

# **Kiinteistöautomaation tiedonsiirto- protokollat**

Paulus Linna

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Linna, Paulus	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2018
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kiinteistöautomaation tiedonsiirtoprotokollat</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Flyktman Teppo, Kuisma Ari		
Toimeksiantaja(t) Regin Controls Finland Oy		
Tiivistelmä <p>Liiketoiminnan kasvaessa toimeksiantajalle tuli tarve kehittää ja syventää yrityksen erityisosaamista. Tällöin aukeaisi uusia markkina-alueita ja mahdollisuudet kasvuun lisääntyvät. Opinnäytetyön tavoitteena oli syventää rakennusautomaatiotoimittaja Reginin osaamista tiedonsiirtoprotokollista. Tavoitteena oli tehdä myös valmis testilaitteisto myynnin avuksi, koulutukseen, sekä ohjelmien ja uusien laitteiden testaamiseen. Testilaitteiston piti olla helposti laajennettavissa, sillä toiminnan kehittyessä uusia laitteita ja ohjelmatoimintoja tulee testattavaksi kuukausittain.</p> <p>Aluksi kartoitettiin kiinteistöautomaatiossa käytettäviä tiedonsiirtoprotokollia, ja valittiin niistä yleisimmät. Samalla valittiin testilaitteistoon Reginin myydyimpiä tuotteita. Tiedonsiirtoprotokolliin tutustuttiin aluksi teoriassa ja sitten niitä kokeiltiin käytännössä testilaitteistossa.</p> <p>Lopputuloksena oli valmis testilaitteisto, jossa on käytetty neljää eri tiedonsiirtoprotokollaa. Opinnäytetyön tekemisen aikana opittua tietoa on jaettu toimeksiantajan muulle henkilöstölle. Työn pohjalta voidaan myöhemmin kirjoittaa tiivistetyt opetusmateriaalit tiedonsiirtoprotokollista ja niiden käyttöönotosta Reginin laitteilla.</p> <p>Tiedonsiirtoprotokollat ovat yleistymässä ja niitä käytetään jo hyvin pienissäkin projekteissa. Niitä käytettäessä on tärkeää tietää käytetyn protokollan perustoimintaperiaatteet, jotta tiedonsiirron asetukset voidaan tehdä kerralla oikein. Tämä helpottaa huomattavasti myös mahdollisten ongelmien ratkaisua. Tiedonsiirtoprotokollat ovat kuitenkin niin suuria kokonaisuuksia, että tavallisen työnteon kannalta niiden teoriapohjaa ei tarvitse osata täydellisesti.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Tiedonsiirtoprotokolla, rakennusautomaatio, Modbus, BACnet, M-Bus, OPC, OPC UA, EXO-line, RS485, kenttäväylä.		
Muut tiedot		

Author(s) Linna, Paulus	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 48	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Data transfer protocols in building automation</b>		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Flyktman Teppo, Kuisma Ari		
Assigned by Regin Controls Finland Oy		
Abstract  <p>With increased business, the assignor company needed to improve and deepen their special know-how. This would open new market areas and increase the opportunity to increase growth. The objective was to gain deeper knowledge of data transfer protocols in Regin, a building automation supplier. The second objective was to assemble a test hardware to support sales, training as well as the testing of programs and new devices. The test hardware had to be expandable because with the increasing activity, new devices and program features need to be tested monthly.</p> <p>At the beginning of the project, data transfer protocols used in building automation were mapped and the most common ones were selected. At the same time, the devices to test hardware were selected from the most sold devices at Regin Controls. The data transfer protocols were first introduced in the theory part, and then tested in practice in the test equipment.</p> <p>The result was a complete test hardware, where four data transfer protocols were used. The information learned during the project was shared with the other staff members at Regin. Based on this research, it is possible to create condensed teaching materials about data transfer protocols and their introduction with Regin's devices.</p> <p>Data transfer protocols are becoming increasingly common, and they are already used in even very small projects. When using them, it is important to know the basic operating principles of the used protocol so that data transfer settings can be carried out correctly. This will also greatly facilitate the solution of potential problems. However, the data transfer protocols are such large entities that in order to carry out ordinary work, their theoretical basis does not need to be fully understood.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Data transfer protocol, building automation, Modbus, BACnet, M-Bus, OPC, OPC UA, EXO-line, RS485, field bus.		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön taustat .....	4
1.2	Regin Controls Finland Oy .....	5
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet.....	5
<b>2</b>	<b>Rakennusautomaatio.....</b>	<b>6</b>
2.1	Rakennusautomaation käyttökohteita.....	6
2.2	Rakennusautomaation tuomat hyödyt .....	7
<b>3</b>	<b>Tiedonsiirtoprotokollat.....</b>	<b>8</b>
3.1	BACnet-protokolla .....	8
3.1.1	BACnet-objektit .....	8
3.1.2	Palvelut .....	10
3.1.3	Verkkotekniikka .....	11
3.2	Modbus-protokolla.....	12
3.2.1	Modbus RTU -protokolla .....	12
3.2.2	Modbus-funktiot.....	13
3.3	M-Bus -protokolla.....	15
3.3.1	Fyysinen rajapinta.....	15
3.3.2	Tiedonsiirto.....	15
3.3.3	Telegrammit.....	16
3.4	EXOline-protokolla .....	18
3.4.1	Osoitteet .....	18
3.4.2	EXOscada-valvomo .....	18
3.5	OPC-rajapinta .....	19
3.5.1	OPC-rajapinnan toimintaperiaate .....	19
3.5.2	Data Access -määrittely .....	20
<b>4</b>	<b>Laitteisto .....</b>	<b>21</b>

<b>5 Työn toteutus</b> .....	<b>28</b>
5.1 Suunnittelu .....	28
5.2 Asennukset ja kytkennät .....	29
5.3 Ohjelmointi.....	30
5.3.1 EXOline-protokollan ohjelmointi .....	30
5.3.2 M-Bus -protokollan ohjelmointi .....	30
5.3.3 Modbus-protokollan ohjelmointi .....	31
5.3.4 BACnet-protokollan ohjelmointi.....	32
5.3.5 OPC-rajapinnan ohjelmointi .....	33
<b>6 Tulokset</b> .....	<b>33</b>
<b>7 Pohdinta</b> .....	<b>34</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>36</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>39</b>
Liite 1. EXOcompact-laitteiston layout.....	39
Liite 2. EXOclever-laitteiston layout .....	40
Liite 3. EXOcleverin ohjelma.....	41
Liite 4. M-Bus –mittarin asetukset .....	42
Liite 5. Modbus-asetukset .....	43
Liite 6. Langattomien lämpötila-antureiden Modbus-rekisterit .....	44
Liite 7. EXOcleverin BACnet-muuttujat .....	45

## **Kuviot**

Kuvio 1. BACnet-objektin Object Identifier -osio (The BACnet Device ID n.d.) .....	9
Kuvio 2. Modbus-tietopaketti .....	13
Kuvio 3. EXOcompact-säädin.....	21
Kuvio 4. EXOclever-säädin .....	22
Kuvio 5. Presigo-painelähetin.....	23

Kuvio 6. Reginin langattomat tuotteet.....	23
Kuvio 7. X1176 M-Bus -muunnin.....	24
Kuvio 8. SS2U-energiamittari .....	25
Kuvio 9. RC-C3DOC -huonesäädin .....	25
Kuvio 10. TG-KH/PT1000 -kanava-anturi .....	26
Kuvio 11. LTWT10/PT1000-valoisuusanturi .....	27
Kuvio 12. DP156N paneelitietokone .....	27

## **Taulukot**

Taulukko 1. Esimerkki BACnet-objektista (Swan n.d.) .....	9
Taulukko 2. BACnet-laiteobjektin rakenne (Swan n.d.) .....	10
Taulukko 3. Yleisimmät Modbus-funktiokoodit.....	14
Taulukko 4. M-Bus -paketit, eli telegrammit (The M-Bus: A Documentation n.d., 22)17	

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön taustat

Regin Controls Finland Oy toimii rakennusautomaatioalalla. Reginin toiminnan kasvaessa he halusivat lisätä henkilöstön osaamista tiedonsiirtoprotokollista. Tiedonsiirtoprotokollia käytetään melkein jokaisessa projektissa ja niiden käyttö laajenee jatkuvasti. Tiedonsiirtoprotokollia käytetään tavallisesti säädinyksiköiden ja keskuksien väliseen viestintään, mutta niiden käyttö on siirtymässä hieman myös kenttälaitteiden puolelle. Tiedonsiirtoprotokollat eivät kuitenkaan tule korvaamaan perinteisiä kenttälaitteiden mittaus- ja säätöviestien siirtomenetelmiä kustannussyistä.

Nykyään halutaan usein myös liittää vanhoja olemassa olevia automaatiojärjestelmiä uusiin järjestelmiin. Tämä asettaa tiettyjä vaatimuksia automaatiojärjestelmän tietoliikennepuolelle. Ensimmäinen vastaan tuleva vaatimus on fyysisten tietoliikenneporttien lukumäärä ja tyyppi. Yleensä tiedonsiirtoprotokollat käyttävät fyysisenä rajapintana RS485-porttia tai TCP/IP-porttia. Toinen vaatimus on laitteen yhteensopivuus halutun tiedonsiirtoprotokollan kanssa.

Isoissa kiinteistöissä, varsinkin saneerauskohteissa, muodostuu helposti useita tiedonsiirtoprotokollia, kun vanhoja automaatiojärjestelmiä korvataan vähitellen uusilla järjestelmillä. Samalla vanhoja tiedonsiirtoprotokollia vaihdetaan uusiin. Usein isojen kiinteistöjen automaatioasaneeraukset tehdään useassa eri osassa. Kun ensimmäisen osan automaatiojärjestelmä on vaihdettu uuteen, lopussa osassa kiinteistöä on edelleen vanha järjestelmä. Järjestelmien olisi hyvä kommunikoida keskenään, jotta kiinteistön automaation valvonta onnistuisi helposti yhdestä paikasta.

Reginin omien laitteiden välinen kommunikointi on helppoa ja nopeinta tehdä Reginin omalla EXOline-väylällä. Tällaisissa tapauksissa yhteys kiinteistön muuhun järjestelmään täytyy tehdä jollakin muulla protokollalla. Tämä asettaa vaatimuksia tiedonsiirtoprotokollien suhteen. Ei riitä, että osaa hyvin yhden protokollan, vaan täytyy osata useita protokollia. Asiakkaat saattavat vaatia jotakin tiettyä protokollaa, joten osaamisen tulisi olla mahdollisimman laajaa.

Reginin laitteet tukevat monipuolisesti eri tiedonsiirtoprotokollia. Ne ovat lisäksi yhdistettävissä muihin ohjelmistoihin ja järjestelmiin, jolloin saadaan kasvatettua liitännäismahdollisuuksia. Monet erilaiset tiedonsiirtoprotokollat asettavat vaatimuksia myös myyntihenkilöstölle, joiden tekninen tietämys ei aina ole teknisen henkilöstön tasolla. Myyjänkin täytyy tietää eri tiedonsiirtoprotokollat, jotta voidaan myydä asiakkaan tarpeisiin sopivaa järjestelmää. Tämän opinnäytetyön tavoitteena olikin lisätä myös myyntihenkilöstön osaamista tiedonsiirtoprotokollista.

## 1.2 Regin Controls Finland Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Regin Controls Finland Oy, on perustettu vuonna 2013, jolloin se toimi nimellä Next1 Oy. Vuonna 2015 ruotsalainen AB Regin osti Next1 Oy:stä enemmistöosuuden. Tällöin yhtiön nimi muutettiin Regin Controls Finland Oy:ksi. Regin Controls Finland Oy:n liikevaihto vuonna 2016 oli 417 000 euroa.

Regin Controls Finland Oy on erikoistunut rakennusautomaatioon, energiatehokkuuteen ja valvontajärjestelmiin. Se myy omia tuotteitaan ja tekee rakennusautomaation ohjausjärjestelmiä uudisrakennuksiin ja saneerauskohteisiin.

## 1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli tuoda toimeksiantajalle sekä lisää teoriaosaamista, että käytännön osaamista erilaisista tiedonsiirtoprotokollista. Tämä tavoite toteutettiin perehtymällä tiedonsiirtoprotokolliin teoriapohjalta ja kokeilemalla niitä käytännössä Reginin laitteilla. Käytännön kokeilua varten Reginin laitteista koottiin erillinen demolaitteisto, jota käytetään opinnäytetyön jälkeen erilaisiin testaus-tarkoituksiin. Laitteisiin ohjelmoidut ohjelmat tallennetaan toimeksiantajan Dropbox-kansioon, jossa ne ovat koko henkilöstön saatavilla.



Toisena tavoitteena oli lisätä myyntihenkilöstön tietämystä Reginin laitteista ja tiedonsiirtoprotokollista. Demolaitteisto on myös myyjien vapaassa käytössä, jotta he voivat harjoitella laitteiden ohjelmointia ja käyttöä.

Työtä varten koottu demolaitteisto jää yrityksen käyttöön. Siinä voidaan kokeilla erilaisia ohjelmia ja toimintoja sekä uusia laitteita. Demolaitteisto tuli suunnitella siten, että siihen on helppo lisätä uusia laitteita testattavaksi.

## 2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaation neljä ydintehtävää ovat ohjata rakennuksen ympäristöä, säätää järjestelmää käyttöasteen ja kysynnän mukaan, seurata ja parantaa järjestelmän tehokkuutta ja hälyttää tarvittaessa (The Ultimate Guide to Building Automation, 2015). Rakennusautomaatiolla ohjataan yleensä rakennusten lämmitystä, ilmanvaihtoa, valaistusta ja kulunvalvontaa. Rakennusautomaation keskeisimpänä tavoitteena on tehdä rakennuksista helppokäyttöisempiä ja energiatehokkaampia.

### 2.1 Rakennusautomaation käyttökohteita

Tyypillisimpiä rakennusautomaation käyttökohteita ovat lämmönjaon ja ilmanvaihdon automatisointi. Ilmanvaihtokoneesta ohjataan tyypillisesti ilmanvaihtokoneen läpi kulkevan ilman määrää ja lämpötilaa. Ilmamäärä säädetään tulo- ja poistoilmapuhaltimen kierrosnopeutta säätämällä. Tuloilmapuhaltimen kierrosnopeutta säädetään yleensä tuloilmakanavapaineen mukaan siten, että kanavapaine pyritään pitämään vakiona. Tällä varmistetaan siitä, että ilman virtausta riittää ilmanvaihtokanaviston jokaiseen kohtaan. Poistoilmapuhaltimen kierrosluku pidetään tuloilmapuhaltimen kierrosluvusta riippuvassa arvossa, jotta ilmaa poistuu samassa suhteessa kuin uutta ilmaa tulee tilalle. Poistoilmapuhallin pyörii yleensä hieman kovemmalla kierrosnopeudella kuin tuloilmapuhallin, sillä rakennukset pyritään pitämään alipaineisina ulkoilmaan nähden (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2011, luku 3.7.6.1.).

Lämmönjaossa säädetään lämmönjakokeskuksesta lähtevän nesteen lämpötilaa. Yleisimmät lämmönjakopiirit ovat lämmitysverkosto, käyttövesiverkosto ja ilmanvaihtoverkosto. Lämmitysverkosto on yleensä joko lattialämmitys- tai patteriverkosto. Näissä kahdessa merkittävimpänä erona on lähtevän nesteen lämpötila. Lattialämmitykseen riittää nesteen lämpötilaksi +20...35°C, kun taas patteriverkosto tarvitsee +20...60°C lämpötilan. Lämmityspiirin lämpötila riippuu ulkolämpötilasta. Ulkoilman ollessa viileämpää, lämmityspiiriin säädetään lämpimämpää nestettä. (Rakennusten kaukolämmitys 2013, 8.)

Käyttövesiverkoston menoveden lämpötila säädetään tasaisesti +58°C lämpötilaan. Ilmanvaihtoverkoston menevällä nesteellä lämmitetään ilmanvaihtokoneen tuloilman lämpötilaa. Ilmanvaihtokoneessa on lämmityspatteri, johon ilmanvaihtoverkoston neste virtaa. Tuloilma virtaa myös lämmityspatterin läpi, jolloin lämpöenergia siirtyy patterin sisällä kulkevasta lämpimästä nesteestä viileämpään ilmaan. (Rakennusten kaukolämmitys 2013, 8.)

## 2.2 Rakennusautomaation tuomat hyödyt

Kuten edellä mainittiin, rakennusautomaation keskeisin tavoite on tehdä rakennuksista helppokäyttöisempiä ja energiatehokkaampia. Helppokäyttöisyys tulee siitä, että laitteita ohjataan automaattisesti eivätkä ne tarvitse ihmisen tarkkailua juuri ollenkaan. Rakennusautomaatiota pystyy seuraamaan etänä verkon kautta, jolloin pelkät tarkistuskäynnit ovat turhia. Rakennusautomaatiosta saa myös hälytykset sähköpostiin tai puhelimeen, jolloin pystytään reagoimaan nopeasti ongelmatilanteisiin. Parhaimmissa tapauksissa automaatio huomaa virheen ja ehtii hälyttää paikalle huoltohenkilöstön korjaamaan ongelman, ennen kuin loppukäyttäjä ehtii huomaamaan koko ongelmaa.

Energiatehokkuutta rakennusautomaatio tuo säätämällä laitteita käytön mukaan. Esimerkiksi ilmanvaihdon ei tarvitse asuinrakennuksissa olla öisin yhtä suurta, kuin päivisin, joten automaattiset päivä- ja yö-asennot tuovat huomattavia säästöjä ilmanvaihdon osalta. Nykyaikaiset analogiasäädöt ovat vanhoja termostaatteja tarkempia

ja säätö on tasaisempaa, jolloin esimerkiksi lämpötilojen säädöissä ei esiinny termostaateille tyypillistä huojuntaa.

### 3 Tiedonsiirtoprotokollat

Rakennusautomaatiossa, niin kuin automaatiossa yleensäkin, yhtenä keskeisenä osana alueena ovat eri tiedonsiirtoprotokollat. Ne tulevat vastaan lähes jokaisessa projektissa. Tiedonsiirtoprotokollien avulla voidaan siirtää suuria määriä tietoa vain yhtä kaapelia pitkin. Ne ovat standardoituja, joten eri laitevalmistajien laitteet voivat kommunikoida keskenään, mikäli ne tukevat samaa tiedonsiirtoprotokollaa.

#### 3.1 BACnet-protokolla

BACnet, Building Automation and Control networks, on erityisesti rakennusautomaatioon kehitetty avoin tiedonsiirtoprotokolla. Se kehitettiin standardisoimaan rakennusautomaatiojärjestelmien tiedonsiirtoa (BACnet quick overview n.d.). BACnetin ensimmäinen tärkeä kehityskohde oli tiedon siirtyminen. Tiedonsiirtotapaan ei kiinnitetty alkuvaiheessa paljoakaan huomiota, sillä tärkeimpänä asiana oli saada laitteet keskustelemaan keskenään samalla kielellä. Vaikka kaikki laitteet käyttäisivät esimerkiksi ethernet-porttia, siitä ei olisi mitään hyötyä, jos laitteet keskustelevat eri kielillä keskenään. Tämän ongelman ratkaisuksi kehittyivät BACnet-objektit. (Newman, n.d., 16.)

##### 3.1.1 BACnet-objektit

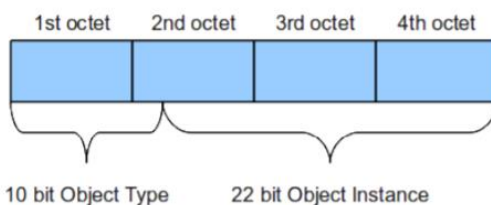
Objektit kuvaavat fyysisiä tuloja, lähtöjä ja ohjelmatoimintoja. Objekti koostuu joukosta ominaisuuksia. Sen voi kuvitella taulukoksi, jossa on kaksi saraketta (ks. taulukko 1). Rivin vasemmanpuolimmaisessa solussa on selite ja oikeanpuolimmaisessa solussa on selitteen mukainen arvo. Yksi rivi kuvaa aina yhtä ominaisuutta. (Swan, n.d.)

Taulukossa 1 on esimerkki BACnet-objektista. Siinä on objektin kaikki pakolliset ominaisuudet. Ominaisuuksia voi olla myös huomattavasti enemmän objektin käyttötarkoituksen mukaan. BACnet-standardi määrittelee objektille 123 erilaista ominaisuutta, joista käyttöön voidaan ottaa vain tarvittavat. (Swan n.d.)

Taulukko 1. Esimerkki BACnet-objektista (Swan n.d.)

Ominaisuus	Esimerkki
Object_Identifier	Analog Input #1
Object_Name	"TE00"
Object_Type	Analog Input
Present_Value	14,20
Status_Flags	In_Alarm, Overridden, Out_Of_Service
Event_State	Normal
Out_Of_Service	False
Units	Degrees-Celcius

Objektin ensimmäinen ominaisuus on Object Identifier (ks. kuvio 1), joka sisältää mm. laitteen osoitteen. Se on 32-bittinen numerosarja, joka määrittelee objektin tyyppiä ja tunnistenumeron. Numerosarjan ensimmäiset 10 bittiä on varattu objektin tyyppiä ja loput 22 bittiä tunnistenumerolle. Objektin tyyppi voi olla jotakin väliltä 0 - 1023. Mikäli se on 127 tai alle, se on BACnetiin standardoitu objektityyppi. Objektityypit 128 - 1023 eivät ole BACnetissä standardoituja tyyppiä. Tunnistenumero voi olla väliltä 0 - 4 194 301, ja se on täysin tuotevalmistajan päätettävissä. (The BACnet Device ID n.d.)



Kuvio 1. BACnet-objektin Object Identifier -osio (The BACnet Device ID n.d.)

BACnet-laite on laite, jossa on kokoelma BACnet-objekteja. BACnet vaatii toimiakseen laitteelta vähintään yhden objektin, laiteobjektin (ks. kuvio 2). Laiteobjekti poikkeaa muista objekteista, sillä siinä on enemmän pakollisia ominaisuuksia. Se koostuu

ominaisuuksista, joissa on laitteen tiedot ja BACnet-valmiudet. Kun laite alkaa kommunikoidaan toisen BACnet-laitteen kanssa, se lukee ensin toisen laitteen laiteobjektin. Laiteobjekti pitää sisällään mm. laitteen tunnistenumeron, Object Identifierin, jonka tulee olla jokaisessa samaan verkkoon liitetyssä laitteessa eri. Tällä varmistetaan, että kommunikointi aloitetaan oikean laitteen kanssa. (Swan n.d.)

Taulukko 2. BACnet-laiteobjektin rakenne (Swan n.d.)

PROPERTY	BACnet	EXAMPLE
Object_Identifier	Required	Device #1076
Object_Name	Required	"Office 36 DD Control"
Object_Type	Required	Device
System_Status	Required	Operational (plus others)
Vendor_Name	Required	"Alerton Technologies, Inc."
Vendor_Identifier	Required	Alerton
Model_Name	Required	"VAV-DD Controller"
Firmware_Revision	Required	"1.0"
Application_Software_Version	Required	"Dual-Duct DDC"
Location	Optional	"Office 36, Floor 3"
Description	Optional	"(on network 5)"
Protocol_Version	Required	1 (BACnet protocol version)
Protocol_Conformance_Class	Required	2
Protocol_Services_Supported	Required	readProperty, writeProperty, atomicWriteFile,...
Protocol_Object_Types_Supported	Required	Analog Input, Analog Output,...
Object_List	Required	Analog Input #1, Analog Input #2, ...
Max_APDU_Length_Supported	Required	50 (bytes or characters)
Segmentation_Supported	Required	No
VT_Classes_Supported	Optional	n/a
Active_VT_Sessions	Optional	n/a
Local_Time	Optional	12:30:15.22
Local_Date	Optional	Tuesday, March 12, 1996
UTC_Offset	Optional	+480 (minutes from GMT/UTM)
Daylight_Savings_Status	Optional	False (not in effect)
APDU_Segment_Timeout	Optional	n/a
APDU_Timeout	Required	3000 milliseconds
Number_Of_APDU_Retries	Required	0
List_Of_Session_Keys	Optional	n/a
Time_Synchronization_Recipients	Optional	n/a
Max_Master	Optional	n/a
Max_Info_Frames	Optional	n/a
Device_Address_Binding	Required	None

### 3.1.2 Palvelut

Palvelu (Service) on BACnetin nimitys verkossa kulkevalle viestille. Viestissä voidaan pyytää tietoa tai kirjoittaa tietoa toiselle laitteelle, käskyttää toista laitetta tai kertoa yhdelle tai useammalle laitteelle, että jokin tapahtuma on tapahtunut. Yleisimmät palvelut ovat Object Access Services eli objektin käyttöpalvelut. Niihin kuuluvat mm. yhden tai useamman objektin lukeminen, yhden tai useamman objektin kirjoittaminen, uuden objektin luominen ja objektin poistaminen. Käytännössä laite lähettää

toiselle esimerkiksi ReadProperty-palvelun eli objektin lukemispalvelun. Palvelu sisältää objektin ja niiden ominaisuuksien tunnisteet, joiden tiedot halutaan lukea. Palvelu menee suoraan objektissa määritellylle laitteelle, joka lähettää pyydytyt tiedot takaisin standardin mukaisessa muodossa. (Newman n.d., 23-24.)

BACnet-laitteen ei tarvitse pystyä käsittelemään kaikkia palvelutyyppisiä, pelkästään ReadProperty-palvelun käsittelykyky riittää (Swan n.d.). Pelkällä ReadProperty-palvelulla pystyy suorittamaan kommunikoinnin jo hyvin pitkälle. Sillä pystyy jakamaan kaiken laitteeseen tulevan tiedon muille laitteille.

### 3.1.3 Verkkotekniikka

BACnet tukee useaa eri verkkotekniikkaa, kuten Ethernet, ARCNET, MS/TP, PTP, Lon-Talk ja BACnet/IP (Newman n.d., 25.). Näistä merkittävimmät ovat MS/TP ja BACnet/IP.

BACnet MS/TP käyttää fyysisenä rajapintana RS485-standardia (Newman n.d., 25). Sen lyhenne tulee sanoista Master-Slave/Token-Passing. Master-Slave tarkoittaa sitä, että verkossa on yksi isäntälaitte ja loput ovat orjalaitteita. Isäntälaitte käskyttää orjalaitteita lukemalla niistä tietoa tai kirjoittamalla niihin tietoa (Rouse n.d.). Tämä verkkomuoto on siitä ongelmallinen, että kaikki tiedonsiirto tapahtuu isäntälaitteen kautta. Esimerkiksi jos yhdeltä orjalaitteelta täytyy siirtää tietoa toiselle orjalaitteelle, isäntälaitte lukee ensin tiedon orjalaitteelta, minkä jälkeen se kirjoittaa sen toiselle orjalaitteelle. Orjalaitteet eivät pysty kommunikoimaan suoraan keskenään.

Token-Passingilla tätä ongelmaa on pyritty korjaamaan. Verkossa kierrätetään Tokenia ja se laite, jolla Token kulloinkin on, toimii verkon isäntälaitteena (Token and Token-Passing Access Methods n.d.). TP-verkossa isäntälaitte vaihtuu jatkuvasti, jolloin laitteet pääsevät kommunikoimaan keskenään suoraan ilman välikäsiä.

## 3.2 Modbus-protokolla

Modbus on avoin tiedonsiirtoprotokolla, joka on noussut todella suosituksi eri automaatioaloilla. Se julkaistiin vuonna 1979 Modiconin toimesta. Modbus on rakenteeltaan Master-Slave –tyyppinen, joten Modbus-verkossa on yksi isäntälaitte. Isäntälaitte lukee ja kirjoittaa orjalaitteiden parametritaulukoita. Samassa verkossa voi olla enintään 247 orjalaitetta. Fyysisenä rajapintana Modbus käyttää sarjaliikenneväylää tai ethernet-verkkotekniikkaa. Sarjaliikenneväylää käyttävä Modbus on joko Modbus RTU, tai Modbus ASCII. Ethernet-verkkotekniikkaa käyttävä Modbus on nimeltään Modbus TCP. (Simply Modbus – About Modbus n.d.)

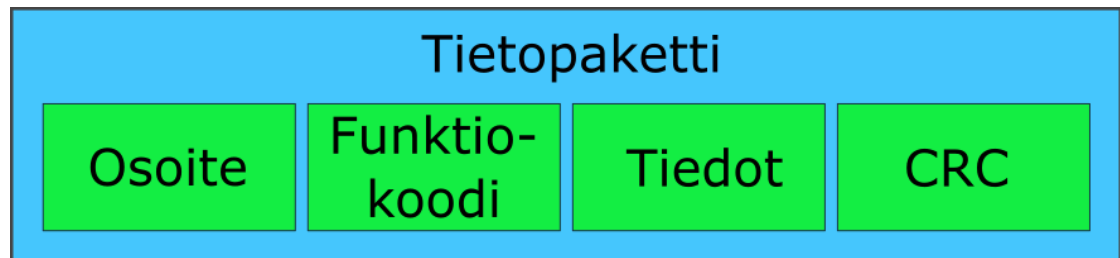
### 3.2.1 Modbus RTU -protokolla

Modbus RTU, eli Modbus Remote Terminal Unit, on Modbusin sarjaliikenneväylää käyttävä protokolla. Yleisimmin sitä käytetään RS485-verkossa, eli tieto liikkuu laitteiden välillä parikaapelia pitkin. Modbusia voidaan käyttää myös RS232-verkossa. Parikaapeliverkossa tieto siirtyy lähettämällä bittisarjoja laitteelta toiselle parikaapelin ja maadoituspuolelle yli olevaa jännitettä muuttamalla. Jännitteen ollessa +5 V, kyseinen bitti on 1. Jännitteen ollessa -5 V, kyseinen bitti on 0. Modbusin tyypillinen tiedonsiirtonopeus on 9600 bittiä sekunnissa. (Mehta & Reddy 2015, 329.)

Modbus RTU:ssa jokaisella orjalaitteella on oma Modbus-osoite, jonka perusteella isäntälaitte ottaa yhteyden laitteeseen. Orjalaitteen osoite voi olla jotakin välillä 1-247. Isäntälaitte ei tarvitse osoitetta. Modbus-verkossa ei saa olla kahta orjalaitetta samalla osoitteella. (Modbus over Serial Line 2016, 7-8.)

Kommunikointi Modbus-verkossa toimii siten, että isäntälaitte lähettää orjalaitteelle pyynnön jostakin orjalaitteessa olevasta tiedosta. Orjalaitte vastaa pyyntöön lähettämällä takaisin isäntälaitteen pyytämän tiedon. Isäntälaitteen pyyntö on jaettu neljään osaan (ks. kuvio 2). Ensimmäinen osa on yhden tavun pituinen osoitekenttä, joka sisältää sen orjalaitteen osoitteen, johon pyyntö lähetetään. Toinen osa on yhden tavun pituinen funktiokoodi, joka määrittelee orjalaitteelle, mitä toimintoa tältä pyyde-

tään (esim. lukea tai kirjoittaa muuttujaa). Kolmas osa sisältää pyydettyjä parametreja koskevat tiedot, esimerkiksi kirjoitettavan parametrin uuden arvon. Neljäs ja viimeinen osa on kahden tavun pituinen virheentarkastusosa, joka sisältää CRC-tarkistussumman. Tarkistussumman avulla siirretystä tietopakettista pystytään havaitsemaan mahdollisesti siirron aikana pakettiin tulleet virheet. (Modbus over Serial Line 2016, 8-14.)



Kuvio 2. Modbus-tietopaketti

Tietopaketti lähetetään tavu kerrallaan tietyssä formaatissa. Formaatti on todelliselta kooltaan 11 bittiä. Ensimmäinen bitti on tavun aloitusbitti. Seuraavat kahdeksan bittiä ovat osa lähetetyn tietopaketin tiedoista. Näistä biteistä vähiten merkitsevin lähetetään ensin. Kymmenes bitti on pariteettibitti ja viimeinen on lopetusbitti. Mikäli pariteettibittiä ei määritetä, myös kymmenes bitti voidaan määrittää lopetusbitiksi. Tällöin kaksi viimeistä bittiä ovat lopetusbittejä. (Mehta & Reddy 2015, 333.)

Modbus-verkko tukee myös broadcast-tilaa. Broadcastissa isäntälaitte lähettää pyynnön jokaiselle orjalaitteelle. Tämä tietopaketti on samanlainen kuin suoraan tietylle orjalaitteelle lähetetty paketti, mutta paketin osoitteeksi on laitettu 0, joka on varattu broadcast-pyyntöille. Orjalaitteet eivät vastaa broadcast-pyyntöön, joten sitä käytetään vain kirjoituskomentoihin. (Mehta & Reddy 2015, 331.)

### 3.2.2 Modbus-funktiot

Yleisimpiä funktioita on kahta eri tyyppiä: 1-bittisiä parametreja sekä 16-bittisiä parametreja. Nämäkin ovat jaettu vielä vain luettaviin parametreihin ja luettaviin ja kirjoitettaviin parametreihin. (Mehta & Reddy 2015, 330.)



Discrete inputs eli binääritulot ovat yleensä fyysisiä tuloja. Niiden arvoa ei pysty muokkaamaan väylän kautta. Binäärituloille on varattu parametritaulukon osoitteet 1-9999. (Mehta & Reddy 2015, 330.)

Coils eli binäärilähdöt ovat yleensä laitteessa olevia yhden bitin muistipaikkoja, tai fyysisiä binäärilähtöjä. Niiden arvoa pystyy sekä lukemaan että kirjoittamaan väylän kautta. Binäärilähdöille on varattu parametritaulukon osoitteet 10001-19999. (Mehta & Reddy 2015, 330.)

Input registers eli tulorekisterit ovat yleensä fyysisiä analogisia tuloja. Niiden arvoa pystyy vain lukemaan. Tulorekistereille on varattu parametritaulukon osoitteet 30001-39999. (Mehta & Reddy 2015, 330.)

Holding registers eli analogiarekisterit ovat yleensä fyysisiä analogialähtöjä, tai laitteessa olevia 16-bittisiä muistipaikkoja. Niiden arvoa pystyy lukemaan ja kirjoittamaan väylän kautta. Analogiarekistereille on varattu parametritaulukon osoitteet 40001-49999. (Mehta & Reddy 2015, 330.)

Funktiokoodin eri toimintoja on kolme (ks. Taulukko 3). Lukutoiminnolla pystyy lukemaan tietyn parametrin arvoa. Kirjoitustoimintoja on kaksi: ensimmäisellä kirjoitetaan vain yhteen tiettyyn parametriin uusi arvo ja toisella voidaan kirjoittaa kerralla useaan parametritaulukossa peräkkäin olevaan parametriin uusi arvo. (Modbus application protocol 2016, 12-30.)

Taulukko 3. Yleisimmät Modbus-funktiokoodit

Function Code	Action	Table Name
01 (01 hex)	Read	Discrete output coils
05 (05 hex)	Write single	Discrete output coil
15 (0F hex)	Write multiple	Discrete output coils
02 (02 hex)	Read	Discrete input contacts
04 (04 hex)	Read	Analog input registers
03 (03 hex)	Read	Analog output holding registers
06 (06 hex)	Write single	Analog output holding register
16 (10 hex)	Write multiple	Analog output holding registers

### 3.3 M-Bus -protokolla

M-Bus, eli Meter-Bus, on nimenoman mittareita varten kehitetty eurooppalainen standardi. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi lämpöenergiamittareissa, sähköenergiamittareissa ja vesimittareissa. M-Bus mahdollistaa kaikkien väylässä olevien mittareiden lukemisen etänä samasta paikasta, jokaista mittaria ei tarvitse kiertää erikseen lukemassa. (The M-Bus: An Overview, n.d.)

#### 3.3.1 Fyysinen rajapinta

M-Bus on Master-Slave -tyyppinen protokolla. Se käyttää fyysisenä rajapintana parikaapelia. Samalla parikaapelilla annetaan mittareille käyttöjännite ja hoidetaan laitteiden välinen tietoliikenne. Bittien siirtäminen isäntälaitteen ja orjalaitteen välillä tehdään muuttamalla parikaapelin jännitettä. Kun isäntälaitte lähettää bitin, jonka arvo on 1, parikaapelin jännite nostetaan nimellisjännitteeseen, joka on tyypillisesti 36 V. Kun lähetettävän bitin arvo on 0, parikaapelin jännitettä lasketaan 12 voltilla. Väylä ei ole kovinkaan tarkka nimellisjännitteestä ( $V_{ref}$ ), sillä laitteet tarkkailevat jännitteen muutosta. Nimellisjännite voi olla vaikka 24 V. Oleellisempaa on, että bitin arvon ollessa 0 jännite on  $V_{ref} - 12$  V. (The M-Bus: A Documentation n.d., 14.)

Orjalaitteen lähettämät viestit isäntälaitteelle toteutetaan muuttamalla orjalaitteen virrankulutusta. Orjalaitteen lähettäessä bitin, jonka arvo on 1, laitteen virrankulutus lasketaan 1.5 mA:iin. Kun lähetettävän bitin arvo on 0, nostetaan orjalaitteen virrankulutusta 11-20 mA. Tämä virta riittää orjalaitteelle käyttövirraksi. (The M-Bus: A Documentation n.d., 14.)

#### 3.3.2 Tiedonsiirto

Kun tietoliikennettä isäntälaitteelta orjalaitteille ei ole, parikaapelin jännite pysyy nimellisjännitteessä. Tietopaketti on pituudeltaan 11 bittiä, joista ensimmäinen bitti on aloitusbitti ja viimeinen on lopetusbitti. Paketin toiseksi viimeinen bitti on pariteetti-bitti. Muut bitit ovat varsinaisia tietobittejä. (The M-Bus: A Documentation n.d., 21.)

Vastaus orjalaitteelta isäntälaitteelle on melkein samanlainen. Orjalaite lähettää väylään tietopaketin, jonka aloitusbitti on arvoltaan 0. Eli orjalaite nostaa virrankulutusta 11-20 mA. Seuraavan kahdeksan bittiä sisältävät tietoa, jonka orjalaite lähettää isäntälaitteelle. Toiseksi viimeinen bitti on pariteettibitti ja viimeinen on lopetusbitti.

(The M-Bus: A Documentation n.d., 21.)

### 3.3.3 Telegrammit

M-Bus -paketteja kutsutaan telegrammeiksi. Niitä on neljä erilaista (ks. taulukko 4).

Ensimmäinen telegrammi on Single Character eli yksittäinen merkki. Sillä kuitataan vastaanotettu telegrammi. (The M-Bus: A Documentation n.d., 22.)

Short Frame, eli lyhyt kehys, koostuu aloitusmerkistä, C-alueesta, A-alueesta, tarkistussummasta ja lopetusmerkistä. (The M-Bus: A Documentation n.d., 22.)

Control Frame, eli hallintakehys, koostuu aloitusmerkistä, kahdesta L-alueesta, toisesta aloitusmerkistä, C-alueesta, A-alueesta, CI-alueesta, tarkistussummasta ja lopetusmerkistä. (The M-Bus: A Documentation n.d., 23.)

Long Frame, eli pitkä kehys, koostuu aloitusmerkistä, kahdesta L-alueesta, toisesta aloitusmerkistä, C-alueesta, A-alueesta, CI-alueesta, käyttäjän lähettämistä tiedoista, tarkistussummasta ja lopetusmerkistä. (The M-Bus: A Documentation n.d., 23.)

Taulukko 4. M-Bus -paketit, eli telegrammit (The M-Bus: A Documentation n.d., 22)

Single Character		Short Frame		Control Frame		Long Frame
E5h		Start 10h		Start 68h		Start 68h
		C Field		L Field = 3		L Field
		A Field		L Field = 3		L Field
		Check Sum		Start 68h		Start 68h
		Stop 16h		C Field		C Field
				A Field		A Field
				CI Field		CI Field
				Check Sum		User Data
				Stop 16h		(0-252 Byte)
						Check Sum
						Stop 16h

C-alue on hallinta-alue. Hallinta-alueella merkitään toiminnot ja niiden aiheuttamat toimenpiteet. Lisäksi siinä määritetään tietovirran suunta, sekä useita lisätoimintoja, kuten kutsu- ja vastausohjeet. (The M-Bus: A Documentation n.d., 23-24.)

A-alue on osoitealue, joka määrittelee paketin vastaanottajan osoitetiedot. Tämä alue on yhden tavun kokoinen eli sen arvo on 0-255. Osoitteet 1-250 ovat orjalaitteiden osoitteita. Laitteiden tullessa tehtaalta, niiden osoite on aina 0, joten osoite 0 on varattu konfiguroimattomille laitteille. Osoitteet 254 ja 255 ovat tarkoitettu tietojen lähettämiseksi kaikille laitteille. Osoitteesta 255 mikään laite ei vastaa pyyntöön, osoitteesta 254 jokainen laite vastaa pyyntöön omalla osoitteellaan. Osoite 253 kertoo että osoitteistaminen on suoritettu verkkokerroksessa datayhteyskerroksen sijaan. Jäljelle jäävät osoitteet 251 ja 252 ovat varattu myöhempää käyttöä varten. (The M-Bus: A Documentation n.d., 24-)

CI-alue on ohjaustietoalue, joka määrittelee kehyksessä lähetettävien sovellustietojen tyyppin ja järjestyksen. (The M-Bus: A Documentation n.d., 25.)

## 3.4 EXOline-protokolla

EXOline on Reginin kehittämä tiedonsiirtoprotokolla, joka on kehitetty pääosin Reginin omien laitteiden väliseen kommunikointiin. Se käyttää fyysisenä rajapintana RS485-protokollaa, TCP/IP-protokollaa tai GPRS/3G/4G-verkkoa (EXO System Basics 2015, 37). EXOline on Master-Slave—tyyppinen tiedonsiirtoprotokolla (EXO System Basics 2015, 30).

### 3.4.1 Osoitteet

EXOline-verkossa jokaisella laitteella tulee olla yksilöllinen osoite. EXOline-osoite on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osa on PLA, joka on väliltä 1-239. PLA-osoitteet 240-255 ovat varattu erityistarkoituksia varten. Toinen osa on ELA, joka on väliltä 1-255. Osoite näytetään muodossa PLA:ELA. Esimerkiksi 254:30, jolloin PLA on 254 ja ELA on 30. Samalla toiminta-alueella olevilla säätimillä tulee olla sama PLA-osoite, mutta yksilöllinen ELA-osoite. Toiminta-alueen master-säätimellä tulee olla alueen pienin ELA-osoite. EXOline-verkossa on mahdollisuus broadcastiin, eli kaikki verkon orjalaitteet vastaavat osoitteeseen 255:31 lähetettyyn pyyntöön. (EXO System Basics 2015, 60.)

### 3.4.2 EXOscada-valvomo

EXOscada on verkkopohjainen valvomopalvelin EXO-ympäristöön. EXOscada-palvelin pyörii tavallisena prosessina Windows-tietokoneessa. Palvelin kerää tietoja siihen liitettyiltä säätimiltä, tallentaa ne SQL-tietokantaan ja näyttää ne valvomografiikassa. Valvomografiikan kautta pystyy myös kirjoittamaan tietoja säätimiin, esimerkiksi asetusarvojen muutoksia. (EXOscada 2015.)

EXOscada-palvelin käyttää palvelimen ja säätimien väliseen kommunikointiin EXOline-väylää. Säätimet voivat olla yhdistettynä palvelimeen RS485-yhteydellä tai Ethernet-yhteydellä. EXOscada pystyy kommunikoimaan säätimien kanssa myös internetin yli, joten palvelintietokoneen ei tarvitse olla edes samassa rakennuksessa säätimien kanssa. (EXO System Basics 2015, 29.)

Mikäli EXOscada-palvelimen ja säätimien välinen kommunikointi tapahtuu internetin välityksellä, määritetään säätimen asetuksiin EXOscada-palvelimen IP-osoite (EXO System Basics 2015, 41). Kun laitteet yhdistetään internetiin, ottaa säädin yhteyden EXOscada-palvelimen IP-osoitteeseen ja kertoo oman EXOline-osoitteen (EXO System Basics 2015, 42). Tällöin palvelin muodostaa virtuaalisen EXOline-väylän ja käyttää jatkossa kommunikointiin pelkästään säätimen EXOline-osoitetta (EXO System Basics 2015, 43).

## 3.5 OPC-rajapinta

### 3.5.1 OPC-rajapinnan toimintaperiaate

OPC on tiedonsiirtorajapinta, joka kehitettiin standardisoimaan automaatiolaitteiden ja tietokoneiden välistä tietoliikennettä. OPC-rajapinta on valmistajariippumaton. Käytännössä se muuntaa HMI/SCADA-laitteiston luku- ja kirjoituskäskyt kullekin laitteelle sopivaan muotoon. Samaten se muuttaa laitteiden luku- ja kirjoituskäskyt HMI/SCADA-laitteistolle sopivaan muotoon. (What is OPC? n.d.)

OPC on alun perin kehitetty Windows-käyttöjärjestelmälle sopivaksi. Myöhemmin on kehitetty OPC-UA, joka on käyttöjärjestelmäriippumaton. Tällä saatiin ohjelmistoa vielä universaalimmaksi. (What is OPC? n.d.)

OPC käyttää erityyppisiä protokollia tiedon hallitsemiseen. Protokollat ovat kuitenkin itsenäisiä, eli niiden komennotkin ovat erilaisia. Eniten käytetty OPC-protokolla on DA, eli Data Access. (OPC ja OPC UA n.d.)

OPC tarvitsee toimiakseen kaksi komponenttia. Ensimmäinen niistä on OPC-palvelin, joka hoitaa kommunikoinnin palvelimen ja automaatiolaitteiden välillä. Toinen on OPC-client, joka lukee tiedot OPC-palvelimelta ja näyttää ne HMI/SCADA-laitteessa. (Mehta & Reddy 2015, 459.)

### 3.5.2 Data Access -määrittely

OPC Data Access -määrittely, eli OPC DA, mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron kenttälaitteilta järjestelmän päätelaitteelle. OPC DA-client, joka voi olla esimerkiksi valvomotietokone, lähettää OPC DA-palvelimelle pyynnön jostakin tietyistä tiedoista. OPC DA-palvelin hakee pyydetyn tiedon suoraan kenttälaitteelta ja välittää sen suoraan clientille. Palvelimen lähettämä tietopaketti koostuu kolmesta tiedosta: pyydetävän parametrin arvosta, arvon laadusta ja aikaleimasta. (Mehta & Reddy 2015, 464.)

Palvelimen ja clientin väliseen tiedonsiirtoon on useita menetelmiä, mutta niistä yleisimmät ovat synkronoitu lukeminen ja synkronoimaton lukeminen. Synkronoidussa lukemisessa client lähettää palvelimelle listan pyydyistä tiedoista, jolloin palvelin lähettää takaisin pyydyt tiedot. Kun pyydyt tiedot saapuvat clientille, lähettää tämä seuraavan pyynnön serverille. Tämän menetelmän huonona puolena on se, kun client odottaa niin pitkään, että saa palvelimelta vastauksen. Jos palvelin ei vastaa, niin client jää odottamaan siihen asti, kun vastaus vihdoin tulee. Toinen heikkous on se, että palvelin vastaa pyyntöön, vaikka pyydetyn parametrin arvo ei ole muuttunut edellisen pyynnön jälkeen. Tämä aiheuttaa turhaa tietoliikennettä clientin ja serverin välille. (Mehta & Reddy 2015, 465.)

Synkronoimattomassa lukemisessa client lähettää palvelimelle pyynnön, joka sisältää listan pyydyistä tiedoista ja tilausajan. Tilausaika on aika, jonka välein pyydettyjä tietoja lähetetään palvelimelle. Palvelin muodostaa listan pyydyistä tiedoista ryhmiä tilausajan mukaan. Ryhmään tulee aina tiedot, joilla on sama tilausaika. Palvelin lähettää pyydyt tiedot takaisin clientille kahden ehdon täytyessä. Ensimmäinenä ehtona pyydetyn parametrin arvon tai arvon laadun tulee olla muuttunut. Toisena ehtona tilausajan tulee olla täynnä. Palvelin ei lähetä muuttunutta tietoa eteenpäin ennen kuin tilausaika on täynnä. (Mehta & Reddy 2015, 466.)

Synkronoimaton lukeminen vähentää huomattavasti tietoliikennettä palvelimen ja clientin välillä. Tällä pystytään ehkäisemään myös clientin ylikuormittuminen, sillä

clientit pystyvät käsittelemään vain rajatun määrän tietoa kerrallaan. (Mehta & Reddy 2015, 467.)

## 4 Laitteisto

Reginin laitteet on luokiteltu eri tuotesarjoihin. Opinnäytetyön testilaitteistoon koottiin Reginin suosituimpia tuotteita.

### Corrigo-säädinsarja

Corrigo-sarja sisältää esiohjelmoituja säätimiä ilmanvaihto-, sekä lämmityssovelluksiin. Sitä on saatavilla 8:lla, 15:llä, tai 28:llä I/O pisteellä. Tietoliikenne tapahtuu joko RS485-yhteydellä tai TCP/IP-yhteydellä. Se voidaan ohjelmoida joko säätimen omalta näytöltä tai tietokoneen kautta erillisellä ohjelmistolla. (Tuotteita ja järjestelmiä rakennusautomaatioon 2016.)

Tässä työssä käytetty Corrigo-säädin on malliltaan E152DW-3, jossa on 15 I/O-pistettä: 4 AI, 3 AO, 4 DI ja 4 DO. Tietoliikenneportteja siinä on kaksi: RS485 ja TCP/IP. Säätimessä on 4x20-rivinen lcd-näyttö ja oma sisäinen verkkopalvelin säätimen hallintaa varten. (Corrigo ventilation 2016.)



Kuvio 3. EXOcompact-säädin



### **EXOcompact-säädinsarja**

EXOcompact (ks. kuvio 3) on Corrigoa muistuttava vapaasti ohjelmoitava kompaktin kokoluokan säädinsarja. Siitä on saatavilla samoilla I/O pisteillä kuin Corrigoa, eli 8:lla, 15:llä tai 28:llä I/O pisteellä. Keskeisin ero EXOcompactin ja Corrigon välillä on se, että EXOcompact on vapaasti ohjelmoitava, kun taas Corrigo on esiohjelmoitu tiettyihin sovelluksiin. (Tuotteita ja järjestelmiä rakennusautomaatioon 2016.)

Tässä työssä käytetty EXOcompact-säädin on malliltaan C283DT-3, jossa on 28 I/O-pistettä: 4 AI, 5 AO, 8 DI, 7 DO ja lisäksi 4 UI, joita voi käyttää joko analogisena tai digitaalisena tulona. Tietoliikenneportteja säätimestä löytyy yhteensä kolme: kaksi RS485-porttia ja yksi TCP/IP-portti. Säätimessä on ohjelmoitava 4x20 rivinen lcd-näyttö.



Kuvio 4. EXOclever-säädin

### **EXOclever-säädin**

Suurempiin automaatiojärjestelmiin käytetään vapaasti ohjelmoitavaa EXOclever EC-PU4 -säädintä (ks. kuvio 4). Säätimessä ei ole sisäänrakennettua I/O:ta, mutta siinä on kolme RS485-tietoliikenneporttia ja yksi TCP/IP-portti. Tietoliikenneporttien kautta säätimeen on mahdollista lisätä hajautettua I/O:ta tai muita säätimiä. (EXOclever EC-PU4 2016.)



Kuvio 5. Presigo-painelähetin

### **Painelähetin**

Opinnäytetyössä käytetty painelähetin on malliltaan PDT12C ja se kuuluu Presigo-tuotesarjaan (ks. kuvio 5). Presigoa on saatavilla joko analogialähdöllä, tai väyläliitännällä. PDT12C on väyläliitännällä ja se tukee EXOline ja Modbus -väyliä. Painelähettimessä on mallista riippuen joko yksi tai kaksi painemittausta. Analogialähtöisessä painelähettimessä on molemmille mittauksille oma analogialähtönsä. Väyläliitännällä varustetussa Presigossa on 2 universaalia tuloa, joita voidaan käyttää hajautettuna I/O:na. Mallista riippuen painelähettimellä voidaan mitata painetta 7500 pascaliin asti. (Presigo PDT...(-2) 2017.)



Kuvio 6. Reginin langattomat tuotteet

### **Langattomat laitteet**

Langaton vastaanotin (ks. kuvio 6) kytketään säätimeen Modbus-väylän kautta. Vastaanotin kommunikoi langattomien laitteiden kanssa 868 MHz radiotaajuudella. Antureiden havaittua muutoksen mittauksessa, laitteet lähettävät mitaamansa tiedon

langattomasti vastaanottimelle, jonka kautta mittaustiedot siirtyvät säätimelle Modbus-väylää pitkin. Vastaanotin toimii Modbus-orjalaitteena. Sen malli on RCW-M. (Variable list RCW-M 2017.)

Langattomat anturit ovat paristokäyttöisiä. Anturit lähettävät mittaustietoa vastaanottimelle ainoastaan silloin, kun mittaustiedossa tapahtuu muutosta. Esimerkiksi ikkunakytkin lähettää tiedon vastaanottimelle vain silloin, kun ikkuna avataan tai suljetaan. (DCW Wireless door contact 2015.)



Kuvio 7. X1176 M-Bus -muunnin

### **M-Bus -muunnin**

Koska EXOclever-säädin ei tue suoraan M-Bus -väylää, täytyi käyttää X1176 M-Bus –muunninta (ks. kuvio 7). X1176 kytketään M-Bus -väylään ja EXOline-väylän kautta säätimeen. M-bus –muunnin ei näy EXOcleverille väylään kytkettynä laitteena, vaan se tuo M-bus –väylään kytketyt laitteet suoraan EXOcleverin näkyville. (X1176 Product sheet 2011.)



Kuvio 8. SS2U-energiamittari

### Energiamittari

SS2U-sarja (ks. kuvio 8) pitää sisällään energiainmittareita, joiden mittausmenetelmä perustuu ultraäänimenetelmään. SS2U-mittareissa on kaksi PT1000-tyyppistä lämpötila-anturia, joista toinen on mittarin rungossa itsessään ja toinen on ulkoinen anturi 1.5 m johdon päässä. Mittaria on saatavilla kokoluokissa DN15-DN25 ja nimellisvirtauksilla 0.6-6.0 m<sup>3</sup>/h. Se on paristokäyttöinen ja sen LCD-näytön kautta pystyy lukemaan energian kulutustietoja ja mitattuja lämpötiloja. SS2U-mittaria on saatavilla pulssilähdöllä, M-Bus –liitännällä tai molemmilla. (SS2U 2016.)



Kuvio 9. RC-C3DOC -huonesäädin

## Huonesäädin

RC-C3DOC (ks. kuvio 9) on esiohjelmoitu huonesäädin. Se kuuluu Regio-tuotesarjaan, joka on monipuolinen valikoima erilaisia huonesäätimiä. RC-C3DOC sisältää PT1000-tyyppisen lämpötila-anturin ja siihen on mahdollista lisätä myös ulkoinen lämpötila-anturi. Siihen voi kytkeä myös läsnäolotunnistimen tai kondensaatioanturin. Lähtöjä huonesäätimessä on kolme, joita voidaan käyttää joko digitaalisina, tai analogisina lähtöinä. (RC-C3DOC 2017.)

RC-C3DOC-huonesäätimeen on esiohjelmoitu erilaisia sovelluksia tilan jäähdytyksen tai lämmityksen ohjaukseen. Sen voi kytkeä RS485-rajapinnalla Modbus-, EXOline-, tai BACnet-väylään. (RC-C3DOC 2017.)



Kuvio 10. TG-KH/PT1000 -kanava-anturi

## Lämpötila-anturit

Opinnäytetyössä käytetyt lämpötila-anturit ovat Pt1000-tyyppisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että vastuselementti on platinaa ja sen resistanssi 0°C lämpötilassa on 1000Ω. Anturit eivät sisällä lähetintä, eli ne ovat pelkkiä passiivisia vastuselementtejä. Opinnäytetyössä käytettiin TG-KH/PT1000 (ks. kuvio 10) lämpötila-antureita, jotka ovat tarkoitettu ilmanvaihtokanavassa virtaavan ilman lämpötilan mittaamiseen (TG-KH/PT1000 2016).



Kuvio 11. LTWT10/PT1000-valoisuusanturi

### **Valoisuusanturi**

Valoisuusanturi mittaa ympäristön valoisuutta. Opinnäytetyössä käytetty valoisuusanturi on LTWT10/PT1000 (ks. kuvio 11), johon on yhdistetty valoisuuslähetin ja PT1000-vastuselementti. Valoisuuslähettimen mitta-alue on dippikytkimillä valittavissa 0...1000 – 0...100 000 lux väliltä. Lähetin lähettää valoisuuden mittaustiedon 0-10 V jänniteviestillä. (LTWT10/PT1000 2017.)



Kuvio 12. DP156N paneelitietokone

### **Paneelitietokone**

Opinnäytetyössä käytetty paneelitietokone on 15.6” kosketusnäytöllä varustettu DP156N (ks. kuvio 12). Siinä on käyttöjärjestelmänä Windows 8.1 ja sen prosessori kuuluu Intel Atom -sarjaan. Kiintolevynä paneelitietokoneessa on 64 GB kokoinen SSD-kiintolevy. Paneelitietokoneen liitäntöinä ovat 4kpl RS232-porttia, 2kpl USB-porttia, sekä 2kpl LAN-porttia. (DP156N 2015.)

## **5 Työn toteutus**

### **5.1 Suunnittelu**

Työn suunnittelu tehtiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Alkuperäinen idea oli suunnitella ja koota esittelylaitteisto pääosin Reginin laitteilla. Laitteistoa tulitaisiin käyttää koulutus- ja messutilaisuuksissa, sekä myynnissä. Laitteisto olisi ollut myös hyvä testilaitteisto erilaisiin ohjelmistokokeiluihin ja uusien laitteiden testaamiseen. Laitteistoon haluttiin lisätä mahdollisimman paljon tuettuja kenttäväyliä ja tiedonsiirtoprotokollia, jotta niistä saataisiin enemmän käytännön kokemusta. Tätä kokemusta voitaisiin myöhemmin soveltaa projekteissa.

Aluksi piirrettiin paperille alustava layout laitteiston rakenteesta ja sijoittelusta. Layout piirrettiin myöhemmin Inkscapella puhtaaksi tietokoneelle. Koska laitteistossa oli kaksi eri kokonaisuutta, piirrettiin EXOcompact-säätimeen liitettävien laitteiden layout (ks. liite 1) ja EXOclever-säätimeen liitettävien laitteiden layout (ks. liite 2) erikseen. Laitteistoon valikoitui Reginin käytetyimmät säätimet sekä tärkeimmät kenttälaitteet. Säätimet ovat hyvin oleellinen osa rakennusautomaatiojärjestelmää, joten niitä haluttiin esittelylaitteistoon sisällyttää useampia. Jotta laitteisto olisi mahdollisimman kokonaisvaltainen, otettiin siihen yksi säädin, joka on tarkoitettu suuren I/O-pistemäärän projekteihin, sekä yksi keskikokoisista säätimistä ja yksi pienemmän kokoluokan säätimistä. Kenttälaitteita ei suunniteltu kovinkaan tarkasti vielä tässä vaiheessa. Muutamia tärkeitä laitteita, kuten energiamittaus ja Modbusia tukeva painelähetin, lisättiin suunnitelmaan. Loput kenttälaitteet aiottiin valita myöhemmin

saatavilla olevista laitteista. Alustavaan layouttiin merkittiin myös laitteiden väliset yhteydet ja niissä käytettävät kenttäväylät.

Laitteiston asennuspaikkaa mietittiin, mutta siitä ei tehty suunnitteluvaiheessa vielä päätöstä. Vaihtoehtoina oli siirrettävä asennusseinä tai asennus toimiston seinään. Siirrettävä asennusseinä olisi käytännöllisempi, sillä laitteiston saisi helposti otettua mukaan koulutuksiin tai messuihin. Toimiston tilat ovat kuitenkin melko pienet, joten seinäasennus oli toisena vaihtoehtona pienemmän tilantarpeen takia. Seinäasennuksessa laitteisto menettäisi liikuteltavuutensa, joten osa sen suunnitelluista käyttötarkoituksista jäisi pois. Päätettiin, että tehdään laitteisto muulta osin valmiiksi ja mietitään asennuspaikkaa lopuksi.

Alustavan layoutin jälkeen tehtiin laiteluettelo, johon laitettiin jokaisesta laitteesta nimi, tuotetunnus, kappalemäärä ja laitteen hankintapaikka. Osa laitteista löytyi suoraan projektihyllystä, johon oli kerääntynyt projekteista yli jääneitä laitteita, mutta suurin osa laitteista tilattiin Reginin päävarastosta Ruotsista.

Suunnitelmiin kuului myös langattomien antureiden paikat ja positiot. Laitteista ja niiden tärkeimmistä tiedoista tehtiin luettelo, johon tuli jokaisen anturin positio, anturityyppi, asennuspaikka ja tunnistenumero. Luettelo helpottaa ohjelmointia ja mahdollisia myöhempiä toimenpiteitä.

## 5.2 Asennukset ja kytkennät

Koska laitteita ei asennettu kiinteästi mihinkään ennen kytkentätöitä, oli kytkentöjen tekeminen hieman sekavaa. AC-virtalähde, johdonsuojakatkaisijat ja pääkytkin asennettiin pieneen koteloon, jotta jännitteeltään 230 V osat olisivat koteloituna. Säätiimet ja 24 V:n riviliittimet asennettiin DIN-kiskoon. Kun tärkeimmät laitteet olivat kiinteästi asennettu kiskoon, pysyi kokonaisuus selkeämpänä. Laitteet, jotka eivät tuke-neet DIN-kiskokiinnitystä, jätettiin kiskon viereen. Riviliittimien kautta jaettiin AC- ja DC-jännitteet laitteille. Johdonsuojakatkaisija tuli AC-virtalähteen ja riviliittimen väliin suojaamaan virtalähdettä ja laitteita.



Laitteet kytkettiin yksitellen siten, että aina yhden laitteen kytkemisen jälkeen tehtiin siihen liittyvät ohjelmat ja testaukset, ennen kuin siirryttiin seuraavan laitteen kytkemiseen. Tämä toimintatapa helpottaa vikojen selvittelyä, mikäli niitä ilmaantuu, sillä kun laitteistoon tehdään vain yksi muutos kerrallaan, vikakohtien haarukoiminen on huomattavasti helpompaa.

### 5.3 Ohjelmointi

Laitteiston ohjelmointi koostui monesta eri osasta, koska siinä oli kolme erilaista säädintä ja monta eri kenttäväylää. Ohjelmointi tehtiin pääosin Reginin omalla EXO-designer-ohjelmistolla. Corrigo on esiohjelmoitu säädin, joten sitä ei pysty varsinaisesti ohjelmoimaan. Corrigon asetusparametrit muutettiin Reginin Corrigo E Tool Ventilation –ohjelmistolla tietokoneen kautta. Parametrit ovat muutettavissa myös Corrigon oman näytön kautta, mutta tietokoneella parametrien muokkaaminen ja valikoissa liikkuminen on nopeampaa.

#### 5.3.1 EXOline-protokollan ohjelmointi

EXOline-väylän asetukset olivat valmiiksi kunnossa, sillä EXOdesignerin projektityökalu tekee asetukset automaattisesti. RC-C3DOC –huonesäätimen parametrien lukemista varten EXOcleverin ohjemaan lisättiin RegioComGeneral-lohko. Siihen on valmiiksi määritetty huonesäätimen parametriluettelo, joten siihen ei tarvinnut kuin muuttaa käytettävän sarjaportin numero, sekä huonesäätimen EXOline-osoite (kts. Liite 3). Huonesäätimillä on tehtaalla esiasetetut EXOline-osoitteet, jotka näkyvät huonesäätimen sisälle liimatussa tarrassa.

#### 5.3.2 M-Bus -protokollan ohjelmointi

M-Bus –väylän ohjelmoiminen tehtiin EXOdesignerin M-Bus Master -työkalulla. Käytetyn energiamittarin M-Bus –osoitteena oli tehtaalla asettama oletusosoite. Osoite täytyi muuttaa, jotta jatkossa ei tulisi osoiteristiriitoja. M-Bus Masterissa on toiminto,

jolla voidaan muuttaa M-Bus –laitteen osoitetta syötämällä siihen ensin laitteen nykyinen osoite ja sitten laitteen haluttu osoite.

Osoitteen muuttamisen jälkeen energiamittari täytyi määrittää M-Bus Masteriin. Määrittämiseen vaadittiin laitteen nimi ja osoite (ks. liite 4). Näiden tietojen syöttämisen jälkeen yhteys energiamittariin saatiin muodostettua. Koska energiamittaria ei oltu kytketty mihinkään prosessiin, vaan se oli irtonaisena pöydällä, siitä ei saatu järkeviä energiankulutusarvoja. Yhteyden toiminta varmistettiin lämmittämällä energiamittarin lämpötila-anturia ja seuraamalla energiamittarin lähettämiä arvoja M-Bus –väylän kautta.

### 5.3.3 Modbus-protokollan ohjelmointi

Modbus-kenttäväylään kytkettiin langaton vastaanotin ja painelähetin. Langattoman vastaanottimen Modbus-osoite määritettiin dippikytkimien avulla. Pinalähetimen osoite vaihdettiin väylän kautta. Sen Modbus-osoitteeksi on tehtäällä määritetty 1, joten osoitteen sai vaihdettua väylän kautta, kun väylän asetukset saatiin tehtyä.

Varsinainen Modbus-väylän ohjelmointi tehtiin EXOdesignerin omalla Modbus Master –työkalulla. Modbus Masteriin laitettiin väylän asetukset, kuten käytetty sarjaportti, pariteettibitti, lopetusbittien lukumäärä ja väylän nopeus (ks. liite 5). Käytetyt laitteet olivat Reginin valmistamia, joten Modbus Masterista löytyi suoraan mallipohjat, joihin oli määritetty laitteiden Modbus-rekisterit valmiiksi. Koska tavoitteena oli opiskella tiedonsiirtoprotokollien käyttöä, määritettiin rekisterit käsin ilman mallipohjia. Tällä menetelmällä Modbus-väylän toimintaperiaate tulee opittua käytännön kautta.

Modbus Masteriin lisättiin uusi laite, joka nimettiin langattoman vastaanottimen mukaan ja siihen laitettiin langattoman vastaanottimen Modbus-osoite. Modbus Masteriin määritettiin langattoman vastaanottimen alle luettavat ja kirjoitettavat rekisterit, niiden osoitteet ja luettavan parametrin skaalaus. Esimerkiksi lämpötila-antureiden

rekisterit ovat 30001-30016 (Variable list RCW-M. 2017.). Parametritaulukossa kerrotut rekisterinumerot ovat järjestysnumeroita, joiden numerointi alkaa numerosta 1. Modbus-osoitteiden numerointi alkaa numerosta 0, joten esimerkiksi rekisterin 30001 osoite on 30000. Koska laitteistoon on liitetty vain 5 kpl langattomia lämpötila-antureita, niin tuolta rekisterialueelta tarvitsee käyttää vain rekisterit 30001-30005. Kaikki 30000-alkuiset rekisterit ovat aina tulorekistereitä, joten Modbus Master lisää määritettyyn osoitteeseen suoraan luvun 30000. Modbus Masteriin määritettiin siis lämpötila-anturit rekisteriosoiteilla 0-4. Tämä tehtiin Read Input Register -toiminnolla, jolla pystytään lukemaan useita peräkkäisiä rekistereitä. Lämpötila-anturien rekisterit alkoivat osoitteesta 0 ja niitä oli yhteensä 5 kpl. Tällöin Read Input Registers -funktion aloitusrekisteriksi (Modbus data address) laitettiin 0 ja luettavien parametrien lukumääräksi (Number of data values) 5 (ks. liite 6).

#### 5.3.4 BACnet-protokollan ohjelmointi

BACnet-protokollaa käytettiin kahdessa eri sovelluksessa. Ensimmäisessä sovelluksessa kytkettiin Corrigo-säädin EXOclever-säätimeen Ethernet-portin välityksellä. Tiedonsiirtoprotokollaksi asetettiin BACnet. Sovelluksessa Corrigo toimii itsenäisenä säätimenä, ja EXOclever lukee sekä kirjoittaa parametreja, kuten mittauksia ja asetusarvoja. Corrigon yhteysasetukset muutettiin tietokoneella Corrigo E Tool Ventilation -ohjelmiston avulla.

Corrigolle määritettiin BACnet-verkon nimi ja Device ID, eli tunnistenumero. Tunnistenumero syötetään Corrigo E tool -ohjelmistoon kahdessa osassa, Device ID low ja Device ID high, eli matala ja korkea osa. Korkea osa kerrotaan luvulla 10 000, ja siihen lisätään matala osa. Tässä työssä Corrigon tunnistenumeron korkeaan osaan laitettiin 1 ja matalaan osaan 4. Tällöin Corrigon tunnistenumeroiksi tulee  $(1 \times 10\,000) + 4 = 10\,004$ . Tunnistenumeron lisäksi toimiva yhteys vaatii myös UDP-portin. Se jätettiin oletusasetukseksi, sillä se on oletuksena sama ainakin kaikissa Reginin laitteissa. EXOcleverin asetukset määritettiin EXOdesignerin BACnet Tool -työkalulla.

### 5.3.5 OPC-rajapinnan ohjelmointi

Koska EXOclever-säätimessä on vain yksi Ethernet-liitäntä, täytyi Corrigo irrottaa EXOcleveristä BACnetin testaamisen jälkeen, jotta päästiin määrittelemään OPC-rajapintaa. OPC-palvelimena käytettiin KEPServerEX-ohjelmistoa, joka asennettiin paneelitietokoneelle. EXOclever liitettiin paneelitietokoneeseen ethernet-kaapelilla. Tässä sovelluksessa testattiin koko laitteistoa. Tieto siirtyi langattomilta huoneantu-reilta langattomasti langattomaan vastaanottimeen. EXOcompact-säädin luki lämpötilat langattomalta vastaanottimelta Modbus-väylää pitkin. EXOcompact-säädin määritettiin EXOline-väylän orjalaitteeksi. EXOclever-säädin taas määritettiin EXOline-väylän isäntälaitteeksi. EXOclever luki lämpötilojen mittaustiedon EXOcompact-säätimestä, josta mittaukset siirtyivät tietokoneen OPC-palvelimelle BACnet-väylää pitkin. Tietokoneelle asennettu valvomo-ohjelmisto otti säätimen lähettämät tiedot OPC-palvelimelta ja näytti ne valvomografiikassa.

KEPServerEX-ohjelmistoon määritettiin uusi keskustelukanava, jonka kautta OPC-palvelin keskustelelee säätimen kanssa. Kanavaan lisättiin uusi laite, johon määritettiin EXOclever-säätimen BACnet ID. Tässä vaiheessa KEPServerEX-ohjelmisto skannasi BACnet-verkon ja latsi säätimestä muuttujalistan, jossa oli kaikki säätimeen määritellyt BACnet-muuttujat (ks. liite 7).

OPC-rajapinnan kautta luetut tiedot laitettiin myös EXOscada-valvomolle näkyviin. EXOscada-valvomo määritettiin OPC-clientiksi. OPC-client –asetuksiin lisättiin BACnet-laitteet, eli tässä tapauksessa EXOclever-säädin. Tämän jälkeen OPC:n kautta luettavat parametrit saatiin lisättyä myös valvomografiikkaan.

## 6 Tulokset

Työn lopputuloksena saatiin testauslaitteisto, jossa on valmiina liitännät BACnet-, Modbus-, M-Bus- sekä EXOline-protokolliin. Laitteistossa on valmius myös OPC-rajapintaan. Jännitteenjakoriviliittimillä on reilusti tyhjää tilaa uusien laitteiden liittämistä varten. Laitteistossa olevien säätimien ohjelmat ovat vapaasti toimeksiantajan henkilöstön saatavilla.

Testauslaitteistossa on oleellisimmat ja eniten käytetyt Reginin laitteet. Tämä on suureksi eduksi uusia ohjelmatoimintoja testatessa. Uusien laitteiden lisääminen järjestelmään on helppoa, sillä riviliittimiltä saa joko AC- tai DC-jännitettä laitteen tarpeen mukaan. DIN-kiskoakin on vielä vapaana, joten kiinteä asennus on nopea toteuttaa. Näin saadaan laitteisto pysymään siistissä järjestyksessä ja johdotus on selkeämpää tehdä.

Tiedonsiirtoprotokollissa ongelmallisimpia asioita ovat yleensä alussa määritettävät yhteysasetukset. Testilaitteiston ohjelmaan on yhteysasetukset määritetty valmiiksi, joten niitä voidaan hyödyntää tarvittaessa myös muissa projekteissa.

Testilaitteistoa kokeiltiin toimeksiantajan toimesta. Laitteistossa olevan EXOcompact-säätimen Modbus-väylään kytkettiin Presigo PDT12C –painelähetin. Jännitteensyöttö painelähettimelle saatiin vapailta 24 VAC:n riviliittimiltä. Testilaitteiston projektitiedosto oli Dropbox-kansiossa. Projektitiedostoon lisättiin uusi Modbus-laite ja painelähettimen dippikytkimet asetettiin vastaamaan väylän asetuksia. Uusi ohjelma ladattiin säätimeen ja painelähettimen mittaamaa arvoa tarkasteltiin EXOdesignerin Debug Browserin kautta. Tämän kokeilun perusteella voitiin todeta laitteiston olevan suunnitelmien mukainen ja soveltuvan hyvin käyttötarkoitukseensa.

## **7 Pohdinta**

Tavoitteena oli saada toimeksiantajalle lisää osaamista tiedonsiirtoprotokollista sekä testilaitteisto jossa voitaisiin testata uusia laitteita ja ohjelmatoimintoja.

Tiedonsiirtoprotokollista haluttiin lisää teoriapohjaa ja laitteiston kautta myös käytännön kokemusta. Tiedonsiirtoprotokollat ovat niin isoja käsitteitä ja vaativat todella laajaa perehtymistä, että tarkoitus oli kerätä niistä oleellisin teoriatieto ja laittaa ne raporttiin. Raportissa olevan teoriatiedon pohjalta voidaan jatkossa tehdä koulutusmateriaalia tiedonsiirtoprotokollista toimeksiantajan omaa käyttöä varten.

Tiedonsiirtoprotokollat vaativat paljon opiskelua ja perehtymistä, jotta niiden toiminnallisuudet voidaan sisäistää. Protokollat kuitenkin muistuttavat toisiaan jossain määrin, joten yhden protokollan opiskelu nopeuttaa seuraavan protokollan opiskelua. Minun opiskeluni nopeuttivat huomattavasti ammattikoulussa opiskeltu CAN-cäylä, sekä harrastukset tietokoneiden, tietoverkkojen ja mikrokontrollerien parissa. Käytännön kannalta tiedonsiirtoprotokollista ei ole tarpeellista osata kaikkea. Useiden kymmenien sivujen mittaisista protokollakuvauksista voidaan kerätä oleellimmat tiedot ja tiivistää muutama sivuun. Muutaman sivun mittainen tiivistelmä riittää hyvin käytännön kannalta oleellisen tiedon sisällyttämiseen. Laajempi protokollan osaaminen kuitenkin helpottaa käyttöönottoaiheessa ja vikatilanteiden selvittämisessä.

Testilaitteisto toimi suunnitellusti ja on tarkoitukseensa sopiva. DIN-kiskolla on tilaa vielä uudelle laitteelle ja riviliittimiltä saa helposti 24 V tasa- tai vaihtojännitettä kytkettävästä laitteesta riippuen. Laitteiston asennus olisi voinut olla kiinteämpi. Nyt DIN-kisko laitteineen ja riviliittimineen, sekä koteloitu virtalähde ja johdonsuojakatkaisijat ovat irrallaan tyhjällä työpöydällä. Virtalähdekotelon ja DIN-kiskon olisi voinut esimerkiksi ruuvata paksuun vaneriin tai MDF-levyyn, jolloin asennus olisi ollut kiinteämpi ja siistimpi. Tämä olisi helpottanut laitteiston käyttöä, koska laitteilla olisi ollut oma kiinteä paikka.

Opinnäytetyö on tukenut myyntihenkilöstöä työn alkuvaiheista lähtien. Myyntihenkilöstö on kysellyt opinnäytetyöhön liittyvistä laitteista ja käytetyistä tekniikoista koko opinnäytetyöprosessin ajan. Testilaitteiston valmistuttua yksi myyntipuolen työntekijä kokeili laitteistoa lisäämällä siihen uuden Modbus-laitteen. Pidin työntekijälle samalla pienimuotoisen koulutuksen säätimen ohjelman lataamisesta sekä EXOdesignerin Modbus Master -työkalusta. Jatkossa myyntihenkilöstölle ja tarvittaessa myös muulle henkilöstölle pidetään lyhyitä tietoiskuja tiedonsiirtoprotokollista ja Reginin laitteista. Niiden on tarkoitus luoda myyntihenkilöstölle realistinen käsitys esimerkiksi väylään liitettävien laitteiden ohjelmoimisesta ja käyttöönotosta. Se helpottaa uusien hankkeiden suunnittelua ja tarjouslaskentaa.

## Lähteet

BACnet quick overview. N.d. Lyhyt esittely BACnetistä Real Time Automationin sivuilla. Viitattu 4.3.2018. <https://www.rtaautomation.com/technologies/bacnet/>

Corrigo ventilation. 2016. Esite reginin sivustolla. Viitattu 13.4.2018. [https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_4563715/Corrigo\\_ventilation\\_3.6\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_4563715/Corrigo_ventilation_3.6_prsh_en.pdf)

DCW Wireless door contact. 2015. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 15.9.2017. [http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_4567123/DCW\\_prsh\\_en.pdf](http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_4567123/DCW_prsh_en.pdf)

DP156N. 2015. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 23.4.2018. [https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_153069/DP156N\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_153069/DP156N_prsh_en.pdf)

EXOclevor EC-PU4. 2016. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 7.9.2017. [http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_231129/EXOclevor\\_EC-PU4\\_prsh\\_en.pdf](http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_231129/EXOclevor_EC-PU4_prsh_en.pdf)

EXOscada. 2015. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 13.4.2018. [https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_43981/EXOscada\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_43981/EXOscada_prsh_en.pdf)

EXO System Basics, Training seminar. 2015. Reginin koulutusmateriaali.

LTWT10/PT1000. 2016. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 15.9.2017. [http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_231255/LTWT10\\_PT1000\\_prsh\\_en.pdf](http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_231255/LTWT10_PT1000_prsh_en.pdf)

Mehta, B. & Reddy, Y. 2015. Industrial process automation systems : design and implementation. Elsevier: Amsterdam cop.

Modbus application protocol Versio v1.1b. 2016. Tietoa Modbus-protokollasta. Viitattu 16.4.2018. [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf)

Modbus over Serial Line. 2006. Modbus käyttöohje. Viitattu 15.3.2018. [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_over\\_serial\\_line\\_V1\\_02.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf)

Newman, H. N.d. BACnet - A Tutorial Overview. Opetusmateriaali BACnetin alkeisiin. Viitattu 4.3.2018. <http://www.bacnet.org/Tutorial/HMN-Overview/sld001.htm>

OPC ja OPC UA. N.d. Yleiskatsaus OPC-rajapintaan Novotekin sivustolla. Viitattu 16.4.2018. <https://www.novotek.com/fi/ratkaisut/keppure-kommunikointialusta/opc-ja-opc-ua>

Presigo PDT...(-2). 2017. Esite reginin sivustolla. Viitattu 7.9.2017.  
[http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_2218214/Presigo\\_\(-2\)\\_prsh\\_en.pdf](http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_2218214/Presigo_(-2)_prsh_en.pdf)

Rakennusten kaukolämmitys. 2013. Energiateollisuuden määräykset ja ohjeet kaukolämpöverkosta. Viitattu 14.5.2018.  
[https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1\\_2013\\_20140509.pdf](https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf)

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Viitattu 26.2.2018.  
[http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf)

RC-C3DOC. 2017. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 16.4.2018.  
[https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_8185/RC-C3DOC\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_8185/RC-C3DOC_prsh_en.pdf)

Regin\_short\_2016FIN.pdf. 2016. Reginin yritys esittely. Yrityksen sisäinen materiaali. Viitattu 29.4.2018.

Rouse, M. N.d. What is master/slave? Artikkelin master/slave-keskustelutyypin perusteista. Viitattu 4.3.2018.  
<https://searchnetworking.techtarget.com/definition/master-slave>

Simply Modbus – About Modbus. N.d. Modbusin esittely. Viitattu 15.3.2018.  
<http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm>

SS2U. 2016. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 16.4.2018.  
[https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_102048/SS2U\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_102048/SS2U_prsh_en.pdf)

Swan, B. N.d. The Language of BACnet-Objects, Properties and Services. Opetusmateriaali BACnet-objekteihin. Viitattu 4.3.2018.  
<http://www.bacnet.org/Bibliography/ES-7-96/ES-7-96.htm>

TG-KH/PT1000. 2016. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 16.5.2018.  
[https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_86940/TG-KH\\_PT1000\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_86940/TG-KH_PT1000_prsh_en.pdf)

The BACnet Device ID. N.d. BACnet Foundations -yhdistyksen kirjoittama opas, Viitattu 21.2.2018. <http://kargs.net/BACnet/Foundations2012-BACnetDeviceID.pdf>

The M-Bus: A Documentation. N.d. M-Bus protokollakuvaus. Viitattu 3.4.2018.  
<http://www.m-bus.com/files/MBDOC48.PDF>

The M-Bus: An Overview. N.d. Yleiskatsaus M-Bus -protokollaan. Viitattu 2.4.2018.  
<http://www.m-bus.com/info/mbuse.php>



The Ultimate Guide to Building Automation. 2015. Artikkele Control Solutionsin sivustolla. Viitattu 30.8.2017. <http://controlyourbuilding.com/blog/entry/the-ultimate-guide-to-building-automation>

Token and Token-Passing Access Methods. N.d. Artikkele token passing – menetelmästä. Viitattu 3.4.2018. [http://www.linktionary.com/t/token\\_access.html](http://www.linktionary.com/t/token_access.html)

Tuotteita ja järjestelmiä rakennusautomaatioon. 2016. Tuoteluettelo, Regin. Viitattu 7.9.2017.

Variable list RCW-M. 2017. Käyttöohje Reginin sivustolla. Viitattu 15.9.2017. [http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_4567123/DCW\\_prsh\\_en.pdf](http://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_4567123/DCW_prsh_en.pdf)

What is OPC? N.d. OPC-rajapinnan esittely OPC Foundationin sivustolla. Viitattu 16.4.2018. <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>

X1176 Product sheet. 2011. Esite Reginin sivustolla. Viitattu 13.4.2018. [https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42\\_1454/X1176\\_prsh\\_en.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/42_1454/X1176_prsh_en.pdf)

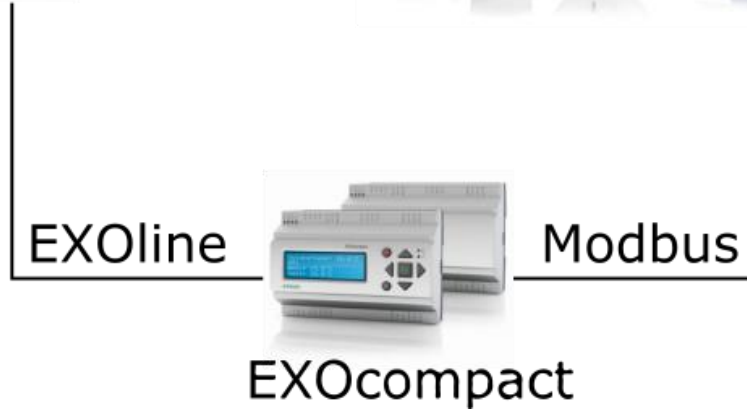
## Liitteet

Liite 1. EXOcompact-laitteiston layout

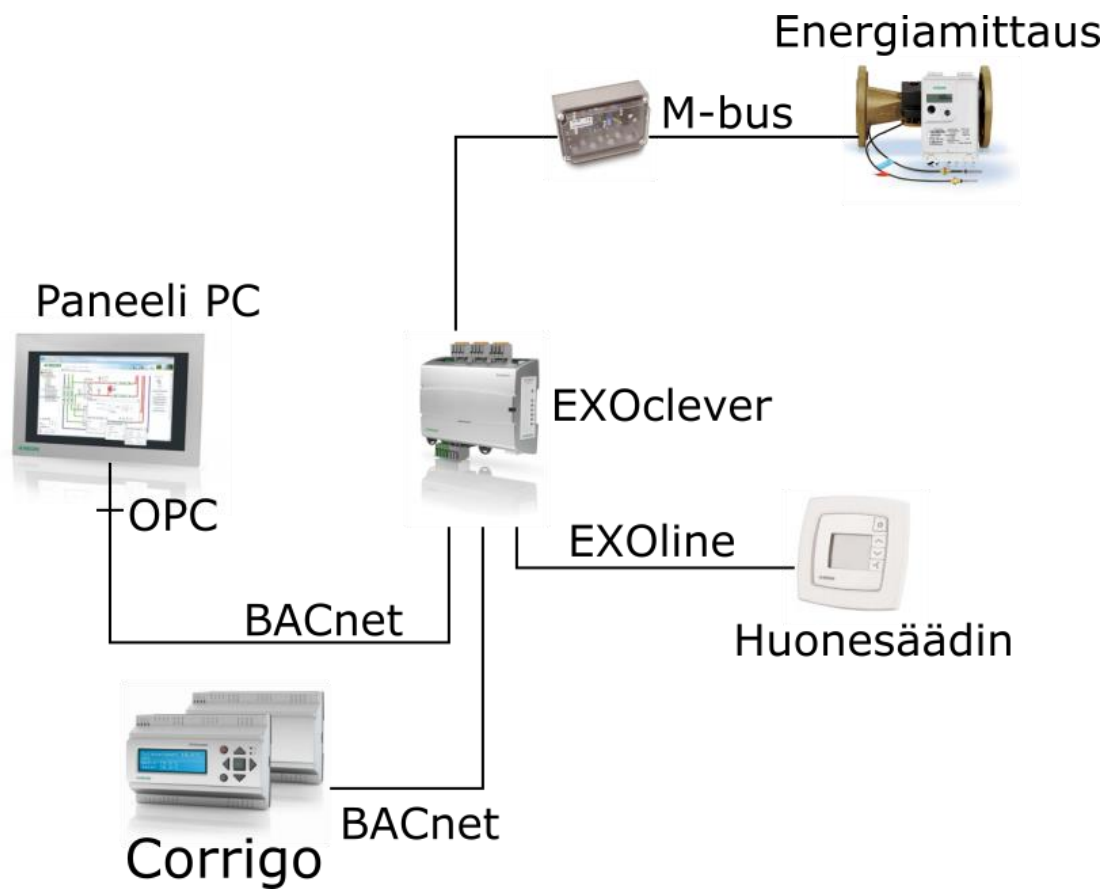
### Painemittaus



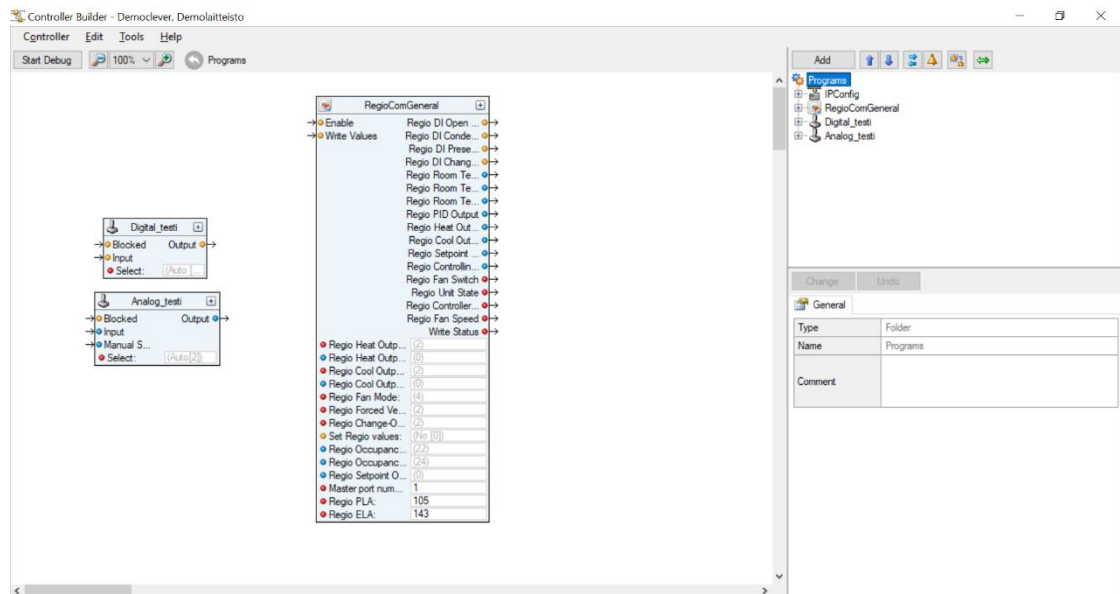
### Langattomat laitteet



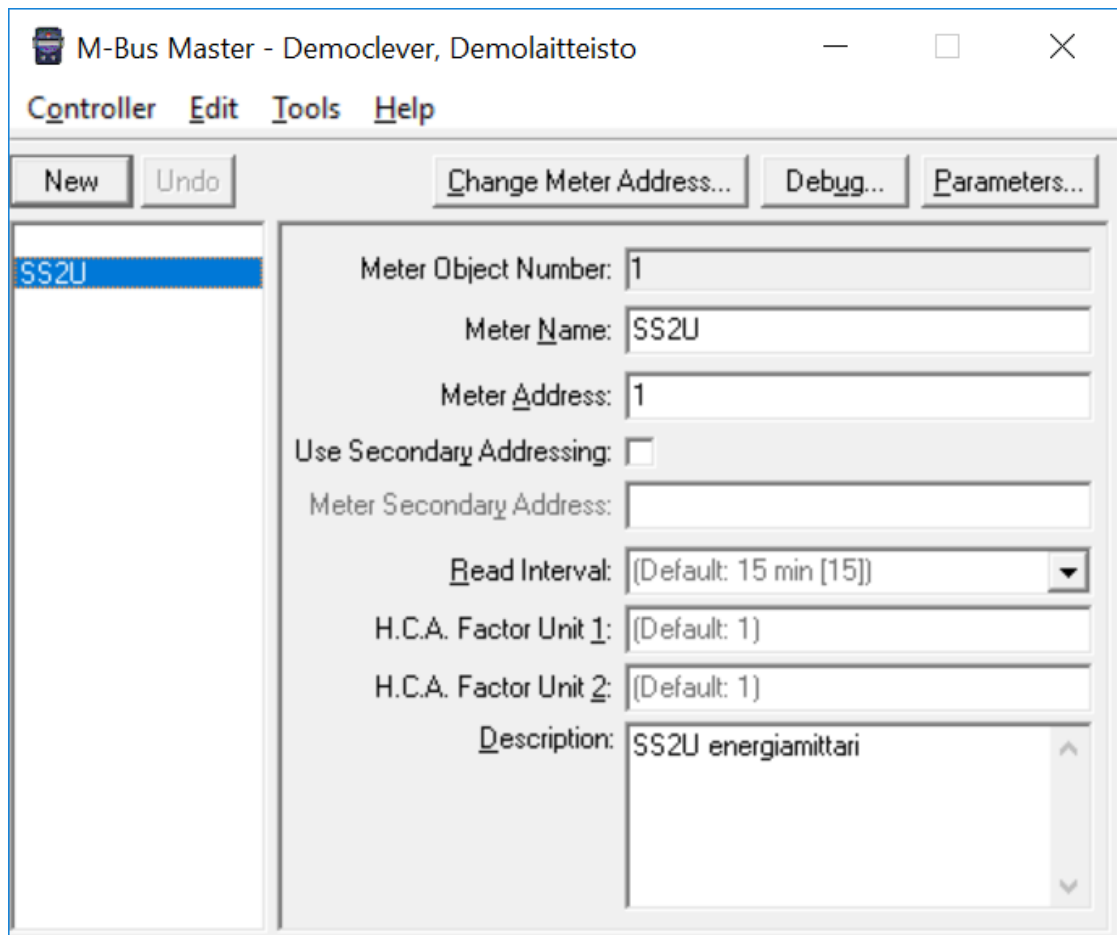
Liite 2. EXOclever-laitteiston layout



## Liite 3. EXOCleverin ohjelma



Liite 4. M-Bus –mittarin asetukset



The screenshot shows the 'M-Bus Master' application window. The title bar reads 'M-Bus Master - Democlever, Demolaitteisto'. The menu bar includes 'Controller', 'Edit', 'Tools', and 'Help'. Below the menu bar are buttons for 'New', 'Undo', 'Change Meter Address...', 'Debug...', and 'Parameters...'. On the left, a list contains the meter object 'SS2U', which is selected. The main configuration area on the right contains the following fields:

- Meter Object Number: 1
- Meter Name: SS2U
- Meter Address: 1
- Use Secondary Addressing:
- Meter Secondary Address: [Empty field]
- Read Interval: [Default: 15 min [15]] (dropdown menu)
- H.C.A. Factor Unit 1: [Default: 1]
- H.C.A. Factor Unit 2: [Default: 1]
- Description: SS2U energiamittari (text area with scrollbars)

## Liite 5. Modbus-asetukset

The screenshot shows the Modbus Master software interface. The window title is "Modbus Master - Democompact, Demolaitteisto". The menu bar includes "Controller", "Edit", "Tools", and "Help". Below the menu bar are buttons for "Add", "Change", "Undo", "Debug", and "Cross Reference".

The left pane shows a project tree under "Modbus Master". The tree is expanded to show "RCWM" and "PresigoSingle". Under "RCWM", there are 16 "Add\_Transmitter" items (1-16), "RSSI", "MinRSSI", "Device\_Type", "Device\_ID", "TE", "Lasnaolo", "Ovikytkin", and "Lasnaolo2". Under "PresigoSingle", there are "PSA\_Pressure", "PSA\_Flow", "UAI1", "UAI2", "UAI1\_Raw", and "UAI2\_Raw".

The right pane shows the "Properties" window for the selected "Modbus Master" object. The properties are as follows:

Type	Modbus Master
Comment	
Serial port	Port 2
Parity bit	None
Stop bits	2
Bit rate (bps)	9600
Message timeout (ms)	200
Extra message delay (ms)	0
Number of tries	10

## Liite 6. Langattomien lämpötila-antureiden Modbus-rekisterit

Modbus Master - Democompact, Demolaitteisto

Controller Edit Tools Help

Add Change Undo Debug Cross Reference

Modbus Master

- RCWM
  - Add\_Transmitter\_1
  - Add\_Transmitter\_2
  - Add\_Transmitter\_3
  - Add\_Transmitter\_4
  - Add\_Transmitter\_5
  - Add\_Transmitter\_6
  - Add\_Transmitter\_7
  - Add\_Transmitter\_8
  - Add\_Transmitter\_9
  - Add\_Transmitter\_10
  - Add\_Transmitter\_11
  - Add\_Transmitter\_12
  - Add\_Transmitter\_13
  - Add\_Transmitter\_14
  - Add\_Transmitter\_15
  - Add\_Transmitter\_16
  - RSSI
  - MinRSSI
  - Device\_Type
  - Device\_ID
  - TE
  - Lasnaolo
  - Ovikytkin
  - Lasnaolo2
- PresigoSingle
  - PSA\_Pressure
  - PSA\_Flow
  - UAI1
  - UAI2
  - UAI1\_Raw
  - UAI2\_Raw

Properties

Type	Read Input Registers (4)
Name	TE
Comment	Temperature (°C)
Modbus data address	(Default: 0)
Number of data values	5
Mapping	(Default: Register as signed integer to one R variable (4))
Scale	100
Offset	(Default: 0)
Priority	(Default: 1)
Variables	(Default: TE1,TE2,TE3,TE4,TE5)
Init values	(Default: 0.0,0.0,0)

## Liite 7. EXOcleverin BACnet-muuttujat

The screenshot shows the BACnet Tool interface for a 'Democlever, Demolaitteisto' project. The left sidebar lists several BACnet variables: TE\_Aula, TE\_Projekti, TE\_Myynti1, TE\_Myynti2, and TE\_Keittio. The 'TE\_Aula' variable is selected, and its properties are displayed in a table on the right.

Properties	
Type	Analog Value
Name	TE_Aula
Description	Aulan lämpötila
Instance Number	2
Present Value	*Langattomat_TE_Aula_Output
Unit	°C [62]
Writable	No
Comment	