



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joni Hirvikallio

Rakennusautomaatiojärjestelmän etä- valvomo ja sen käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

27.4.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joni Hirvikallio Rakennusautomaatiojärjestelmän etävalvomo ja sen käyttöönotto 25 sivua 27.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	myyntipäällikkö Walteri Rantanen lehtori Kristian Junno
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin Fidelixin Pilvivalvomon käyttöönoton vaiheita sekä tutkittiin sen tietoturva. Työn tilaajana on Pilvivalvomon lanseeraaja Fidelix Oy. Työn tavoitteena oli luoda ohjeistus, jota Fidelixin projektinhoitajat voivat hyödyntää Pilvivalvomon markkinointiin ja käyttöönottoon rakennusautomaatiourakoinnissa.</p> <p>Pilvivalvomon tekniikkaa tutkittiin tuote-esitteistä ja Fidelixin työntekijöitä haastatteleamalla. Pilvivalvomon käyttöönottoon perehdyttiin aikaisempien rakennusautomaatiourakoihin pohjautuen. Käyttöönoton vaiheita kokeiltiin testikäyttöön tarkoitetulla Fidelixin keskusyksiköllä sekä ohjelmistolla.</p> <p>Tietoturvallisuutta tutkittiin IT-alan kirjallisuudesta sekä Pilvivalvomossa käytettävän Tosiboxin dokumentaatiosta sen VPN-tekniologiasta.</p> <p>Työn tuloksena selviää, että Pilvivalvomo on moderni ja helppokäyttöinen valvomoratkaisu, jonka Tosiboxiin pohjautuva VPN-suojattu tietoliikenne mahdollistaa erittäin vahvan suojauksen rakennusautomaatiojärjestelmiin. Pilvivalvomo tuo myös säästöjä ylläpitokustannuksiin sekä mahdollistaa data-pohjaisen optimoinnin rakennusautomaatiojärjestelmän säätöön.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, valvomo, pilvivalvomo, Fidelix

Author Title Number of Pages Date	Joni Hirvikallio Deploying Cloud-based Interface for Fidelix Building Automation System 25 pages 27 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Waltteri Rantanen, Sales Manager Kristian Junno, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis investigated the methods of deploying Fidelix Cloud Interface for building automation systems and its security. Thesis was made for Fidelix Oy. Works purpose was to create guidance for Project Managers in marketing and utilizing Fidelix Cloud Interface.</p> <p>The technology of Fidelix Cloud Interface was researched from data sheets and interviewing employees of Fidelix. Its deployment was researched from past building automation projects. Deployment was tested on Fidelix CPU and Fidelix programs.</p> <p>Security was researched from IT literature and Tosibox documentation whose VPN-technology is used in Fidelix Cloud Interface.</p> <p>As a result of this work, one can find Fidelix Cloud Interface a modern and easy to use interface for building automation control. Its Tosibox-based VPN protection enables very strong encryption for remote building automation control. Fidelix Cloud Interface also provides cost-efficient by decreasing management costs and provides an option to use data analysis in optimizing building automation control.</p>	
Keywords	Building automation, Fidelix Cloud Interface, Fidelix

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatio	2
2.1	Kenttätaso	3
2.2	Automaatiotaso	4
2.3	Hallintotaso	6
2.3.1	Paikallisvalvomoista pilvivalvomoihin	6
2.3.2	Pilvivalvomo ja sen komponentit	7
3	Tietoturvallinen etäyhteys	10
3.1	Miksi tietoturva kiinteistöissä on tärkeä?	10
3.2	Tietoturvallinen etäyhteysratkaisu Tosibox:illa	11
4	Pilvivalvomon käyttöönotto	13
4.1	Pilvivalvomon suunnittelu	13
4.2	Tarvittavat laitteet	14
4.3	Laitteiden käyttöönotto	16
4.4	Tarvittavat asetukset	17
5	Yhteenvedo	22
	Lähteet	24

Lyhenteet

AI	<i>Analog input.</i> Analoginen tulo.
AO	<i>Analog output.</i> Analoginen lähtö.
DI	<i>Digital input.</i> Digitaalinen tulo.
DIN-kisko	Standardoitu kiinnityskisko.
DO	<i>Digital output.</i> Digitaalinen lähtö.
FxEditor	Fidelixin ohjelmointiohjelmisto. Käytetään ala-asemien ja valvomoiden grafiikan luomiseen sekä ohjelmointiin.
I/O	<i>Input/Output.</i> Sisään- ja ulostulo.
IV	Ilmanvaihto.
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
PID	<i>Proportional-integral-derivative</i> -säädin.
Portaali	Fidelixin valvomo-ohjelmisto kirjautumispalvelu.
RA	Rakennusautomaatio.
SaaS	<i>Software as a service.</i> Ohjelmisto palveluna. Fidelixin Pilvivalvomo-ohjelmiston lisensointitapa.
VAK	Valvonta-alakeskus.
Valvomo	Rakennusautomaatiojärjestelmää valvova järjestelmä.
Webvision	Fidelixin valvomo-ohjelmisto.
VMware	Virtualisointiin erikoistunut ohjelmistoyritys. Sen teknologiaa hyödynnetään Pilvivalvomossa.
VPN	<i>Virtual Private Network.</i> Virtuaalinen erillisverkko.

1 Johdanto

Opinnäytetyössä käsitellään Fidelixin Pilvivalvomon käyttöönoton vaiheita ja käydään läpi sen rakennetta sekä etuja perinteiseen fyysiseen valvomotietokoneeseen verrattuna kiinteistöjen automatiikan hallinnassa. Työssä käsitellään rakennusautomaation etähallintaan liittyviä riskejä ja sitä, miten niitä ehkäistään Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmissä luomalla turvallisia yhteyksiä käyttäjän päätelaitteen ja rakennusautomaatiojärjestelmän välille hyödyntäen Tosibox-teknologiaa sekä yleisiä nykypäivän tietoturvallisuuden periaatteita. Pilvivalvomon käyttöönottoon tarvittavia ohjelmistoja ja niihin tarvittavia asetuksia on tarkoitus selventää käyttöönoton tueksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda dokumentti, jossa selvennetään Pilvivalvomon toimintaa ja joka helpottaa sen käyttöönottoa rakennusautomaatiourakoinnissa. Fidelixin projektinhoitajat voivat käyttää opinnäytetyötä oppaana Pilvivalvomon asetusten konfiguroinnissa.

Opinnäytetyön tilaajana on Fidelix Oy. Fidelix Oy on suomalainen rakennusautomaatioalan yritys, joka urakoi kiinteistöihin LVIS-toimintoja hallinnoivaa rakennusautomaatiojärjestelmiä. Fidelix Oy on alansa suurimpia toimijoita pohjoismaissa ja toimittaa valmistamiaan rakennusautomaatiolaitteistojen komponentteja ja ohjauslaitteita maailmanlaajuisesti. Yrityksen tuotekatalogiin kuuluu muun muassa keskusyksikköjä, I/O-moduuleja, valvomolaitteistoja ja huonesäätimiä.

2 Rakennusautomaatio

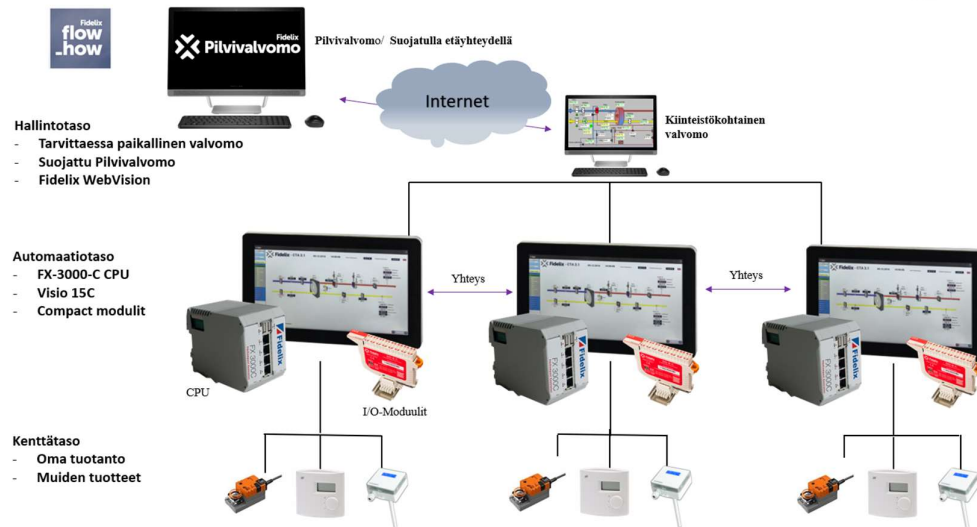
Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan järjestelmää, joka operoi ennalta määritellyin ehdoin rakennuksen LVIS-toimintoja (lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö) itsenäisesti sekä mahdollistaa näiden käsikäyttöisen ohjauksen keskitetysti. Tämä käsittää pääasiassa rakennuksen lämmityksen, vesiputkiston, ilmanvaihdon, kulunvalvonnan ja valaistuksen toiminnan valvonnan ja ohjaamisen. [1. s. 20–24.]

Kyseiset toiminnot ovat kiinteistön ylläpidossa tärkeitä optimoida sopivaksi, jotta rakennuksen olosuhteet, kuten lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja kosteuden määrä, ovat rakennuksen käyttötarkoitukseen sopivia. Rakennuksen ympäristö, kuten vallitsevat sääolosuhteet ja maaperä, luovat jatkuvaa tarvetta säätää LVIS-tekniikan toimintaa optimaalisen olotilan ylläpitämiseksi, mikä tekee käsisäätämisestä käytännössä mahdotonta. Samassa rakennuksessa voi myös olla erilaisia osia ja huoneita, joissa on jokaisessa erilaiset vaatimukset ja tarpeet olotilalle. [1. s. 20–24.]

Tämän vuoksi rakennusautomaatio on nykyisin lähes kaikessa rakennussuunnittelussa, niin uudis- kuin saneerauskohteissa, otettu osaksi rakentamista ja rakennuksen ylläpitoa. RA-järjestelmän (rakennusautomaatiojärjestelmän) käyttö mahdollistaa kiinteistönhuollon keskittämisen, nopeamman reagoinnin olosuhteiden muutokseen sekä vähentää mahdollisten LVIS-laitteiden virhetilanteiden aiheuttamia vaurioita, kun järjestelmä huolehtii rakennuksen päivittäisistä toiminnoista ja säätötarpeista itsenäisesti. [1. s. 20–24.]

RA-järjestelmä voidaan kuvata hierarkkisina tasoina, joka koostuu kenttä-, automaatio- ja hallintotasosta. Rakennusautomaatiojärjestelmät tasot ovat esitetty kuvassa 1. [1. s. 20–24.]

Automaatiojärjestelmän rakenne



Kuva 1. RA-järjestelmän rakenne havainnollistettuna Fidelixin automaatiojärjestelmällä. [2.]

2.1 Kenttätaso

Kenttätaso käsittää erilaiset kenttälaitteet. Tällaisia ovat muun muassa anturit ja lähetimet ja toimilaitteet sekä itsenäiset säätimet, kuten integroidut taajuusmuuttajat. Nämä mittaavat ja säätävät LVIS-laitteiden ja -putkistojen osista haluttuja suureita ja lähettävät saadun tuloksen signaalina VAK:iin (valvonta-alakeskus), jonka ohjelma analysoi vertaamalla sitä prosessin suunniteltuihin asetusarvoihin, palauttaen ohjaussignaalin toimilaitteille ohjelmallisen tavoitteen saavuttamiseksi. [1. s. 61.]

Kenttälaitteet kytketään VAK:iin instrumentointikaapeloinnilla tai langattomasti riippuen kenttälaitteen tyypistä ja toimintaperiaatteesta sekä käyttöjännitteestä. Yleisimpiä rakennusautomaatiossa käytettyjä instrumentointikaapeleita ovat

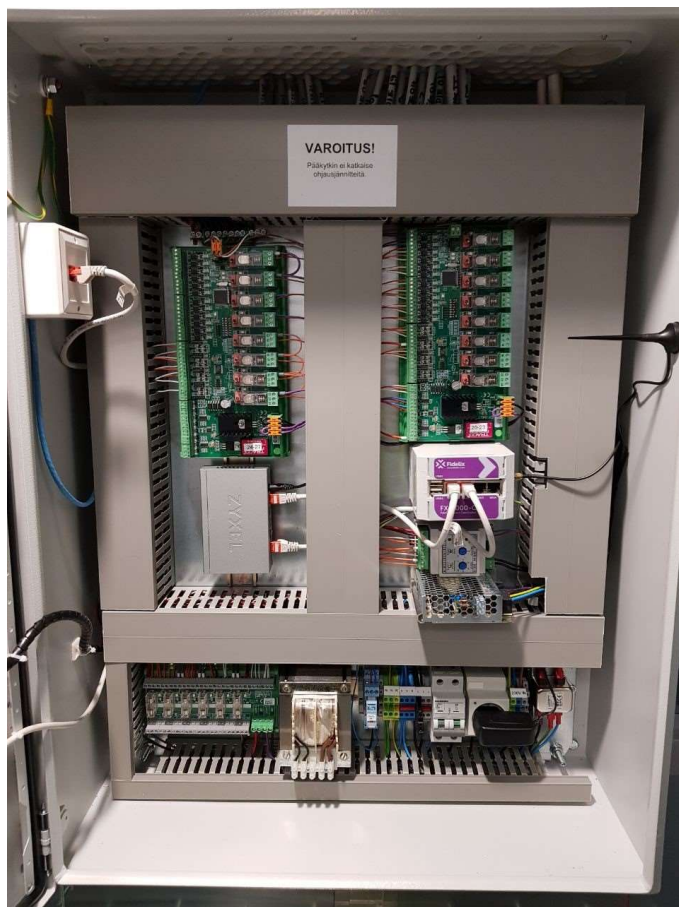
- NOMAK
- JAMAK
- KLMA
- MMO
- MMJ.

Instrumentointikaapeleita on erikokoisia, useita johdinpareja sisältäviä ja erilaisilla suo-
jauksilla varustettuina. Monijohtimisien kaapelien johdinparit erotellaan tyypillisesti nu-
meroimalla sekä värikoodauksella

Väyläpohjaiset kentälaitteet kaapeloidaan tyypillisesti häiriösuojatulla JAMAK-kaape-
lilla. Tyypillisiä väyläprotokollia ovat Modbus, Mbus ja Bacnet. [1. s. 103–104.]

2.2 Automaatiotaso

Automaatiotasolla tarkoitetaan VAK:iin ja siihen integroituja I/O-moduuleita (Input/Output
moduuleita). Kuvassa 2 on esitetty VAK-kaapin sisältö.



Kuva 2. VAK-kaapin sisältö Fidelix Classic-sarjan I/O-moduuleilla

Alakeskus kommunikoi tyypillisesti TCP/IP-protokollan (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) kautta joko kiinteästi Ethernet-kaapelilla tai langattomasti WLAN- (Wireless Local Area Network) tai 3G/4G-yhteydellä. [1. s. 60–61.]

I/O-pisteet ovat fyysisiä liityntäpisteitä, joihin kytkettyjen kenttälaitteiden antamaa dataa alakeskus tulkitsee ja ohjaa tämän perusteella ohjaus- tai jännitesignaaleja toimilaitteille alakeskuksen ohjelman mukaisesti.

I/O-pisteet jaotellaan DI- (Digital Input), DO- (Digital Output), AI- (Analog Input) ja AO- (Analog Output) pisteisiin. DI-pisteet ovat binäärimuotoisia, arvoltaan 0 tai 1, joten niitä käytetään tyypillisesti kosketintietoon perustuvissa hälytys- ja tilatietoindikoinneissa. DO-pisteet ovat niin ikään binäärimuotoisia ohjaussignaaleja, joilla ohjataan relepohjaisia toimilaitteita ja kontaktoreita. Nämä voivat olla 24 V:n tai 230 V:n jännitteellä toimivia. AI-pisteet ovat erilaisia mittaustietoja varten, jotka toimivat joko vastus (NTC – Negative Temperature Coefficient tai PTC - Positive Temperature Coefficient) tai jännitepohjaisia (0 – 10 V) ja joskus harvoin virtapohjaisia (4 – 20 mA). Yleisin mitattava suure rakennusautomaatiossa on lämpötila ja paine. AO-pisteet ohjaavat portaattomalla jänniteviestillä toimivia toimilaitteita, kuten venttiilien tai peltien avaamaa. Alakeskus laskee esimerkiksi PID-säädöllä halutun aukeamaan vaadittavan jännitearvon (esim. 0 – 10 V) ja lähettää sen toimilaitteelle. [1. s. 72–74.] Kuvassa 3 on esitetty Fidelix Compact-sarjan I/O-moduuleita.



Kuva 3. Fidelix Compact sarjan I/O-moduulit. [1. s. 75.]

2.3 Hallintotaso

Hallintotaso käsittää valvomon. Kyseessä on käyttöliittymä, jolla RA-järjestelmän käyttäjä, esimerkiksi kiinteistönhoitaja, voi seurata ja ohjata automaatiojärjestelmän toimintaa.

RA-järjestelmän kannalta oleellinen osa valvomon toimintaa ovat erilaisten hälytysten hallinnointi, jotka ilmoittavat kiinteistöä ylläpitävälle taholle LVIS-laitteiston vika- ja häiriötilanteista. Pahimmillaan häiriötilanne voi johtaa mittaviin vahinkoihin kiinteistössä, jonka korjauttaminen voi olla kallista. [1. s. 59–60.]

Valvomon toiminta ei kuitenkaan rajoitu RA-järjestelmän tarkkailuun. Valvomolla voidaan kerätä käyttödataa järjestelmän toiminnasta sekä kiinteistön kulutuksesta. Tätä analysoimalla voidaan automaatiikkaan tehdä säätöjä, jotka parantavat rakennuksen energiatehokkuutta ja sisäolosuhteiden laatua. [3. s. 9–10.]

Valvomon kommunikaatio perustuu Ethernet-väylään, joka linkitetään yleensä kiinteistön omaan LAN-verkkoon (Local Area Network).

2.3.1 Paikallisvalvomoista pilvivalvomoihin

Valvomo on yksinkertaisimmillaan PC-laitteisto, joka kytketään RA-järjestelmään väyläkaapelilla. Tätä kutsutaan paikallisvalvomoksi. Ratkaisu on ollut yleinen RA-järjestelmien valvomoiden toteutuksessa. Tämän ongelmana kuitenkin on muun muassa valvomolaitteiston elinkaaresta johtuva ylläpidon tarve, johon kuuluu laitteiston varmuuskopioiminen, päivittäminen ja ajoittain myös uusiminen. RA-järjestelmän hallinnointitarpeen satuessa on siirryttävä valvomo-PC:n luokse, mikäli minkäänlaista etähallintaratkaisua ei ole käytävissä.

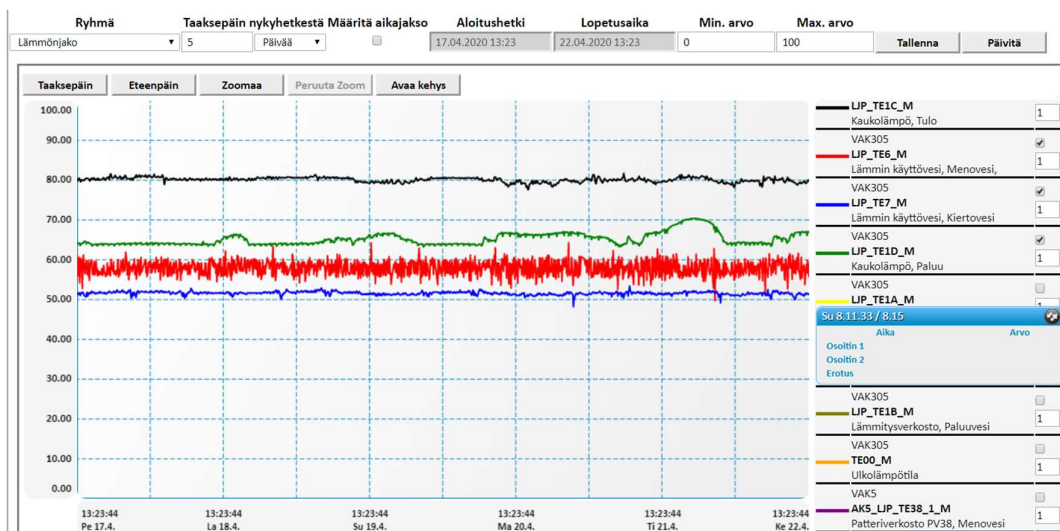
Valvomoita voidaan myös keskittää siten, että usean rakennuksen RA-järjestelmää valvotaan samasta paikasta esimerkiksi huoltoyhtiön toimesta niin kutsutussa keskusvalvomossa. Valvomopalveluiden tarjoajat voivat myös mahdollistaa etävalvomon käytön, jolloin VAK:iin saadaan etäyhteys erillisen verkkoportaalin kautta mistä tahansa verkkoon kytketystä laitteesta. [1. s. 66.]

Erilaisten pilvipalveluiden yleistyessä myös rakennusautomaatiossa on tuotu markkinoille pilvipohjaisia ratkaisuja RA-järjestelmien valvomoiksi. Fidelixin lanseeraama Pilvi-valvomo tarjoaa tällaista ratkaisua. Kiinteä valvomo korvataan kokonaan pilvipohjaisella järjestelmällä, jota Fidelix ylläpitää. Tällöin RA-hallinnointia voidaan suorittaa suojatulla etäyhteydellä paikasta riippumatta, eikä valvomolaitteiston vikatilanteita pääse syntymään. [4.]

2.3.2 Pilvi-valvomo ja sen komponentit

Fidelixin Pilvi-valvomo on SaaS-tyyppinen (Software as a service) palvelu, jossa Fidelixin valvomo-ohjelmisto webVision sekä siihen liittyvät alaohjelmat ja tietokannat ovat pilvipalveluun tallennettuna. Asiakas hankkii Fidelixiltä sovelluksen rakennusautomaation hallinnointiin, jota tämä voi käyttää omilla, olemassa olevilla laitteilla ilman erillistä investointia valvomolaitteistoon. [5. s. 21–22.]

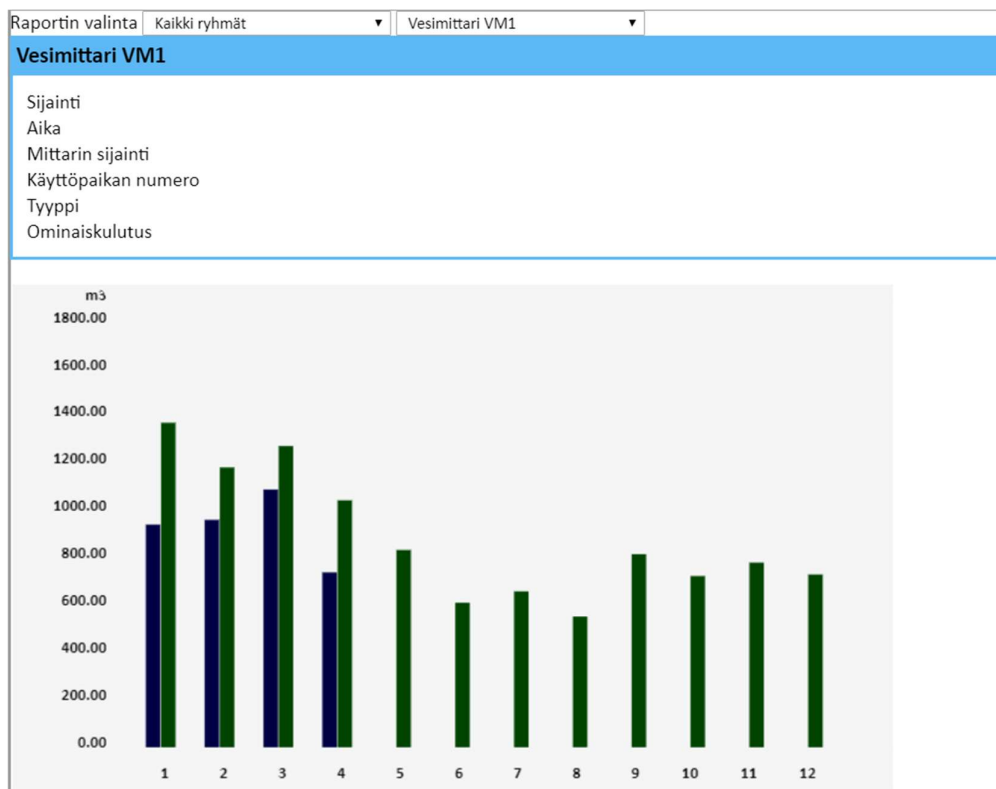
Pilvi-valvomo koostuu valvomo-ohjelmistosta nimeltään Fidelix webVision, jossa graafisen käyttöliittymän avulla nähdään rakennusautomaatiikan toimintaa koostetusti. Valvomo-ohjelmisto yhdistää eri ala-asemilta saadut tiedot samaan paikkaan, jolloin niistä voidaan koostaa erilaisia trendikäyriä (kuva 4) ja kulutusseurantaa (kuva 5) sekä valvoa ala-asemien hälytyksiä ja luoda näistä historiatietoja. Ohjelmiston toiminnan kannalta olennaisia alaohjelmia ovat SQL-tietokanta (Structured Query Language), johon tallennetaan valvomojärjestelmän historia- ja trenditiedot sekä verkkoyhteyksiä ja taustaohjelma-toimintaa hallinnoiva FdxOnline. Näitä alaohjelmia ei RA-järjestelmän käyttäjän tarvitse tuntea tai hallinnoida millään tavalla. [6.]



Kuva 4. Lämmönjakopaketin lämpötilamittauksista muodostettua trendikäyrää valvomossa.

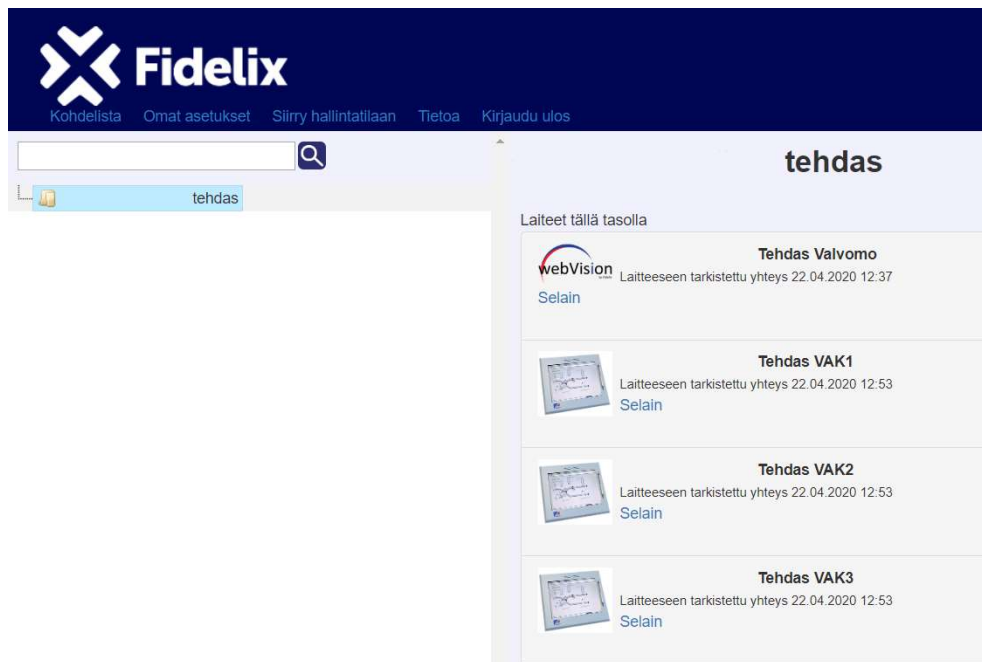
Trendikäyrien tarkoituksena on muodostaa halutuista tiedoista vertailtavaa tietoa. Tällä voidaan seurata RA-järjestelmän toimintaa esimerkiksi vertailemalla kaukolämpöpaketin lämpömittarien dataa pumppuihin ja venttiileihin, joita ohjataan mittauksien perusteella. Näin saadaan varmistettua ja paikallistettua mahdollisia ongelmatilanteita RA-järjestelmästä. [3. s. 63–64.]

Kulutustiedoilla voidaan taas verrata halutuilla aikajaksoilla kiinteistön energian- ja vedenkulutusta, joita tutkimalla voidaan havaita mahdollisia tarpeettoman energian ja veden käyttöä. Tieto on olennainen, jos halutaan pitää kiinteistö energiatehokkaana. Tämä on tärkeää paitsi taloudellisuuden, myös lainsäädännön asettamien vaatimusten takia. [3. s. 70–71.]



Kuva 5. Vesimittarin mittaustuloksista muodostettua kulutusseurantaa esitettyinä pylväsdiagrammeina valvomossa.

Loppukäyttäjä pääsee käyttämään Pilvivalvomoa tunnistautumalla Fidelixin Portaali-palveluun omilla käyttäjätunnuksillaan. Portaali koostaa listan ala-aseamista ja valvomoista, joihin hänellä on pääsyoikeudet. Portaalia käytetään modernilla verkkoselaimella ja se muodostaa automaattisesti yhteyden valittuun valvomoon. [6.] Kuvassa 6 on esitettyä Portaalin käyttäjänäkymä, jossa listataan käyttäjälle myönnettyjen käyttöoikeuksien mukaiset ala-asemat ja valvomo.



Kuva 6. Käyttäjän näkymä Portaalissa kirjautumisen jälkeen.

3 Tietoturvallinen etäyhteys

3.1 Miksi tietoturva kiinteistöissä on tärkeä?

RA-järjestelmän kytkeminen internetiin mahdollistaa etäohjauksen, mutta tähän liittyy riskejä, mikäli etähallinnoinnin tietoturvaa ei ole suunniteltu huolella. Asiaa voi verrata oven lukitsematta jättämiseen: kellä tahansa on pääsy järjestelmään, joka mahdollistaa erilaiset haitalliset väärinkäytökset. Pahimmassa tapauksessa järjestelmän hallinta menetetään kokonaan ja tämän seurauksena rakennukseen syntyy fyysisiä vaurioita. [1. s. 114.]

Kyseinen uhka toteutui esimerkiksi Lappeenrannassa marraskuussa 2016, kun asuin-kiinteistöjen RA-järjestelmiin kohdistui palvelunestohyökkäyksiä. Hyökkäyksen tavoitteena on tukkia kohde luomalla useita perättäisiä yhteyksiä kohteeseen, jonka seurauksena kohteen kapasiteetti täytyy ja kohteen laitteisto jumittuu, lakaten vastaamasta ohjaukseen. Hyökkäys aiheutti kiinteistössä lämmitysjärjestelmien toiminnan ja etäohjauksen lakkaamisen. Tapauksen tutkinnassa todettiin, ettei hyökkäys ollut kohdennettu

vaan osa laajempaa hyökkäysten kokonaisuutta, jossa hyödynnettiin RA-järjestelmässä käytetyn ohjelmistojen haavoittuvuuksista. [7.]

Vastaavanlaisten uhkien riski kasvaa, kun rakennusautomaatiota digitalisoidaan ja kytetään verkkoon kasvavissa määrin. [3. s. 117.] Uhkien torjunta on olennainen osa RA-järjestelmän käyttäjälle ja hankkijalle antamaa luottamusta, joten siihen panostaminen järjestelmätoimittajan puolesta on tärkeää jo asiakastyytyväisyyden takia.

Tämän päivän asianmukaiseen rakennusautomaation tietoturvaan kuuluu muun muassa käyttöoikeuksien hallinta, jolloin rajataan pääsy RA-järjestelmään ja sen tiettyihin toimintoihin vain halutuille käyttäjille. Muita hyviä käytäntöjä ovat vahvat salasanat, valvomietokoneiden käytön rajoitus vain RA-järjestelmän hallintaan ja tietokoneen tai 4G-verkko-yhteyden mukana tulleiden, tarpeettomien toimintojen ja palveluiden poistaminen käytöstä. Valvomon tietokoneisiin on myös syytä pitää ajan tasalla pysyvää haittaohjelmien torjuntaohjelmistoa. [3. s. 121–124.]

Myös käytettävän ohjelmiston ja käyttöjärjestelmien päivittäminen on oleellinen osa tietoturvaa, sillä päivitykset korjaavat käyttöönoton jälkeen havaittuja tietoturva-aukkoja. [3. s. 125.]

Tietoturvaa suunnitellessa ei tule keskittyä ainoastaan uhkien torjumiseen vaan on mietittävä myös, miten toimitaan uhan toteuduttua. Mikäli RA-järjestelmän tiedot menetetään, on syytä olla kattavat varmuuskopiot niin RA- kuin valvomojärjestelmistä, jolloin kiinteistön LVIS-ohjaus saadaan palautettua nopeasti normaalitilaan. [3. s. 125.]

3.2 Tietoturvallinen etäyhteysratkaisu Tosibox:illa

Fidelix käyttää Tosiboxia tietoturvallisen yhteyden muodostamiseksi RA-järjestelmien etäohjaukseen. Tosibox on samannimisen yrityksen tuoteperhe, jolla voidaan kahden laitteen välillä ottaa salattu VPN-yhteys (Virtual Private Network). Tosiboxin tekniikka perustuu etähallittavan laitteeseen yhdistetyn erikoismodeemin, Tosibox Lukko, ja etähallintaa suorittavan laitteen kytketyn salausavaimen, Tosibox Avaimen, väliseen VPN-tunneliprotokollaan. Kyseessä on päästä-päähän (end-to-end) -muotoinen salaus, jolloin

kukaan ulkopuolinen ei pääse salatun tietoliikenteen sisältöön, mukaan lukien palveluntarjoaja Tosibox itse. [8.]

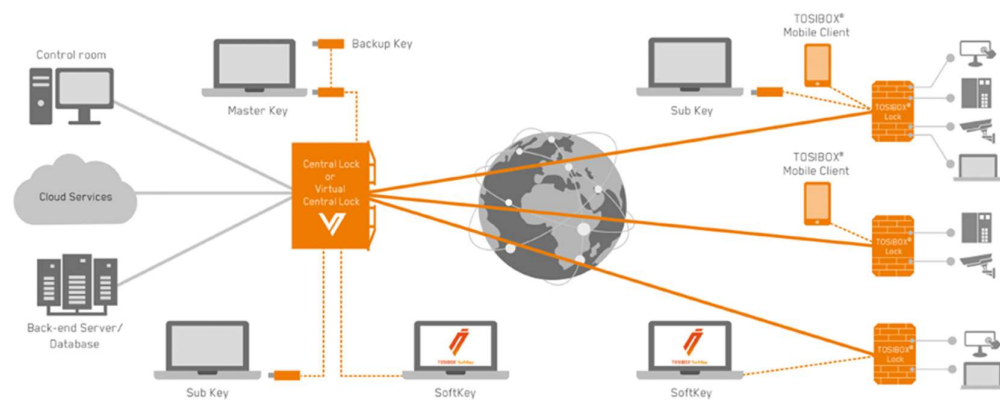
Tosibox Avain on fyysinen USB-tikku, joka paritetaan Lukkoon liittämällä se Lukon USB-porttiin. Tässä parituksessa Avain ja Lukko vaihtavat toistensa julkisen salausavaimen ja sen varmenteen, jolloin salattu yhteys voidaan muodostaa vain kyseisellä Avaimella. Kuvassa 7 on esitettyä Tosiboxin tuotekatalogin fyysisitä laitteistoa. [8.]



Kuva 7. Tosiboxin fyysiset tuotteet: vasemmalla keskuslukko (Central Lock), oikealla ylhäällä erikokoisia Lukkoja sekä alhaalla Avain. [9.]

Tosiboxin käyttäjävarmennus perustuu internetissä yleistyneeseen julkisen avaimen salausmekaniikkaan, jossa haluttu tieto salataan yksityisellä avaimella ja salauksen purkaus tapahtuu erillisellä, julkisella avaimella. [8.]

Fidelixin kohteissa käytetään etävalvomo-ratkaisuissa Fidelixin oman palvelimen kautta kulkevaa Tosibox Keskuslukkoa (Central Lock), joka toimii varmenteena kuten fyysinen Avain. Asiakkaan tunnistauduttua Fidelixin Portaali-palveluun, Keskuslukon käyttäjätunnistuksen kautta muodostetaan Tosiboxin VPN-yhteys kohteen alakeskuksen Lukkoon. [10.] Kuvassa 8 on esitetty Tosibox-verkon topologia.



Kuva 8. Tosiboxin topologia: yhteys voidaan muodostaa suoraan Lukkoon tai välityspalvelunkautta Keskuslukolla. [11.]

4 Pilvivalvomon käyttöönotto

4.1 Pilvivalvomon suunnittelu

Olennessa osa Pilvivalvomon toteutuksessa RA-urakoinnissa on internetyhteyden asianmukainen konfigurointi VAK:eihin, jotta yhteys olisi ylipäättään mahdollinen, mutta myös tietoturvallisesti toteutettu. Internetyhteyden hankkii yleensä asiakas itse, sillä tämän päivän rakennuksissa on huomioitu internetyhteyksien tarve ja rakennuksesta löytyy tarvittava kaapelointi jo valmiiksi. Tarvittaessa Fidelix voi tarjota esimerkiksi saneerauskohteeseen ala-asemiin soveltuvaa 4G-yhteyttä internetyhteyttä varten. [10.]

RA-urakoinnissa kartoitetaan tarvittavien automatiikkalaitteiden määrä, jotta alakeskusten määrä ja Pilvivalvomoon tarvittava kapasiteetti saadaan mitoitettua tarvittavan suuressi. Fidelixin Pilvivalvomo-järjestelmässä ei ole suoraa rajoituksia hallittavien laitteiden ja alakeskusten määrälle, mutta kapasiteettitarpeen kasvaessa tarpeeksi suureksi vaaditaan palvelinpuolella hienosäätöä toimivuuden varmistamiseen. [6.]

4.2 Tarvittavat laitteet

Pilvivalvomo on suoraan yhteydessä kohteen ala-asemiin, joten ainoita urakassa tarvittavia laitteita VAK:issa on itse ala-asemayksikkö sekä siihen liitettävät moduulit.

Fidelixin ala-asemissa käytetään keskusyksikönä FX-3000-C -ohjausyksikköä, joka on esitettyä kuvassa 9. Keskusyksikkö asennetaan alakeskuskaappiin DIN-kiskoon yhdessä haluttujen I/O-moduulien kanssa. Moduulien ja keskusyksikön välinen kommunikointi tapahtuu Modbus-väyläteknikalla. Keskusyksikköön voi kytkeä myös erilaisia väyläteknikoita tukevia laitteita. [12.]



Kuva 9. Fidelix FX-3000-C keskusyksikkö. [13.]

Vaihtoehtoisena VAK-ratkaisuna Fidelixin tuotevalikoimassa on tarjolla integroitu keskusyksikkö FX-Spider (kuva 10). Keskusyksikössä on samat ominaisuudet kuin FX-3000-C -sarjan keskusyksikössä, mutta kyseessä on valmis kokonaisuus sisältäen pienikokoisen kaapin, kosketusnäytön aseman hallintaan sekä 40 I/O-pistettä. FX-Spider

on tarkoitettu pienempiin rakennusautomaatiokokonaisuuksiin, joissa ei ole tarvetta tai tilaa täysikokoiselle VAK:ille. [14.]



Kuva 10. FX-Spider integroitu keskusyksikkö näytöllä ja koteloinnilla. [13.]

Sekä FX-3000-C:ssä, että FX-Spiderissa on Tosibox Readiness -toiminto, joka integroi Tosibox Lukko -toiminnot laitteeseen suoraan. Tällöin VAK:eissa ei tarvita erillistä Tosibox Lukko -laitteistoa etäyhteyksiä varten, mikä helpottaa Pilvivalvomon käyttöönottoa niin saneeraus- kuin uudisrakennuksissa. Tämä mahdollistaa Pilvivalvomon käyttöönoton myös jälkikäteen ilman asennustöitä. [15.]

4.3 Laitteiden käyttöönotto

Pilvalvomo luodaan Fidelixin IT-osaston toimesta VMwaren virtualisointitekniikalla virtuaalisena PC:nä, jonka käyttöjärjestelmänä toimii Windows Server 2016. Tähän virtuaaliseen valvomo-PC:hen asennetaan valvomo-ohjelmisto ja sen komponentit sekä aliohjelmat.

Virtuaaliseen PC:hen konfiguroidaan verkkoreititykset ja verkkoasetukset ja lisätään halutut käyttäjätunnukset. Virtuaali-PC:n sisältämä palvelin lisätään Portaaliin ja käyttäjätunnukset yhdistetään halutuille käyttäjille pääsy palvelimelle. [16.]

Ala-aseman sisäänrakennettu Tosibox Readiness -yhteys aktivoidaan keskusyksikön asetuksista kohdasta Aktivoinnit. Asetuksista saatu tuotekoodi syötetään Fidelixin tuoteaktivoitintijärjestelmään, josta saatu aktivointiavain syötetään ala-aseman asetuksiin. Kuvassa 11 on esitetty ala-aseman aktivointisivu onnistuneen aktivoinnin jälkeen. [17.]

Hälytykset

Asetukset ▼

Aktivoinnit ▼

Suomi
English
Swedish
Dutch
French
Russian
German
Italian

Korjaa

Ominaisuuksien aktivointi

Fx perusohjelmisto
Tuotekoodi F-735e-7386-abf1-dc98-f7dc-a3e2
Aktivointiavain Tuoteaktivointi Ok

INU I/O moduulit
Tarpeellinen vain kun ala-asemaan on liitetty INU I/O moduleita.
Tuotekoodi N-163b-16e3-ce94-b9fd-92b3-cf87
Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

EcoSmart energian säästö
Tuotekoodi A-cce1-cc39-144e-6327-4869-685d
Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

Bacnet Toiminnallisuus
Tuotekoodi B-1a37-1aef-c298-b5f1-9ebf-eb8b
Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

Sisäinen Tosibox
Tuotekoodi T-624f-6297-bae0-cd89-e6c7-4df3
Aktivointiavain Tuoteaktivointi Ok

Kuva 11. Ala-aseman Aktivointi-asetuksista aktivoitu Tosibox Readiness -yhteys.

Aktivointi avaa ala-aseman asetuksiin Tosibox-vaihtoehdon, jossa itse yhteys muodostetaan. Asetussivulle lisätään Tosibox-aktivointikoodi, joka saadaan Fidelixin toimesta. Keskusyksikön Tosibox-yhteys sarjoitetaan Fidelixin Keskuslukkoon painamalla Aloita etäsarjoitus. Ala-asema antaa koodin, joka lähetetään Fidelixin IT-palveluihin, joka viimeistelee sarjoituksen. Kuvassa 12 on esitetty Tosibox-asetussivu, kun yhteys on toiminnassa ja sarjoitus on suoritettu. [16.]

TOSIBOX® Readiness

Aktivointikoodi:	<input type="text" value="XXXXXXXXXXXX"/>
Versio:	1.0.2
Aktivoitu:	Yes
Käynnissä:	Yes
Internet yhteys:	Yes
MAC:	123456789ABC
Sarjoitetut avaimet:	Key 12345 (token-12345)
<input type="button" value="Unohda avaimet"/>	
Yhteydet:	-
Ominaisuudet:	-
Verkkomuunnos -osoite:	<input type="text" value="XXXXXXXXXXXX"/>

Kuva 12. Onnistuneesti aktivoitu Tosibox-yhteys ala-aseman asetuksissa. [18.]

4.4 Tarvittavat asetukset

Asetustiedosto, josta valvomo-ohjelmiston ala-asemiin liittyviä asetuksia voi muokata, on nimeltään stations.dat. Tiedostoon määritetään valvomon ja ala-asemien kommunikation perusasetukset kuten pistetietojen määritykset, ala-asemien tiedot ja yhteysvirhetilanteen toiminnot. [6.] Stations.dat -tiedoston perusasetuksista muokataan taulukon 1 asetuksia.

Taulukko 1. *Stations.dat* -tiedoston yleiset asetukset. [19. s. 7–8.]

Asetuksen nimi	Asetuksen toiminto
DEBUGMODE	Asettaa valvomon testitilaan, jos arvo on 1.
TAGNAMEMODE	Pisteiden nimiformaatti, uusimmassa versiossa käytetään vaihtoehtoa STATION.POINTNAME eli alaseaman nimi ja asemassa esiintyvä pistenimi eroteltuna pisteellä. Tällöin valvomossa esiintyvä pistenimi on esimerkiksi KOHDE_VAK1.DEMO_201_TE31_M.
COMMONALARMNAME	Nimi tiedonsiirtovirheen hälytyspisteelle. Sen maksimipituus voi olla 30 merkkiä ja ääkköset ovat kiellettyjä.
COMMONALARMSENSITIVITY	Määrittelee, kuinka monta yhteysvirhettä tarvitaan tiedonsiirtovirheen laukaisemiseksi. Sopiva arvo on 10, jolloin hälytys ei laukea herkästi heikommilla yhteyksillä taikka liian myöhään.
COMMONALARMTEXTGROUP	Tiedonsiirtovirheen hälytysryhmä. Pisteryhmä määrittelee erilaisten hälytyksen luokan ja prioriteetin toimenpiteiden kriittisyyttä varten.
COMMONALARMEMAIL	Sähköpostiosoite, johon tiedonsiirtovirheet lähetetään.
SESSOINTIMEOUT	Aika, jonka jälkeen käyttämättömänä ollut selainistunto suljetaan ja käyttäjä kirjataan automaattisesti ulos valvomosta.
MAXPOINTS	Valvomossa esiintyvien pisteiden maksimilukumäärä, joista voidaan tietoa tallentaa.
AUTOMATICBACKUP	Arvolla YES ottaa kaikista ala-asemista varmuuskopiot valvomoon.
FULLBACKUPDAYS	Koko ala-aseman varmuuskopiointin aikaväli päivissä.
MAXFULLBACKUPS	Koko ala-asemasta otettujen vanhojen varmuuskopioiden maksimilukumäärä.
DATABACKUPDAYS	Ala-aseman Data-kansion varmuuskopiointin aikaväli päivissä. Data-kansio sisältää aseman ohjelmat, pistetietokannan, käyttäjä- ja moduulitiedot sekä muut RA-järjestelmän asetukset.
MAXDATABACKUPS	Säilytettävien vanhojen Data-kansion varmuuskopioiden maksimilukumäärä.

Ala-asetat yhdistetään valvomo-ohjelmistoon lisäämällä kullekin ala-asemalle varatut IP-osoitteet ja yhdysportit valvomo-ohjelmiston asetuksiin. Ala-asema lisätään valitsemalla *Add Substation* ja syöttämällä ala-aseman tiedot taulukon 2 mukaisesti.

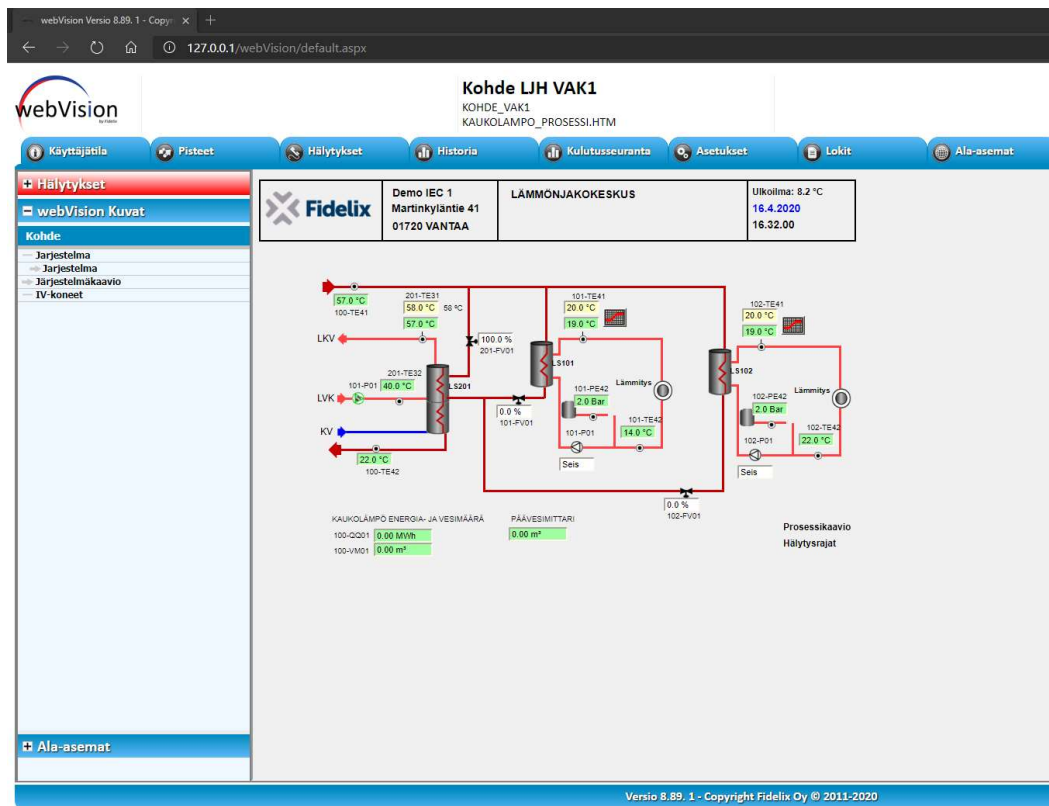
Taulukko 2. *Stations.dat* -tiedoston ala-aseman asetukset. [19. s. 8–9.]

Asetuksen nimi	Asetuksen toiminto
FRIENDLYNAME	Ala-aseman nimi valvomonäkymässä.
IPADDRESS	Ala-aseman IP-osoite paikallisverkossa.
WEBPORT	Ala-aseman TCP-portti. Oletuksena 80.
WEBVISIONPORT	Valvomon ja ala-aseman kommunikointiin käytettävä TCP-portti. Oletuksena 1235.
SHOWCALENDAR	Synkronoi ala-aseman kalenterin valvomoon.
FDX_AUTHENTICATION_KEY	Ala-aseman autentikointiavain.
AUTOMATICBACKUP	Varmuuskopioi ala-asetat valvomoon.

Vastaavasti ala-asettien palomuuriasetuksiin lisätään valvomon IP-osoitetiedot ja rajataan IP-avaruuden muut osoitteet pois käytöstä. Ala-asettien järjestelmäasetuksista kopioidaan valvomo-ohjelmiston asetuksiin myös autentikointiavain, jolla varmennetaan halutun aseman olevan oikea ja yhteyden toimivan normaalisti. [6.]

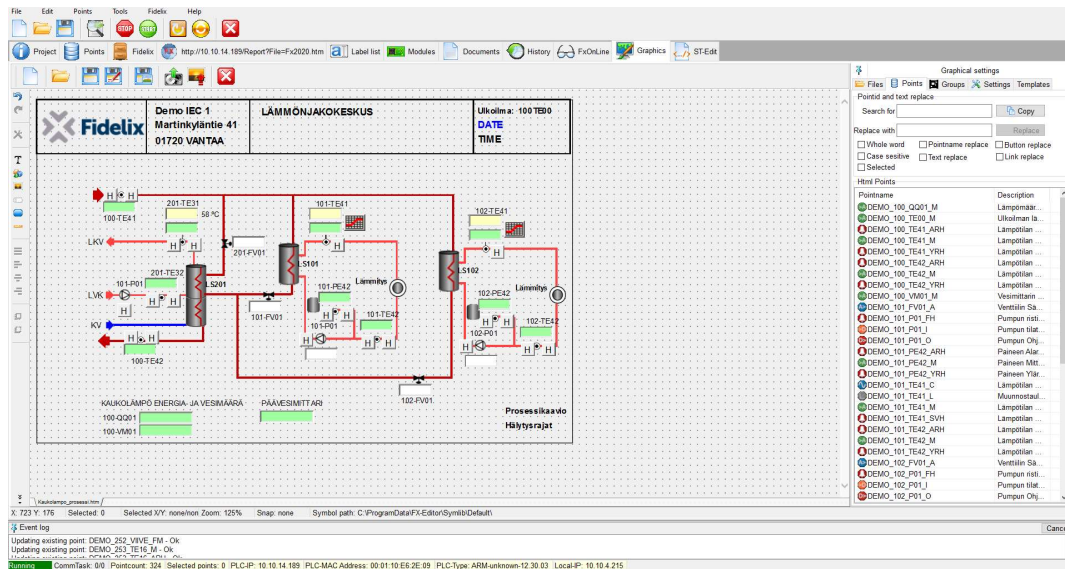
Valvomo-ohjelmiston asetuksista lisätään automaattinen varmuuskopiointi ala-asetista, jolloin valvomo-ohjelmisto varmuuskopioi ala-asettien grafiikkakuvat, ohjelmakoodin, moduulitiedot ja asetukset valvomoon. [6.]

Valvomo-ohjelmistoon lisätään grafiikkakuvat, joista ilmenee ala-asettien sekä niihin kytkettyjen prosessien toiminta, kenttälaitteiden tilatiedot, hälytykset ja mittausarvot reaaliaikaisesti. Grafiikoiden tarkoituksena on visualisoida käynnissä olevien prosessien toimintaa käyttäjälle, jotta tämä voisi halutessaan tehdä tarvittavia muutoksia rakennusautomaatiojärjestelmään helposti. Kuvassa 13 on esitetty valvomon grafiikkakuva. [6.]



Kuva 13. Valvomo-ohjelmistossa esiintyvää ala-asemagrafiikkaa rakennuksen kaukolämpöprosessista.

Grafiikkakuvat luodaan Fidelixin omalla FxEditor-ohjelmalla (kuva 14), jolla luodaan myös varsinainen ohjelmakoodi ala-asemiin. FxEditor pohjautuu pisteohjelmointiin, eli jokaista alakeskukseen kytkettyä I/O-pistettä vastaa oma nk. fyysinen piste grafiikalla. Tällainen pistetieto voi olla esimerkiksi ulkolämpötila. Grafiikkaan voidaan lisätä myös nk. fiktiivisiä pisteitä, joilla ei ole olemassa kytkentää itse ala-asemassa, mutta jonka tieto on olennaista RA-järjestelmän toimimiselle. Fiktiivinen pistetieto voi olla esimerkiksi lämpötilan ylä- ja alarajahälytykset. Myös väylälaitteiden tiedot ovat pisteohjelmoinnissa fiktiivisiä pisteitä.



Kuva 14. FxEditorissa luotu grafiikkakuva ja sen pistetietoja luetteloituna.

Valvomo-ohjelmistoon lisätään halutuille käyttäjille tunnukset sekä näille muokataan käyttäjäryhmät, jotka määrittelevät kunkin käyttäjän muokkausoikeudet valvomo-ohjelmiston ominaisuuksiin.

Fidelix Portaali -palveluun lisätään käyttäjätunnukset niille, joille halutaan luoda pääsy-oikeudet Pilvivalvomoon. Käyttäjätunnukset ovat erilliset valvomo-ohjelmiston tunnuksista, eli käyttäjä pääsee kirjautumaan Pilvivalvomoon erikseen kirjaututtuaan Portaaliin. [10.]

5 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin, millaisia vaiheita Pilvivalvomon käyttöönotossa on ja miten se toteutetaan tietoturvallisesti Tosiboxin VPN-tekniikalla. Työvaiheisiin perehdyttiin tutustumalla aiempien projektien käyttöönottovaiheisiin ja niitä kokeiltiin testikäyttöön tarkoitettulla Fidelixin keskusyksiköllä ja valvomo-ohjelmistolla. Tavoitteena oli luoda ohjeistus projektinhoitajille Pilvivalvomon käyttöönottoa varten.

Tosiboxin VPN-tekniikkaa tutkittiin Tosiboxin verkossa esiintyvistä dokumentaatiosta, jossa selitetään Tosiboxin VPN-yhteyden turvallisuuden pohjautuvan julkisen avaimen salausmekaniikkaan sekä päästä päähän salaukseen.

Pilvivalvomo tarjoaa kustannustehokkaan ja modernin vaihtoehdon perinteisille valvomoratkaisuille, jotka pohjautuvat fyysisiin valvomotietokoneisiin. Se poistaa tarpeen hankkia kiinteistöön valvomotietokone, joka vastaa valvomo-ohjelmiston vaatimuksiin. RA-järjestelmää voi siis käyttää ja hallinnoida laitteiston käyttöjärjestelmästä riippumatta millä tahansa modernilla verkkoselaimella.

Pilvivalvomon selkeimpiä etuja ovat materiaaliset säästöt, kun kiinteistä PC-laitteistosta voidaan luopua. Tästä koituu säästöjä huolto- ja ylläpitotarpeen, kuten järjestelmän varmuuskopioimisen, häviämisenä. Vaikka kuluja kertyykin Pilvivalvomon palvelumuotoisuudesta, valvomojärjestelmän tilaajan ei tarvitse huolehtia itse mistään ylläpitotoimista itse. Mahdolliseen valvomon vikatilanteen voidaan puuttua nopeammin perinteiseen valvomo-PC:hen verrattuna, kun huoltotoimenpiteet eivät ole paikasta riippuvaisia. Pilvivalvomo säästää myös huoltotyön ajankäyttöä, kun valvomosta johtuvia vikatilanteita ei tarvitse lähteä paikanpäälle selvittämään.

Pilvivalvomon etuina voidaan mainita myös sen vikasietoisuus: ilman fyysisiä laitteita valvomo on vähemmän riippuvainen PC:n osien kunnosta. Mahdolliset Pilvivalvomon ongelmat ovat siis käytännössä aina ohjelmistopohjaisia, mitkä ovat mahdollisia toki myös fyysisessä valvomossa.

Pilvivalvomon haasteina ovat samat kuin muissa vastaavissa tapauksissa, joissa olemassa oleva, fyysinen infrastruktuuri muutetaan pilvipohjaiseksi palveluksi: RA-järjestel-

män hankkijalla voi olla varauksellisia käsityksiä sitoutua palvelupohjaiseen malliin perinteisen kertainvestointityylisen ratkaisun sijasta, koska se sitoo heidät käyttämään palveluntarjoajan palveluita. Pilvivalvomom tapauksessa kyse on toki vain valvomosta ja sen ohjelmistosta, sillä varsinainen RA-järjestelmä toimii itsenäisesti. Fidelixin saaman palautteen perusteella nämä huolet ovat kuitenkin hälventyneet positiivisen käyttökokeuksen jälkeen.

Fidelixin Pilvivalvomom tietoturva on vahva johtuen Tosiboxin hyödyntämisestä RA-järjestelmän, Pilvivalvomom ja käyttäjän välisen tietoliikenteen salaamisessa. Ainoa todennäköinen riski löytyy käyttäjän omasta tietoturvasta. Pilvivalvomomon kirjaututaan Portaalien kautta käyttäjätunnuksin kuten mihin tahansa verkkopalveluun, joten käyttäjän vastuulle jää varmistaa oman laitteensa ja verkkoyhteytensä tietoturvallisuus. Tunnusten joutuessa väärin käsiin altistetaan RA-järjestelmä väärinkäytöksille. Ongelmaan voidaan vastata pakottamalla vahvan salasanan käytäntö käyttäjätunnuksille niin Portaalissa kuin Pilvivalvomossa.

Muilla teknologian aloilla vastaavat muutokset pilvipohjaisiin palveluihin ovat osoittautunut paitsi taloudellisesti kannattavaksi palvelun kaikille osapuolille myös muuttaneet käsitystä, miten kyseistä teknologiaa voi hyödyntää. Kuten muussakin pilvipohjaisen teknologian käyttöönotossa palveluntarjoamiseen, pilvivalvomotekniikka mahdollista myös erilaisen massadatankäsittelyn, jolla voidaan optimoida rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaa vielä enemmän tapauskohtaisesti. Tämä voi johtaa jatkossa myös rakennustekniikoiden kehittymiseen, kun saadaan uudenlaisia näkökulmia rakennusten säätötekniikasta.

Lähteet

- 1 Härkönen, Pentti & Liedes, Riikka. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17. E-kirja. Sähkötieto.
- 2 Fidelix rekryiltamateriaali. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Fidelix Oy.
- 3 Liedes, Riikka & Piikkilä, Veijo. 2017. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät, ST-käsikirja 22. E-kirja. Sähkötieto Ry.
- 4 Mitä jokaisen fiksun kiinteistönomistajan tai -ylläpitäjän tulisi tietää Fidelix Pilvivalvomosta. 2018. Verkkodokumentti. Fidelix Oy. <https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/FDX_Pilvivalvomo_sarjakuva.pdf>. Luettu 17.2.2020.
- 5 Piikkilä Veijo & Sahlstén, Toivo. 2017. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät, ST-käsikirja 21. E-kirja. Sähkötieto Ry.
- 6 Fidelix webVision koulutusmateriaali. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Fidelix Oy.
- 7 Koponen, Jarmo. 2016. Viestintävirasto: Talonautomaatiojärjestelmiä kaataneen verkkohyökkäyksen takana oli rikollisia. Verkkoinfo. <<https://yle.fi/uutiset/3-9278497>>. Päivitetty 8.11.2016. Luettu 26.2.2020.
- 8 How does TOSIBOX® technology work?. 2018. Verkkoinfo. Tosibox Oy. <<https://helpdesk.tosibox.com/support/solutions/articles/2100033960-how-does-tosibox-technology-work->>. Luettu 26.2.2020.
- 9 Tosibox white paper available. 2018. Verkkoinfo. Tosibox Oy. <<https://www.tosibox.com/tosibox-white-paper-available/>>. Luettu 15.4.2020.
- 10 Laatikainen, Ari. 2020. Energia-asiantuntija, Fidelix Oy, Vantaa. Keskustelu 9.3.2020.
- 11 Rakenna IoT-ekosysteemi TOSIBOX®-ratkaisun avulla. 2020. Verkkoinfo. Tosibox Oy. <<https://www.tosibox.com/fi/tosibox-iot-ekosysteemi/>>. Luettu 26.2.2020.
- 12 FDX Compact FX-3000-C. 2019. Verkkodokumentti. Fidelix Oy. <https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/FX-3000-C_FI.pdf>. Luettu 15.4.2020.
- 13 Keskusyksiköt. 2019. Verkkoinfo. Fidelix Oy. <<https://www.fidelix.fi/tuotteet/#keskusyksikot>>. Luettu 15.4.2020.

- 14 FX-Spider-40/10. 2019. Verkkodokumentti. Fidelix Oy. <https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/FX-SPIDER-40-10_FI.pdf>. Luettu 15.4.2020.
- 15 Valmius TOSIBOX®-etäyhteydelle integroitu Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmään. 2018. Verkkoaineisto. Tosibox Oy. <<https://www.tosibox.com/fi/valmius-tosibox-etayhteydelle-integroitu-fidelixin-rakennusautomaatio/>>. Luettu 15.4.2020.
- 16 Määttä, Toni. 2020. Cloud Administrator, Fidelix Oy, Vantaa. Keskustelu 20.4.2020.
- 17 TOSIBOX READINESS® -OMINAISUUS FIDELIXIN ALA-ASEMA-OHJELMISTOON_final.pdf. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Fidelix Oy.
- 18 Fidelix Ohjelmointi manuaali versio 12.30.03. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Fidelix Oy.
- 19 WebVision8UserManualFin. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Fidelix Oy.