suurjänniteilmajohdoista. Standardit pidetään ajan tasalla, jotta myös turvallisuustaso täyttäisi nykyajan vaatimukset. (SESKO.fi, Sähköasennukset)

Rakennusautomaation standardit

Rakennusautomaatiojärjestelmä liittyy kiinteästi LVI- ja sähköjärjestelmiin, mikä tarkoittaa, että LVI-laitteita ja niiden sähköistystä ohjaavat määräykset koskevat siten välillisesti myös rakennusautomaatiojärjestelmiä. Rakennusautomaatioon suoraan kohdistettuja viranomaismääräyksiä on kuitenkin vain vähän. Rakennuksiin ja rakentamiseen liittyvät lakisääteiset vaatimukset on kirjattu rakentamislakiin ja sen nojalla annettuihin asetuksiin. Ympäristöministeriö ylläpitää Suomen rakentamismääräyskokoelmaa, johon kootaan sääntelyn nojalla annetut rakentamisen säännökset, määräykset ja ohjeet. (ST 98.61 -kortti: Rakennusautomaatiojärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto, luku 2)

Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet on kattavasti lueteltu ST-kortissa 710.00, jonka mukaan rakennusautomaatiojärjestelmät ovat yleensä pääosin pienisjännitteisiä laitteistoja. Pienisjännitteen rajat määritellään standardissa SFS-IEC 60449. Jänniterajat pienisjännitejärjestelmiin, sekä käyttöönottonenettelyt esitellään tarkemmin kortissa ST 53.28 Pienisjännitejärjestelmät SELV, PELV ja FELV. (ST-käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät, s. 287)

ST-käsikirja 17:n mukaan rakennusautomaatiojärjestelmän laitteiden, jotka on tarkoitettu ohjaus-, säätö-, valvonta- ja käyttötoimintoihin tai talotekniikan hallintaan sekä ovat vuorovaikutuksessa sovelluskohtaisen HBES/BACS-verkon kautta, tulee täyttää standardisarjan SFSEN 50491 tai SFS-EN 63044 soveltuvat vaatimukset. Näiden standardien tarkempi kuvaus löytyy mm. ST-kortista 710.00.

3.4 Ohjeistavat materiaalit

Sähköinfo Oy on Suomen johtava ohjeistavaa materiaalia tuottava taho. Sähkö-tietokortisto eli ST-julkaisuista koostuva ammattitietolähde on suurin ohjeistavan materiaalin lähde Suomessa. Sähköinfo Oy on Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n omistama koulutus- ja kustannusyhtiö, joka tuottaa koko sähköalaa hyödyttävää kirjallisuutta, koulutusta ja muita palveluja. (Sähköinfo.fi) Kuten standardienkaan, ST-julkaisujen käyttö ei ole velvoittavaa, mutta myös niiden ohjeistukset opastavat käytännön tasolla asiat niin, että sähkösuunnittelu toteutuu velvoittavien määräysten mukaan. Voimassa olevat ST-julkaisut voi tarkastaa uusimmasta ST 00.05 "Voimassa olevat ST-julkaisut" kortista, joka on eräänlainen sisällysluettelodokumentti voimassa oleviin ST-julkaisuihin. Kortin löytää Sähköinfo Severistä, joka on Sähköinfon maksullinen sähköinen aineistopalvelu.

ST-julkaisut ovat olleet käytössä lähes viiden vuosikymmenen ajan, ja ne tarjoavat keskeisen ammattitietolähteen sähkö- ja tietotekniikka-alan suunnittelijoille, urakoitsijoille, rakennuttajille, kunnossapitäjille, kuntotutkijoille sekä alan opiskelijoille. Julkaisut sisältävät ohjeistuksia ja suosituksia, jotka opastavat säädösten, määräysten ja standardien mukaiseen parhaaseen käytäntöön ja ratkaisuihin. ST-kortisto tukee ammattilaisten käytännön työtä tarjoamalla konkreettisia esimerkkejä, lomakkeita ja muistilistoja. Kokonaisuudessaan ST-kortisto, johon kuuluu käsikirjoja, ohjeistoja ja esimerkkejä, kattaa noin 14 000 sivua ja on saatavilla verkossa Severi-palvelun kautta. ST-kortit, -käsikirjat, -ohjeistot ja -esimerkit yhdessä muodostavat syvällisen ja laaja-alaisen tietovarannon, joka ohjaa hyvään säädösten, määräysten ja standardien mukaiseen lopputulokseen. ST-ohjeistot voivat käsitellä yksittäisiä sähkö- tai tietoteknisiä järjestelmiä tarjoten kattavia suunnittelu- ja asennusohjeita, kun taas ST-esimerkit kuvaavat hyviä suunnittelu- ja rakentamistapoja tai selkeitä esitystapoja. (ST 00.05 -kortti)

4 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

4.1 Mitä on rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio tarkoittaa rakennuksen erilaisia talotekniikan laitteita ja järjestelmiä, joiden tehtävänä on erilaisten prosessien ohjaus, säätö, valvonta ja hallinta. Näiden automatisoitujen prosessien tavoitteena sisäilmaston pitäminen optimaalisella ja miellyttävällä tasolla niin, että sisällä on viihtyisää sekä turvalliset oleskeluolosuhteet. Tärkeitä tavoitteita on myös energiansäästö älykkäällä kuluksen hallinnalla ja taloteknisten toimintojen valvominen hälytyksillä ja mittauksilla. (ST-käsikirja 17, 2.1, 2.2) Tärkeimmät prosessit, johon perinteinen HVAC (**H**eating, **V**entilation & **A**ir **C**onditioning) -rakennusautomaatio painottuu, ovat lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi.

Rakennusautomaatiojärjestelmät voivat sisältää perinteisen HVAC-automaation lisäksi monipuolisesti erilaisia toimintoja, joista yksi keskeinen osa on valaistuksen ohjaus. Tämä mahdollistaa valaistuksen automaattisen säätämisen eri tilanteiden ja tarpeiden mukaan, kuten luonnonvalon määrän vaihteluiden, tilojen käyttöasteen tai vuorokaudenajan perusteella. Integroimalla valaistuksen ohjauksen osaksi kokonaisvaltaista rakennusautomaatiojärjestelmää voidaan merkittävästi parantaa energiatehokkuutta ja käyttäjämukavuutta. Lisäksi rakennusautomaatio voi käsittää muitakin integroitavia järjestelmiä, esimerkiksi turvallisuusjärjestelmät, äänentoisto- ja multimediajärjestelmät sekä läsnäolotunnistukseen perustuvat säätöjärjestelmät. Yhdistettynä nämä eri elementit muodostavat älykkään ja reagoivan ympäristön, joka optimoi rakennuksen energianhallintaa, toiminnallisuutta ja asumismukavuutta. ST-käsikirja 17:n mukaan nykyaikaiset rakennusautomaatiojärjestelmät keskittyvät yhä enemmän energiankulutuksen seurantaan ja optimointiin. Monipuoliset käyttöliittymät, joissa on ohjelmoitu automaation logiikka ja säädettävät asetukset, mahdollistavat käyttäjien sisäolosuhteiden mukauttamisen esimerkiksi näyttöpäätteen kautta, tarjoten valinnan taloudellisuuden ja viihtyisyyden välillä. (ST-käsikirja 17)

Rakennusautomaatio, kiinteistöautomaatio ja kotiautomaatio ovat toisiinsa liittyviä käsitteitä. Ne sisältävät paljon samoja asioita ja niitä saatetaankin käyttää

usein rinnakkain synonyymeina, silti niissä on myös pieniä eroavaisuuksia. Termiä kiinteistöautomaatio voidaan pitää näistä laajempänä ja selkeämpänä, mikä kattaa rakennusautomaation lisäksi myös muita kiinteistön automaatioon liittyviä osa-alueita, kuten valvontajärjestelmät, lukitus, kulunvalvonta, murtohälytys ja palohälytysjärjestelmän. (ST 701.32 -kortti, 3) Kotiautomaatio tarkoittaa nimensä mukaisesti asuinrakennusten, kuten omakoti- ja kerrostalojen, automatisointiin liittyviä toimintoja, keskittyen enemmän asukkaiden mukavuuden ja kodin toimintojen automatisointiin. (ST 701.31 -kortti, 1)

Rakennusautomaatiojärjestelmän toteutus pohjautuu suunnitelmiin samoin kuin LVI-järjestelmien ja sähköjärjestelmien kohdalla. Rakennusautomaatio sijaitsee usein näiden kahden suunnittelualan yhtymäkohdassa. On olennaista, että suunniteltaessa rakennusautomaatiojärjestelmän keskuksia sähkösuunnittelun näkökulmasta, suunnittelija työskentelee läheisessä vuorovaikutuksessa muiden suunnittelijoiden kanssa ja pystyy tulkitsemaan kaikkia suunnitelmia. Muut suunnittelijat, joiden kanssa ollaan useimmiten vuorovaikutuksessa, koostuvat LVI-suunnittelijoista, rakennusautomaation ja ohjelmistoautomaation asiantuntijoista sekä rakennussuunnittelijoista. (ST-käsikirja 17)

Integroidut RAU-järjestelmät

Integroiduilla rakennusautomaatiojärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joissa eri talotekniikan järjestelmiä on liitetty toisiinsa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi turvallisuuteen liittyvät kulunvalvonta-, murtoilmaisu-, kameravalvonta- ja paloilmoinjärjestelmät. Tavoitteena on yhdistää rakennusautomaatiojärjestelmä ja muut rakennuksen talotekniset tietojärjestelmät siten, että niistä yhdessä saadaan enemmän hyötyä kuin erillisistä järjestelmistä. Yhtenä tavoitteena on myös vähentää järjestelmien anturointia ja yhdistää tiedonvälitystä ja käyttöliittymiä. Tämän kaltaisessa integraatiossa on keskeistä välttää saman tiedon päällekkäistä tuottamista eri järjestelmissä, jolloin tietoa ei käytetä vain yhden järjestelmän sisällä. Eri protokollien välinen tiedonsiirto vaatii muuntimia ja rajapintoja. Käytännössä tilatietojen yhdistäminen eri järjestelmiin onnistuu esimerkiksi käyttämällä PLC-laitteita yhdessä sopivien reitittimien ja väylämuuntimien kanssa, mikä tehostaa järjestelmien välistä kommunikointia ja vähentää tarpeetonta samojen tila- ja mittaustietojen toistoa. (ST-käsikirja 17)

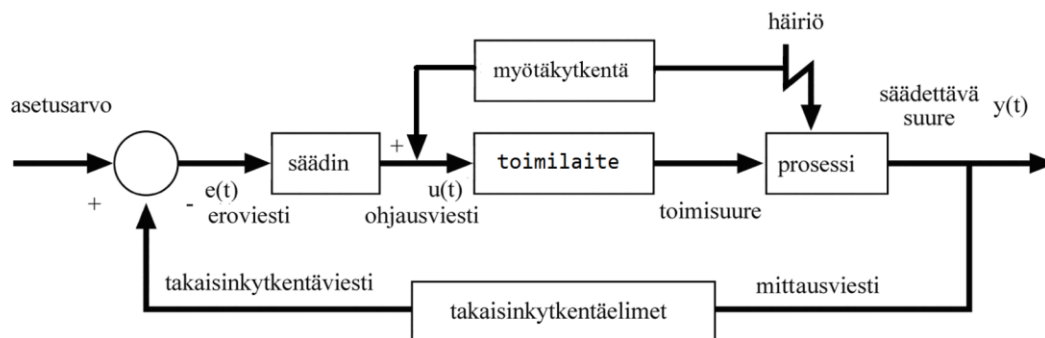
Järjestelmien fyysinen ja ohjelmallinen yhdistäminen voidaan toteuttaa eri tavoilla, kuten kaapelointi-, kenttälaite-, keskus-, käyttöliittymä- tai pilvitasolla. Näihin sisältyvät muun muassa I/O-tason ohjaukset, kärkiohjaukset ja väyläteknologiat. Integraatio voi tarjota merkittäviä kustannussäästöjä, sillä yhtenäinen järjestelmä vähentää tarvetta useille erillisille laitteille ja järjestelmille, mikä myös yksinkertaistaa ylläpitoa ja hallintaa. (Lisää järjestelmien yhdistämisestä ks. ST-käsikirja 17, luku 5)

4.2 Järjestelmän säätötekniset ja toiminnalliset perusteet

Keskeisenä osana rakennusautomaation keskussuunnittelua on ymmärrys säätöpiirien toiminnasta. Säätöpiirit ovat olennaisia rakennusautomaatiojärjestelmien tehokkaassa toiminnassa, sillä ne mahdollistavat järjestelmien tarkan säädön ja optimoivat näin sekä energiankulutusta että sisäolosuhteita. Tässä osiossa tarkastellaan säätöpiirin perusteita ST-käsikirja 17:n mukaan ja sen merkitystä rakennusautomaation keskussuunnittelussa sähkösuunnittelun näkökulmasta. Ymmärrys säätöpiirien toiminnasta on välttämätöntä optimoidun, tehokkaan ja turvallisen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelulle ja toteutukselle. Sähkösuunnittelijan vastuulla on suunnitella mm. säädinten, antureiden ja toimilaitteiden fyysiset kaapelointitarpeet ja kytkennät, mikä on kriittinen osa järjestelmän kokonaisvaltaista toimivuutta. (ST-käsikirja 17, 3)

Säätöpiirin perusrakenne ja toiminta

Säätöpiiri koostuu anturista, säätimestä ja toimilaitteesta. Anturi mittaa prosessin tilaa, kuten tuloilman lämpötilaa, ja välittää tämän tiedon säätimelle. Säädin vertaa mittausviestiä asetusravoon ja tuottaa eroavaisuuden perusteella ohjausviestin, joka ohjaa toimilaitetta sopeuttamaan prosessia asetusravon mukaiseksi. Suljettu säätöpiiri mahdollistaa tarkan ja dynaamisen prosessin hallinnan, joka on keskeistä rakennusautomaation tehokkuudelle. Avoin piiri puolestaan viittaa tilanteeseen, jossa takaisinkytkentä puuttuu, mikä tarkoittaa, että kyseessä on pelkkä ohjaus ilman aktiivista säätöä. (ST-käsikirja 17, 3.1.1)



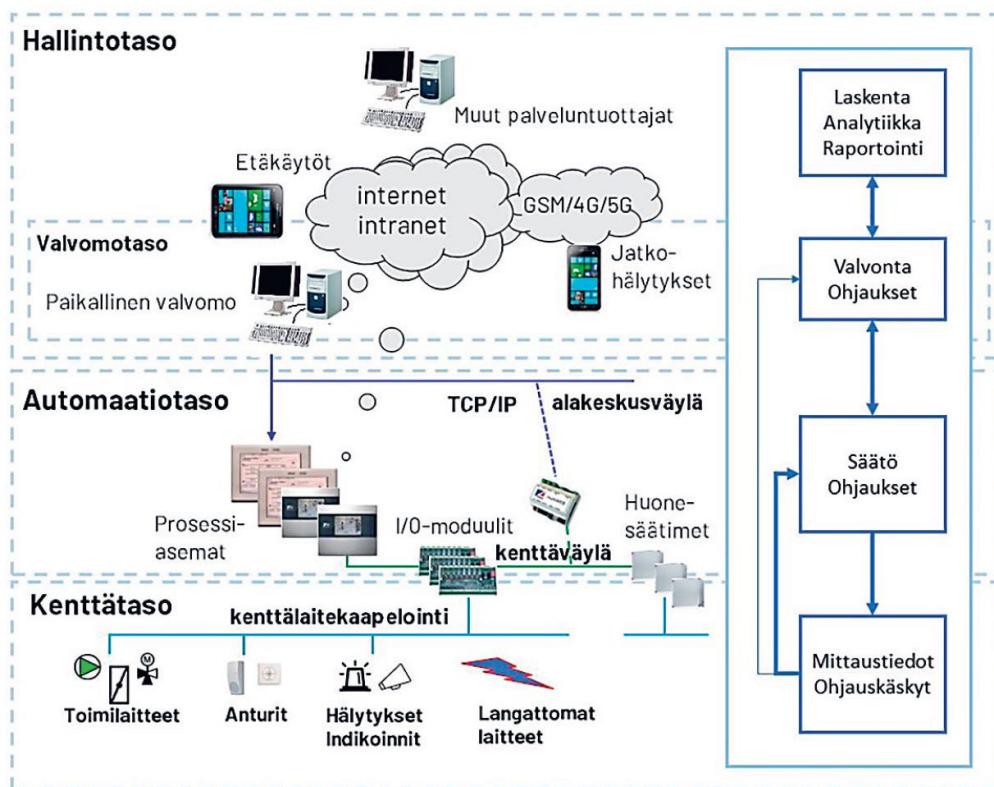
KUVA 6. Suljettu säätöpiiri siihen liittyvine käsitteineen (ST-käsikirja 17)

Säätöpiiristä on suunnittelussa tärkeää ymmärtää, että siinä tulee löytää tasapaino nopeuden ja häiriöherkkyyden välillä. Nopea säätöpiiri voi olla herkkä ulkoisille häiriöille ja muuttua epästabiiliksi, kun taas liian hidas piiri ei reagoi riittävän nopeasti muutoksiin. Hyvä säätöpiiri on kompromissi näiden ääripäiden välillä, ja sen suunnittelussa otetaan huomioon sekä prosessin dynaamiset että staattiset ominaisuudet. Säätöpiirin säätö ja viritys suoritetaan lopulta ohjelmiston kautta erilaisten säätötapojen kautta. Säätimen säätötapa – josta käytetään myös nimitystä säätölaki – määrää tavan, jolla ohjausviesti reagoi erosuureen arvoon ja muutoksiin. Säätimen säätöyhtälön parametrien asettamista kutsutaan säätimen virittämiseksi. Yleisimmin käytetyt säätötavat LVI-tekniikassa ovat P-, PI- ja PID-säädöt. (ST-käsikirja 17, 3.1.2)

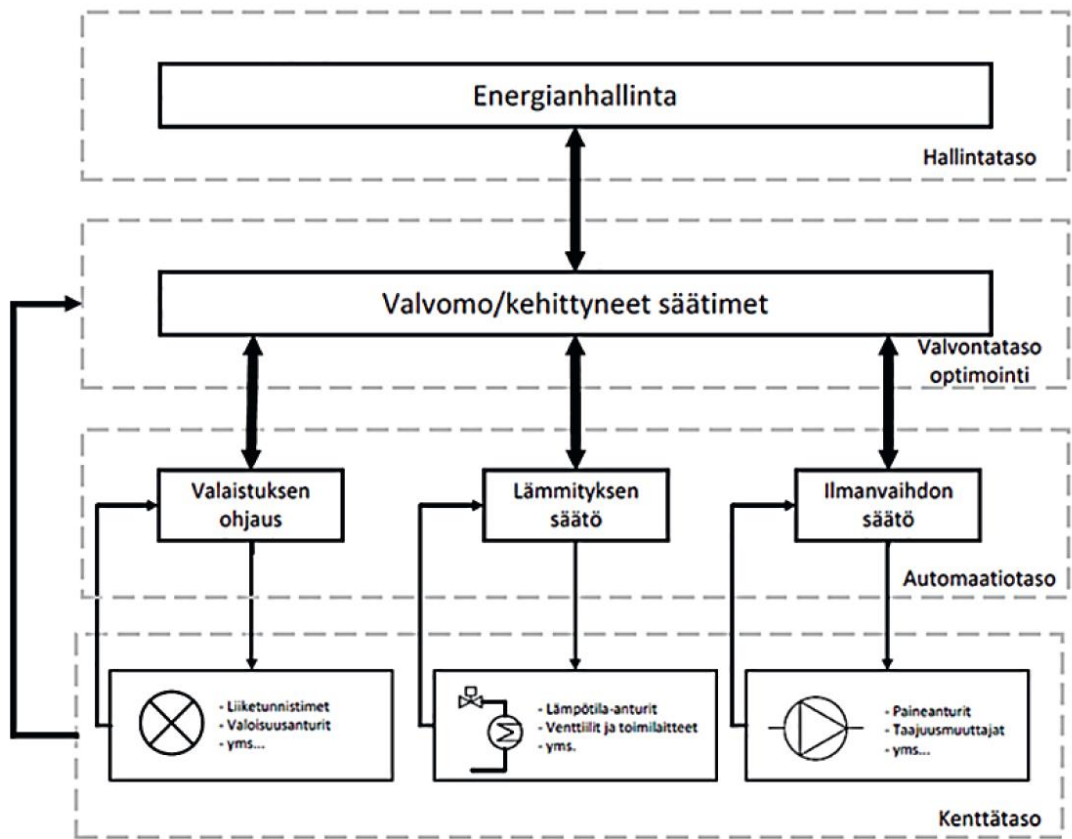
4.3 Järjestelmän hierarkkinen rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmien perinteinen rakenne voidaan havainnollistaa hierarkkisenä jäsenyyksenä (ks. KUVAT 7. ja 8.), joka jakautuu kolmeen pääosaan: hallintotaso, automaatiotaso ja kentätaso. Tämä perinteinen keskitettyjen järjestelmien jaottelu määrittelee selkeämmin kunkin tason roolit ja toiminnot. Vaikka nykyaikaisissa järjestelmissä älyn hajautuminen eri laitteisiin on häivyttänyt näiden tasojen välisiä rajoja, tarjoaa tämä perinteinen hierarkkinen jako edelleen hyödyllisen viitekehyksen järjestelmän toiminnan ymmärtämiseksi auttaen hahmottamaan miten rakennusautomaation eri osa-alueet toimivat yhteen. (ST-Käsikirja 17 ja ST-Käsikirja 22)

Hajautetussa järjestelmässä rakennusautomaation älykkyys ja kontrollitoiminnot jakautuvat tasaisesti koko järjestelmään, usein ulottuen yksittäisiin laitteisiin ja komponentteihin saakka. Tämä eroaa merkittävästi perinteisestä keskitetystä mallista, jossa hallinta ja päätöksenteko keskittyvät pääasiassa yhteen tai muutamaan keskeiseen sijaintiin. Hajautetussa järjestelmässä jokainen osa voi toimia itsenäisesti, mikä antaa kullekin komponentille mahdollisuuden tehdä päätöksiä ja toimia perustuen suoraan omiin havaintoihinsa ja sisäisiin logiikkoihinsa. Tämä parantaa järjestelmän joustavuutta ja vikasietoisuutta, mikä on erityisen tärkeää nykyaikaisissa, monimutkaisissa rakennusympäristöissä. (ST-Käsikirja 17 ja ST-Käsikirja 22) Seuraavat kuvat esittävät rakennusautomaation hierarkkista rakennetta ja niitä käsitellään tarkemmin seuraavien alalukujen yhteydessä.



KUVA 7. Rakennusautomaation perinteinen keskitetty rakenne, hajautettujen järjestelmien hierarkia ei ole näin selvä (ST-käsikirja 22)



KUVA 8. Ohjaukset tasojen sisällä ja eri tasojen välillä (ST-käsikirja 21)

4.3.1 Hallintotaso

Hallintotaso toimii rakennusautomaatiojärjestelmän ylimpänä ohjaus- ja valvontaportaalina, joka mahdollistaa kokonaisvaltaisen näkymän rakennuksen toimintaan ja strategiseen hallintaan (ks. KUVAT 7 ja 8). Se toimii ihmisen ja järjestelmän välisenä rajapintana, mahdollistaen mittauksien havainnollistamisen ja prosessin toiminnan valvonnan valvomoissa. Tällä tasolla käyttäjät voivat seurata hälytyksiä, tarkastella prosessikuvia ja tehdä säätöjä asetuksiin. Hallintotaso käyttää Ethernet-yhteyksiä paikallisesti ja internetyhteyksiä etävalvonnassa, varmistuen nopean ja luotettavan datan siirron. Nykyaikainen hallintotaso hyödyntää yhä enemmän pilvipalveluita ja IoT-laitteita, mikä hämärtää perinteisen keskitetyn hallintamallin rajoja ja mahdollistaa entistä joustavamman ja kattavamman rakennusautomaation hallinnan. (ST-käsikirja 17 ja 22)

4.3.2 Automaatiotaso

Automaatiotaso toimii keskeisenä yhteyslinkkinä hallintotason ja kenttätason välillä, vastaten antureiden sensoridatan keruusta, ohjaukäsäskyjen välittämisestä toimilaitteille ja prosessien laskennallisesta säätelystä. (ks. KUVAT 7 ja 8) Taso sisältää perinteisesti alakeskukset ja niiden I/O-moduulit, jotka suorittavat ohjelmien kautta eri prosessien ohjausta. Kommunikaatio tällä tasolla nojaa yleensä LAN-verkkoon ja TCP-IP -protokollaan, käyttäen Ethernet-verkkoa ja optisia kuituja pidemmissä yhteyksissä sekä WLAN-yhteyksiä mobiililaitteiden ja langattomien antureiden ja toimilaitteiden tukemiseen. Tämän tason tehokas toiminta varmistaa nopeat ja tarkat reaktiot ympäristön muutoksiin, mikä on kriittistä rakennusautomaation hallinnalle. Rakennusautomaatiojärjestelmän keskukset ovat yleensä tällä tasolla. (ST-käsikirja 17 ja 22)

4.3.3 Kenttätaso

Kenttätasolla tarkoitetaan ensisijaisesti rakennuksen talotekniikan fyysisiä komponentteja, kuten antureita ja toimilaitteita (ks. KUVAT 7 ja 8). Nämä laitteet ovat suorassa vuorovaikutuksessa rakennuksen tilojen ja ympäristön kanssa, keräten kriittisiä tietoja ja välittäen niitä ylemmille tasoille. Esimerkiksi valaisinkytkimet, lämpötila-, ilmanlaadun-, ilmanpaineen-, virtaus- ja valoisuusmittarit lähettävät tai vastaanottavat viestejä digitaalisesti kenttäväylän kautta tai jännite- ja virtaviestien avulla suoraan automaatiokeskuksen I/O-pisteisiin liitettynä. ST 709.00 -kortin mukaan nämä viestit ovat hyvin standardoituja, minkä vuoksi eri valmistajien laitteet kykenevät kommunikoimaan keskenään erilaisten sovittimien kautta. Tiedonkeruu ja -lähetys kenttätasolta on olennaista järjestelmän tarkkuuden ja tehokkuuden kannalta, mahdollistaen nopeat säädöt ja järjestelmän ylläpidon. (ST-käsikirja 17 ja 22)

Kenttätasolla toimivat anturit siis välittävät reaaliaikaista tietoa prosessien tilasta, jota automaatiokeskusten logiikkalaitteissa olevat ohjelmistot käyttävät vertailukohtana käyttäjän asettamiin tavoitteisiin. Toimilaitteet, kuten taajuusmuuttajat, joilla ohjataan esimerkiksi puhaltimia ja pumppuja, sisältävät omat ohjauslogiik-

kansa, jotka kommunikoivat keskuksen logiikan kanssa. Kenttätason kommunikointi, mukaan lukien hajautettu I/O ja itsenäiset säätimet, tapahtuu yleensä kenttäväylän avulla. Vakiintuneimpia kenttäväylästandardeja (väyläprotokollia) ovat ST-käsikirja 17:n mukaan ModBus, M-bus, KNX ja BACnet. Käytettävä väylä riippuu mm. sovelluksesta, komponentti valinnoista, urakoitsijan tai suunnittelijan tarjoamista vaihtoehdoista ja asiakkaan tekemistä päätöksistä. (ST-käsikirja 17 ja 22)

4.4 Keskus- ja kenttälaitteet

PLC ja I/O pisteet

Ohjelmoitava logiikka (tai vain logiikka) eli PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller) on käytännössä pieni tietokone ja ohjausjärjestelmän keskusyksikkö, jonka voi ajatella olevan rakennusautomaatiojärjestelmän aivot, jossa automaatioprosessien ohjausta hallitaan sinne tehdyn ohjelman avulla. Kyseessä on mikroprosessoripohjainen kontrolleri, jossa on I/O pisteitä (input/output) eli tulo- ja lähtöportteja, jotka mahdollistavat signaalien vastaanoton ja lähetyksen. (Teknillinen Korkeakoulu: Ohjelmoitavat logiikat, 2004) Nämä pisteet ovat joko suoraan integroituja ohjausyksikköön tai modulaarisia, jolloin ne ovat erillään olevia signaalimoduulilaitteita, jotka yhdistetään logiikan ohjaimeen järjestelmän tarpeiden mukaan. Järjestelmä saa näiden kautta kriittistä tietoa ja ohjaa vastaavasti kentällä olevia laitteita, kuten antureita ja toimilaitteita. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

PLC tukee sekä analogisten että digitaalisten signaalien käsittelyä, mikä tekee siitä monipuolisen työkalun eri tarpeisiin. Rakennusautomaatiojärjestelmän tilasta logiikka saa tärkeää tietoa tuloporttien kautta, jotka vastaanottavat esimerkiksi sensoridatalta saatuja signaaleja. Lähtöporttien kautta PLC taas ohjaa järjestelmää. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

Keskussuunnittelun näkökulmasta on suositeltavaa huomioida I/O-pisteiden johdotus hyvin, ottaen huomioon mahdolliset muutos- ja laajennusvarat. Riviliittimien käyttö tarjoaa järjestelmällisen ja siistin tavan järjestää kaapelointi. Riviliittimet mahdollistavat helpot ja nopeat kytkennät, mikä parantaa huollettavuutta. Kentän lähtevät ja tulevat pisteet kannattaa viedä lähelle keskuksen läpivientejä nopeaa

kytkentää varten. Keskuksen sisäisiin ohjaukset liittyvät pisteet ovat suositeltavaa viedä suoraan hallittaville komponentille, kuten releiden ja kontaktorien kelojen liitinpisteeseen. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

DI-pisteet

Digitaaliset tulopisteet, eli DI-pisteet (digital input), vastaanottavat on/off-tyyppisiä signaaleja laitteista, jotka ilmoittavat kyllä/ei-tilat, kuten kytkinten ja rajakytkimien tilat. DI-pisteet toimivat tietosignaaleina, jotka informoivat PLC:tä laitteiston tilasta ja mahdollistavat prosessin seurannan. Ne ovat olennainen osa järjestelmän valvontaa, esimerkiksi ovien avautumista tai turvakytkimien aktivointia. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

DO-pisteet

Digitaaliset lähtöpisteet, eli DO-pisteet (digital output), lähettävät on/off-tyyppisiä (binäärisiä) ohjaussignaaleja laitteille, kuten releille ja kontaktoreille, valoille tai moottoreille. Nämä pisteet aktivoivat tai deaktivoivat laitteita PLC:n ohjelman mukaan, mahdollistaen prosessien automaattisen hallinnan ja laitteiston toiminnan säätelyn. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

AI-pisteet

Analogiset tulopisteet, eli AI-pisteet (analog input), vastaanottavat jatkuvia signaaleja, jotka ovat säätyviä tietyillä jännite- tai milliampeerialueilla. Näitä signaaleja hyödynnetään esimerkiksi lämpötilan, paineen tai kosteuden mittauksissa, jossa ne muunnetaan sähköisiksi signaaleiksi logiikan prosessointia varten. Tiedot auttavat säätämään ja optimoimaan prosesseja reaaliajassa. Yleiset mittaus-signaalit ovat 0–10 V DC tai 4–20 mA DC, jotka ovat tyypillisiä pitoisuus-, virtaus- ja paineantureille. Lämpötilamittauksissa käytetään yleisesti NTC- tai PTC-elementtien vastusarvoja, jotka tarjoavat tarkkuutta ja luotettavuutta mittauksiin. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

AO-pisteet

Analogiset lähtöpisteet, eli AO-pisteet (analog output), ohjaavat laitteita lähettämällä jatkuvia signaaleja, joita säädellään PLC:n ohjelmaan asetetun prosessin mukaisesti. Näitä pisteitä käytetään esimerkiksi venttiilien, pumppujen tai lämmit-

timien säätöön. AO-pisteiden signaalit voivat olla jännitettä tai virtaa, jotka säätelevät laitteiden toimintaa tarkasti ja varmistavat prosessien sujuvan kulun. (ST-käsikirja 17, 4.7.4)

UI/UO-pisteet

Universaalit tulopisteet (UI) ja lähtöpisteet (UO) voivat käsitellä sekä analogisia että digitaalisia signaaleja. Ne ovat monikäyttöisiä ja mukautuvat tarpeen mukaan joko tieto- tai ohjaussignaaleiksi. UI-pisteet voivat esimerkiksi vastaanottaa sekä säätyvää jännitteen mittausta että kosketintietoa. UO-pisteet voivat ohjata laitteita lähettämällä joko säädeltävää signaalia tai yksinkertaista on/off-komentoa. Tämä tekee UI/UO-pisteistä joustavia automaatiojärjestelmissä. Pisteet määritellään ohjelmoinnissa. (Schneider, Universal Inputs/Outputs)

Pulssilaskentapisteet (IMP)

Pulssilaskentapisteet (IMP) ovat liitäntäpisteitä, jotka ovat hyödyllisiä kulutusmittareiden liittämiseen logiikkaan. Tyypillisimmät mittarit ovat esimerkiksi vesi-, energia- ja sähkömittareita. Jokainen mittarin koskettimen antama sykäys, joka vastaa tiettyä kulutusmäärää, rekisteröidään pulssilaskentapisteeseen muistiin. Näitä pulsseja skaalataan kertoimella, jotta saadaan todellista kulutusta vastaava tulos, esimerkiksi yksi pulssi voi vastata kymmentä litraa vettä. Logiikalla laskeaan ohjelmallisesti esimerkiksi päivittäiset, viikoittaiset ja kuukausittaiset kulutusarvot, jotka ovat saatavilla raportointiohjelmien kautta. ST-käsikirja 17:n mukaan pulssilaskentapisteille on omia moduulityyppejä, mutta usein ne toteutetaan käyttäen DI-moduulia. (ST-käsikirja 17, 4.7.4.4)

KENTTÄLAITTEET

Anturit

Suurin osa rakennusautomaatiojärjestelmiin liitetyistä antureista on ST-käsikirja 17:n mukaan lämpötila-antureita. Lämpötilan mittaus perustuu mittauselementin resistanssin mittaukseen. Lämpötilan noustessa resistanssi voi kasvaa tai laskea, riippuen anturityypistä. Kyseessä on PTC-anturi (Positive Temperature Coefficient) kun lämpötilan noustessa resistanssi kasvaa, ja NTC-anturi (Nega-

tive Temperature Coefficient) kun lämpötilan noustessa resistanssi laskee. Yleisimpiä käytettyjä lämpötila-anturityyppejä ovat Pt100-, Pt1000-, Ni1000-, NTC10k- ja NTC20k-anturit. Pt100/1000-anturit käyttävät platinasta tai nikkelistä valmistettua elementtiä, kun taas NTC-anturit käyttävät puolijohdeteknologiaa termistorin muodossa, joka voi olla joko NTC- tai PTC-tyyppinen. Lämpötila-anturin valinnassa on otettava huomioon useita tekijöitä, kuten lämpötila-alue, mitattava väliaine, toimintanopeus, asennuspaikka, paineen kesto ja kotelointi. (ST-käsikirja 17, 4.9)

Rakennusautomaatiossa hyödynnetään monenlaisia erityyppisiä antureita, jotka mahdollistavat erilaisten ympäristötekijöiden seurannan. Ja sensoridatan kautta ohjauksen raja-arvojen tai tilatietojen muuttuessa. Näihin kuuluvat ST-käsikirja 17:n mukaan muun muassa suhteellisen kosteuden anturit, jotka perustuvat yleensä kapasitiiviseen polymeerianturiin, sekä sääasemat, jotka koostuvat useista eri antureista ja mittavat esimerkiksi lämpötilaa, tuulen nopeutta ja suuntaa, suhteellista kosteutta, ilmanpainetta, sadetta ja auringon säteilyä. Lisäksi rakennusautomaatiossa käytetään kaasupitoisuuden antureita, jotka voivat hyödyntää erilaisia tekniikoita, kuten sähkökemiallisia kennoja, katalyytti- ja puolijohdeantureita sekä infrapuna-antureita, mittamaan erilaisten kaasujen pitoisuuksia. CO₂-anturit ovat erityisen tärkeitä hiilidioksidipitoisuuden mittauksessa ja perustuvat yleisesti NDIR-tekniikkaan. Lisäksi rakennusautomaatiojärjestelmissä käytetään ilmanlaatuantureita, jotka reagoivat VOC-yhdistelmiin, valoisuusantureita, läsnäoloantureita, vesivuotoantureita, pinnankorkeusantureita, vesimittareita, lämpömäärälaskureita ja sähköenergiamittareita. Näiden anturityyppien avulla varmistetaan rakennusten toiminnan tehokkuutta, turvallisuutta ja mukavuutta. (ST-käsikirja 17, 4.9)

Toimilaitteet

Toimilaitteet ovat keskeisessä roolissa automaatiojärjestelmissä, sillä ne mahdollistavat fyysisten toimintojen suorittamisen ohjausjärjestelmän komentojen mukaan. Niitä käytetään esimerkiksi ilmapuolen peltien ja nesteverkostojen venttiilien ohjaamiseen. Toimilaitteet jaetaan tyypillisesti kahteen luokkaan, kaksiasentoihin, jotka toimivat on/off-periaatteella, ja suhteellisesti ohjattaviin, jotka säätelevät toimintoja portaattomasti. Suhteellinen ohjaus toteutetaan yleisimmin 0–10

V DC -ohjausviestillä, mutta käytössä voi olla myös 3-pistehjaus, joka mahdollistaa auki-seis-kiinni-asetukset. Toimilaitteiden moottorit ovat tavallisesti vaihteistolla varustettuja AC/DC-moottoreita, joskus myös askelmoottoreita. Käyttöjännitteenä toimilaitteissa on usein 24 V AC/DC tai 230 V AC, riippuen laitteen vaatimuksista ja käyttöympäristöstä. (ST-käsikirja 17, 4.9.2)

4.5 Rajapinnat

Rakennusautomaatiojärjestelmien yhteydessä rajapinta tarkoittaa laitetta tai järjestelmää, joka mahdollistaa eri osapuolten välillä tapahtuvan tiedonvälityksen, esimerkiksi tietokoneeseen liitetyt hiiri ja näppäimistö toimivat rajapintoina käyttäjän ja tietokoneen välillä. (ST-käsikirja 21, 3.5)

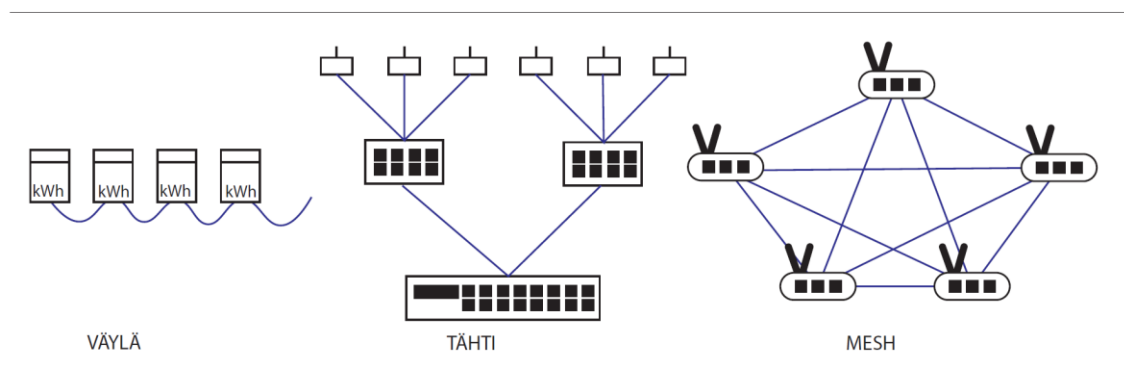
Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu useista tasoista, joissa esimerkiksi kentälaitteet tarvitsevat rajapinnan automaatiotasoon. Tämä mahdollistaa mitaustiedon ja ohjaukäsäkyjen välittämisen tasojen välillä. Käytännössä rajapintana toimii esimerkiksi kaapeli, joka yhdistää kentälaitteen automaatiotason I/O-moduuliin. Automaatiotasolla tarvitaan rajapintoja esimerkiksi erillisjärjestelmän integroimisessa, kuten lämpöpumpun liittämiseen osaksi rakennusautomaatiojärjestelmää. Tiedonvaihdossa käytettävät eri protokollat ja niiden muuntamiseen käytettävät laitteet toimivat tällöin rajapintana. Rajapintana automaatiotason ja valvomotason välillä ovat nykyään usein TCP/IP-protokollapino ja rakennuksen yleiskaapelointiverkko tai sitten lähiverkko, joka on erityisesti rakennettu talotekniikan tarpeisiin. (ST-käsikirja 21, 3.5) (Enemmän tietoa: ks. ST-käsikirja 21 Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto)

4.6 Topologiat

Rakennusautomaatiojärjestelmissä laitteiden sekä myös eri järjestelmien yhdistäminen toisiinsa on yleensä toteutettu väyläteknikalla, jolloin ne saadaan kommunikoimaan keskenään niin, että ne toimivat yhtenäisesti ja älykkäästi. Automaatiojärjestelmien kommunikoinnin yhteydessä topologia tarkoittaa verkon rakennetta tai muotoa, joka voi olla fyysinen tai looginen. Fyysinen topologia viittaa

verkon kaapelointitapaan ja laitteiden sijoitteluun, kun taas looginen topologia kuvaa viestien kulun järjestystä verkon sisällä. Järjestelmän kommunikoinnin topologiassa on tärkeää huomioida, että valittu topologia vaikuttaa verkon tehokkuuteen, ylläpitoon ja tietoturvallisuuteen. (ST-käsikirja 21, 3)

Topologian suunnittelussa keskeistä on valita käytettävä väyläprotokolla ja verkko rakenne, joka tukee optimaalisesti laitteiden ominaisuuksia ja tiedonsiirtoa. Tehokkaissa verkoissa viestit kulkevat suoraviivaisesti lyhyitä reittejä, nopeuttaen tiedonsiirtoa. Langattomissa yhteyksissä täysin kytketty verkko on toimiva, mutta langallisissa verkoissa korkeat kaapelointikustannukset ja suuri tilantarve voivat olla haasteellisia. (ST-käsikirja 21, 3) Seuraavassa kuvassa esitetään yleisimpiä käytettäviä topologioita.



KUVA 9. Yleisesti käytettyjä topologioita (ST-käsikirja 21)

Väylätologia

Väylätologia (ks. KUVA 9) on yksi perinteisimmistä tietoverkkojen järjestämistavoista, jossa kaikki verkon laitteet on kytketty samaan kaapeliin. Tässä järjestelyssä kaapelin päät eivät ole liitetty toisiinsa, ja vain yksi laitepari voi viestiä väylällä kerrallaan. Tämä rajoittaa tiedonsiirron tehokkuutta, mutta tekee järjestelmästä yksinkertaisen ja helpon asentaa sekä ylläpitää. Väylätologia on myös laajennettavissa helposti lisäämällä uusia laitteita samaan kaapeliin. Tiedonsiirron osalta väylällä lähetetyt viestit ovat heti kaikkien verkossa olevien laitteiden luettavissa. Kuitenkin yksi väylän merkittävimmistä heikkouksista on sen vikaherkkyys; jos kaapeli katkeaa, koko verkon toiminta lakkaa, sillä verkon kaikki laitteet ovat riippuvaisia samasta kaapelista. Väylätologiaa käytetään laajalti

erilaisissa sovelluksissa eri toimialoilla sen yksinkertaisuuden ja helpon laajennettavuuden vuoksi. (ST-käsikirja 21, 3.1.1)

Tähtitopologia

Tähtitopologiassa kaikki verkon laitteet ovat yhdistettyinä keskuslaitteeseen, joka toimii kaikkien laitteiden yhdistäjänä (ks. KUVA 9). Tiedonsiirto tapahtuu suoraan tai epäsuorasti keskuslaitteen kautta, mikä tekee verkonhallinnasta yksinkertaista ja tehokasta. Suurin heikkous tähtitopologiassa on keskuksen korostunut merkitys; sen vikaantuminen aiheuttaa koko verkon kaatumisen. Vaikka keskus voidaan kahdentaa lisäämällä toinen keskuslaite, se lisää verkon monimutkaisuutta ja kustannuksia. Kuitenkin yksittäisen kaapelin tai yhteyden katkeaminen ei estä koko verkon toimintaa, mikä on tämän topologian vahvuus. Tähtitopologia on myös joustava ja helposti muokattavissa, mikä tekee uusien laitteiden liittämisestä ja vanhojen poistamisesta suhteellisen vaivatonta, riippuen keskuslaitteen ominaisuuksista. (ST-käsikirja 21, 3.1.2)

Rengastopologia

Rengastopologiassa verkon runkokaapeli muodostaa suljetun renkaan, jossa tiedonsiirto tapahtuu renkaan kautta yhteen suuntaan. Tämän seurauksena vain yksi laite kerrallaan kuulee ja vastaanottaa sanoman renkaassa. Verkon liittimet toimivat samalla signaalitoistimina, joten yhden toistimen, eli laitteen, rikkoutuessa koko verkon toiminta voi pysähtyä, ellei tilannetta ole jotenkin varmistettu. Rengastopologian heikkoutena onkin se, että yhden laitteen rikkoutuminen mahdollistaa koko verkon halvaantumisen. Lisäksi rengasverkko on kielletty kilpavaraukseen perustuvissa järjestelmissä, koska lähetetty sanoma voi jäädä kiertämään verkkoon virhetilanteissa ja estää näin uusien viestien lähettämisen kun verkko ei vapaudu seuraavalla viestille. (ST-käsikirja 21.3.1.3)

Mesh-topologia

Mesh-topologialla, tai mesh-verkolla tarkoitetaan verkkoa, jossa mesh-laitteet ovat suorassa yhteydessä toisiinsa. (ks. KUVA 9) Mesh-verkot voidaan jakaa

kahteen tyyppiin, täysin yhdistettyyn (kaikki verkon laitteet ovat yhteydessä toisiinsa) ja osittain yhdistettyyn (missä vain osa laitteista viestii suoraan keskenään). Tämän topologiamuodon käyttö on yleisintä langattomissa verkoissa. Langallisissa verkoissa mesh-topologiaa ei juuri käytetä, sillä kaapelointimäärät kasvaisivat hyvin suuriksi. (ST-käsikirja 21, 3.1.4)

Muut topologiat

Muut topologiat ovat käytännössä yleisimpien topologiatyyppien yhdistelmätopologioita, ja niistä käytetäänkin usein nimitystä yhdistelmätopologia tai hybridiverkko. ST-käsikirjan 21 mukaan puumaiset ja vapaat topologiat ovat joustavia, mikä mahdollistaa tiedonsiirron räätälöinnin kohteen kannalta parhaaksi. Tällä tavoin saadaan säästettyä esimerkiksi työhön menevästä ajasta ja kaapeloinnin määrästä. Tosin liiallisesta vapaudesta saattaa aiheutua haittoja, kuten sanee-rauskohteissa, joihin on aikojen saatossa tehty muutoksia; tällöin erityisen haastavaksi voi muodostua monimutkaisen verkon ymmärtäminen ja hallinta. (ST-käsikirja 21, 3.1.5)

Terminointi

Kun rakennusautomaatiojärjestelmässä käytettävä topologia on selvillä, on suunnittelussa huomioitava että tarvitaanko väyläprotokollassa terminointia eli (väylä)päätettä. Kaikissa väyläratkaisuissa sitä ei vaadita. Päätettä tarvitaan silloin kun väylässä tapahtuu signaalin sisäistä heijastumista, mikä käytännössä aiheuttaa häiriöitä kommunikointiin laitteiden välillä. Heijastumisella tarkoitetaan siis sitä, että signaali heijastuu takaisin väyläkaapelia pitkin sen jälkeen, kun se on ensin saapunut väylän päätelaitteelle. (ST-käsikirja 21, 6.2.3 & 7.1.3)

Väyläpäätte on käytännössä terminointivastus, joka on yleensä 100–200 ohmin vastus, joka asennetaan esimerkiksi kaapelin päihin laitteiden väyläliitintään. ST-käsikirja 21 mainitsee esimerkiksi, että Modbus protokollan RS-485 -väylässä käytetään tyyppillisesti 150 ohmin tai 120 ohmin vastusta, kun terminoidaan runkokaapelia molemmista päistä. Terminointivastuksen tarkoitus on siis absorboida tuleva signaali, mikä estää signaalin heijastumia väylässä. Terminointia on kahta tyyppiä, puoli- ja täysterminointi. Älykkäämmissä laitteissa erillistä fyysistä vastusta ei tarvita, sillä tällöin laite sulkee sisäänsä sisäisen vastuksen, joka voidaan

asettaa ohjelmallisesti järjestelmän käyttöönoton ja säätämisen yhteydessä. (ST-käsikirja 21, 6.2.3 & 7.1.3)

Tekoäly

ST-käsikirjassa 22:n mukaan tulevaisuudessa rakennusautomaation optimaalista käyttöä tukevat tekoälypohjaiset sovellukset. Tekoäly voidaan valjastaa itsenäisesti vastaamaan järjestelmän optimoinnista, kun taas perinteinen analytiikka tekee järjestelmästä havaintoja ja päätös muutoksista ja niiden tekemisestä jää ylläpidosta vastaaville henkilöille.

Hyödynnettäessä tekoälyä suunnittelussa on tärkeää huomioida, miten rakennusautomaatiojärjestelmä liitetään palveluntuottajan ohjelmistoon jollakin standardiprotokollalla. Tekoälyoptimointia käytettäessä täytyy varmistaa, että tiedon siirto on kaksisuuntaista, eli tekoäly pystyy myös ohjaamaan esimerkiksi asetusarvoja. Tyypillisesti tekoäly pyrkii alhaisen energiankulutuksen avulla optimoimaan rakennuksen sisäolosuhteiden mahdollisimman energiatehokasta toteutumista. Rakennuksen talotekniikalle ja automaatiojärjestelmälle asettuu tämän takia suurempia vaatimuksia. Anturoinnin joka on liitetty rakennuksen taloteknisiin järjestelmiin, pitää olla riittävän kattava. Optimointiin tekoäly voi käyttää rakennusautomaation lisäksi eri tietolähteitä, kuten säätietoja ja -ennustetta ja energiatariffeja. Nämä tiedot parantavat tekoälyn ohjauslogiikkaa ja oppimisalgoritmeja, auttaen saavuttamaan järjestelmälle asetetut tavoitteet. (ST-käsikirja 22, 12.4.)

5 KESKUS- JA SÄHKÖSUUNNITTELU

5.1 Yleistä

Sähkösuunnitteluprojektin laajuus määrittää tarvittavien suunnittelijoiden määrän. Pienimuotoisissa projekteissa projektipäällikkö saattaa itse vastata koko sähkösuunnittelusta, mukaan lukien rakennusautomaation sähköpisteiden suunnittelusta. Sen sijaan laajemmissa hankkeissa eri sähkösuunnittelutehtävät, kuten pienjännitetasojen suunnittelu, keskussuunnittelu ja yleiskaapelointi, jaetaan usein erikoistuneiden suunnittelijoiden kesken. Suurissa projekteissa kullekin tehtävälle voi olla omistettu tiimi suunnittelijoita ja projektipäälliköitä. Jatkuvasti kasvavat osaamisvaatimukset sähkösuunnittelussa ovat johtaneet siihen, että alalle on syntynyt erikoistuneita suunnittelijoita, jotka keskittyvät tietyille sähkösuunnittelun osa-alueille. (ST-käsikirja 17, 7.3.3.4) Suunnitellessa taloteknisiä ratkaisuja tarvitaan mukaan vähintään sähkösuunnittelun ja LVI-suunnittelun osaamista.

Ohjaus- ja automaatiotoimintojen laajuus ratkaisee sen, toteutetaanko kiinteistöautomaation suunnittelu itsenäisenä projektina vai sisällytetäänkö se osana laajempaa sähkösuunnitelmaa. (SÄTE-opas, s. 78) Tässä tutkielman osiossa ei ole tarkoitus tarkastella tarkasti teknistä toteutusta, vaan antaa suuntaviivoja siitä, mitä keskussuunnittelussa tulee huomioida teknisen toteutuksen osalta, ja mitkä ovat yleisimpiä ohjaustapoja rakennusautomaatiokeskuksissa.

Yleisiä huomioon otettavia asioita

Rakennusautomaatiojärjestelmään kuuluvissa keskuksissa ja säätölaitteissa käytetään syöttöjännitteinä yleensä 230/400 voltin pienjännitettä. Syöttöjännitteen lisäksi pienjännitettä saatetaan käyttää myös alakeskusten ja sähkökeskusten välisinä ohjausjännitteinä. Rakennusautomaatiokeskukset on valmistettava tyyppihyväksytyinä ja rekisteröityjen keskusvalmistajien toimesta. Näissä keskuksissa sekä niiden johdotuksessa ja muissa asennustoimenpiteissä tulee noudattaa pienjännitesähköasennuksia ohjaavien SFS 6000 -standardien sisältöä. Vaatimustenmukaisuusvakuutusten avulla on osoitettava, että rakennusauto-

maatioprojektissa toimitetut keskuksat ja laitteet täyttävät standardien ja määräysten (kuten EMC) asettamat vaatimukset. Rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvät säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet on esitelty kortissa ST 710.00. Sähkösuunnittelun vastuurajoja on esitelty ST 711.01 -kortissa (Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat). (ST-käsikirja 17, 8)

Sähkösuunnittelun vastuut ST 711.01 mukaan

Sähkösuunnittelijan vastuut kattavat väyläliitäntäisten laitteiden suunnittelun, johon sisältyy rakennusautomaation suunnittelusta toimitettujen lähtötietojen huomioiminen sekä laitteistoille tarvittavien sähkönsyöttökaapelointien määrittely. Mikäli sähkösuunnitteluun kuuluu myös palopeltijärjestelmiä, suunnittelijan vastuualueeseen kuuluu paitsi palopeltien ja palopeltikeskusten sijaintien esittäminen suunnitelmissa, myös tarvittavan kaapeloinnin, kytkentärasioiden, keskuskomponenttien ja järjestelmän rakenteen suunnittelu. Tämä varmistaa järjestelmän toimivuuden ja turvallisuuden hätätilanteissa. (ST 711.01 -kortti)

Erilaisten LVI- ja sähköjärjestelmien ohjauspisteet, tilatiedot ja hälytykset ovat myös sähkösuunnittelun vastuulla. Näihin liittyvään suunnitteluun kuuluu rakennusautomaation pistetietojen ja tarvittavan tiedonsiirron määrittäminen järjestelmästä rakennusautomaatiojärjestelmään. Lisäksi sähkösuunnittelija laatii toimintaselostukset järjestelmien toiminnasta, suunnittelee sähkönsyötöt järjestelmille ja liittää tarvittavat kaapeloinnit suunnitelmiinsa. (ST 711.01 -kortti)

Olosuhdeseurannan osalta sähkösuunnittelija vastaa järjestelmien tarvitsemien rakennusautomaation pistetietojen määrittämisestä ja tarvittavasta tiedonsiirto-kaapeloinnista, joka mahdollistaa tilan käyttötarkoituksen mukaisen olosuhteiden seurannan ja valvonnan. Tämä seuranta on keskeinen työkalu kiinteistön ylläpidossa ja varmistaa tilaajan olosuhdetavoitteiden toteutumisen. (ST 711.01 -kortti)

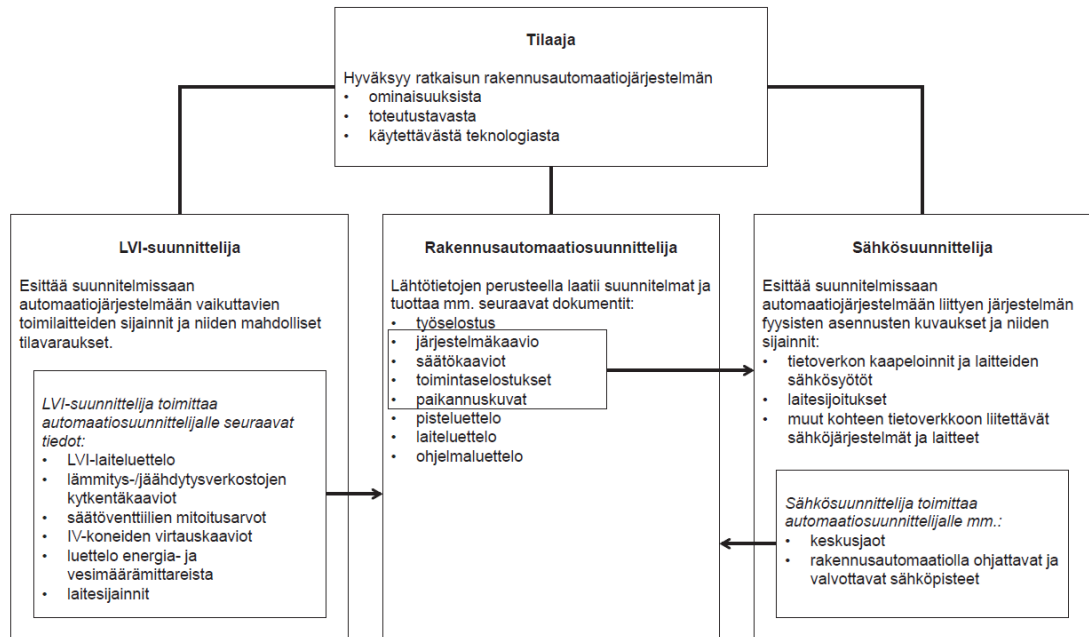
Energia- ja kulutusmittausjärjestelmät on suunniteltava määräysten ja tilaajan ohjeiden mukaisesti ja nämä mittaukset voidaan liittää erilliseen mittaustietojen keruujärjestelmään tai rakennusautomaatiojärjestelmään. Kun mittausjärjestelmän suunnittelu on RAU-suunnittelun vastuulla, sähkösuunnittelun vastuulle kuuluu mittareiden sijaintitietojen esittäminen suunnitelmissa ja mittaritietojen toimittaminen RAU-suunnittelijalle. Tämä prosessi sisältää myös päämittausten tiedot,

jotka tyypillisesti luetaan suoraan energialaitoksen palvelimille. Nämä tiedot ovat kriittisiä rakennuksen energiatehokkuuden seurannan ja hallinnan kannalta. (ST 711.01 -kortti)

5.2 Lähtötiedot

Lähtötietojen kerääminen on keskeinen osa rakennusautomaatiojärjestelmän keskussuunnittelua. Lähtötietojen selvittämiseen kuuluu niiden yksityiskohtaista kirjaamista ja tarkastamista varmistaen, että tiedot ovat tarpeeksi yksiselitteisiä ja kattavia. Tämä prosessi voi olla aikaa vievää, minkä vuoksi on suositeltavaa pyytää tarvittavat tiedot mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta suunnittelu saadaan suoritettua tehokkaasti ja virheettömästi. Rakennusautomaation suunnittelijan tulee aktiivisesti pyytää lähtötietoja sekä tilaajalta että muilta suunnittelijoilta ja vastavuoroisesti jakaa omat lähtötietonsa niin pian kuin mahdollista. Tehokas yhteistyö ja avoin viestintä kaikkien osapuolten kesken ovat tärkeitä suunnitteluprosessin sujuvuuden kannalta. Näihin tehtäviin kuuluu myös yhteisten suunnitteluohjeiden ja lähtötietojen läpikäynti muiden projektin osapuolien kanssa. (ST 17-käsikirja, 7.3.3)

Sähkösuunnittelijan vastuulla on rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvien kaapelointien, rasioiden ja laitteiden sähkösyöttöjen yksityiskohtainen suunnittelu (ks. KUVA 10). Tämä sisältää myös automaatio-suunnittelijan määritelmiin perustuvan moottoreiden ja laitteiden lukitusten, ohjausten sekä hälytysjärjestelmien suunnittelun sähkökeskuksiin. Rakennusautomaatio-suunnittelija puolestaan toimittaa tietoja tarvittavista kaapeloinneista ja sähkösyötöistä, jotka kuvataan säätökaavioissa. Näihin kuuluvat erityisesti ilmanvaihtokoneiden ja muiden prosessilaitteiden yhteydet, mukaan lukien moottoreiden ohjaukset ja keskuslukitukset. Järjestelmäkaavio esittelee lisäksi valvomon ja alakeskustason laitteistot sekä huonesäätimet, joissa ilmenevät väyläkaapeloinnit, väylän topologia ja laitteistojen vaadittavat sähkösyötöt. Sähkösuunnittelija toimittaa myös tietoja valvottavista laitteista, kuten laitehälytykset ja valo- ja sulanapito-ohjaukset, jotka dokumentoidaan taulukkoon laitteen sijainnin sekä tarvittavien I/O-pisteiden ja ohjauksien kanssa. (ST 701.32 -kortti, 6.4.2)



KUVA 10. Karkea esitys suunnittelijoiden tehtävistä ja tiedonvaihdesta RAU-suunnittelijan näkökulmasta (ST 701.32 -kortti)

5.3 Näkökulmia keskussuunnitteluun

Rakennuksen sähköverkon mitoittaminen

Huippukulutuksen tehonhallinta on olennaista mitoittaessa sähköliittymän kokoa rakennuksiin ja minimoidessa sähkönsiirron tehoperusteisia kustannuksia. Kulutusjouston avulla verkkorasitusta voi ja kannattaa hallita. (Fingrid.fi, Opas kulutusjousto) Rakennuksen sähköverkko ja liittymä tulee olla mitoitettu ennen kuin voidaan suunnitella tehonjakoa, ohjauksia ja keskuskeskseen liittyviä mitoituksia. Suuremmissa projekteissa rakennuksen sähköverkon mitoittaminen ei välttämättä kuulu keskussuunnittelusta vastaavalle sähkösuunnittelijalle, mutta pientaloprojekteissa tämä voi kuulua vastaavan sähkösuunnittelijan tehtäviin. (ST-käsikirja 17, 7.) (SÄTE-opas)

1. Laskennallinen mitoitus

Laskennallinen mitoitus käsitellään ST 13.31 dokumentissa osana rakennuksen sähköverkon suunnittelua. Tässä yhteydessä mitoitus perustuu teknisiin laskelmiin, joilla pyritään ennakoimaan rakennuksen sähköjärjestelmän maksimaalinen kuormitus. Laskelmissa huomioidaan esimerkiksi rakennuksen pinta-ala, käyttötarkoitus ja erityiset sähkölaitteet, kuten ilmanvaihtojärjestelmät ja lämmitysratkaisut. Mitoituslaskelmat tehdään yleensä standardien ja ohjeistusten, kuten SFS 6000 -sarjan standardien mukaisesti. Laskennallinen menetelmä mahdollistaa tarkan ja kohdennetun suunnittelun, joka optimoi sähköjärjestelmän koon ja tehokkuuden suhteessa todelliseen tarpeeseen. (ST 13.31 -kortti)

2. Kokemusperäinen mitoitus

Kokemusperäisessä mitoituksessa, kuten ST 13.31 dokumentissa esitetään, hyödynnetään aikaisempien samankaltaisten rakennusprojektien tietoja. Tämä menetelmä nojaa historiallisiin kuormitusmittauksiin, jotka on suoritettu vastaavanlaisissa rakennuksissa. Esimerkiksi asuinrakennusten huipputehon määrittelyssä voidaan käyttää kokemusperäisiä laskentamalleja, jotka perustuvat 1980-luvulla kerättyyn mittausdataan. Näissä malleissa käytetään suoria korrelaatioita asuinpinta-alan ja odotettavissa olevan sähkönkulutuksen välillä. Kokemusperäinen mitoitus tarjoaa käytännönläheisen ja nopean tavan arvioida tarvittava sähköteho, erityisesti silloin kun vastaavaa dataa on saatavilla ja se on relevanttia uudelle suunnittelukohteelle. (ST 13.31 -kortti)

Kolmivaiheverkon tehotasapaino

Tehotasapainon ylläpito kolmivaiheverkossa on keskeistä sähkösuunnittelussa, sillä tehokas kuormien ryhmittely perustuu kuormien mahdollisimman tasaiseen jakautumiseen eri vaiheille. Erityisesti lämpöpumppujärjestelmien ja sähköajoneuvojen latauslaitteiden käyttäytyminen kuormina vaihtelee tapauskohtaisesti. On tärkeää huomioida, että esimerkiksi lämpöpumpun kompressori voi olla kytketty yksivaiheisesti ja sähkövastuksilla varustetut lämpöpumppujärjestelmät saattavat kytkeä lisävastuksia vaiheittain päälle. Sähköajoneuvon latauslaite toimii välittäjänä kiinteistön sähköverkon ja auton välillä rajoittaen lataukselle sallitua huipputehoa. Ladattava ajoneuvo määrittää latauksen tehoprofiilin ja sen,

kuinka monella vaiheella lataus tapahtuu, minkä vuoksi kolmivaiheisen latauslaitteen vaihekohtaista käyttäytymistä ei voida ennakoida varmasti. (ST-esimerkit 12, s. 12)

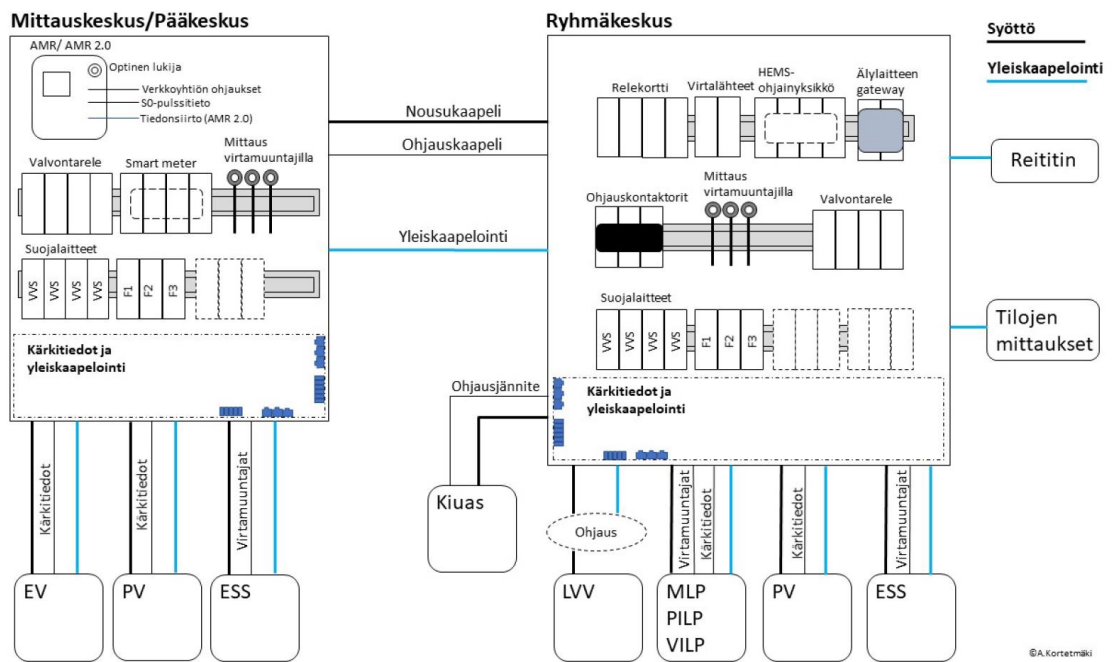
Tehon ja energian hallinta

Keskus on avainasemassa rakennuksen energianhallinnassa ja se hyödyntää älykkäitä ohjausjärjestelmiä, jotka mahdollistavat tarkan ja reaaliaikaisen energiankulutuksen hallinnan. Moderni sähkökeskus voi automatisoida kuorman ohjauksen käyttämällä älykkäitä releitä ja energianhallintajärjestelmiä ohjaamaan rakennuksen eri sähkökuormia, mikä parantaa energian käyttöä ja vähentää tarpeetonta kulutusta. Kulutusjousto on keskeinen osa tehokasta energianhallintaa ja rakennusautomaation avulla voidaan mukauttaa sähkönkulutusta sähköverkon tarpeiden mukaan, mikä vähentää verkon kuormitusta ja parantaa koko sähköjärjestelmän tehokkuutta. Keskus voi hyödyntää kysyntäjoustoja, joka sisältää kulutuksen aktiivista sopeuttamista hintasignaalien tai verkon kuormitustilanteiden mukaan, alentaen energiakustannuksia. Nykyaikaisessa keskuksessa voidaan hyödyntää monipuolisia teknologioita, kuten älykkäitä mittareita, jotka mahdollistavat tarkan energiankulutuksen mittauksen ja analysoinnin, sekä energianvarastointiratkaisuja, kuten akkujärjestelmiä, jotka auttavat tasaamaan kuormaa ja hyödyntämään ylijäämäenergiaa. Nämä innovaatiot ja teknologiat tekevät keskuksesta ratkaisevan osan rakennuksen energiatehokkuuden ja joustavuuden parantamisessa. (SÄTE-opas, luvut 5, 6 ja 7)

Ohjauksen suunnittelu ja toteutus

Keskussuunnittelussa tehdään ratkaisevia valintoja ohjauksen tasosta ja toteutusmuodosta, mikä edellyttää huolellista varautumista tilatarpeisiin, ohjaus- ja valvontalaitteiden sijoitteluun sekä tiedonsiirron järjestelyihin. Tehonhallinnan optimointi vaatii erityistä huomiota keskuksien tilavarauksiin (ks. KUVA 11), jotka tulee mitoittaa riittäviksi virtamuuntajille, ryhmä- tai laitekohtaisille ohjausreleille, mittausvarusteille ja ohjausjärjestelmien teholähteille. Lisäksi on tarpeen varmistaa riittävä tila riviliittimille ohjausjohdotuksia varten. Ohjausjohdotuksen suunnittelu kattaa tarvittavat tiedot ja ohjaukset keskeisille laitteille, kuten sähkökiukaalle, lämpöpumpuille ja sähkölämmittimille, mukaan lukien huoneanturit,

jotka mahdollistavat tarkan olosuhdevalvonnan. Keskeisten ohjauspalveluiden varaukset, kuten ohjaus- ja näyttöpaneelien sijoittelu, tulee suunnitella keskuksen tai tekniseen tilaan. Näin toimitaan siksi, jotta ohjauslaitteiden, kuten releiden, integrointi on sujuvaa, joko keskuksessa tai erillisessä ohjauskeskuksessa. Tehonhallinnan tehokas ohjaus edellyttää näin ollen laaja-alaista suunnittelua ja varautumista, joka ulottuu keskusten välisen johdotuksen varauksiin sekä monipuolisen olosuhdevalvonnan mahdollistaviin johdotusantureille huonetiloissa. (SÄTE-opas, Ohjausten suunnittelu ja toteutus)



KUVA 11. Ohjauskaapelointien esimerkki (SÄTE-opas, Kortetmäki, 2018)

6 POHDINTA

Opinnäytetyön lähtökohtana oli tarkastella ja käydä läpi kirjallisten lähteiden kautta rakennusautomaatiojärjestelmien keskussuunnitteluun vaikuttavia asioita rajattuna sähkösuunnittelun näkökulmasta. Erityisesti käynnissä olevan energiamurros ja tulevaisuuden muutokset sähköhinnoittelussa tekevät aiheesta ajankohtaisen. Analyysi perustuu kirjallisuusselvitykseen, johon kuuluivat keskeisimpinä lähteinä muun muassa lainsäädäntö, standardit ja sähköalan ammattikirjallisuus.

Tarkastelun tulokset osoittavat, että ympäristöön ja energiatehokkuuteen liittyvät tavoitteet yhdessä taloudellisten kannustimien kanssa vaikuttavat keskeisesti rakennusautomaatiokeskuksen suunnitteluun nyt ja tulevaisuudessa. Ala on kovassa murroksessa ja uusia ratkaisuja syntyy sekä komponenteissa että laitteistoissa, mikä johtaa yhä parempiin sähkön kulutuksenjouston ohjausratkaisuihin.

Opinnäytetyö tarjoaa makrotason katsauksen rakennusautomaatiojärjestelmien keskussuunnitteluun. Siinä ei syvennytä yksityiskohtaisiin tai käytännönläheisiin toteutuksiin. Tämä jättää aiheeseen liittyen paljon mahdollisia jatkotutkimusmahdollisuuksia yksityiskohtaisempaan tarkasteluun. Yhtenä potentiaalisena jatkotutkimusmahdollisuutena voitaisiin pitää erityisesti sitä, että jokainen tässä opinnäytetyössä käsitelty viitekehys tutkittaisiin tarkemmin erillisenä opinnäytetyönä. Erityisesti tehon hallinnan ja ohjauksien käytännön toteuttamiseen perehtyminen eri tavoin voisi olla hyödyllistä.

Lisäksi keskussuunnitteluun liittyvän tutkimuksen jatkokehitysmahdollisuudet voisivat kohdistua tuotekehitykseen. Tämä tutkimussuunta voisi sisältää esimerkiksi komponenttien sijoittelun optimoinnin tarkastelua mahdollisimman asennus- ja huoltoystävälliseksi, tai se voisi käsitellä tuotanto- ja käyttöönottoprosessien sujuvoittamisen kehitystä. Nämä tarkastelut voisivat johtaa kustannustehokkaampiin ratkaisuihin. Myös jatkuvasti kehittyviin energianvarastointijärjestelmiin ja niiden liittämiseen osaksi rakennusautomaatiojärjestelmää olisi ajankohtainen jatkotutkimusmahdollisuus.

LÄHTEET

Sähköturvallisuuslaki (1135/2016). Viitattu 1.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Sähkömarkkinalaki (588/2013). Viitattu 5.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista (1434/2016). Viitattu 6.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161434>

Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016). Viitattu 6.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161435>

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (1436/2016). Viitattu 6.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161436>

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta (1437/2016). Viitattu 6.4.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161437>

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (767/2021). Viitattu 17.4.2024. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210767>

TEM, 2018. Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM_33_2018.pdf

Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset. 18.8.2017. LUT & TTY. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/143710/Tariffirakennetutkimus_LUT_TUT_raportti_final.pdf

SK 13-1:2022. Suositus sähköenergiamittareiden paikallista asiakasrajapintaa varten. 22.12.2021. https://sesko.fi/wp-content/uploads/2022/12/Suositus-SK-13-1_H1-asiakasrajapinta_suomenkielinen_2022-12-13.pdf

Pienjänniteliittyvien tekninen ohje. Elenia. 2024. <https://www.elenia.fi/files/e641824a7e02c4ca20abbd950bb62ce601cf1542/elenia-pienjanniteliittymat-ohje-2024.pdf>

Fingrid.fi. Kulutuksen ja tuotannon tasapainon ylläpito. Verkkosivu. Viitattu 21.4.2024. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/kulutuksen-ja-tuotannon-tasapainon-yllapito/>

Fingrid.fi. Varttitaseen käyttöönotto 22.5.2023. Verkkosivu. Viitattu 24.4.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/varttitase/varttitaseen-kayttoonotto-suomessa-22.5.2023--paivitetty-17.3.2023.pdf>

SESKO.fi. Standardointi, Sähköasennukset. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2024. <https://sesko.fi/standardointi/sahkoasennukset>

Tukes.fi. Standardien asema vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa. Verkkosivu. Viitattu 12.4.2024. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa>

Tukes.fi. Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit: Luettelo S10-2023. Verkkosivu. Julkaistu 3.1.2023. Viitattu 12.4.2024. <https://tukes.fi/teollisuus/standardit>

SFS.fi. Sähkö ja elektroniikka. Verkkosivu. Viitattu 12.4.2024. <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/sahko-ja-elektroniikka/>

AIDON. RJ12 HAN-rajapinta - Toiminnallinen kuvaus. Public Version 1.9 A. Viitattu 17.4.2024.

Schneider. Universal Inputs/Outputs. Verkkosivu. Viitattu 26.4.2024. <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=11838&locale=en-US&productversion=2.0>

ST-Käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät. 6., uudistettu painos. Espoo 2018. ISBN 978-952-231-285-3. Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 21: Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. Sähkötieto ry. 3., uud. painos. ISBN 978-952-231-366-9. Espoo 2022. Sähkötieto ry.

ST-käsikirja 22: Rakennusten automaation valvomot. 2., uudistettu painos. Espoo 2023. ISBN 978-952-231-379-9. Sähkötieto ry.

ST-esimerkit 12: Keinoja sähkötehojuippujen hallintaan asuinkiinteistöissä. ESPOO 2021. ISBN 978-952-231-318-8. Sähkötieto ry.

ST-esimerkit 13: Näkökulmia kulutusjoustopäätösten toteuttamiseen. ESPOO 2021. ISBN 978-952-231-363-8. Sähkötieto ry.

Ohjelmoitavat logiikat. Teknillinen Korkeakoulu. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2024. https://heikkilaakso.com/opetus/op/H_1_Ohjelmoitavat_logiikat.pdf

SÄTE-opas. Opas pientalojen suunnitteluun: Sähkötehojen hallinta osana rakennuksen energiatehokkuutta. 2019. Tampereen yliopisto/Tampereen ammattikorkeakoulu. https://projects.tuni.fi/uploads/2019/09/4998bf21-sahko-teho_opas_20190910_lopullinen.pdf

ST 00.05 -kortti. Voimassa olevat ST-julkaisut. Laadittu. 03.04.2024. Sähkötieto ry.

ST 13.31 -kortti. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Laadittu 17.11.2021. Sähkötieto ry.

ST 55.51 -kortti. Sähkön kulutusjousto rakennuksissa. Laadittu 21.02.2024. Sähkötieto ry.

ST 710.00 -kortti. Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset ja ohjeet. Laadittu 02.11.2020. Sähkötieto ry.

ST 98.61 -kortti: Rakennusautomaatiojärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto.
Laadittu 05.10.2023. Sähkötieto ry.

ST 701.32 -kortti. Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Laadittu
18.08.2022. Sähkötieto ry.

ST 711.01 -kortti Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat.
Laadittu 12.03.2024. Sähkötieto ry.