

Ville Uimonen

# Rakennusautomaatiojärjestelmän ja kiinteistöhuollon arviointityökalu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

17.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Uimonen Rakennusautomaatiojärjestelmän ja kiinteistöhuollon arviointityökalu 43 sivua + 1 liite 17.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	palvelupäällikkö Joni Salo lehtori Jarmo Tapio
<p>Insinööriyössä kehitettiin arviointityökalu rakennusautomaatiojärjestelmien ja kiinteistöhuollon toiminnan vertailun mahdollistamiseksi eri järjestelmien välillä. Arviointityökalu kehitettiin rakennusautomaatiojärjestelmän eri osa-alueiden arvioinnin pohjalta.</p> <p>Työssä käsiteltiin rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymän toimivuutta, järjestelmän osien välisten yhteyksien toimintaa, järjestelmän tietoturvaa, hälytysten käsittelyä, sekä taloteknisten järjestelmien asetustenmukaista toimintaa. Taloteknisistä järjestelmistä arviointiin ilmanvaihdon, lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja huonesäätimien toimintaa.</p> <p>Insinööriyössä tarkasteltiin kymmentä erilaista kiinteistöä, joiden arviointi suoritettiin etäyhteydellä valvomosta saatuihin tietoihin perustuen. Arvioinnin perusteella järjestelmän toiminta kuudessa kohteessa on riittävän hyvä, kahdessa tyydyttävä ja kahdessa heikko.</p> <p>Arviointityökalun tulosten perusteella järjestelmät, joissa on ongelmia erottuivat selkeästi ja tyydyttävästikin toimiviin taloteknisiin järjestelmiin voitaisiin kohdentaa optimointitoimenpiteitä.</p> <p>Insinööriyötä voidaan käyttää tietolähteenä rakennusautomaatio- ja taloteknisten järjestelmien toiminnan arvioinnin perusteena. Työssä on käsitelty järjestelmien arviointi Suomen rakentamismääräyskokoelman osien D1, D2 ja D3, kaukolämpöjulkaisun K1 ja sisäilmasto- luokitusten S1, S2 ja S3 perusteella.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, kiinteistöttehokkuus, kunnossapito

Author Title	Ville Uimonen Tool for Evaluation of Building Automation and Maintenance
Number of Pages Date	43 pages + 1 appendix 17 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Joni Salo, Service Team Manager Jarmo Tapio, Lecturer
<p>The purpose of the final year project was to develop a tool to evaluate building automation systems and enable comparison between the systems. The secondary goal of the final year project was to examine ten building automation systems as an example and grade them according to performance.</p> <p>The development of the evaluation tool was based on examining building automation sub-systems and studying if their performance fulfilled the rules and regulations of the Finnish Building Code.</p> <p>The examination of the ten systems provided consistent results with the evaluation tool, subsystems that performed poorly graded much lower than well performing subsystems. The grading of the systems resulted in recommendation to take action to optimize systems further. In the future, the Excel file created in the project allows engineers to evaluate building automation systems under uniform guidelines, and produces consistent results that are comparable.</p>	
Keywords	building automation, property maintenance

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatio	1
2.1	Rakennusautomaation historia	1
2.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	2
2.2.1	Hallintotaso	3
2.2.2	Automaatiotaso	4
2.2.3	Kenttätaso	5
2.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän elinkaari	5
2.4	Rakennusautomaatiojärjestelmän yhteydet	6
2.5	Rakennusautomaation tietoturva	7
2.5.1	Tietoturvan osa-alueet	7
2.5.2	Tietoturvan toteutuminen	7
2.6	Rakennusautomaation hyöty	8
3	Kiinteistöhuolto rakennusautomaatiolla	8
3.1	Kiinteistöhuollon tehtävät	8
3.2	Sisäilman laadunvarmistus	9
3.3	Järjestelmien ylläpito	10
3.3.1	Hälytysten käsittely	11
3.3.2	Trendiseuranta ja säätö	12
3.3.3	Lämmitys ja käyttövesi	13
3.3.4	Ilmanvaihto	14
4	Arviointityökalu	15
4.1	Perusteet ja rakenne	15
4.2	Työsivut	16
4.2.1	Etusivu ja tulostustaso	17
4.2.2	Yleiset	18
4.2.3	Grafiikkakuvat	19
4.2.4	Yhteydet ja tietoturva	20
4.2.5	Hälytystiedot	21
4.2.6	Ilmanvaihto	23
4.2.7	Lämmitys	24

4.2.8	Huonesäätimet	25
5	Kohteiden tarkastelu	26
5.1	Tarkasteltavat kohteet	26
5.2	Rakennusautomaatiojärjestelmien tarkasteluesimerkkejä	27
5.2.1	Grafiikkakuvat ja navigointi	27
5.2.2	Yhteydet ja tietoturva	29
5.2.3	Ilmanvaihto	31
5.2.4	Lämmitys ja käyttövesi	33
5.2.5	Huonesäätimet	35
5.2.6	Hälytykset	36
6	Tulokset	37
7	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Kohteiden tarkastelun tulokset	

## Lyhenteet

CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi.
DDC	Digital Direct Control, digitaalinen suorasäätö.
I/O	Input ja Output tulo- ja lähtöliitännät.
LTO	Lämmön talteenotto. Virtaavasta aineesta lämpöenergiaa talteen ottava järjestelmä.
LVI	lämpö, vesi, ilma.
ppm	parts per million, miljonasosa, mittausarvo hiilidioksidille ja muille pitoisuuksille ilmassa.
RAU	Rakennusautomaatio
VAK	Valvonta-alakeskus

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tilaaja on Siemens Osakeyhtiö, jolla on Suomen lisäksi liiketoimintaa Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Vuonna 1898 perustettu Siemens Osakeyhtiö on noin 190 maassa toimivan Siemens AG:n täysin omistama tytäryhtiö. Siemensin pitkäaikaiset kasvatilat ovat sähköistys, automaatio ja digitalisaatio. (1)

Opinnäytetyön aihe kehittyi Siemens Osakeyhtiön tarpeesta luokitella rakennusautomaatiojärjestelmien ja järjestelmien toiminnat järjestykseen, jotta resurssit ja parannusehdotukset voidaan kohdistaa niihin järjestelmiin, joissa on suurin tarve parannuksille ja korjauksille.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kehittää Excel-pohjainen arviointityökalu rakennusautomaatiojärjestelmien ja kiinteistöhuollon toiminnan arviointiin. Arviointityökalun avulla on tarkoitus selvittää Siemens Osakeyhtiön talotekniikkaosaston rakennusautomaatiojärjestelmiin ylläpitämien etäyhteyksien avulla järjestelmien toiminnan tila ja se kuinka tehokkaasti kiinteistöhuolto toimii järjestelmän kanssa. Arvioinnin perusteella järjestelmien heikkouksia voidaan ottaa tarkempaan tarkasteluun ja korjaustarveselvitykseen.

Arvioinnin perusteella rakennusautomaatiojärjestelmiin ja niiden hyödyntämiseen voidaan esittää parannusehdotuksia ja kehittämistoimenpiteitä. Työssä tarkastellaan esimerkkeinä 10 kohteen rakennusautomaatiojärjestelmiä, joihin Siemens Osakeyhtiöllä ei ole palvelu- tai huoltosopimusta mutta joihin on etäyhteys.

## 2 Rakennusautomaatio

### 2.1 Rakennusautomaation historia

Rakennusautomaation historia on alkuvaiheissaan ollut säätötekniikan historiaa. 1900-luvun alussa säädettiin manuaalisesti paikallisten laitteiden avulla virtausta, lämpötilaa ja painetta. Manuaalinen säätö vaihtui asteittain lämpötilan, pinnankorkeuden ja virtauksen automaattiseen säätöön ensimmäisen maailmansodan jälkeen. (2, s. 23.)

Todellinen kehitys rakennusautomaatiossa alkoi 1950- ja 1960-luvuilla ilmanvaihtotekniikan koneellistumisen myötä, jolloin ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden luotettavalle säädölle ja valvonnalle oli tarvetta. Näihin aikoihin markkinoille tulivat transistoritekniikkaan perustuvat sähköiset säätimet, jolla voitiin toteuttaa useampiportaiset säätövaatimukset. (2, s. 23.)

Pneumaattiset eli paineilmakäyttöiset järjestelmät kehittyivät alun perin teollisuuden tarpeisiin, 1970-luvulla pneumaattisten järjestelmien käyttö laajeni toimistokiinteistöjen huonekohtaisiin säätöihin. Kiinteistöautomaation toiminnasta ei kuitenkaan saatu riittävästi tietoa, jolla olisi voitu toteuttaa energiaa säästäviä toimenpiteitä. Ensimmäiset keskitetyt talovalvontajärjestelmät kehitettiin vuosikymmenen lopulla. Talovalvontajärjestelmässä useita taloja liitettiin samaan valvomoon, järjestelmä toimi analogiatekniikalla, joten jokainen hälytys-, mittaus-, indikointi- ja käynnistystieto vaati oman kaapeliparinsa lähtöpisteestä valvontakeskukseen. Valvonta-alakeskukset asennettiin ruuhkaisimpiin paikkoihin, jotka olivat sähkö-, ilmastointi ja lämmönjakuhuoneet. (2, s. 24.)

Puolijohdetekniikan siirtyessä digitaalisten signaalien käyttöön alkoi kehitys kohti nykymuotoista rakennusautomaatiota. Digitaalinen tiedonsiirto ja ohjelmointi mahdollistivat kehityksen järjestelmään, joka koostuu valvomotasosta, alakeskustasosta ja kenttälaite-tasosta. Internetin yleistyminen 2000-luvulle siirryttäessä sai alulle etävalvonnan kehityksen rakennusautomaatiossa. (2, s. 25.)

## 2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne voidaan yleisesti jakaa kolmeen päatasoon, joita ovat

- valvomo- tai hallintataso
- alakeskus- tai automaatiotaso
- kenttätaso. (2, s. 93)

Valvomotasoon kuuluvat paikalliset ja etävalvomot. Alakeskustasoon sisältyvät kaikki alakeskukset I/O-moduuleineen ja kenttätasossa ovat säätimet, anturit ja toimilaitteet. (Kuva 1) (2, s. 93.)





Kuva 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne (3, s. 10).

### 2.2.1 Hallintotaso

Hallintotasoon kuuluu yksi tai useampi valvomotietokone paikallistasolla tai etävalvossa, johon on keskitetty usean kiinteistön valvonta. Valvomosta käyttäjä näkee järjestelmän aktiiviset hälytykset, hälytyshistorian, järjestelmän antamat ilmoitukset ja käyttäjien tekemät muutokset. Grafiikkakuvia selaamalla voidaan valvomosta tehdä muutoksia taloteknisiin prosesseihin, kuten ilmanvaihtokoneiden asetusarvojen ja aikaohjelmien muutokset, lämmitysjärjestelmien säätökäyrien muutokset, valaistuksen ohjausten muutokset ja huonesäätimien asetusarvojen muutokset. (2, s. 93; 4.)

Valvomosta voidaan seurata prosessisuureiden kehitystä trendiseurannalla ja aikaisempaa kehitystä arkistoiduista trendeistä. Valvomosta on mahdollisuus tulostaa erilaisia raportteja järjestelmän toimintaan liittyen. Järjestelmän ohjelmoinnista ja kiinteistön tarpeista riippuen valvomosta on mahdollista käyttää erilaisia valvontaohjelmistoja, osa ohjelmistoista saattaa vaatia erillisen lisenssin toimiakseen ja järjestelmissä on yleensä vain osa kaikista ohjelmistoista. (2, s. 93; 4.) Taulukossa 1 on kuvattu ohjelmistoja, joita valvontajärjestelmään on mahdollista liittää.

Taulukko 1. Valvontajärjestelmien ohjelmistoa (5, s. 2).

Ohjelman nimi	Toiminta
Aikaohjaus	Laitteiden ja valaistuksen ohjaus päälle ja pois kellonajan ja kalenterin mukaan
Entalpiian optimointi	Vertaa ulkoilman ja sisäilman entalpiaa toisiinsa ja säästää sen perusteella raitisilman sisäänottoa
Huipputehonvalvonta ja rajoitus	Tasaa sähkön huipputehoa ohjaamalla osan tehoa kuluttavista laitteista pois päältä tai osateholle ennalta laaditussa järjestyksessä
Kulutuksen valvonta	Seuraa sähkön, lämmön ja veden kulutusta ja raportoi tiedot, vertailee aiemmin kerättyyn tietoon ja tavoitearvoihin, tulostaa poikkeamat
Käyttötilan ja hälytyksen valvonta	Valvoo laitteiden käyttötilaa sekä hälytysliitännöiden tilaa. Tieto poikkeavasta toiminnasta antaa hälytyksen järjestelmään
Käyttötunti laskentaa	Ohjattavan tai valvottavan laitteen käynti- tai käyttöajan mittaus
Lämmityksen optimointi	Vähentää lämmitysenergian kulutusta alentamalla sisälämpötilaa, kun rakennus ei ole käytössä. Sisälämpötila pyritään palauttamaan normaaliarvoon käyttöajan alkaessa huolimatta ulkoisten olosuhteiden vaihtelusta
Mittaustietojen keruu ja raja-arvojen valvonta	Kerää ja muokkaa analogiamittaustiedot jatkokäsittelyä varten, valvoo mittausten ylä- ja alarajoja
Raportointi	Tulostaa käyttötilat, mittausarvot, hälytykset, käyntiajat, kulutukset ym. Tarpeelliset tiedot raporteina kirjoittimelle, näyttöpäätteelle tai muulle tulostuslaitteelle
Varavoiman syötön kytkentä	Sähkökatkon tapahduttua ohjaa varavoiman käyttöä esim. Aikuista ja dieselgeneraattoreista tehontarpeiltaan priorisoiduille laitteille
Sähkökatkon jälkeinen kytkentä	Kytkee sähköt laitteisiin ennalta asetetussa järjestyksessä ja päällekytkennän hidastuksella.
Säätö	Säätää lämmitystehoa, ilmastointilaitteiden toimintaa tai käyttöveden lämpötilaa tavallisimman asetusarvo- tai suorana digitaalisena (DDC-) säätönä
Trendiseuranta	Yhden tai useamman mittausarvon tallennus, seuranta ja tulosaseteltavien aikavälein, tulostuslaitteena grafiikkanäyttö tai piirturi

### 2.2.2 Automaatiotaso

Automaatiotaso koostuu itsenäisesti toimivista valvonta-alakeskuksista (VAK) ja niihin liitetyistä I/O-moduuleista. Alakeskukseen ohjelmoidaan ohjelmat, jotka I/O-pisteiden välityksellä ohjaavat prosesseja, kuten ilmanvaihtokoneita, lämmönvaihtimia, huonesäätimiä, valaistusta ja erillispisteitä. Alakeskuksissa on rajoitettu määrä muistia, joten uusin

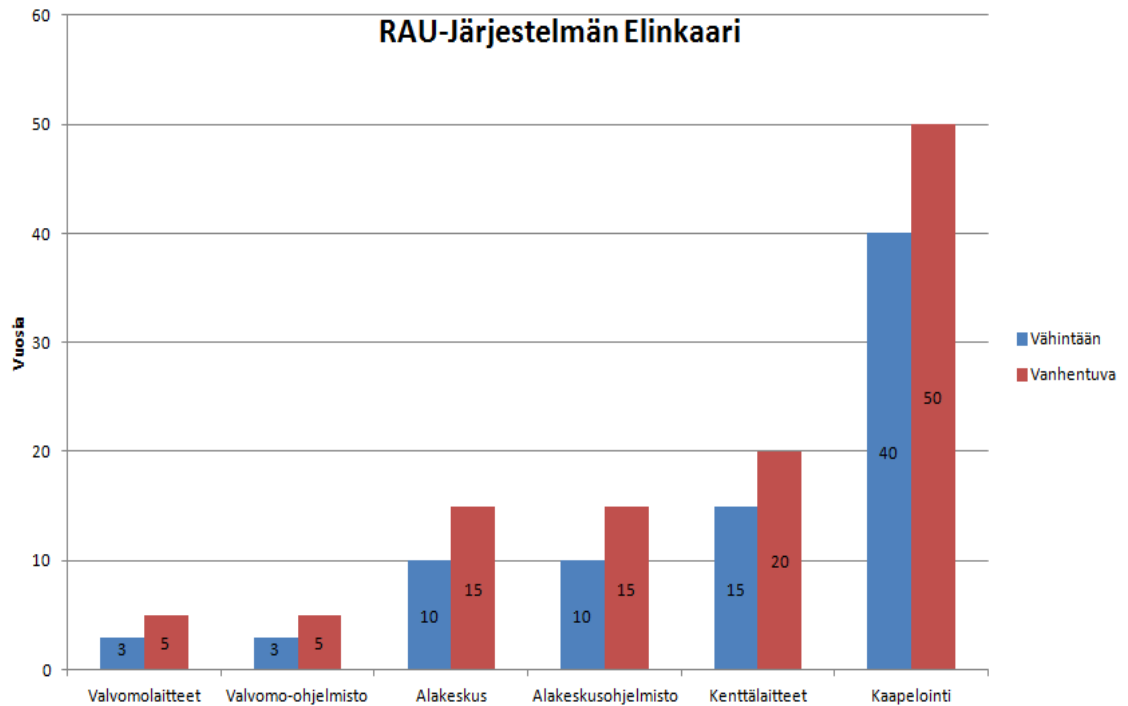
tieto kirjoitetaan vanhimman tiedon päälle, tämä rajoittaa ajanjaksoa jolta alakeskukseen arkistoituja tietoja voidaan saada. Alakeskusten omissa kelloissa esiintyy ajoittain poikkeamia; jos poikkeama kasvaa tarpeeksi suureksi, alakeskus synkronoi kellonsa valvomun kanssa oikeaan aikaan. (2, s. 94; 4.)

### 2.2.3 Kenttätaso

Kenttätasoon kuuluvat säätimet, anturit ja toimilaitteet, jotka alakeskuksen ohjelmien mukaisesti säätävät prosesseja. Anturit lähettävät alakeskukselle tietoa prosessien tilasta ja olosuhteista, minkä perusteella alakeskus vertaa tietoja asetusarvoihin ja ohjaa toimilaitetta, että mitattu arvo saavuttaa asetusarvon. Itsenäisesti toimivat huonesäätimet ja integroidut säätimet esimerkiksi ilmanvaihtokoneessa kuuluvat myös kenttätasolle. (2, s. 95.)

## 2.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän elinkaari

Rakennusautomaatiojärjestelmän elinkaari on tyypillisesti kenttälaitteiden elinkaarta vastaava noin 15–20 vuotta. Valvomojärjestelmän elinkaaren ollessa muita huomattavasti lyhempi, tyypillisesti noin 3–5 vuotta, valvomolaitteet vaativat päivitystä tiheimmin järjestelmän hyvän toimivuuden säilyttämiseksi. (7, s. 3.) Kuvan 2 kaaviossa on esitetty tyypilliset järjestelmän osien elinkaaret.



Kuva 2. Rakennusautomaatiojärjestelmän osien tyypilliset elinkaaret (7, s. 3).

## 2.4 Rakennusautomaatiojärjestelmän yhteydet

Rakennusautomaatiojärjestelmä valvoo hallinto-, automaatio- ja kenttätason välisiä yhteyksiä sekä järjestelmän tietokantojen ja ohjelmistojen toimintaa. Valvottavissa toiminnoissa esiintyvistä virheestä tai poikkiolevasta yhteydestä järjestelmän tulisi ilmoittaa käyttäjälle virheen laatu ja esiintymisajankohta. (4; 10, s. 51.)

Järjestelmän tyypillisesti valvomia toimintoja ovat

- hälytysreititys
- hälytystietokanta
- lokitietokanta
- trenditietokanta
- järjestelmän muisti
- levytilan valvonta
- ajan synkronoinnin valvonta
- sovellusvalvonta. (4)

## 2.5 Rakennusautomaation tietoturva

### 2.5.1 Tietoturvan osa-alueet

Tietoturva voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen (9, s. 2):

- luottamuksellisuuteen
- tiedon eheyteen
- saatavuuteen.

Luottamuksellisuuden mukaan tieto on saatavilla vain niille, joille se on ennalta määritetty. Luottamuksellisuus menetetään, jos kuka tahansa pääsee tarkastelemaan järjestelmän ei-julkisia tietoja. (9, s. 2.)

Tiedon eheys on tietojen tallentumisen säilymistä määritellyillä tavoilla. Rakennusautomaatiojärjestelmässä tiedon eheyden varmistamisella on tarkoitus suojata manipuloinnilta, esimerkiksi anturitietojen manipuloinnilla järjestelmien toiminta saattaa häiriintyä tai muuttua ympäristölle ja ihmisille vaaralliseksi. Tiedon eheys voi vaarantua tahattomasti jonkin järjestelmän osan tallennusvälineen viallisesta toiminnasta johtuen, esimerkiksi virheellinen säätö viallisen mittauksen perusteella. (9, s. 2.)

Tiedon saatavuuden merkitys rakennusautomaatiojärjestelmissä on järjestelmien toiminnan kannalta erityisen tärkeää. Tieto järjestelmän toiminnasta on oltava saatavilla oikeaan aikaan niille henkilöille, joille se on tarkoitettu. Saatavuus vaarantuu, jos rakennusautomaatiojärjestelmän laitteiden välinen kommunikointi ei toimi tai tieto ei siirry järjestelmän sisällä. Tietojen saatavuus menetetään, jos pääsy järjestelmään menetetään valvomopäätteeltä ja etäyhteydeltä. (9, s. 2.)

### 2.5.2 Tietoturvan toteutuminen

Tiedon saatavuuden ja luottamuksellisuuden toteutumista hoidetaan käyttöoikeuksien ja käyttäjien ryhmyksellä. Järjestelmän pääkäyttäjä hallinnoi ja päivittää käyttöoikeuksia antaen eri tahoille tarpeenmukaiset oikeudet järjestelmän tarkasteluun. Henkilökohtaisten tunnusten avulla järjestelmään tehdyt muutokset voidaan jäljittää käyttäjälokin perusteella käyttäjäkohtaisesti. Salasanojen ja käyttäjätunnusten ei tulisi olla helposti arvattavissa, ja salasanoja olisi hyvä päivittää säännöllisesti. (9, s. 16; 4.)

## 2.6 Rakennusautomaation hyöty

Rakennusautomaation hyötynä on oikein käytettynä rakennusten energiataloudellisuuden ja hyvien sisäolosuhteiden ylläpito. Oikein toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä mahdollistaa taloteknisten järjestelmien turvallisen ja mahdollisimman energiatehokkaan toiminnan. Rakennusten hyvään energiatalouteen voidaan vaikuttaa järjestelmien säännöllisillä tarkastuksilla ja huoltotoimenpiteillä. (8, s. 1.)

## 3 Kiinteistöhuolto rakennusautomaatiolla

### 3.1 Kiinteistöhuollon tehtävät

Kiinteistöhuollon tyypillisiin tehtäviin kuuluvat määräaikaishuoltojen suorittaminen laitteille ja järjestelmille valmistajien ilmoittamin määrävälein, rakennusautomaatiojärjestelmän silmämääräinen tarkastelu, hälytyksiin reagointi ja hälytyslokin läpikäynti, hyvien sisäolosuhteiden varmistaminen, järjestelmien huolto- ja korjaustoimenpiteet ja rakennuksen energiatehokkuuden seuranta. (8, s. 10.)

Tehtävät voidaan määritellä suoritettavaksi esimerkiksi seuraavien aikavälien mukaisesti:

- päivittäin
- viikoittain
- kuukausittain
- neljännesvuosittain
- puolivuositain
- vuosittain (8, s. 10).

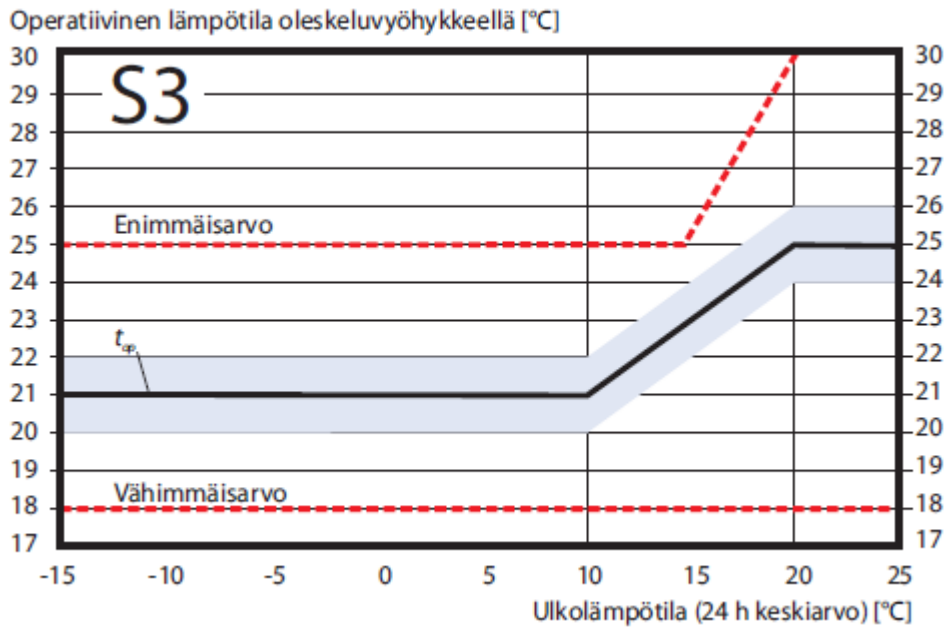
Päivittäin käydään läpi hälytysloki ja suoritetaan vaaditut toimenpiteet, sekä selailaan prosessikaavioita mahdollisten poikkeavuuksien havaitsemiseksi. Viikoittain tarkastellaan hälytyslokin eniten hälyttäviä pistettä, sisäolosuhteiden toteutumista kenttälaitteiden ja järjestelmien toimintaa sekä suoritetaan korjaavat toimenpiteet. Kuukausittain tarkastetaan ja kirjataan muistiin rakennuksen energiankulutus sähkön ja lämmön osalta sekä vedenkulutus. Kuukausittaisia kulutuksia vertaillaan keskenään poikkeavuuksien havait-

semiseksi, suuret erot voivat johtua järjestelmien toiminnan häiriintymisestä. Neljännesvuosittain kokeillaan kiireellisten hälytysten toimivuus, tarkistetaan keskeiset mittaukset ja hälytysten lähetys eteenpäin sekä verrataan energiamittareiden lukemia valvomon näytössä oleviin lukemiin. Puolivuosittain tarkastetaan säätöpiirien ja toimilaitteiden toiminta ja tarvittaessa viritetään järjestelmiä uudestaan. Lämmityslaitteiden tarkastukset suoritetaan syksyllä ja jäähdytyslaitteiden tarkastukset keväällä. Vuosittain verrataan energian ja vedenkulutuksia edellisvuosiin ja tavoitetasoihin sekä raportoidaan sisäolosuhteista. (8, s. 10.)

### 3.2 Sisäilman laadunvarmistus

Sisäilmaston olosuhteiden on täytettävä rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset ilmanlaadun, lämpöolojen, valaistuksen ja ääniolosuhteiden osalta. Sisäilmastoluokka S3 on muodostettu täyttämään maankäyttö- ja rakennuslain, sekä terveydensuojelulain vähimmäisvaatimukset, joten jokaisen rakennuksen tulisi pysyä vähintään luokan S3 tavoitearvoissa. (11, s. 4.)

Sisäilmastoluokan S3 ja rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan suurin sallittu hiilidioksidipitoisuus sisäilmassa huonetilan käyttöaikana on enintään 1 200 ppm. Lämpöolosuhteita tarkasteltaessa käytetään operatiivista lämpötilaa, joka ottaa ilman lämpötilan lisäksi huomioon tilan pinnoista tulevan säteilylämmön ja ilman liikkeen. Tilojen operatiivisen lämpötilan tavoitearvo oleskeluvyöhykkeellä tulisi olla +20 °C:n ja +22 °C:n välillä, kun ulkoilman 24 tunnin lämpötilakeskiarvo ei ylitä +10 °C:ta. Ilmannonpeuden ei huonetiloissa tulisi ylittää 0,2 m/s. (11, s. 6.) Kuvan 3 kuvaajassa on esitetty vähimmäistavoitteet tilojen lämpötilaolosuhteille.



Kuva 3. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta. (11, s. 6.)

Tilojen sisäilmaolosuhteiden tarkastelu tehdään lämpöolosuhteiden osalta huonesäätimien ja huonelämpötila-antureiden tietoja seuraamalla, myös poistoilman lämpötilasta saadaan tietoa sisäilman lämpötilasta. Hiilidioksidipitoisuutta seurataan tarkastelemalla huonetiloissa tai ilmanvaihtokanavassa sijaitsevien CO<sub>2</sub>-antureiden tietoja. Sisäilmastoluokan S3 suurin sallittu määrä hiilidioksidipitoisuudelle on 1 200 ppm, sisäilmastoluokan S2 mukaan enintään 900 ppm ja sisäilmastoluokan S1 mukaan korkeintaan 700 ppm. Sisäilmaston olosuhde ihmiselle paranee hiilidioksidipitoisuuden laskiessa kohti luonnollista tasoa, joka tällä hetkellä on sijainnista riippuen 300–400 ppm välillä. (8, s. 10, 20.)

### 3.3 Järjestelmien ylläpito

Järjestelmien ylläpidon lähtökohtana on varmistaa niiden toiminta suunnitellusti, energiatehokkaasti ja turvallisesti. Rakennusautomaatiolla lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, valaistus- ja turvajärjestelmien tarkastelu tapahtuu valvomo-ohjelmistojen avulla. Taloteknisten järjestelmien tarkastelussa yleisimmät menetelmät ovat hälytystarkastelu, trendiseuranta ja järjestelmäkuvien selailu.



### 3.3.1 Hälytysten käsittely

Järjestelmien ylläpidon keskeisin tehtävä on hälytysten käsittely ja korjaustoimenpiteiden toteuttaminen ajoissa. Talotekniset järjestelmät tulisi pitää sellaisessa kunnossa, että turhia hälytyksiä ei esiinny. Hoitamattomat hälytykset saattavat aiheuttaa taloudellista vahinkoa lisääntyneenä kulutuksena ja vaaratilanteita järjestelmien vikatilanteissa. (8, s. 3.)

Hälytykset jaetaan tyypillisesti kolmeen tai neljään eri kiireellisyysluokkaan ja kiireellisimmät hälytykset tulee välittää huollolle ja ylläpidolle viiveettä. Kiireelliset hälytykset ovat henkeä ja terveyttä uhkaavat vaaratilanteet ja merkittävää taloudellista vahinkoa aiheuttavat. Keskiluokan hälytykset ovat tyypillisesti laitevikoihin liittyviä hälytyksiä. Kiireettömimmät hälytykset ovat huoltohälytyksiä, joihin voidaan reagoida normaalin työajan puitteissa, tyypillinen esimerkki kiireettömästä huoltohälytyksestä on suodattimen likaantuminen. Hälytyksiin reagointiajoista ei ole tarkkaan määriteltyä yleispätevää aikarajaa, mutta säätökaavioissa tyypillisesti esiintyviä aikarajoja voidaan pitää riittävän hyvänä. Reagoinnilla tarkoitetaan hälytyksen aiheuttavan vian korjaamista ja hälytyksen kuitausta. (8, s. 3; 10, s. 51; 12.) Taulukossa 2 on esitetty tyypilliset hälytysluokat ja reagointiajat.

Taulukko 2. Hälytysluokat ja reagointiajat (12.)

Hälytysluokka	Kuvaus	Reagointiaika	Esimerkkutilanne
Luokka 1 tai A	Vaara	0–1 tuntia	Palo- tai pumppaamohälytys
Luokka 2 tai B	Vika	0–24 tuntia	Jäätymissuojan hälytys
Luokka 3 tai C	Huolto	0–5 vuorokautta	Raja-arvo- ja ristiriitahälytykset
Luokka 4 tai D	Huolto	Seuraava huolto	Suodatin- ja käyttötuntihälytykset

LVI-prosesseissa esiintyviä hälytyksiä ovat raja-arvo-, ristiriita-, jäätymisvaara-, lämpösuoja-, palovaara-, LTO pyörimisvahti-, LTO hyötysuhde-, pumppaamo-, paineenkorotusasema-, savunpoistokeskus-, rasvanerotinkaivon-, suodatinvahti-, käyntiaika- ja kylmälaitehälytykset (10, s. 52).

Raja-arvohälytykset johtuvat jonkin säätöpiirin liian suuresta poikkeamasta. Ristiriitahälytykset kertovat jonkin puhaltimen tai pumpun tilatiedon olevan ristiriidassa ohjausviestin kanssa. Jäätymisvaarahälytystermostaatti pysäyttää ilmanvaihtokoneen, jos paluuve-

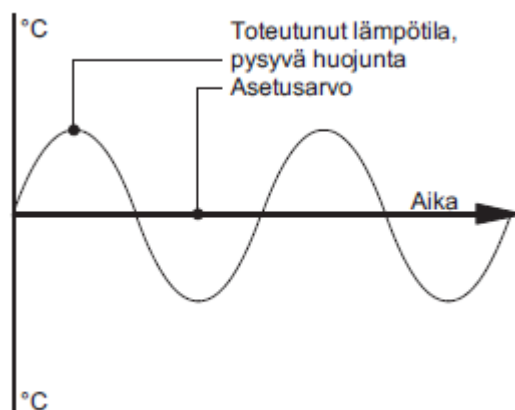
den lämpötila laskee alle asetusarvon. Palovaaratermostaatti pysäyttää ilmanvaihtokoneen ja antaa hälytyksen jos ilmanvaihtokanavan lämpötila nousee asetusarvon yläpuolelle. Lämmön talteenoton häiriöt vaikuttavat laitteiston energiatehokkuuteen. (10, s. 52.)

Hälytyksistä saadaan tietoa hälytysilmoitusten lisäksi tarkastelemalla hälytyslokia tai hälytysraportteja, joista voidaan seurata paljon hälyttäviä pisteitä tai tiettyjä ajankohtia, jolloin hälytyksiä ilmaantuu (10, s. 60).

### 3.3.2 Trendiseuranta ja säätö

Trendiseurannalla tarkoitetaan yleisesti yhden tai useamman mittausarvon jatkuvaa seuranta, joka voi olla reaaliaikaista seuranta tai järjestelmän muistissa olevan historiallisen mittausarvon tarkastelua. Historiatrendit ovat hyödyllisiä tiedon olleessa saatavilla halutulta aikaväliltä, jolloin järjestelmän tilaa voidaan arvioida normaalin työajan ulkopuolella. (10, s. 61.)

Reaaliaikainen seuranta on käyttökelpoinen muutostilanteiden tarkkailuun ja analysointiin. Trendiseurantaa voidaan käyttää järjestelmien säädön toiminnan arvioinnissa ja säätöpiirin askelvastevirityksessä tai jatkuvan värähtelyn virityksessä. Säädön toiminnan varmistaminen turhan huojunnan välttämiseksi on tärkeää laitteiden käyttöiän ja energiankulutuksen kannalta. Huojunta on jatkuvaa, jos se kestää yli 10 minuuttia ja lämpötila poikkeaa enemmän kuin 1 °C:n asetusarvosta. (6, s. 41; 10, s. 66.) Kuvassa 4 on esitetty huojuvan säädön kuvaaja.



Kuva 4. Pysyvästi huojuva säätö (6, s. 41)

Yleisesti käytettyjä säätötapoja ovat

- vakioarvosäätö
- seurantasäätö
- kaskadisäätö
- ohjelmasäätö
- suhdessäätö
- ulkolämpötilakompensointi (18, s. 2).

Vakioarvosäätöä käytetään esimerkiksi käyttöveden lämpötilasäädössä pitämään lämpötila mahdollisimman tasaisena. Seurantasäädöllä asetusrvoa muutetaan mittaustietojen perusteella, esimerkiksi ulkolämpötilan perusteella säädetään lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa. Kaskadisäädössä on kaksi säädintä, joista toinen toimii pääsäätimenä ja toinen apusäätimenä. Kaskadisäädössä esimerkiksi poistoilman- tai huone- lämpötilan perusteella ohjataan tuloilman lämpötilan asetusrvoa. Ohjelmasäädössä asetusrvoa muutetaan ennalta määritellyn ohjelman mukaisesti. Ulkolämpötilakompensoinnissa patteriverkoston menoveden asetusrvoa ohjataan ulkolämpötilan perusteella. (18, s. 2.)

### 3.3.3 Lämmitys ja käyttövesi

Lämmityksen ja käyttöveden tarkastelussa rakennusautomaatiojärjestelmällä seurataan asetusten mukaisten lämpötila-arvojen toteutumista sekä säädön ja mittausten toimintaa.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säädön yleisin toteutustapa on ulkolämpötilakompensoitu säätö, jossa menoveden lämpötilan asetusrvo on riippuvainen ulkolämpötilasta. Ulkolämpötilakompensoidulla- ja perussäädöllä voidaan hallita huoneissa olevat yhtä suuret lämpökuormat. Vaihtelevat lämpökuormat otetaan huomioon termostaattisilla patteriventtiileillä tai huonesäätimillä. (16, s. 2.)

Lämpimän käyttöveden asetusten mukainen lämpötila on rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan +55 °C:n ja +65 °C:n välillä. Riittäväällä lämpötilalla pyritään ehkäisemään legionellabakteerien kasvu putkistoissa ja liiallisen lämpötilan nousulla ehkäistään pesuveden aiheuttamat palovammat. (6, s. 52; 13, s. 8.)

Kaukolämmitysjärjestelmien säädölle asetetut ohjeet ja määräykset on esitetty rakennusten kaukolämmitys julkaisussa K1. Suurin sallittu poikkeama asetusarvosta lämmitysjärjestelmissä on 2 °C ja sallittu palautumisaika muutoksen alkuhetkestä kaksi minuuttia. Hetkellinen poikkeama lämpötilan asetusarvosta saa lämmityksen säätöjärjestelmissä olla enintään 5 °C ja käyttöveden säätöjärjestelmissä 7 °C yli ja 10 °C alle asetusarvon. Jatkuva huojunta saa olla enintään käyttöveden säätöjärjestelmässä 2 °C ja muissa järjestelmissä 0,5 °C. (14, s. 14.)

Energiatehokkuuden kannalta on tärkeää seurata ensiöpuolen paluuv veden lämpötilaa, liian alhainen jäähtymä usein johtuu säätöventtiilin läpivuotamisesta. Paluupuolen lämpötilan ensiöpuolella tulisi vanhoissakin rakennuksissa olla enintään +65 °C. (15, s. 117.)

Lämmönjakokeskusten lämmityksen toisiopiirien käyttöpaine tulisi olla riittävä, yleensä vähintään yhden baarin paine, kuitenkin alle julkaisun K1 määräyksen mukaisen suurimman käyttöpaineen 6 baaria. Käyttöveden toisiopuolella suurin sallittu käyttöpaine on 10 baaria. Kaukolämpölaitteiston laitteiden toimiessa oikein ensiöpuolen kaukolämmön jäähtymän tulisi lämmityskaudella olla 25 °C:n ja 60 °C:n välillä. (14, s. 22; 19.)

### 3.3.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon osalta seurataan ilmanvaihtokoneen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toimintaa, tulo- ja poistoilman lämpötiloja, puhaltimien käyntiaikoja aikaohjelmaan verrattuna sekä lämmöntalteenottolaitteiston ja kiertoilmapeltien toimintaa.

Ilmanvaihdon energiatalouden keskeinen tekijä on lämmöntalteenottolaitteen toiminta. Lämmöntalteenottolaitteiston toimintaa seurataan rakennusautomaatioon liitetyn hyötysuhdelaskennan avulla. Hyötysuhde lasketaan tulo- ja poistoilmavirtojen ollessa huomattavan erisuuruiset yhtälön 1 mukaisesti. (8, s. 6.)

$$\text{LTO-hyötysuhde } \eta_p = \frac{(T_s - T_{pu})}{(T_p - T_u)} \quad (1)$$

$T_u$  on ulkoilman lämpötila

$T_s$  on tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen

$T_p$  on poistoilman lämpötila ennen LTO:ta

$T_{pu}$  on poistoilman lämpötila LTO:n jälkeen ulos

Tilanteessa, jossa tulo- ja poistoilmavirrat eivät merkittävästi poikkea toisistaan, käytetään yleisesti kuitenkin kaavan 2 mukaista hyötysuhdelaskentaa (8, s. 6).

$$\text{LTO-hyötysuhde } \eta_u = \frac{(T_s - T_u)}{(T_p - T_u)} \quad (2)$$

Erityyppisten lämmöntalteenottolaitteistojen tyypillisiä hyötysuhteita ovat

- nestekiertoiset lämmönsiirtimet 40–60 %
- ristivirtalevylämmönsiirtimet 50–70 %
- vastavirtalevylämmönsiirtimet 60–80 %
- pyörivät lämmönsiirtimet 60–80 %. (17, s. 9.)

Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton hyötysuhteen ei tulisi poiketa merkittävästi tyypillisistä hyötysuhdearvoista.

## 4 Arviointityökalu

### 4.1 Perusteet ja rakenne

Arviointityökalu on excel-pohjainen työväline rakennusautomaatiojärjestelmän ja kiinteistöhuollon arviointiin. Arviointityökalun tavoitteena on tuottaa järjestelmäarvioinnin perusteella numeerinen arvio rakennusautomaatiojärjestelmän ja kiinteistöhuollon toiminnasta, jonka perusteella voidaan esittää kehitystoimenpiteitä toimintaan liittyen ja vertailla järjestelmien toimintaa keskenään.

Numeerisen arvioinnin suurin pistemäärä rakennusautomaatiojärjestelmälle ja järjestelmän osille on 100 pistettä. Arvioinnin asteikko ja selite tuloksille ilmenee kuvasta 6.

Arvioinnin selkeyttämiseksi työkalu on jaettu työisivuihin eri käyttötarkoitusten perusteella. Arviointityökalun ensimmäiset työ sivut ovat arvioinnin jälkeistä tulostusta varten.

Ensimmäiseltä sivulta ilmenee koko järjestelmän arvioinnin tulos osajärjestelmien keskiarvona ja toisella sivulla esitetään järjestelmän osien arvioinnin tulos yksitellen. Työsi-  
vut, jotka eivät sisälly tulostusaineistoon, on tarkoitettu järjestelmää arvioivan henkilön  
käyttöä varten. Arviointiin liittyvät työsi-  
vut on jaettu järjestelmittain ja arvioinnin vaiheit-  
tain. Taulukossa 3 esitetään arviointityökalun rakenne idean selkeyttämiseksi.

Taulukko 3. Arviointityökalun rakenne työsi-  
vuittain.

Työsi- vun nimi	Käyttötarkoitus
Etusivu	Kokonaisarvioinnin esitys
Tulostustaso	Järjestelmän osien arvioinnin esitys
Yleiset	Järjestelmän ja kohteen perust- iedot
Grafiikkakuvat	Käyttöliittymän ja pisteiden toi- mivuuden arviointi
Yhteydet	Yhteyksien toiminnan varmistus ja arviointi
Tietoturva	Tietoturvan arviointi
Ilmanvaihto	Ilmanvaihtojärjestelmien arviointi
Lämmitys	Lämmitys ja käyttövesijärjestelm- ien arviointi
Huonesäätimet	Huonesäätimien toiminnan ja si- säilmastolosuhteiden arviointi

Arviointityökalun käyttö edellyttää arvioijalta taloteknisten järjestelmien toiminnan ja ase-  
tusten mukaisuuden tuntemista sekä rakennusautomaatiojärjestelmien tuntemusta ja su-  
juvaa käyttöä.

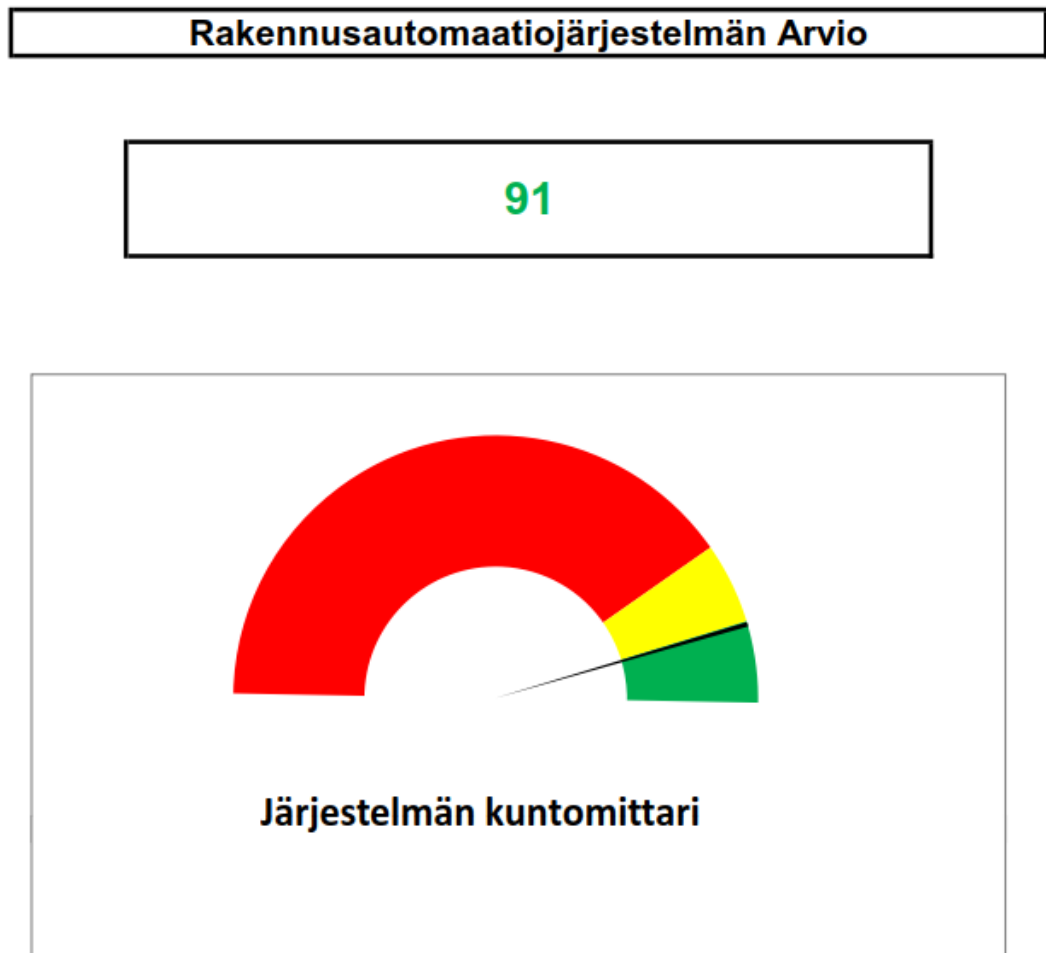
#### 4.2 Työsi- vut

Rakennusautomaatiojärjestelmien tarkastelun perusteella arviointityökaluun kehitetyt  
työsi-  
vut esitellään esimerkkikuvoin ja toimintaselostuksin tässä luvussa. Laskenta osajär-

jestelmissä perustuu järjestelmien osien toiminnan keskiarvojen laskentaan ja kokonaisjärjestelmässä osajärjestelmien keskiarvoon. Työsivuista arvioijan käyttöön muut kuin hälytystietosivu on pyritty kehittämään lomaketyyppiseksi arvioinnin yhdenmukaistamiseksi ja helpottamiseksi. Työsivujen esittelyssä ei käydä läpi niissä olevia Excel-kaavoja muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, kaavojen suuren määrän vuoksi.

#### 4.2.1 Etusivu ja tulostustaso

Etusivulla rakennusautomaatiojärjestelmän arvioinnin tulos esitetään dynaamisesti numeerisesti ja visuaalisesti. Numeerinen esite on punainen arvion ollessa heikko, keltainen tuloksen ollessa tyydyttävä ja vihreä tuloksen ollessa hyvä. Kuvassa 5 on esimerkki etusivusta ja arvioinnin tuloksen esityksestä.



Kuva 5. Etusivu, rakennusautomaatiojärjestelmän kokonaisarvio.

Tulostustasolle on kerätty tieto järjestelmän osien arvioinnista, valvomojärjestelmän tiedot, tietoa hälytystarkastelusta ja lyhyt selostus arvioinnin perusteista sekä asteikosta. Osajärjestelmien arvioinnin esitys numeerisesti on etusivun tapaan dynaamisesti esitetty. Kuvassa 6 on esimerkki tulostustasosta tarkastelun jälkeen.

Kohde	Kohde 1				
Järjestelmä	Desigo Insight				
Järjestelmäversio	5.0				
Grafiikkakuvat	Yhteydet	Tietoturva	Huonesäädöt	Ilmanvaihto	Lämmitys ja Käyttövesi
85	100	88	89	91	83
Hälytykset			Tarkasteluhetkellä aktiiviset hälytykset		
100			A	B	C
Eniten hälyttävä piste tarkastelujaksolla			8 Kertaa		
Ilmastointi\TK07 Hallinto, osa B\Tuloilman lämpötila\Palovaarahälytys					
Järjestelmän arvioinnin perusteet					
Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnan varmistaminen ST-kortiston ohjeistusten mukaisesti. Taloteknisten järjestelmien toiminnan varmistaminen Suomen Rakennusmääräyskokoelman osien D1,D2 ja D3, sekä kaukolämpöjulkaisu K1 mukaisesti. Sisäilmasto-olosuhteiden tarkastelu sisäilmayhdistyksen S1, S2 ja S3 luokitusten mukaisesti.					
Arvioinnin Asteikko					
Osajärjestelmät	Arvosana 90-100 Järjestelmän toiminta on määräysten mukaista, oleellisia puutteita havaittu. Arvosana 70-90 Järjestelmä toimii osittain määräysten mukaisesti, joitakin puutteita. Kehitysvaraa on. Arvosana <70 Järjestelmän toiminta puutteellista ja toimintaan tulisi puuttua.				
Kokonaisjärjestelmä	Arvosana 90-100 Järjestelmän toiminta on pääasiassa määräysten mukaista, ei vakavia puutteita. Arvosana 80-90 Järjestelmän toiminta tyydyttävällä tasolla, osajärjestelmissä parannettavaa. Arvosana <80 Järjestelmän toiminnassa oleellisia puutteita, osajärjestelmien toimintaa tulisi parantaa.				

Kuva 6. Tulostustaso, järjestelmän osien arvioinnin erittely.

#### 4.2.2 Yleiset

Työsivulle Yleiset voidaan kirjata arvioinnin kohteena olevasta kohteesta perustiedot. Yleiset työsivulta järjestelmän tyyppi- ja versiotiedot siirtyvät tulostustasolle automaattisesti. Pudotusvalikoista valitaan arvioinnissa mukana olevat järjestelmän osat, jotta taulukko laskee kokonaisarvioinnin oikein. Huomiot-kenttään voidaan kirjata tarkastelun aikaiset huomiot myöhempää käyttöä varten. Kuvassa 7 on esitetty Yleiset-työsivun esimerkki.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Rakennuskohde ja käyttöönottovuosi								
3	Kohde	Kohde 1							
4	vuosi	2007							
5									
6	Rakennusautomaatiojärjestelmän tyyppi								
7	Järjestelmä	Desigo Insight		Järjestelmäversio	5.0				
8									
9	Valitse listasta järjestelmän osa-alueet jotka otettu huomioon tarkastelussa								
10	Grafiikkakuvat				Kyllä				
11	Yhteydet				Kyllä				
12	Tietoturva				Kyllä				
13	Hälytystiedot				Kyllä				
14	Ilmanvaihto				Kyllä				
15	Lämmitys ja Käyttövesi				Kyllä				
16	Huonesäätimet				Kyllä				
17					Kyllä				
18	Muut huomiot tarkastelussa				Ei				
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

Kuva 7. Yleiset-työsivun malli.

#### 4.2.3 Grafiikkakuvat

Grafiikkakuvat-työsivulle on kirjattu ohjeet, joilla arviointeja pyritään yhdenmukaistamaan mahdollisimman hyvin. Grafiikkakuvien arviointi perustuu valvomon kuvien tarkasteluun ja niissä olevien laite- ja mittapisteiden toiminnan varmistamiseen. Grafiikkakuvien puutteet voivat johtua puutteellisesta järjestelmän ohjelmoinnista tai tiedonsiirto virheistä järjestelmän väylien välillä. Arvioinnissa tarkastellaan virheellisten pisteiden suhdetta toimiviin pisteisiin, lisäksi huoltotilassa jatkuvasti olevat pisteet kirjataan. Kuvassa 8 on esimerkki grafiikkakuvien arvioinnin työsivusta.

Järjestelmien Grafiikkakuvien yleistarkastelu			
Grafiikkakuvat	(Kyllä/Virhe/Ei)	Arvioitu toimivuus %	Ohje
Ajantasalla	Kyllä	100 %	<b>Ohje</b> Piste ja kuvatiedot päivittyvät Kuvat selkeitä, siirtymä painikkeet toimivat Pisteistä pystyy siirtymään eri sovelluksiin Näkyvykö kuvissa riittävästi mittapisteitä Löytyykö järjestelmistä toimintaselostukset Huoltotilassa olevat pisteet/järjestelmä ohjatut pisteet
Käyttökelpoisia	Kyllä	80 %	
Toimivat pisteet	Kyllä	100 %	
Riittävästi Mittauksia	Kyllä	90 %	
Toimintaselostukset	Ei		
Huoltotilassa jatkuvasti olevat pisteet	0 %		

Kuva 8. Grafiikkakuvat-työsivun esimerkki.

#### 4.2.4 Yhteydet ja tietoturva

Yhteydet-työsivulle kirjataan pudotusvalikosta järjestelmän tietokantojen, sovellusten, muistin, levytilan, päivitysten valvonnan ja väylien välisten yhteyksien toiminta. Lisähuomioita kenttään voidaan kirjata niiden yhteyksien tunnisteet, joissa virheitä on havaittu. Kuvassa 9 on esimerkki yhteyden työsivusta.

Taulukkoon varattu lisäys- ja muutosvaraa		
Järjestelmän yhteydet	Toimivuus	Ohje
Yhteyslistaus	(Kyllä/Virhe/Ei)	
<b>Tietokannan valvonta</b>		
Hälytystietokanta	Kyllä	Katso järjestelmän yhteyksien toimivuus ja merkitse sarakkeeseen. Puuttuviin yhteyksiin merkitse "-" jotta laskenta suoritetaan oikein
Järjestelmätietokanta	Kyllä	
Logitietokanta	Kyllä	
Trenditietokanta	Kyllä	
<b>Muistin valvonta</b>		
Järjestelmän muisti	Kyllä	<b>Lisähuomiota</b>
Levytilan valvonta	Kyllä	
Hälytysten päivitysten valvonta	Kyllä	
Alakeskusyhteydet	Kyllä	
Kenttälaiteyhteydet	Kyllä	
Sovellusvalvonta	Virhe	

Kuva 9. Yhteydet työsivun esimerkki.

Tietoturva työsivulle kirjataan pudotusvalikkoihin arviointi etäyhteyden ja salasanojen tietoturvallisuudesta sekä siitä, tallentaako järjestelmä käyttäjäkohtaisesti muutoksista tiedon järjestelmän muistiin. Kuvassa 10 on esimerkki Tietoturva-työsivusta.

Tietoturva		Toiminnallisuus
Etäyhteys vaatii tunnistautumisen		Kyllä
Suojattu etäyhteys		Kyllä
Käyttöoikeudet määritelty käyttäjäryhmille		Kyllä
Salasanat		%
Ennalta-arvaamattomia		100%
Sisältää numeroita		100%
Isoja ja pieniä kirjaimia		100%
Erikoismerkkejä		100%
Muutoksista jää käyttäjäkohtainen merkintä		Kyllä

Kuva 10. Tietoturva työsivun esimerkki.

#### 4.2.5 Hälytystiedot

Hälytystiedot-työsivu on ainoa arviointia varten tarkoitettu työsivu, joka ei ole lomake-tyyppinen. Työsivun alkuosassa on Excel-taulukko, johon hälytysraportista liitetään hälytystiedoista vähintään päivämäärä ja kellonaika, hälytyksen prioriteetti, hälytystapahtuma, sekä tekninen kuvaus. Taulukon tiedot on järjestettävä aikajärjestykseen aikaisimmasta tapahtumasta alkaen, jotta työsivun kaavat laskevat reagointiajat hälytyksiin oikein. Työsivulle on kirjattu ohjeet kaavojen muokkaamiseen, jos hälytysraportin tiedot poikkeavat oletus mallista. Kuvassa 11 on esitetty Hälytystiedot-työsivun taulukko hälytystietojen käsittelyä varten.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Esim 2vk-1kk hälytykset													
Tapahtumaryhti	Päivämäärä/Kellonaika	Prioriteetti	Tapahtuma	Viesti	Arvo	Käyttäjä	Tekninen kuvaus						
Hälytys	10.4.2018 00:00:02	Ilmoitus	tullut				Otavakatu 4:Otavankatu 4'llmastointiTK03 Voim.salin pukuhuone/						
Hälytys	10.4.2018 00:00:03	Ilmoitus	poistunut				Otavakatu 4:Otavankatu 4'llmastointiTK03 Voim.salin pukuhuone/						
Hälytys	10.4.2018 03:11:56	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 03:12:18	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 04:40:45	Huolto	tullut				Otavakatu 4:Otavankatu 4'llmastointiTK21 Luokat ja toimistot 1.kr						
Hälytys	10.4.2018 04:40:45	Ilmoitus	poistunut				Otavakatu 4:Otavankatu 4'llmastointiTK21 Luokat ja toimistot 1.kr						
Hälytys	10.4.2018 05:09:46	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:13:11	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:13:15	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:13:39	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:13:43	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:15:55	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:08	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:08	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:27	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:28	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:31	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:45	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:48	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:49	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:16:52	Vaara	tullut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						
Hälytys	10.4.2018 05:19:08	Ilmoitus	poistunut				Raviradantie 8-10:Raviradantie 8-10'llmastointiTK07 Hallinto, osa E						

Kuva 11. Hälytystiedot-työsivun Excel-taulukko.

Kuvan 11 tietojen perusteella työsivun kaavat laskevat hälytysten määrät, jakavat hälytykset luokittain ja laskevat suhteen sille, kuinka moneen hälytykseen on reagoitu ajoissa. Hälytystiedot työsivulle kirjataan järjestelmässä tarkasteluhetkellä olevat aktiiviset hälytykset. Tiedot aktiivisista hälytyksistä siirtyvät automaattisesti tulostustaso työsivulle. Hälytyksiin reagoinnin laskennan tuloksesta vähennetään pisteitä jokaisesta aktiivisesta hälytyksestä, periaatteella aktiivisesta A luokan hälytyksestä 2 pistettä, aktiivisesta B luokan hälytyksestä 0,5 pistettä ja aktiivisesta C luokan hälytyksestä 0,1 pistettä. Kuvassa 12 on havainnollistettu laskennan kulkua asteittain, yhteistuloksesta on vähennetty aktiivisten hälytysten pisteytys.

Ohjeajat hälytyksiin reagointiin			
1 Vaara	0-1h		
2 Vika	0-24h		
3 Huolto	0-5vrk		
Hälytysten määrä yhteensä			
172			
Joista luokittain			
A/1	B/2	C/3	
52	56	64	
Myöhässä reagoidut (Ohjeajat)			
0	0	0	
Hälytyksiin Reagoinnin arviointi			
100,0	100,0	100,0	
<b>Yhteensä</b>	<b>99,5</b>		

Kuva 12. Hälytystaulukko laskennan lopputulosten havainnollistamisesta.

#### 4.2.6 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto-työsivulle kirjataan ilmanvaihtokonekohtaisesti koneen säädön toimivuus, mahdollisesti vika- tai huoltotilassa olevat laitteet, LTO-laitteen tyyppi ja hyötysuhde, lämmitys- ja jäähdytyspatterien toiminta, sisäilman lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus sekä aikaohjelman noudattaminen. Ilmanvaihtokoneesta jonkin ominaisuuden puuttuessa kirjataan pudotusvalikkoon väliviiva, jotta kyseistä kohtaa ei huomioida laskennassa. Ilmanvaihtokoneiden tietojen kirjaamisen jälkeen kirjataan arvioitujen ilmanvaihtokoneiden määrä ja ulkolämpötilan keskiarvo vuorokauden ajalta, jotta taulukko laskee tuloksen oikein. Työsivulla on mahdollisuus arvioida 40 ilmanvaihtokonetta kerrallaan. Kuvassa 13 on esimerkki Ilmanvaihto-työsivusta.

F12									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		<b>IV-kone1</b>							
3		<b>Säädön toiminta</b>	Toiminnallisuus						
4		Säätösuure saavuttaa asetusarvon (1 °C tarkkuuteen)		Kyllä					
5		Säätö reagoi riittävän nopeasti muutokseen (2-10min)		Kyllä					
6		Säädön huojunta kohtuullista (<1 °C)		Kyllä					
7		Huolto tai vikatilassa olevat laitteet (kpl)		0					
8		<b>Sisäilman olosuhte</b>							
9		Palveltavan huonetilan käyttötarkoitus		Luokkahuoneet					
10		CO2-pitoisuus		-					
11		Mitattu lämpötila (°C)		21					
12		<b>LTO-toiminta</b>							
13		LTO-tyyppi		Pyöriva					
14		Mitattu Hyötysuhde		46.00%					
15		<b>Lämmityspatteri ja jäähdytyspatteri</b>							
16		Ilma lämpenee yli asetusarvon lämmityksen venttiilin ollessa kiinni tai lähes kiinni		Ei					
17		Ilma viilenee alle asetusarvon jäähdytysventtiilin ollessa kiinni tai lähes kiinni		Ei					
18		Jäähdytys- ja lämmitysventtiilit ovat auki yhtäaikaaisesti		Ei					
19		<b>Aikaohjelma</b>	Puhaltimet käyvät aikaohjelman mukaisesti	Kyllä					
20									
21		<b>IV-kone2</b>							
22		<b>Säädön toiminta</b>	Toiminnallisuus						
23		Säätösuure saavuttaa asetusarvon (1 °C tarkkuuteen)		Kyllä					
24		Säätö reagoi riittävän nopeasti muutokseen (2-10min)		Kyllä					
25		Säädön huojunta kohtuullista (<1 °C)		Kyllä					
26		Huolto tai vikatilassa olevat laitteet (kpl)		0					
27		<b>Sisäilman olosuhte</b>							
28		Palveltavan huonetilan käyttötarkoitus		Toimistohuoneet					
29		CO2-pitoisuus		-					
30		Mitattu lämpötila (°C)		22					

Määrittele kohteen paikkakunnalta lämpötilan keskiarvo 24h ajalta	
14	°C
Kirjaa arvioitavien IV-koneiden määrä	
4	Kpl

Kuva 13. Ilmanvaihto-työsivun esimerkki.

#### 4.2.7 Lämmitys

Lämmitys-työsivulle kirjataan lämmönjakokeskuksittain käytössä olevat lämmönsiirtimet, toisiopiirien säädön toiminta, toisiopiirien verkoston paine, ensiöpiirin kaukolämpöveden jäähtymä, lämpimän käyttöveden lämpötila ja huolto- tai vikatilassa olevien laitteiden määrä. Arvioitavien lämmönjakokeskusten määrä kirjataan, jotta laskenta suoritetaan oikein. Kuvassa 14 on esimerkki Lämmitys-työsivusta.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
	<b>Lämmönjakokeskus 1</b>							
	<b>Lämmityksen Toisiopiirit</b>					Kirjaa lämmönjakokeskuksien määrä		
	LS1	Käytössä	Kyllä			1	Kpl	
		Verkoston Paine (Mpa)	0,1-0,6					
		Lämpötila poikkeaa asetusarvosta alle 2 °C	Kyllä					
	LS2	Käytössä	Kyllä					
		Verkoston Paine (Mpa)	0,1-0,6					
		Lämpötila poikkeaa asetusarvosta alle 2 °C	Ei					
	<b>Kaikki Toisiopiirit</b>		Trendijaksolla (Esim 1-2h) asetusarvopoikkeama alle 2 °C ja hetkellinen poikkeama alle 5 °C	Vain toinen toteutuu				
	<b>Ensiöpiirin jäähtymä</b>		Ensiöpuolen tulo- ja menovedenlämpötilan erotus lämmityskaudella (°C)	42				
	<b>Lämmin Käyttövesi</b>		Lämpötila (°C)	57				
	Huolto- tai vikatilassa oleva laitteisto		Vika- tai huoltotilassa olevat laitteet	0				
	<b>Lämmönjakokeskus 2</b>							
	<b>Lämmityksen Toisiopiirit</b>							
	LS1	Käytössä	Kyllä					
		Verkoston Paine (Mpa)	0,1-0,6					
		Lämpötila poikkeaa asetusarvosta alle						

Kuva 14. Lämmitys-työsivun esimerkki.

#### 4.2.8 Huonesäätimet

Huonesäätimet-työsivulle kirjataan säädinkohtaisesti huonetilan käyttötarkoitus, mitattu lämpötila ja säädön toiminta. Laskentaa varten kirjataan arvioitujen säätimien määrä ja ulkoilman lämpötilan keskiarvo vuorokauden ajalta. Työsivulla on mahdollista arvioida 120 huonesäädintä, jos säätimiä on enemmän, arviointi suositellaan tehtävän hajaute- tulla satunnaisotannalla. Kuvassa 15 on esimerkki Huonesäätimet-työsivusta.





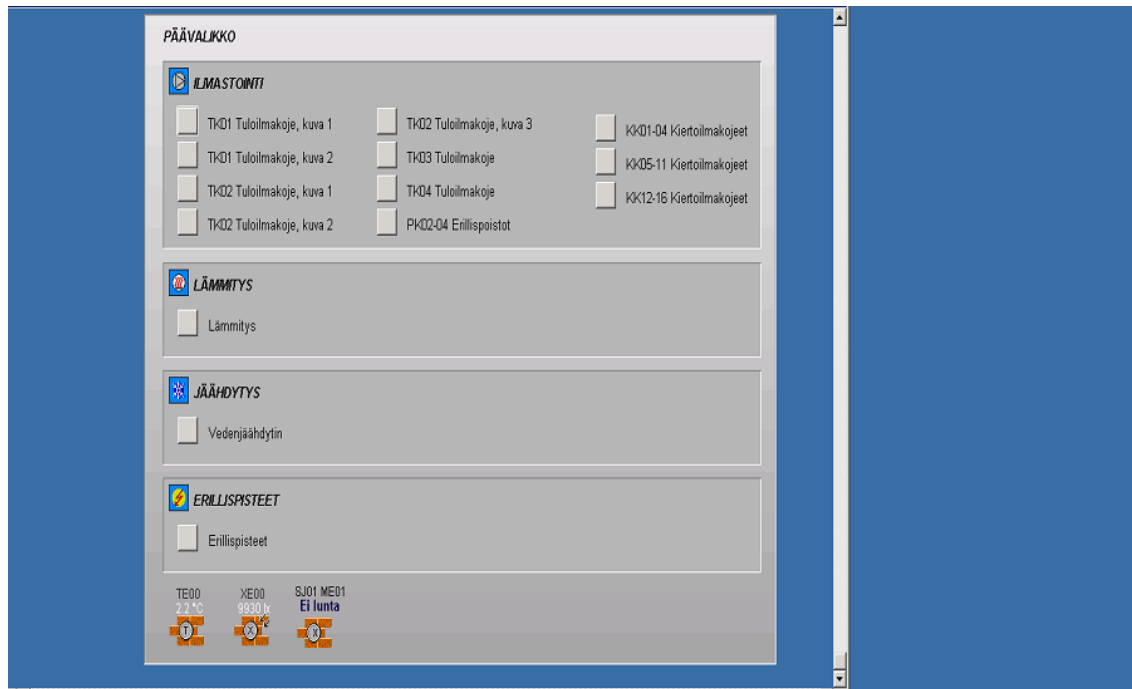
Taulukko 4. Kohteiden ja järjestelmien erittely.

Kohde	Järjestelmä	Versio
Kohde 1 (Ammattiopisto)	Desigo Insight	5.0
Kohde 2 (Kirjapaino)	Desigo Insight	5.1
Kohde 3 (Teollisuuslaitos)	Desigo Insight	5.1
Kohde 4 (Teollisuuslaitos)	Desigo Insight	5.1
Kohde 5 (Koulu)	Desigo Insight	6.0
Kohde 6 (Pelastuslaitos)	Desigo Insight	6.0
Kohde 7 (Päiväkoti)	Desigo Insight	6.0
Kohde 8 (Lukio)	Desigo Insight	6.0
Kohde 9 (Sairaala)	Desigo Insight	6.0
Kohde 10 (Toimistorakennus)	Desigo Insight	5.0

## 5.2 Rakennusautomaatiojärjestelmien tarkasteluesimerkkejä

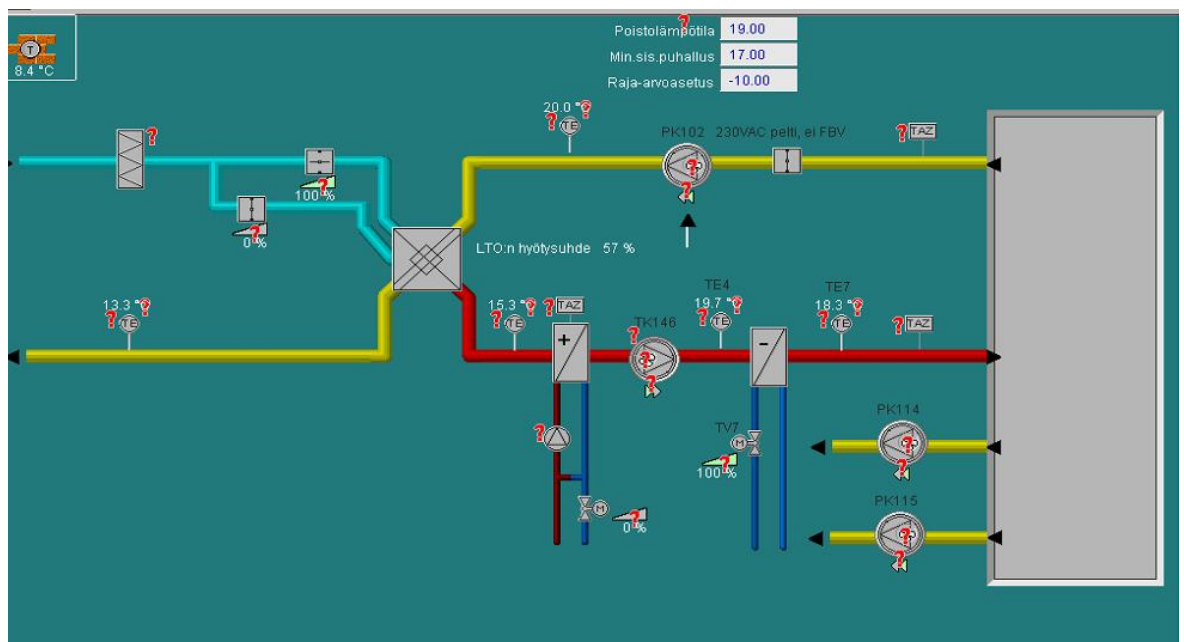
### 5.2.1 Grafiikkakuvat ja navigointi

Grafiikkakuvilla tarkoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymää ja sen toimintaa. Tyypillisesti kohteen pääsivulle on lisätty siirtymäpainikkeet, joista päästään tarkastelemaan kohteen järjestelmiä yksitellen. Kuvassa 16 on esimerkki tyypillisestä pääsivusta. Valvomon sovellusten välillä siirtyminen onnistuu ylärivillä olevien sovelluspainikkeiden avulla. Kuvassa 18 on esitetty Desigo Insight-järjestelmän työkalurivi, jolla sovellusten välillä voidaan siirtyä.



Kuva 16. Grafiikkakuvan tyypillinen pääsivu.

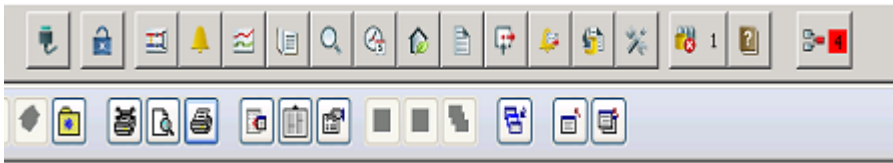
Järjestelmien kuvien pisteiden toimiessa saadaan niistä lähetettyä tietoja valvomon sovelluksille ja mittaustiedot näkyvät kuvissa oikein. Pistetietojen ollessa virheellisiä järjestelmän kuvassa esiintyy yleensä jokin virheestä ilmoittava poikkeama, esimerkiksi kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 17. Pistetietojen virheitä osoittavat kysymysmerkit.

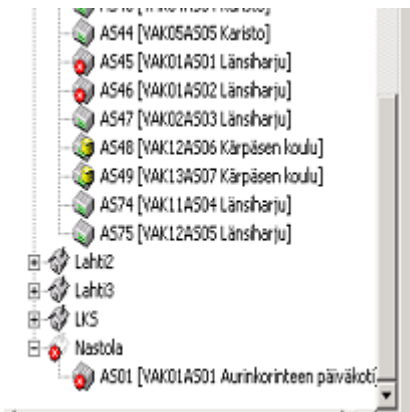
## 5.2.2 Yhteydet ja tietoturva

Rakennusautomaatiojärjestelmän yhteydet näkyvät yleensä järjestelmän tiedoista. Yhteydet vaikuttavat pistemittausten lisäksi järjestelmien säätöihin, hälytysten käsittelyyn ja grafiikkakuvien toimivuuteen. Desigo Insight-järjestelmässä yhteyden on helppo tarkastaa valvomon työkaluriviltä käsin. Kuvassa 18 on esitetty Desigo Insight-järjestelmän työkalurivi, jossa ohjekirjapainikkeen vasemmalla olevasta painikkeesta nähdään sovellusvalvonnan ja tietokannan yhteydet ja ohjekirjapainikkeen oikealla olevasta painikkeesta valvomon ja alakeskusten väliset yhteydet.



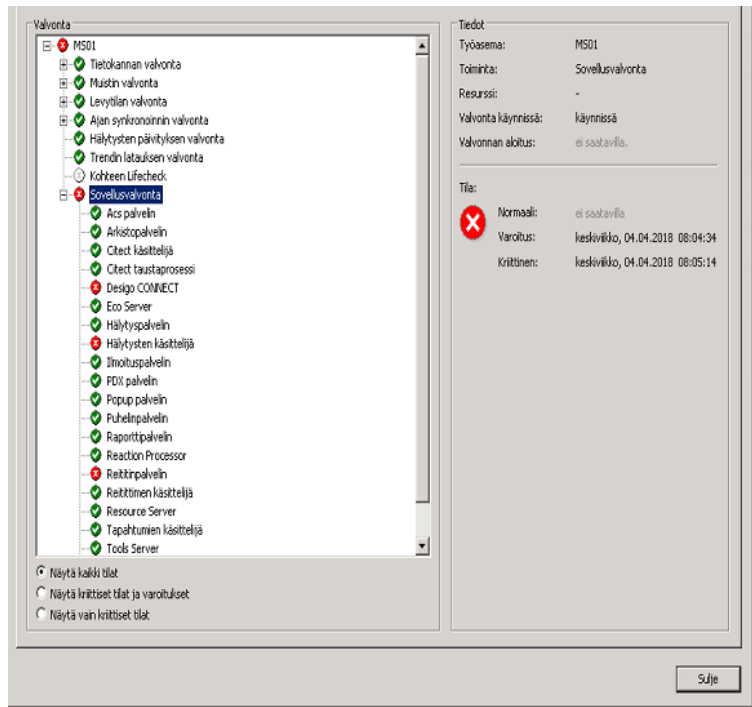
Kuva 18. Desigo Insight-järjestelmän työkalurivi.

Valvomon ja alakeskusten väliset yhteydet näkyvät listana kohdekohtaisesti. Viallisten alakeskusyhteyksien kohdalla punaisella rasti kuvan 19 esimerkin mukaisesti.



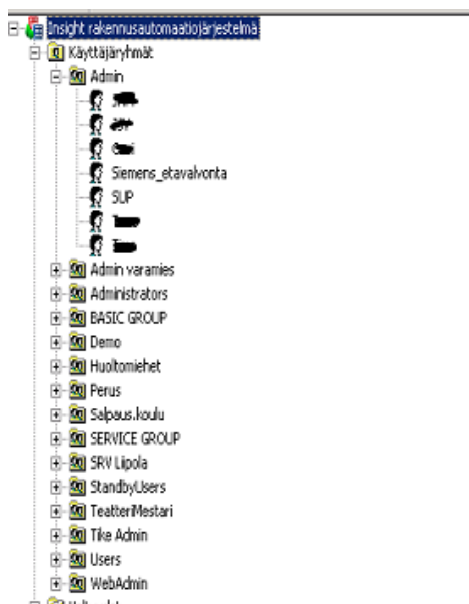
Kuva 19. Lista alakeskusyhteyksistä kohteittain.

Tietokanta- ja sovellusyhteydet näkyvät listana, joiden tilaa järjestelmä jatkuvasti päivittää ja valvoo. Häiriötapauksessa virheellisen yhteyden kohdalla on keltainen huuto-merkki ja kokonaan katkenneen yhteyden tapauksessa punainen rasti. Kuvassa 20 on esimerkki katkenneesta sovellusvalvonnan yhteyksistä.



Kuva 20. Järjestelmän yhteyksien valvonnan näkymä.

Järjestelmän käyttäjäryhmien määrittelyn sivulta voidaan valvomosta käsin tarkistaa, mille käyttäjille mitkäkin oikeudet, on annettu. Tietoturvanäkökulmasta käyttöoikeuksien jakaminen järkevästi on ensiarvoisen tärkeää. Kuvassa 21 on esimerkkitarkastelu käyttöoikeusryhmittelystä.

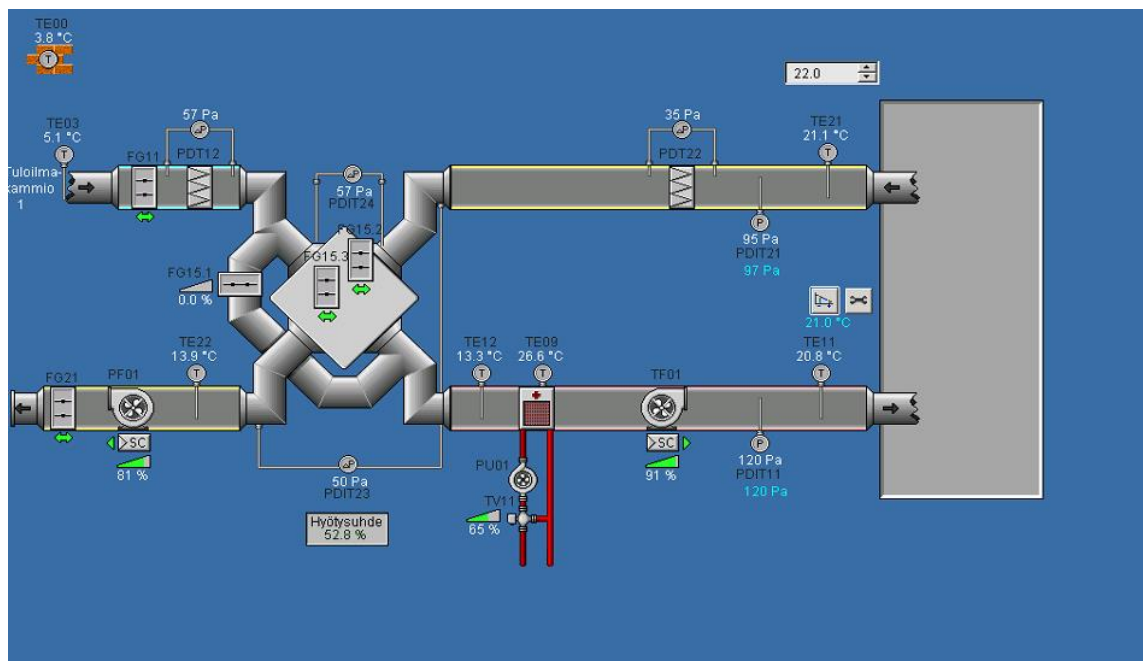


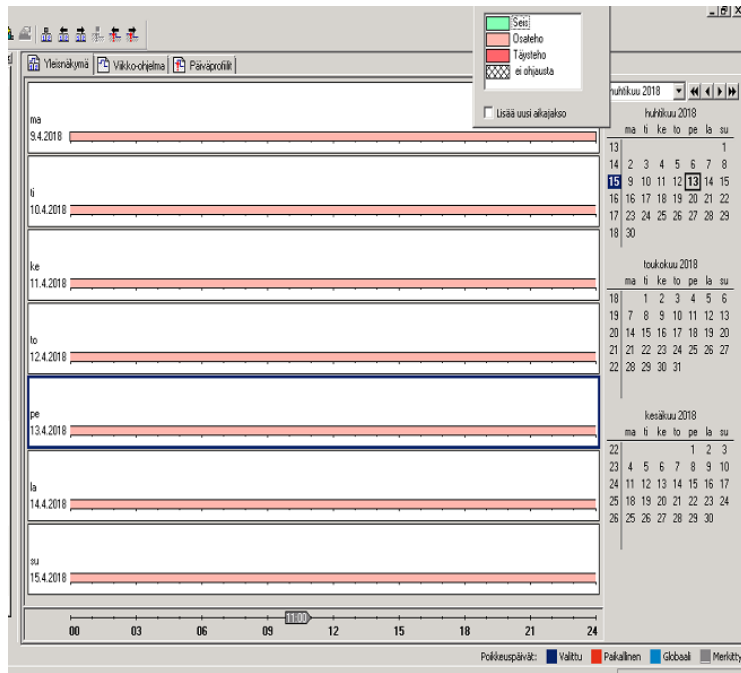
Kuva 21. Käyttöoikeuksien tarkastelu ryhmittäin.

### 5.2.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon grafiikkakuvalta nähdään säätö- ja sulkupeltien asennot, suodattimien paine-eromittaus, kanavamittaukset, LTO-laitteen tyyppi ja hyötysuhdelaskenta, puhaltimien käyntitilat, sekä lämmitys- ja jäähdytyspatterien toiminta. Säätöpainikkeista päästään tarkastelemaan asetusarvoja ja säädön raja-arvoja.

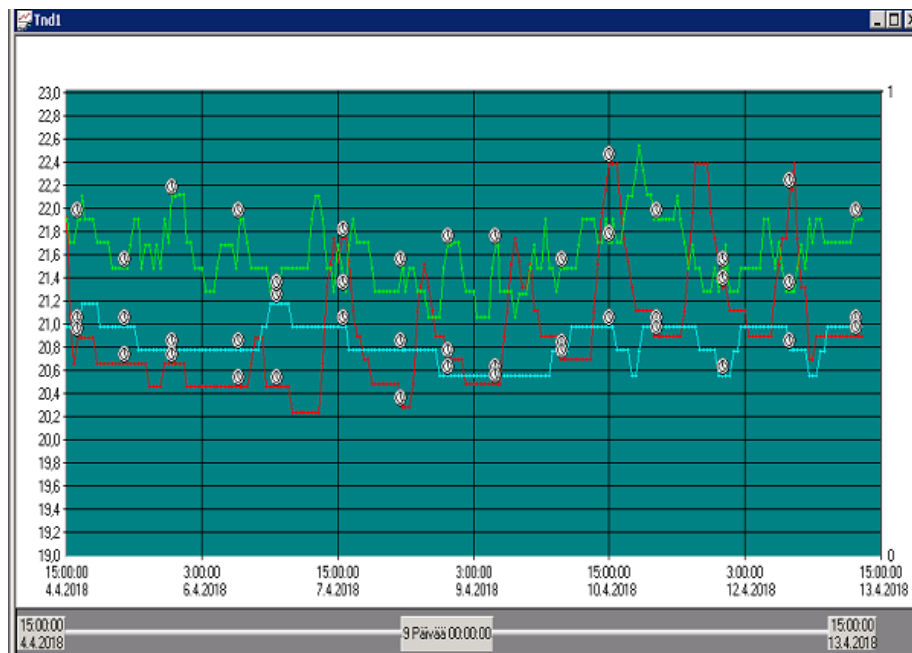
Ilmanvaihtokonekuvista säädön toimintaa seurataan tarkastamalla, saavuttaako säätösuure asetusarvonsa noin asteen tarkkuudella, sekä trendiseurannalla tekemällä asetusarvomuuksia ja seuraamalla, reagoiko säätö riittävän nopeasti vähäisellä huojunnalla. Kuvassa 22 on tyypillinen ilmanvaihdon grafiikkakuva, jossa säädön asetusarvo vaaleansinisellä ja mittausarvo valkoisella.





Kuva 23. Aikaohjelman viikkonäkymä.

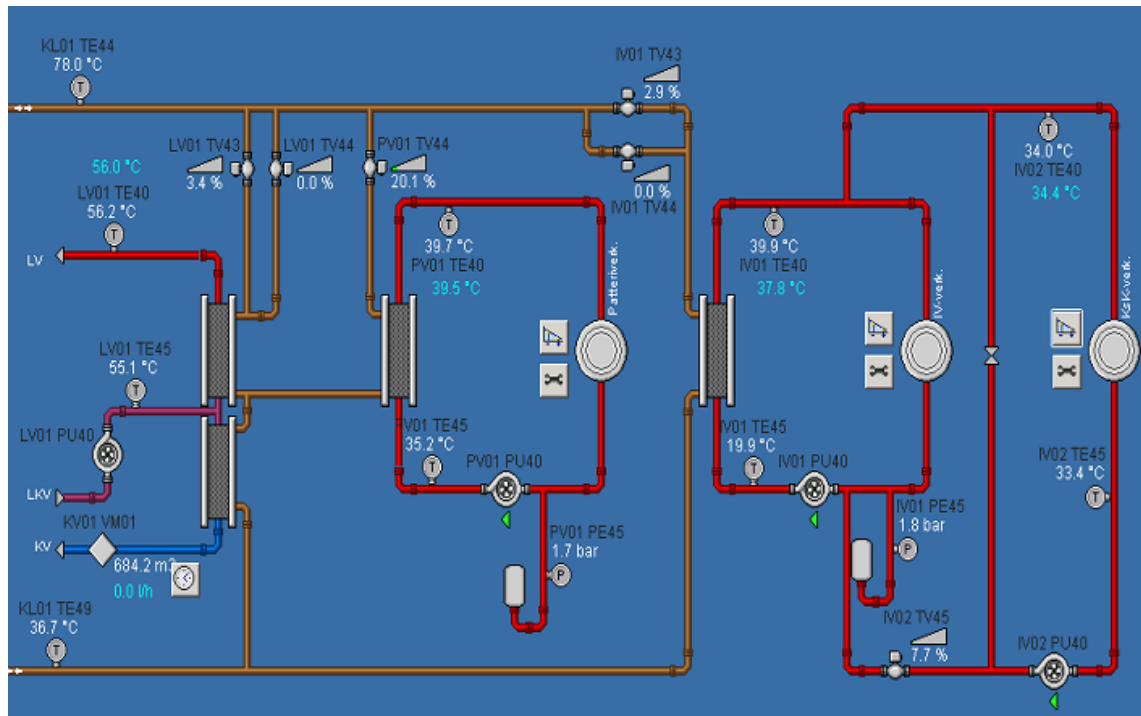
Ilmanvaihtokuvaan liitettyjen huonelämpötila-antureiden trenditietojen perusteella voidaan tarkastella sisäilman lämpötilaolosuhteita trendisovelluksella kuvan 24 esimerkin mukaisesti. Esimerkkikuvassa 24 huonelämpötilat noudattavat pääsääntöisesti tavoitearvoja.



Kuva 24. Sisäilman lämpötilan trendiseurantaesimerkki kolmelta anturilta.

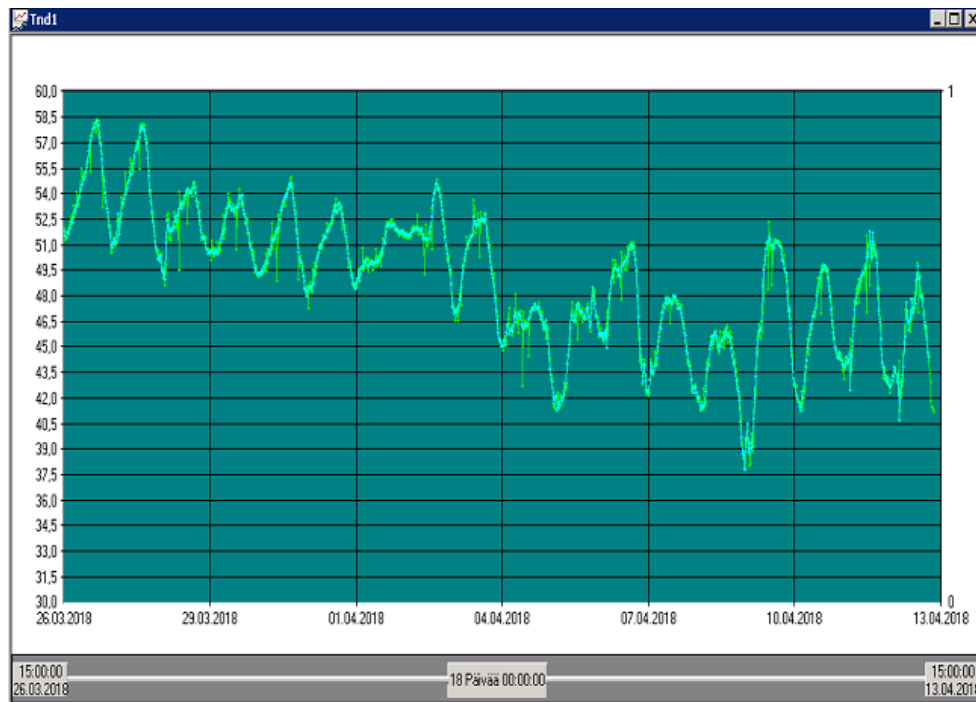
### 5.2.4 Lämmitys ja käyttövesi

Lämmityksen grafiikkakuvasta tarkastellaan ensiöpiirin toimintaa kaukolämmön jäähtymän osalta ja toisiopiirien toimintaa säätöjen ja verkostopaineen osalta. Kuvan 25 esimerkissä kaukolämmön jäähtymä on riittävä, toisiopiirien paineet riittävät ja asetusten mukaiset, mutta ilmastoinnin patteriverkoston säätö poikkeaa liaksi asetusravosta.



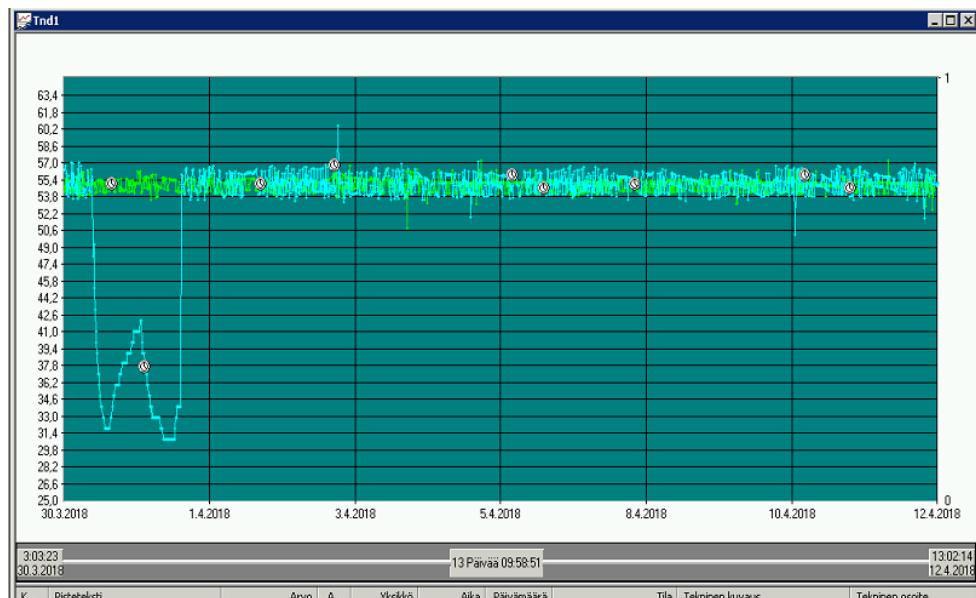
Kuva 25. Lämmitysjärjestelmän grafiikkakuva.

Esimerkkikuvasta 25 huomataan lämpimän käyttöveden lämpötilan olevan asetusten mukainen vähintään +55 °C, käyttöveden lämpötila tarkastetaan kuitenkin pitemmältä aikaväliltä trenditietokannasta. Toisiopiirien asetusravon trenditarkastelun esimerkki on esitetty kuvassa 26. Kuvasta huomataan vihreällä kuvaajalla olevan mittausarvon seuraavan hyvin tarkasti sinisellä kuvattua asetusravoa.



Kuva 26. Patteriverkoston säädön trendi.

Kuvassa 27 on esimerkkitarkastelu kahden lämmönjakokeskuksen lämpimän käyttöveden lämpötilan trendihistoriasta, joista toisessa huomataan asetusten vastainen poikkeama lämpötilassa.

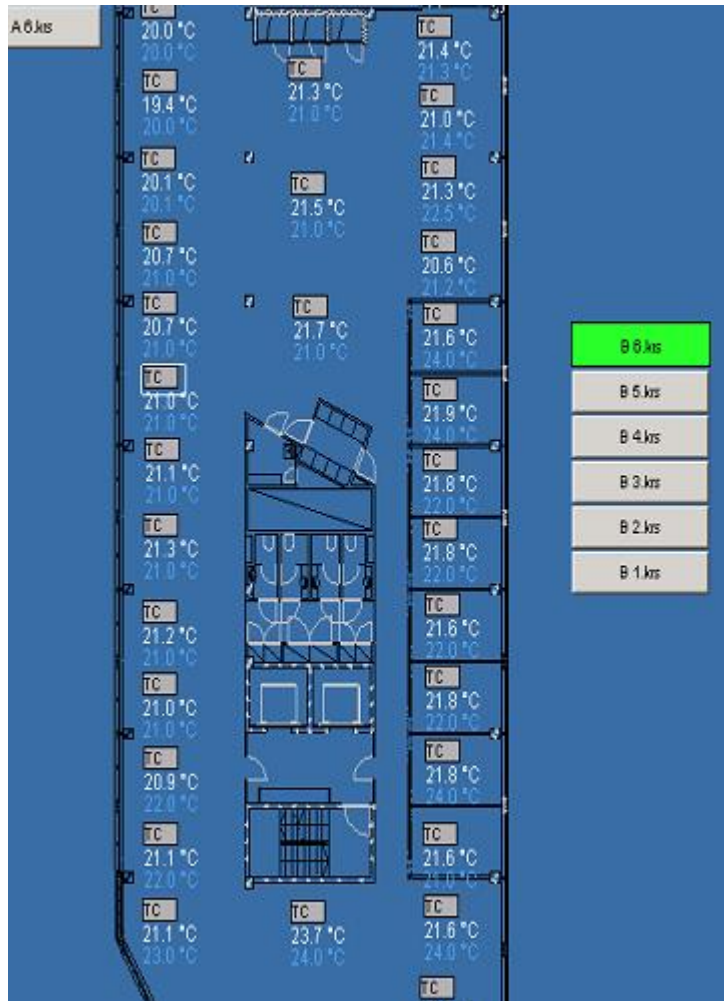


Kuva 27. Lämpimän käyttöveden lämpötilatrendin tarkastelu kahdesta lämmönjakokeskuksesta.



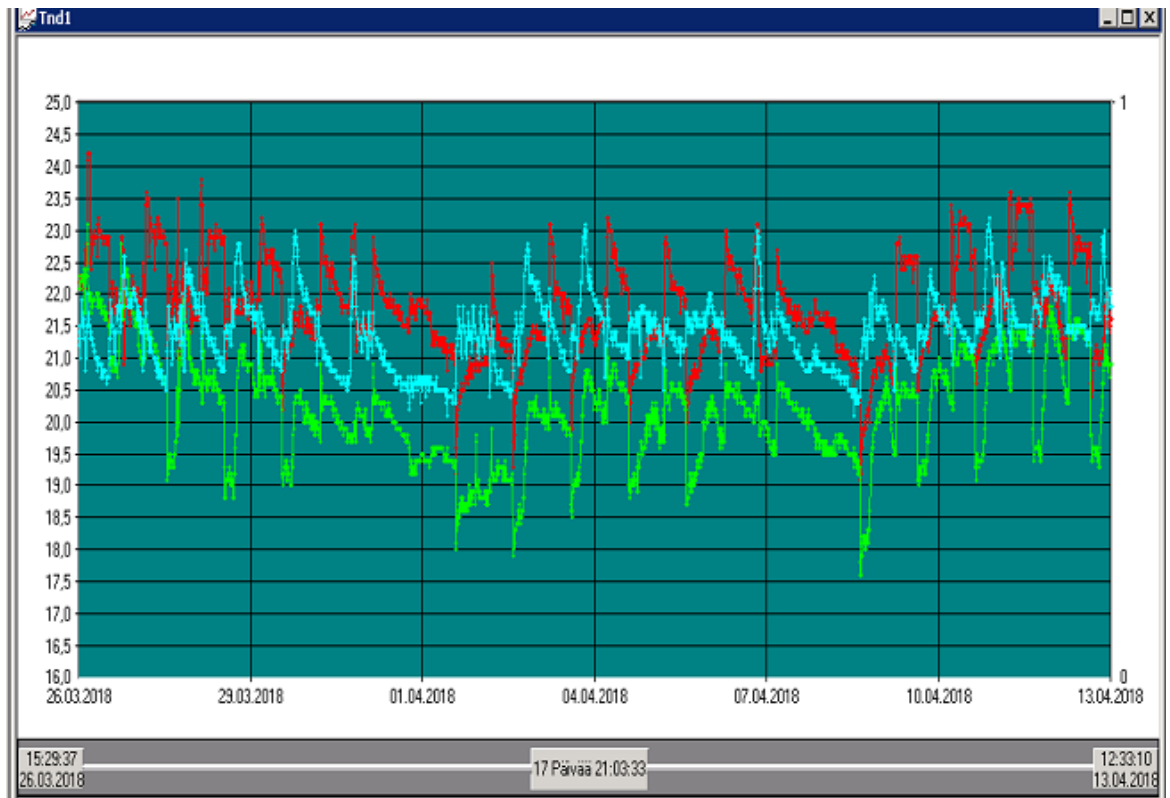
### 5.2.5 Huonesäätimet

Huonesäätimet esitetään grafiikkakuvassa yleensä pohjakuvatyylisesti, jotta niiden sijainti on helppo paikantaa. Huonesäädinjärjestelmän toiminnan kannalta on varmistaa säädön toiminta, saavuttaako huonelämpötila halutun asetusarvon ja kuinka nopeasti. Kuvassa 28 on esimerkki huonesäätimien pohjakuvasta, kuvasta näkyvät huonesäätimien asetusarvot sinisellä ja lämpötilan mittausrvo valkoisella.



Kuva 28. Huonesäätimien pohjakuva.

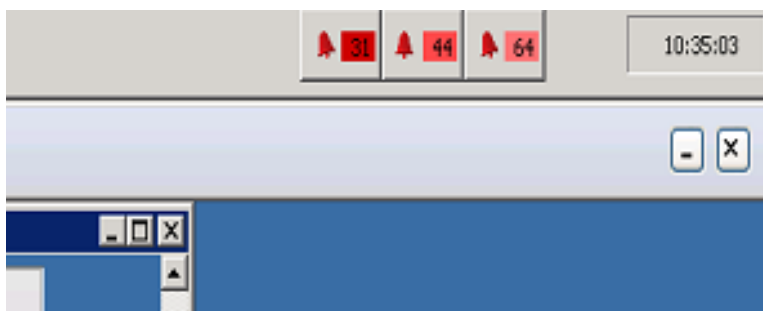
Huonesäätimien trendiseurannasta voidaan sisäilman olosuhteita tarkastella pidemmältä aikaväliltä. Kuvassa 29 on kolmen huonesäätimen trenditarkastelu 17 päivän ajalta.



Kuva 29. Huonesäätimien lämpötilan mittausarvon trenditarkastelu.

### 5.2.6 Hälytykset

Valvomojärjestelmissä aktiiviset hälytykset tyypillisesti näkyvät jatkuvasti valvomon näyttöllä. Desigo Insight-järjestelmässä aktiiviset hälytykset näkyvät käyttöliittymän oikeassa yläkulmassa kuvan 30 mukaisesti.



Kuva 30. Aktiiviset hälytykset.

Aktiivisten hälytysten lisäksi on kuitenkin tärkeää tarkastella hälytysten käsittelyn historiatietoja. Historiatietoja tarkastelemalla havaitaan ongelmalliset ja paljon hälyttävät pisteet ja nähdään, onko hälytyksiin reagoitu tarpeeksi hyvin. Hälytysten historiatietoja voidaan yleensä tarkastella tulostamalla järjestelmästä hälytysraportti. Hälytysraportti voi olla esimerkiksi kuvan 31 tyyppinen.

Tapahtumaryhmä	Päivämäärä/Kello...	Prioriteetti	Tapahtuma	Ilmoitus	Arvo	Käyttäjä
Hälytys	12.4.2018 14:41:18	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 14:36:02	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 14:10:31	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 14:06:20	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 14:02:18	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 14:00:51	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 14:00:16	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 14:00:09	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 13:59:05	Matala taso	Hälytys poistunut		0 %	
Hälytys	12.4.2018 13:59:05	Matala taso	Hälytys poistunut		0 %	
Hälytys	12.4.2018 13:25:23	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 13:22:20	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 12:16:00	Korkea tas	Hälytys vika		0 %	
Hälytys	12.4.2018 12:16:00	Korkea tas	Hälytys vika		0 %	
Hälytys	12.4.2018 12:15:50	Keskitaso	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 12:00:35	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 12:00:21	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 11:22:14	Matala taso	Hälytys poistunut		Normaali	
Hälytys	12.4.2018 11:22:08	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 11:15:28	Korkea tas	Hälytys tullut		Hälytys	
Hälytys	12.4.2018 11:06:47	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:47	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:47	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:47	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:46	Keskitaso	Hälytyksen kuittaus			PB
Hälytys	12.4.2018 11:06:27	Korkea tas	Hälytyksen kuittaus			PB

Kuva 31. Hälytysraportin esimerkki.

## 6 Tulokset

Kaikki 10 kohdetta tarkasteltiin samalla menetelmällä arviointityökalulla lukujen 4 ja 5 esimerkkien mukaisesti. Liitteessä 1 on esitetty taulukkomuodossa tarkastelun tulokset kohdekohtaisesti järjestelmän kokonaispisteytyksenä ja osajärjestelmien pisteytyksenä.

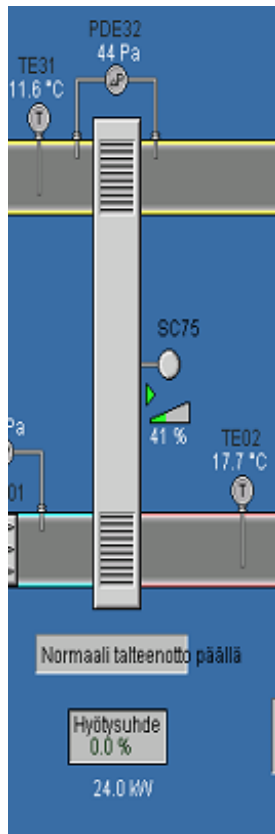
Grafiikkakuvien tarkastelussa suurimmat puutteet olivat kohteessa 3, jossa yli puolessa kuvista pistetiedot eivät toimineet kenttäväylän yhteysongelmien vuoksi. Kohteissa 1 ja 2 oli jonkin verran puutteita grafiikkakuvien toimivuudessa. Muissa seitsemässä kohteessa ei havaittu oleellisia puutteita grafiikkakuvissa.

Yhteysongelmia ilmeni haittaavassa määrin vain kahdessa kohteessa, kohteet 3 ja 5, joissa yhteys osaan alakeskuksista oli katkennut. Muissa kohteissa, joissa puutteita yhteyksissä havaittiin, syynä olivat sovellusvalvonnan häiriöt. Kahdessa ensimmäisessä kohteessa ei havaittu yhteysongelmia.

Tietoturvan kaikki puutteet liittyivät salasanojen vahvuusluokituksen täyttymiseen ja yhdessä kohteessa salasanan yhdenmukaisuuteen käyttäjätunnuksen kanssa. Kohteissa 5, 6, 7, 8 ja 9, jotka ovat osa samaa järjestelmää, ei havaittu ollenkaan tietoturvapuuhteita.

Huonesäätimiä arvioitiin kahdessa kohteessa, kohteessa 1 ja 10. Molemmissa kohteissa huonelämpötilalla oli vaikeuksia saavuttaa huonesäätimen asettamaa asetuservoa, kohteessa 10 ongelmia oli enemmän.

Ilmanvaihdon yleisimmät puutteet liittyivät LTO-järjestelmien liian alhaiseen hyötysuhteeseen tai hyötysuhdelaskennan toimimattomuuteen kuvan 32 esimerkin mukaisesti. Kohde 2 oli ainoa, jossa oli ongelmia vikatilassa olevien ilmanvaihtokoneen laitteiden kanssa. Puolesta kohteista ilmanvaihdon tila oli kuitenkin kohtuullisen hyvä, ja se näkyi myös pisteytyksessä yli 90 pisteen arvoina.



Kuva 32. Esimerkki LTO-hyötysuhdemittauksen toimimattomuudesta.

Lämmitysjärjestelmien yleisimmät puutteet olivat toisiopiirien säätöjen toimimattomuus, lämpimän käyttöveden säädön puutteet ja vikatilassa olevat laitteet. Kohteissa 2 ja 3 lämmitysjärjestelmien toiminta oli todella puutteellista useiden lämmönjakolaitteiden ollessa vikatilassa. Kohteissa 4 ja 7 oli myös vikatilassa olevia laitteita, mutta kokonaistilanne ei ollut niin heikko. Vain neljässä kohteessa lämmitysjärjestelmien toiminta oli riittävän hyvällä tasolla.

Hälytysten käsittelyssä ilmeni todella suuria eroja kohteiden kesken. Heikoiten pärjänneissä kohteissa oli useita aktiivisia vaara- ja vikahälytyksiä, kun taas parhaiten hoideuissa järjestelmissä hälytyksiä oli vähimmillään yksi vikahälytys. Hälytyksiin reagoinnissa ei ilmennyt niin suurta eroa kuin aktiivisten hälytysten määrässä ja laadussa.

Rakennusautomaatiojärjestelmän kokonaispisteityksessä kohteista kaksi sai arvosanaksi heikon tuloksen, kaksi tyydyttävän arvosanan ja loput kuusi kohdetta hyvän arvosanan.

## 7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää arviointityökalu rakennusautomaatiojärjestelmien arviointiin. Arviointityökalu kehittyi excel-pohjaiseksi tiedostoksi, jolla rakennusautomaatiojärjestelmän osa-alueita arvioidaan erikseen omilla työsiivuillaan. Työssä tarkasteltiin kymmenen kohteen järjestelmiä arviointityökalun avulla ja tarkastelun perusteella heikoudet järjestelmissä näkyvät selvästi pisteytyksessä. Työn tuloksena kehittyi tavoitteen mukainen arviointityökalu, jolla rakennusautomaatiojärjestelmien ja kiinteistöhuollon toimivuutta on mahdollista vertailla keskenään.

Suurin haaste arviointityökalun kehityksessä oli arvioinnin osien perustelu, vain tietoturvassa ja taloteknisissä järjestelmissä oli mahdollista suoraan viitata määräyksiin ja ohjeisiin arviointiperusteena. Rakennusautomaatiojärjestelmän muiden osien arviointi perustuukin pitkälti käyttäjäkoulutuksessa saamaani tietoon ja järjestelmien käyttökokeemukseen. Arvioinnin yhdenmukaisuus riippuu siitä, kuinka hyvin arvioija noudattaa arviointityökalun ohjeita. Arviointi on pyritty kehittämään mahdollisimman vähän tulkinnanvaraiseksi, jotta yhdenmukaisuus ja vertailukelpoisuus säilyy.

Kohteiden arviointitulosten tarkastelun perusteella arviointityökalun tuloksista selkeästi erottuvat puutteelliset järjestelmät, ja pisteytysrajat ovat pääsääntöisesti onnistuneet. Arvioinnin tuloksena huomataan järjestelmissä olevat oleelliset puutteet, jotta niihin voidaan esittää parannusehdotuksia. Järjestelmän kokonaispisteytys on kuvaava arvosana osajärjestelmien keskiarvoisesta toiminnasta. Arviointia kannattaa kuitenkin tarkastella osajärjestelmien arviointina, joka tuo puutekohdat ja kohteet selkeämmin esiin.

Rakennusautomaatiojärjestelmän toiminnan ollessa muuttuvaa järjestelmien arvioinnista tasaisin aikavälein saadaan tietoa siitä miten järjestelmän toiminta on muuttumassa. Järjestelmän muutoksien tunnistamisessa ajoissa voidaan välttyä vakavien järjestelmävikojen ja puutteiden kehittymiseltä, jos niiden kehitykseen puututaan tarpeeksi aikaisin.

Tietoturvaluutteet kohteissa ovat korjattavissa salasanojen päivityksellä vahvemmiksi ja sisällyttämällä rakennusautomaatiojärjestelmä organisaation tietoturvastrategiaan.

Grafiikkakuvien ja yhteyshäiriöiden kohteissa on syytä miettiä tarvetta tarkemmille tutkimuksille rakennusautomaatiojärjestelmän kunnosta ja korjaustarpeesta. Vialliset yhteydet estävät taloteknisten järjestelmien taloudellisen ja turvallisen toiminnan.

Taloteknisissä järjestelmissä suuria puutteita oli vain kahdessa kohteessa. Puutteiden ollessa kuitenkin niin suuria, että korjaustoimenpiteiden toteuttaminen mahdollisimman nopeasti on suositeltavaa. Järjestelmissä joissa, talotekniikan puutteet olivat lieviä, toimintaa olisi mahdollista kehittää järjestelmien optimoinnilla ja tasaisella seurannalla.

## Lähteet

- 1 Siemens Suomessa ja Baltiassa. Verkkoaineisto. Siemens Osakeyhtiö. <[http://www.siemens.fi/fi/siemens\\_osakeyhtio/siemens\\_suomessa\\_ja\\_baltiassa.htm](http://www.siemens.fi/fi/siemens_osakeyhtio/siemens_suomessa_ja_baltiassa.htm)>. Luettu 6.2.2018
- 2 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2012. ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 3 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2006. ST-käsikirja 21. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 4 Desigo automaatiojärjestelmän käyttäjäkoulutukset. 2017-2018. Siemens Oy.
- 5 Rakennusautomaatiolla hoidettavat tehtävät. 1987. KH10-00105. Rakennustieto Oy.
- 6 Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan automaatio. Kouvola: Penan tieto-opus Ky.
- 7 Rakennusautomaatiojärjestelmän kuntotutkimusohje. 2018. ST-Kortti 98.17. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 8 Rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen. 2017. ST-kortti 710.10. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Rakennusautomaation tietoturva. 2017. ST-kortti 710.02. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 10 Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. 2017. ST-käsikirja 22. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 11 Sisäilmastoluokitus 2008. 2009. RT 07-10946. Rakennustieto Oy.
- 12 Sundgren, Matti. 2012. Automaatiotekniikan perusteet. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 13 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D1. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 14 Rakennusten kaukolämmitys. 2013. Julkaisu K1. Helsinki: Energiateollisuus ry.
- 15 Harju, Pentti. 2006. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola: Penan tieto-opus Ky.
- 16 Rakennusten säätölaitteidenkäyttö ja huolto. 1994. LVI 49-10234. Rakennustieto.



- 17 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Ympäristöministeriön moniste 122. 2003. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 18 Rakennusten LVI-järjestelmien säätötekniikka. 1994. LVI 41-10233. Rakennustieto.
- 19 Kaukolämmön termit. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan Energia. <<https://www.vantaanenergia.fi/lampo/kaukolammon-termit/>>. Luettu 2.4.2018.
- 20 Kemialliset epäpuhtaudet. 2018. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys ry. <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuh-taudet>>. Luettu 2.4.2018.

## Kohteiden tarkastelun tulokset

Kohde	Grafiikkakuvat	Yhteydet	Tietoturva	Huone-säädöt	Ilmanvaihto	Lämmitys ja käytövesi	Hälytykset	Järjestelmän kokonaispisteitys
Kohde 1 (Ammattiopisto)	85	100	88	89	91	83	100	91
Kohde 2 (Kirjapaino)	72	100	88	Ei arviointia	81	59	53	75
Kohde 3 (Teollisuuslaitos)	43	72	88	Ei arviointia	89	64	82	73
Kohde 4 (Teollisuuslaitos)	90	94	75	Ei arviointia	88	78	98	87
Kohde 5 (Koulu)	90	83	100	Ei arviointia	95	97	99	94
Kohde 6 (Pelastuslaitos)	90	94	100	Ei arviointia	98	86	100	95
Kohde 7 (Päiväkoti)	90	94	100	Ei arviointia	98	78	96	93
Kohde 8 (Lukio)	90	94	100	Ei arviointia	98	92	98	95
Kohde 9 (Sairaala)	90	94	100	Ei arviointia	95	100	67	91
Kohde 10 (Toimistorakennus)	99	89	88	75	87	90	61	84