



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KOSTEUDENMITTAUSJÄR- JESTELMÄN KEHITYS

TEKIJÄ: Marko Pietarinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Marko Pietarinen	
Työn nimi Kosteudenmittausjärjestelmän kehitys	
Päiväys	28.5.2021
Sivumäärä/Liitteet	32
Ohjaaja(t) Savonia-ammattikorkeakoulu Sami Tiilikainen, Suomen Automaatiopalvelu Oy Tero Auvinen, Yara Suomi Oy Ari Juntunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen Automaatiopalvelu Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kehitysvaiheessa olevan kosteudenmittausjärjestelmän soveltuvuutta prosessin kosteuden mittaukseen. Kohteena oli Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivoksella toimivan LKAB Minerals Oy:n kiilletehdas.</p> <p>Kiilleprosessissa materiaalin kosteutta mitataan rumpusuotimesta, jossa kiille erotellaan kosteasta apatiittimalmimassasta. Kosteudenmittauksella säädetään öljypolttimien tehoa, jotta tuote saataisiin kuivaksi jatkokäsittelyä varten. Kiilletehtaan automaatiojärjestelmässä oleva mitta-anturi toimii vertailukohtana tässä työssä käytettyyn anturitekniikkaan. Opinnäytetyön kosteudenmittausjärjestelmässä käytetty anturi oli hankintahinnaltaan huomattavasti edullisempi kuin kiilletehtaan mittalaite.</p> <p>Tarkoituksena oli selvittää, onko kosteudenmittausjärjestelmässä olevan anturin tulokset vertailukelpoisia kiilletehtaan anturin tuloksiin. Kosteudenmittausjärjestelmään liitetyn anturin mittaustiedot siirrettiin langattomalla yhteydellä etäluettavaksi automaatio-ohjelmaan. Automaatiosta tietoa siirrettiin SQL-tietokantaan hyödyntäen MQTT-tiedonsiirtoprotokollaa. Tietokantaan kerätyistä tiedoista tehtiin taulukoita ja kuvaajia. Kiilletehtaan järjestelmästä saatiin vertailua varten kyseisen järjestelmän anturin mittaamat tiedot. Mittausjakso ajoittui toukokuulle 2020.</p> <p>Tuloksista kävi ilmi, että mittauksissa on yhteneväisyyksiä ja pienellä jatkokehittelyllä ja säätöjen optimoinnilla tällaisen kosteudenmittausjärjestelmän käyttäminen on mahdollista haasteellisissa kiilletehtaan olosuhteissa.</p>	
Avainsanat IoT, MQTT, anturi, kiille, PLC, Python	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Marko Pietarinen			
Title of Thesis Development of a Humidity Measurement System			
Date	May 28, 2021	Pages/Appendices	32
Supervisor(s) Mr. Tero Auvinen, Automation Service Finland Ltd, Mr. Ari Juntunen, Yara Suomi Oy			
Client Organisation /Partners Automation Service Finland Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to find out the suitability of a humidity measurement system still in the development stage for process humidity measurement. The target was the mica factory of LKAB Minerals Oy, which operates at Yara Suomi Oy's Siilinjärvi mine.</p> <p>In the mica process, the moisture of the material is measured from a drum filter where the mica is separated from the moist apatite ore mass. The purpose was to determine whether the results of the sensor in the humidity measurement system were comparable to the results of the sensor in the mica factory. The measurement data of the humidity measurement system was transmitted wirelessly for remote reading into the automation program. Data from the automation program was transferred to an SQL database using the MQTT protocol. Tables and graphs were made from the data collected in the database.</p> <p>The results show that there were similarities in the measurements between the systems and with a little further development and optimization of the adjustments, it is possible to use such a moisture measurement system in challenging mica factory conditions.</p>			
<p>Keywords IoT, MQTT, sensor, mica, PLC, Python</p>			

SISÄLTÖ

1	KÄSITTEET	5
2	JOHDANTO	6
2.1	Suomen Automaatiopalvelu Oy	7
2.2	Yara Suomi Oy.....	7
2.3	LKAB MINERALS OY	7
3	KIILLETEHDAS	8
4	KOSTEUDENMITTAUSJÄRJESTELMÄ.....	8
4.1	Mittausjärjestelmän laitteisto	9
4.1.1	Anturi A.....	10
4.1.2	AL1330 IO-Link master	12
4.1.3	CX9020 Basic CPU Module	14
4.1.4	TOSIBOX.....	15
4.2	Vertailukohde Anturi B	16
5	AUTOMAATIO	17
5.1	Ohjelma	18
5.2	Konfigurointi.....	19
5.3	IoT	20
5.3.1	IoT Data Agent	20
6	MQTT.....	21
6.1	Toiminta.....	21
6.2	Paho MQTT	22
7	TIETOKANNAN LUOMINEN	22
8	TULOKSET JA KUVAAJAT.....	23
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
10	YHTEENVETO JA POHDINTA	29
	LÄHTEET	31

1 KÄSITTEET

Bit – Bitti, tietotekniikan pienin mittayksikkö, jolla on kaksi tilaa 1 tai 0

Byte – Tavu, tietotekniikan mittayksikkö = 8 bittiä

EtherCat – Lähiverkkoon perustuva kenttäväylä ratkaisu

Integer – Kokonaisluku, joka edustaa jotain matemaattisten kokonaislukujen aluetta

IEC 61131-3 – Ohjelmointikielien standardi

IEC 61131-9 – IO-Link standardi

IEC 61158 – Kenttäväylätekniiikan standari

I/O – Input/Output, tulo ja lähtö

IoT – Internet of Things, esineiden internet

JSON - JavaScript Object Notation, avoimen standardin tiedostomuoto tiedonvälitykseen

MQTT - Message Queuing Telemetry Transport, kommunikaatioprotokolla

PLC – Programmable Logic Controller, ohjelmitava logiikka automaation ohjaukseen

PNP – PNP-transistori, sähkötekniikan puolijohdekomponentti

Profibus – Automaation tiedonsiirrossa käytettävä väylätekniiikka

Python – Tulkattava ohjelmointikieli

SQL - Structured Query Language, reaalityetokantojen ohjelmointikieli

VPN - Virtual Private Network, virtuaalinen erillisverkko

2 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Suomen Automaatiopalvelu Oy, jolla oli kehitysvaiheessa olevan kosteudenmittausjärjestelmän testaus ja käyttöönotto Siilijärven Yara Suomi Oy:n kaivoksella sijaitsevassa laitoksessa. Kosteudenmittausjärjestelmä sijaitsi LKAB Minerals Oy:n kiilletehtaalla, jolla on yhteistyösopimus kaivoksen päätoimijan kanssa. Kiilletehtaan prosessiin liittyvää tietoa ja tukea tähän opinnäytetyöhön antoi prosessi-insinööri Ari Juntunen.

Kiilletehtaan killeprosessissa kosteudenmittaus on tärkeässä roolissa, sillä tehtaalle saapuvasta kosteasta apatiittimalmimassasta eroteltu kiille on kuivattava jatkokäsittelyä varten. Kuivaus tapahtuu öljypolttimilla, joiden tehoa tehtaan automaatiojärjestelmä säätää materiaalin kosteuden mukaan. Prosessin kosteutta mitataan rumpusuotimesta, jossa kiille erotellaan apatiittimalmista. Materiaalin suhteellinen kosteus liikkuu kiilletehtaan prosessissa 0-30% välillä. Prosessi-insinööri Ari Juntunen (Juntunen Ari, Kiilletuotanto, 2021)mukaan 0% tarkoittaa, että tuotanto on seis, eikä mitattavaa materiaa ole. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi suodatinten vaihto.

Tehtaan automaatiossa on käytössä vaativiin olosuhteisiin tarkoitettu mitta-anturi, joka toimii vertailukohtana tässä työssä käytetylle anturitekniikalle.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko kyseinen pilottivaiheessa oleva kosteudenmittausjärjestelmä ja siinä käytetty anturitekniikka luotettava ja vertailukelpoinen tapa mitata kosteutta kiilletehtaan prosessista. Opinnäytetyössä käytetty anturi on yksikköhinnaltaan merkittävästi edullisempi, kuin tällä hetkellä kiilletehtaalla käytettävä mittalaite.

Mikäli tulokset ovat yhteneviä, on uusi mittausjärjestelmä käyttökelpoinen tapa mitata kosteutta tässä, ja mahdollisesti muissakin kohteissa. Edullisemmalla mittaustekniikalla teollisuuden yritykset voivat tehdä säästöjä laitteiden hankintakustannuksissa, ja edullisemmän mittausjärjestelmän markkinoiminen voi antaa kilpailuetua toimeksiantaja yritykselle.

Toinen mittausjärjestelmään liittyvä selvitys oli MQTT-tiedonsiirtoprotokollan käytettävyys mittaustietojen siirtämisessä automaatiosovelluksen ja tietokantaohjelmiston välillä.

Työssä käytetyn anturin mittaustieto siirrettiin automaatiojärjestelmän kautta etäluettavaksi SQL-tietokantaan. Tiedonsiirto tapahtui hyödyntäen MQTT-tekniikkaa ja Python-koodia, jolla tietokanta luotiin.

Tässä työssä esitellään opinnäytetyön toimeksiantaja ja työn kohteena oleva yritys, siellä oleva killeprosessi, sekä prosessiin ja tähän työhön liittyvät laitteistot, ohjelmistot ja mittaustulokset.

Työn lopussa esitetään päätelmät järjestelmän toiminnasta ja MQTT:n käytön soveltuvuudesta mittaustietojen siirtämisessä.

Opinnäytetyössä ei mainita antureiden valmistajia tai malleja, konfigurointiin liittyviä seikkoja, eikä täydellistä ohjelma- ja Python-koodia, jotta järjestelmää ei voisi kopioida suoraan.

2.1 Suomen Automaatiopalvelu Oy

Suomen Automaatiopalvelu Oy on Siilinjärvellä toimipaikkaansa pitävä automaatiopalveluihin erikoistunut yritys. Yrityksen palveluita ovat muun muassa automaation ohjausjärjestelmien suunnittelu ja instrumentointi, tuotannon optimointi, kenttäsuunnittelu ja konsultointipalvelut.

(Suomen Automaatiopalvelu Oy, 2018)

2.2 Yara Suomi Oy

Yara Suomi Oy on Suomessa toimivan norjalaisen Yara International ASA:n tytäryhtiö, joka tuottaa lannoitteita, kemikaaleja ja ympäristönsuojelutuotteita muun muassa teollisuuden ja maatalouden käyttöön.

Yara Suomen historia ulottuu vuoteen 1920, kun valtion Rikkihappo- ja Superfosfaattitehtaat perustettiin. Vuonna 1961 tehtaiden nimi muutettiin Rikkihappo Oy:ksi ja Kemira Oy:ksi vuonna 1972. 1990-luvulla yhtiö uudisti liiketoimintarakenteensa, ja listautui Helsingin pörssiin. Kemiran lannoitteliliiketoiminta nimettiin Kemira Agrokseksi, ja vuonna 2004 se irtautui Kemira Oyj:stä. Uuden syntyneen yrityksen nimeksi tuli Kemira GrowHow, ja se listautui Helsingin pörssiin.

Suomen valtion myytyä osuutensa yrityksestä Yaralle, siitä tuli maailman suurimman kivennäislannoitteiden tarjoajan Yara International ASA:n tytäryhtiö.

(Yara Suomen historia, 2020)

Yara Suomella on kolme tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Siilinjärven lisäksi Uudessakaupungissa ja Kokkolassa. Siilinjärvellä sijaitsevalla tuotantolaitoksella sijaitsee Suomen suurin avolouhos ja Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos. Siilinjärven tehtaiden päätuotteita ovat lannoitteet ja fosforihappo. Alueen historia alkaa 1950-luvulla, jolloin sieltä löydettiin malmiesiintymä. Tehtaiden toiminta alueella alkoi vuonna 1969 ja kaivostoiminta kymmenen vuotta myöhemmin.

Siilinjärven tuotantolaitoksella on sitouduttu ympäristön huomioon ottavaan kestävään ja turvalliseen toimintaan.

(Yara Suomen toimipaikat, 2020)

2.3 LKAB MINERALS OY

LKAB Minerals on osa Ruotsalaista valtionyhtiötä LKAB:ta. LKAB on yksi maailman johtavia korkean laadun rautamalmin tuotteiden tuottaja. Toimintansa LKAB on aloittanut vuonna 1890 ja se tuottaa nykyisin lähes 27 miljoonaa tonnia rautamalmituotteita, samalla kasvattaen toimintaansa mineraalien, palveluiden ja kaivosteknologian toimittajana.

(LKAB Minerals, 2020)

LKAB Minerals Oy on LKAB:n suomalainen vuonna 2004 perustettu tytäryhtiö, jonka kotipaikka on Siilinjärvi. Yrityksen pääasiallinen toimiala on muovin raaka-aineiden tuotanto.

3 KIILLETEHDAS

”Yaran Suomen Siilinjärven kaivosalueella sijaitsee LKAB Minerals Oy:n kiilletehtaanlaitos. LKAB vastaa kiilleliiketoiminnasta, ja omistaa tuotannossa käytettävät koneet ja laitteet. Kiilletehtaan toimitilat se on vuokrannut YARA Suomi Oy:ltä.

Siilinjärven apatiittimalmi sisältää runsaasti kiillemineraaleja. Raakakiille erotetaan apatiitin vaahdotuksen jäännöslietteestä painovoiman ja seulonnan avulla. Tuotteet seulotaan ja jauhetaan kuiva- ja märkäjauhatuksilla haluttuun partikkelikokoon.

Tuloksena on puhdas flogopiittikiillettä sisältävä rikaste. Tuotteet kuivataan kevyttä polttoöljyä polttoaineena käytävillä Flash-kuivureilla.

Valmiit kiillete tuotteet varastoidaan tehtaalla terässiloissa. Tuotteet toimitetaan asiakkaille irtotavarana tai pakattuna. (max. 25 000 t/a)

Kiillerikasteiden pääkäyttökohteita ovat muovit ja rakennuslevyt. ”

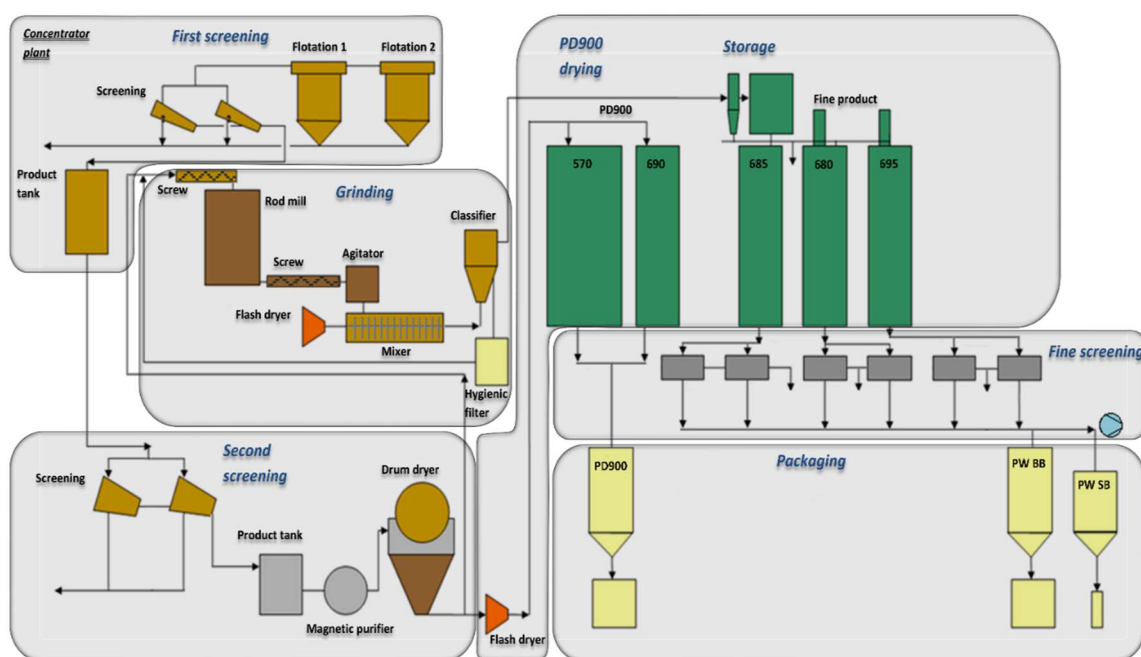
(Juntunen Ari, 2020)

4 KOSTEUDENMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Mittausjärjestelmän tarkoitus oli mitata kosteutta kiilletehtaan rumpusuotimesta (drum dryer.)

Järjestelmässä käytetty mitta-anturi oli kiinnitetty rumpusuotimen kylkeen tehtyyn reikään. Rumpusuotimessa kosteasta jäännöslietteestä erotetaan raakakiillettä painovoiman avulla.

Kosteaa raakakiille valuu suotimesta alaspäin kohti flash-kuivureita (flash dryer) ohittaen mittauspisteen.



Kuva 1 Kiilleprosessi (Juntunen Ari, 2020)

Kapasitiivisen mitta-anturin ja kohdemateriaalin välinen kapasitanssi tulisi muuttua materiaalin etäisyyden ja kosteuden mukaan. Kosteuden kasvaessa materiaalin tiheys kasvaa ja tämän seurauksena kapasitanssin tulisi kasvaa. Anturi siirtää mittaustiedon sähkökaapissa sijaitsevaan IO-Link masteriin, joka on automaation ja anturin välinen erotinlaite. Laitteen kautta anturi saa myös käyttöjännitensä. IO-Link master välittää tiedon eteenpäin järjestelmän automaatioon.

Logiikka käsittelee mittaustietoa ja siirtää sen suojatun yhteyden yli etäluettavaksi automaatiosovellukseen. Automaatiosovellusta käytettiin perinteisellä PC:llä.

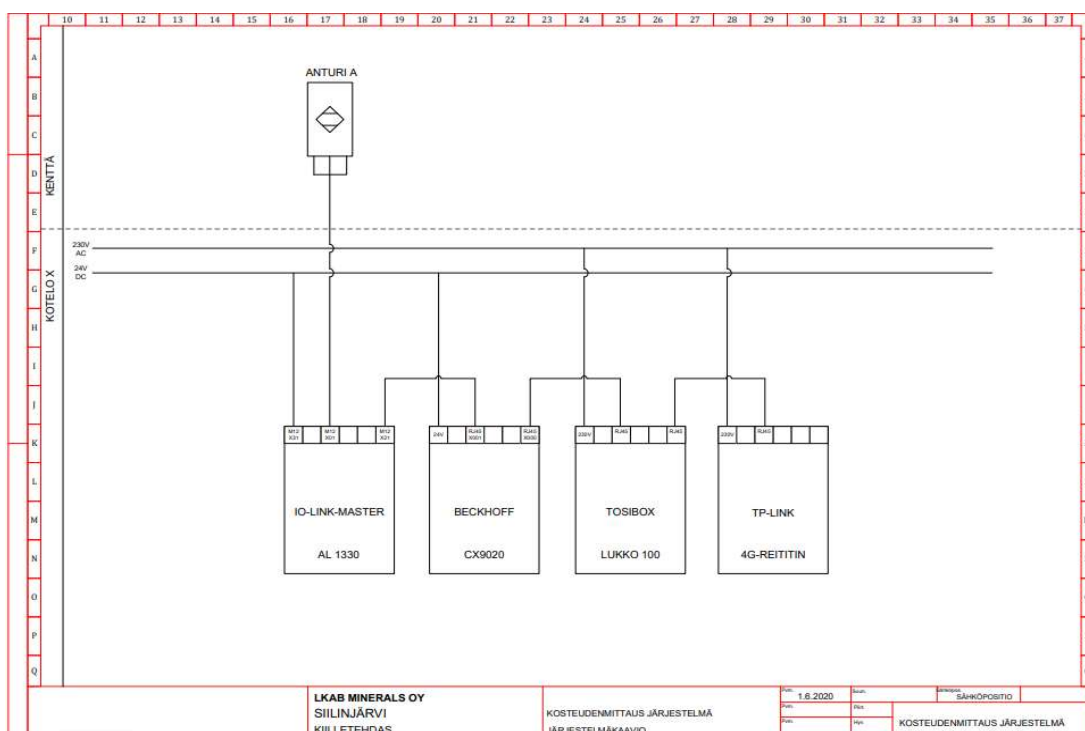
Automaatiosovellukseen asennettiin IoT-teknologiaa hyödyntävä lisäominaisuus, jolla saatiin tuki MQTT-tiedonsiirto-protokollalle.

MQTT-protokollaa hyödynnettiin mittaustiedon siirrossa tietokantapalvelimelle. Tietokanta luotiin Python-sovelluksen avulla. Python on avoin tulkittava ohjelmointikieli, jossa on laaja tuki toisiin ohjelmointikieliin ja yhteensopivuus yleisimpien käyttöjärjestelmien kanssa.

4.1 Mittausjärjestelmän laitteisto

Mittausjärjestelmän laitteisto mitta-anturia lukuun ottamatta oli kasattuna pieneen pölyltä suojattuun siirrettävään sähkökaappiin. Käyttöjännite järjestelmään saatiin verkkopistorasiasta, jonka 230V AC vaihtojännite muutettiin laitteistolle sopivaksi 24V DC tasajännitteeksi teholähteellä.

Sähkökaapissa olevia laitteita olivat teholähde, IO-Link master, ohjelmoitava logiikka, sekä langattomasta tiedonsiirrosta vastaavat salauslaite ja 4G-reititin. Tiedonsiirto tapahtui julkisen verkon yli, jonka takia salauslaitetta käytettiin järjestelmässä tietosuojan takia. Salauslaite muodostaa vpn-verkon salauslaitteen ja yhteyden päätepisteen välille.



Kuva 2 Kosteudenmittausjärjestelmä (Pietarinen, 2021)



Kuva 3 Järjestelmän laitteistoa (Pietarinen, 2020)

4.1.1 Anturi A

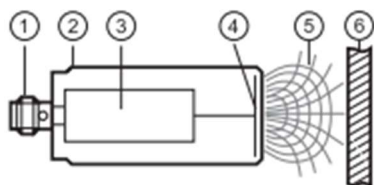
Tutkimuksen kohteena oleva anturi A on PNP-tyyppinen kapasitiivinen anturi.

Kapasitiivinen anturi on toiminnaltaan kuin kondensaattori, sen toiminta perustuu anturin elektrodin ja kohdeaineen väliseen kapasitanssiin.

Anturin elektrodi synnyttää kapasitanssin, jonka suuruuteen vaikuttaa kohdeaineen etäisyyden lisäksi muun muassa kohdeaineen materiaali, koko ja pinta-ala.

Kohteen ja sisäisen anturilevyn välinen ulkoinen kapasitanssi muodostaa osan oskillaattoriin tarkaisinkytkentäkapasitanssista. Kohteen lähestyessä anturit kohtaavat värähtelyjä, kunnes ne saavuttavat kynnystason ja aktivoivat lähdön.

(Automation-insights, 2020)



Kuva 4 Kapasiivisen anturin komponentit (Valmistaja A, 2020.)

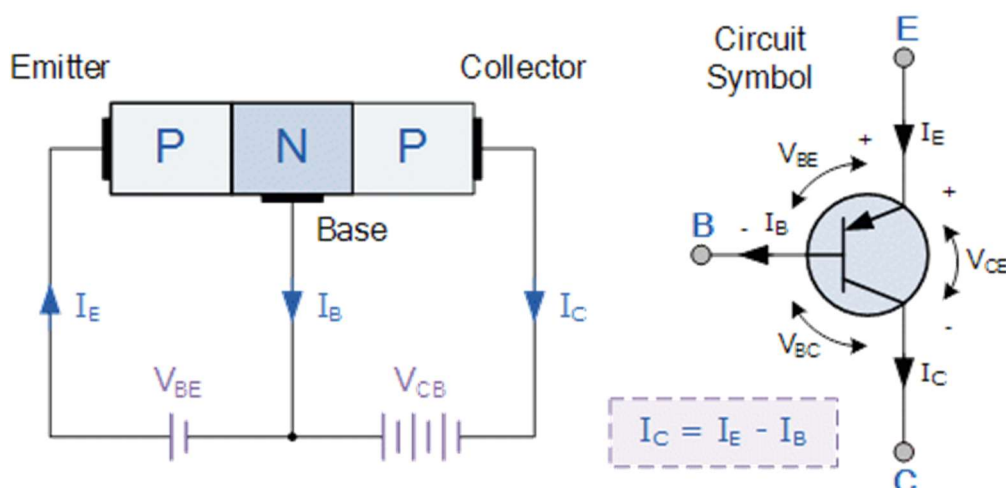
Kapasiiviseen mittaukseen liittyvät komponentit: 1. Liitin 2. Kotelo 3. Elektronikka 4. Elektrodi
5. Sähkökenttä 6. Kohde

Lähdön kytketyminen tapahtuu PNP-transistorilla. PNP-transistorissa on kolme terminaalaa: emitteri (emitter, E), kanta (base, B) ja kollektori (collector, C.)

Jännitelähteen positiivinen napa on kytketty emitteriin, kannan ollessa negatiivinen napa.

Transistori kytketty johtavaan tilaan, kun emitterin jännite on kantajännitettä suurempi, $V_{BE} > 0V$.

Tällöin ohjausvirta kulkee emitteriltä kantaan ja kytkee transistorin johtavaan tilaan. Johtavassa tilassa virta alkaa kulkea emitteriltä kollektorille.



Kuva 5 PNP-transistorin kuvaus (electronics-tutorials, 2020)

Anturin signaalin lähtötoiminto on valittavissa joko sulkeutuvalla tai avautuvalla koskettimella.

Tunnistusalue on portaattomasti säädettävissä. Säädot tapahtuvat anturissa olevista potentiometreistä. Anturissa on led-valot lähtötoiminnon ja kytkentäpisteen indikointia ja säätöä varten.

Käyttökohteita ovat muun muassa paikan tunnistus tai pinnankorkeuden valvonta. Suojausluokka on vähintään IP65, eli täydellisesti suojattu, pölytiivis ja suojaus vesisuihkulta.

Käyttöjännite on 10-30V DC. Anturin tiedonsiirto tapahtuu IO-Link-liitännällä.

(Valmistaja A, 2020.)



Kuva 6 Anturi A (Pietarinen, 2020.)

4.1.2 AL1330 IO-Link master

IO-Link on ensimmäinen standardisoitu (IEC 61131-9) maailmanlaajuinen IO-teknologia. Laitteiden välinen yhteys luodaan suoralla point-to-point tiedonsiirrolla. Se on kenttäväylästä täysin riippumaton ja täten integroitavissa kaikkiin kenttäväyläjärjestelmiin maailmanlaajuisesti. Fyysinen liitettävyyden perustuu standardin mukaisiin M12-, M8- tai M5-liittimiin ja kolmijohdin kaapeleihin. (io-link.com, 2020)

Anturin ja automaation välinen fyysinen yhteys toteutettiin AL1330 IO-Link masterilla. Se on teollisuusolosuhteisiin suunniteltu laite kone- ja diagnostiikkadatan, sekä prosessiparametrien siirtämiseen kentältä ohjausjärjestelmään.

Laitteesta löytyy EtherCat-, IoT- ja IO-Link portteja, sekä portti käyttöjännitteelle.

Mittausjärjestelmän kokoonpanossa tietoliikenteessä käytettiin EtherCat-porttia X21 PLC:n ja IO-Linkin väliseen yhteyteen. Anturi liitettiin X01 IO-Link porttiin.

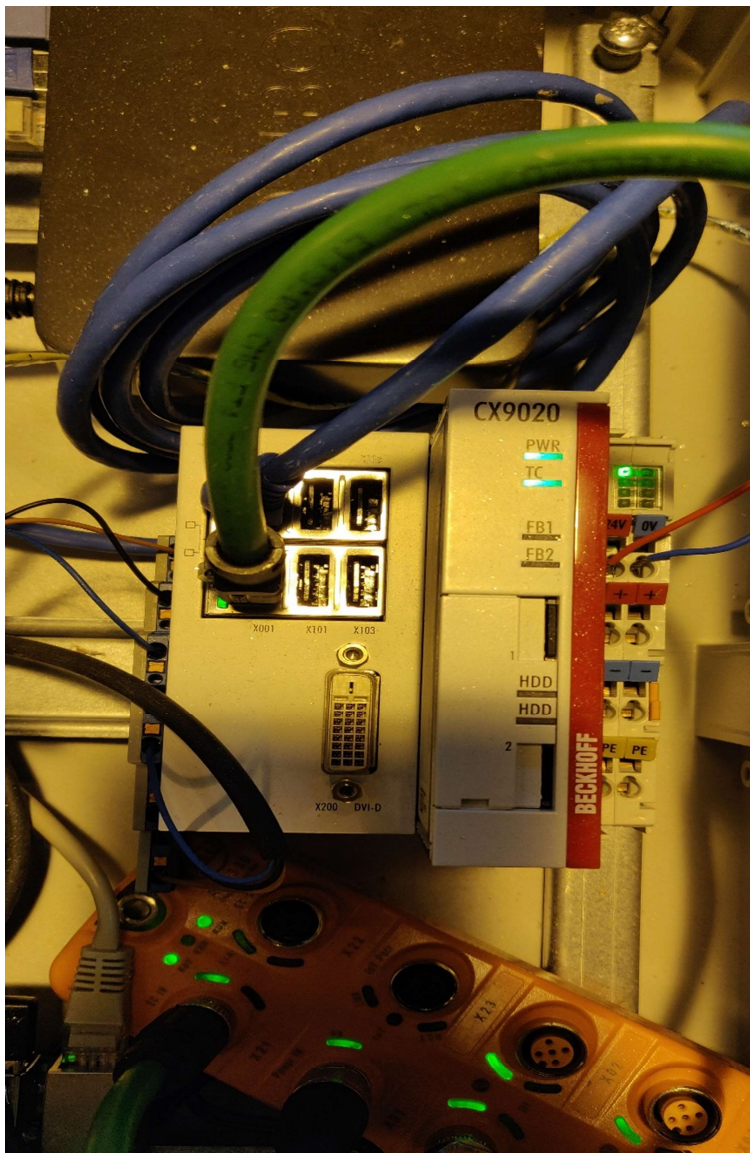
X31 porttiin kytkettiin 24V DC käyttöjännite.



Kuva 7 IO-Link master (Pietarinen, 2020.)

4.1.3 CX9020 Basic CPU Module

Järjestelmän PLC:nä, ohjelmoitavana logiikkana käytettiin Beckhoff CX9020 Ethernet ohjausjärjestelmää. Kooltaan se on kompakti ja asennettavissa perinteiseen DIN-kiskoon. Sen ominaisuuksia ovat muun muassa tehokas 1 GHz ARM Cortex™ A8-prosessori, 1GB käyttömuistia ja 128kB haihtumaton muistia. Lisäksi laitteesta löytyy sisäinen Ethernet-kytkin, joten erillistä kytkintä ei välttämättä tarvita. Yhdessä TwinCatin-automatiosovelluksen kanssa muodostuu tehokas PLC kokonaisuus. (Beckhoff, 2020)



Kuva 8 CX9020 (Pietarinen, 2020.)

4.1.4 TOSIBOX

4G-reitittimellä toteutettu etäyhteys mittausjärjestelmän automaation suojattiin käyttämällä Tosibox-laitteita. Koska etäyhteys toimii julkisen internetin välityksellä, yhteyden suojaamiselle oli peruste. Tosibox-laitteilla saadaan helposti luotua korkeatasoinen suojaus tietoliikenteeseen julkisessa verkossa. Tosiboxilla toteutettu suojausratkaisu ei ole riippuvainen verkkoyhteyden tyypistä, tai operaattorista, ja sen käyttöönotto on helppoa.

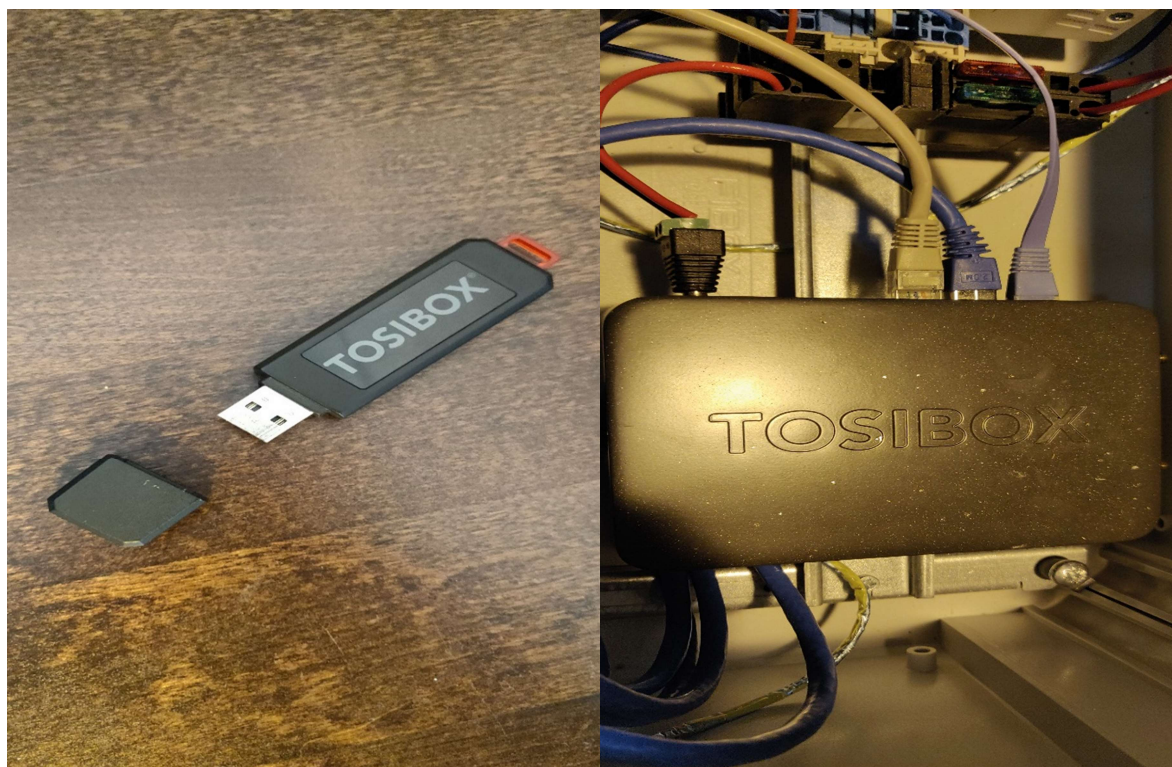
Tosibox-tekniikaratkaisun tehokkuus perustuu kaksivaiheiseen todennukseen. Ensimmäinen vaihe on, että yhteyden salaaminen ja purku tapahtuu aina Tosibox Lukon ja Avaimen välillä. Toinen vaihe on käyttäjän tiedossa oleva salasana, jolla yhteys avataan. Tosibox-päätelaitteiden välillä internetissä ja sisäverkoissa liikkuu ainoastaan vahvasti salattua tietoa.

Laitteiden ja ohjelmistojen automaattiset tietoturvapäivitykset takaavat sen, että laitteiden käyttö on aina turvallista. Patentoidun yhteysmenetelmän ansiosta yhteys voidaan muodostaa, vaikka molemmat osapuolet olisivat palomuurin takana.

Tosibox-laitteilla toteutettu yhteys ei ole pilvipalvelu, vaan suora VPN-tunneli päätelaitteiden välillä. (Tosibox Security, 2019)

Tosibox-päätelaitteiden sarjoitus tapahtuu käyttämällä avainlaitetta fyysisesti kiinni lukkolaitteen USB-liitännässä. Sarjoituksen aikana laitteet tekevät kryptografisen tunnistevaihdon. Luottamuksuhteiden muodostuksen jälkeen laitteet tunnistavat toisensa verkkojen yli kryptografisen sarjoituksen perusteella. Avainlaitteen salaista avainta ei voi avata tai muokata, sillä se sijaitsee kryptoprosessin salatulla muistialueella.

(Tosibox Information Security Statement, 2020)



Kuva 9 Tosibox Lukko ja Avain (Pietarinen, 2020.)

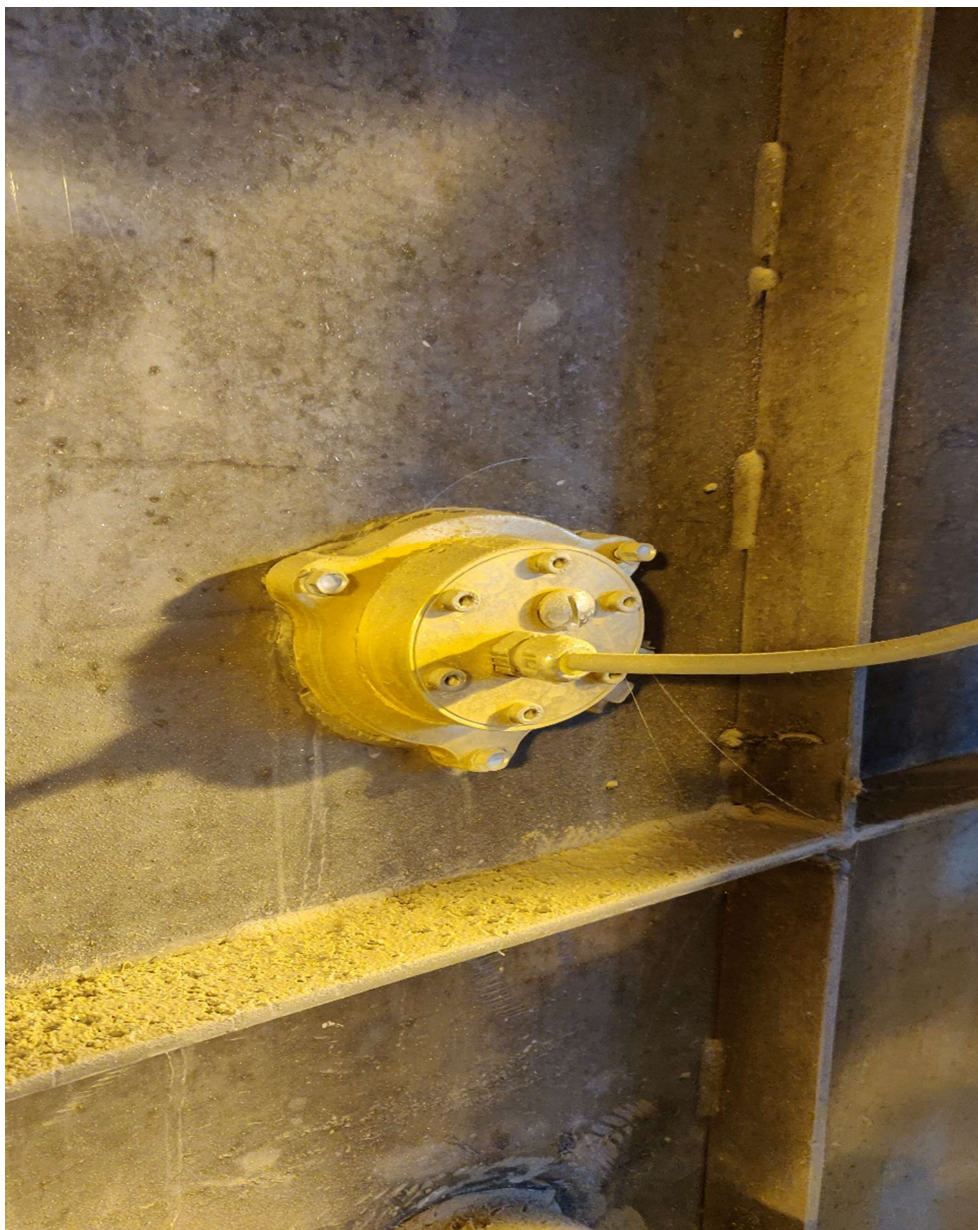
4.2 Vertailukohde Anturi B

Kiilleprosessin ensisijaisena kosteuden mittaajana, ja tässä työssä tutkittavan anturin vertauskohtana oli Anturi B. Anturi oli liitetty kiilletehtaan omaan automaatiojärjestelmään, josta saatiin kyseisen anturin mittaamat kosteusarvot vertailua varten. Toiminnaltaan anturi on kapasitiivinen.

B-tyyppin-anturit ovat suunniteltu teollisuuden tarpeisiin ja toimimaan haastavimmissa olosuhteissa. Anturin suojausluokka on IP68, eli se on täydellisesti suojattu, pölytiivis ja se kestää upotuksen veteen. Anturin käyttöjännite on 24V DC.

Mittaustiedon siirtämiseen voi käyttää digitaalista Profibus PD-menetelmää, tai perinteistä analogista mittaviestiä, esimerkiksi 4-20mA virtaviestiä.

(Valmistaja B, 2020.)



Kuva 10 Anturi B (Pietarinen, 2020.)

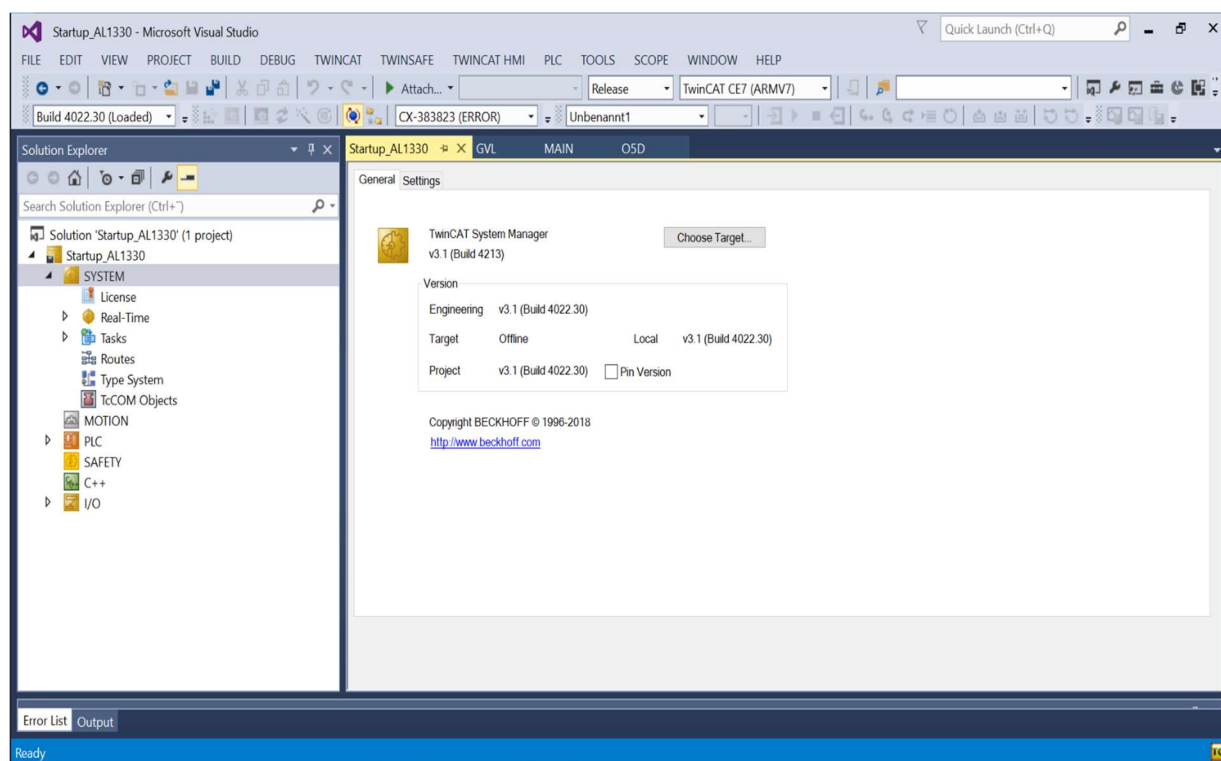
5 AUTOMAATIO

Mittausjärjestelmän automaatio toteutettiin Beckhoffin TwinCAT-automatio-ohjelmistolla. Yhdessä Beckhoffin ohjaimen kanssa, ne muodostavat keskenään yhteensopivan avoimen ohjausjärjestelmän, joka on liitettävissä standardirajapintoja käyttäen myös muihin järjestelmiin.

TwinCat 3-eXtended Automation Engineering (XAE), on automaatiolaitteiden konfigurointiin, parametroiintiin, ohjelmointiin ja diagnosointiin käytettävä ohjelmisto, joka on integroitavissa yleisesti käytettyyn Microsoft Visual Studioon.

Solution Explorer ikkunassa näkyvä projekti on jäsennelty omiin ala elementteihin, joista hallitaan projektin tiedostoja ja osia, sekä tehdään laitteiston konfigurointia. Projektin kannalta keskeisimpiä elementtejä olivat PLC ja I/O.

Projekti on nimeltään Startup_AL1330, jonka alla on ohjelmaan liittyvät elementit, toiminnot ja tiedostot.



Kuva 11 Näkymä TwinCatista (Pietarinen, 2020.)

5.1 Ohjelma

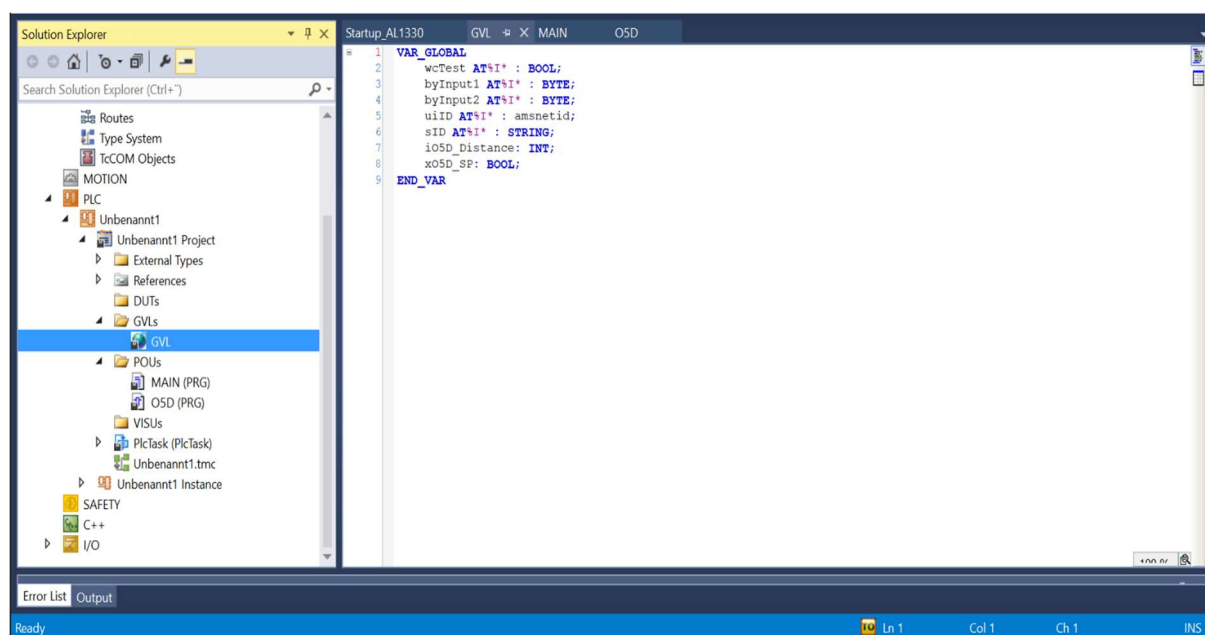
Logiikassa toimiva ohjelma on toteutettu structured-text (STX tai ST) ohjelmointikielellä. Se on yksi yleisimmistä IEC 61131-3-standardin mukaisista ohjelmointikielistä. Structured-text eli jäsenneilty teksti koostuu käskyjen sarjoista ja ehdoista, joita suorittamalla ohjelma etenee. Tekstin lisäksi siihen voi lisätä myös funktioblokkeja.

Funktioblokit ovat ohjelmakäskyjen graafisia esityksiä, jotka edustavat tilanteesta riippuen esimerkiksi loogista lauseketta tai toimintoa.

PLC-elementin alta avautuu puu, jonka objekteissa määritellään logiikassa tehtävä ohjelma. GVLs, global variable list(s) on ohjelman globaalien muuttujien lista. Täällä määritellään ohjelmassa kaikkien ohjelmalohkojen käytössä olevat muuttujat. Globaalien muuttujien listoja voi olla useita.

Program organization unit(s), POUs on ohjelmaorganisaatioyksikköjen lista. Täällä ovat kaikki ohjelmat (PRG), funktiot (FUN) ja funktioblokit (FB.)

Projektissa esiintyvät ohjelmaorganisaatioyksiköt ovat MAIN ja O5D, ja niiden tyyppi on ohjelma.



Kuva 12 Globaalit muuttujat (Pietarinen, 2020.)

Globaalien muuttujien listassa olevia muuttujia ovat muun muassa byInput1 ja byInput2. Nämä ovat anturilta IO-Link masterin kautta tulevia byte-muotoisia mittatietoja. Byte eli tavu on tietotekniikassa käytetty mittayksikkö, joka koostuu kahdeksasta bitistä(bit.)

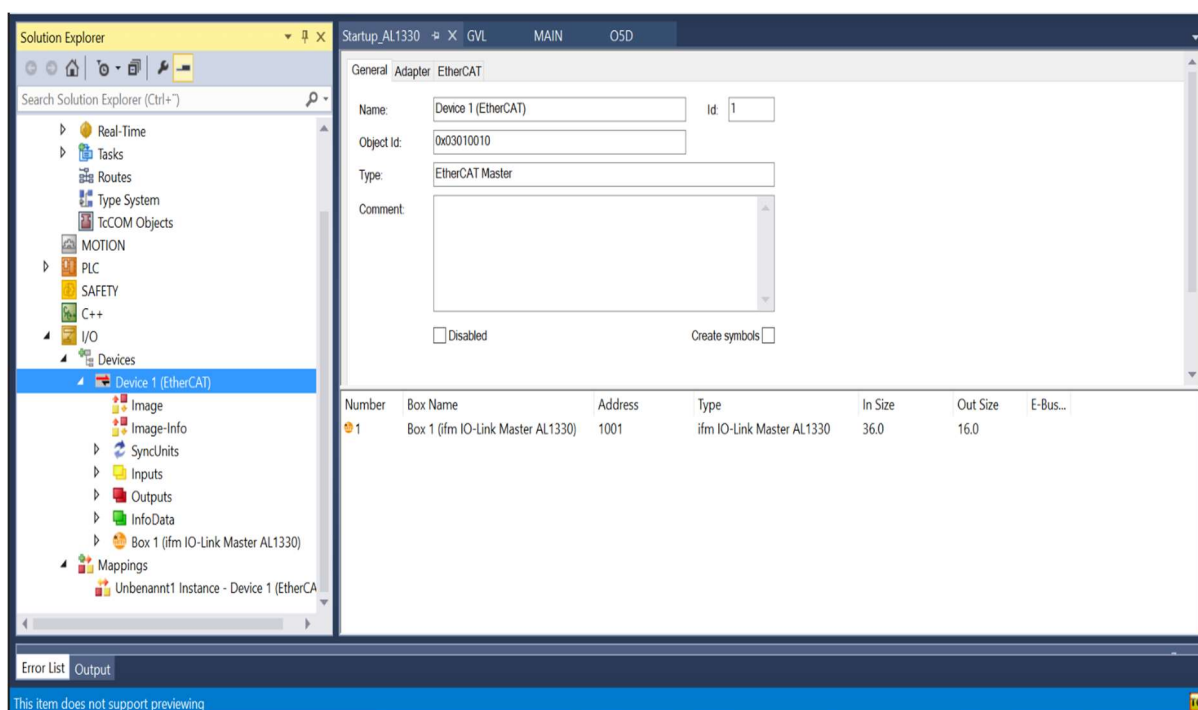
Ohjelma muuttaa byte-muotoiset mittatiedot integeriksi (INT), kokonaisluvuksi. Tämä syntynyt kokonaisluku on niin sanottu paljas luku, jolla ei ole mitään yksikköä. Tämä lukuarvo liikkuu materiaalin kosteuden mukaan välillä 0-10000, suhteellisen kosteuden kasvaessa lukuarvon tulisi kasvaa. Tätä lukua kutsutaan ohjelmassa nimellä iO5D_Distance. iO5D_Distance on kosteudenmittausjärjestelmän mittaama kosteus.

5.2 Konfigurointi

Projektiin liittyvien laitteiden konfigurointi tehdään I/O-elementissä. Täällä määritellään järjestelmään liitetyt laitteet, lähdöt ja tulot. Devices-puusta löytyy projektin automaatioon liitetty IO-Link master.

Laitte on liitetty PLC:hen käyttämällä EtherCat-väylää. EtherCat on automaatio-sovelluksissa käytettävä lähiverkkoon perustuva standardoitu kenttäväyläteknikka.

Laitteen konfiguroinnissa on käytetty valmistajan määrittelemiä asetuksia porteille ja tiedonsiirrolle IO-link asetusten mukaisesti, sekä anturikohtaisia asetuksia, jotta anturin A mittamat tiedot tulisivat ohjelmaan oikein.



Kuva 12 Device 1 (Pietarinen, 2020.)

5.3 IoT

Internet of Things, esineiden internet-termillä tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan esineiden ja laitteiden liittämistä internetiin. Teollisuudessa voidaan myös käyttää termiä IIoT, eli Industrial Internet of Things. Esineiden internetin on määritellyt muun muassa kansainvälinen ICT-alan tutkimus- ja konsultointiyhtiö Gartner.

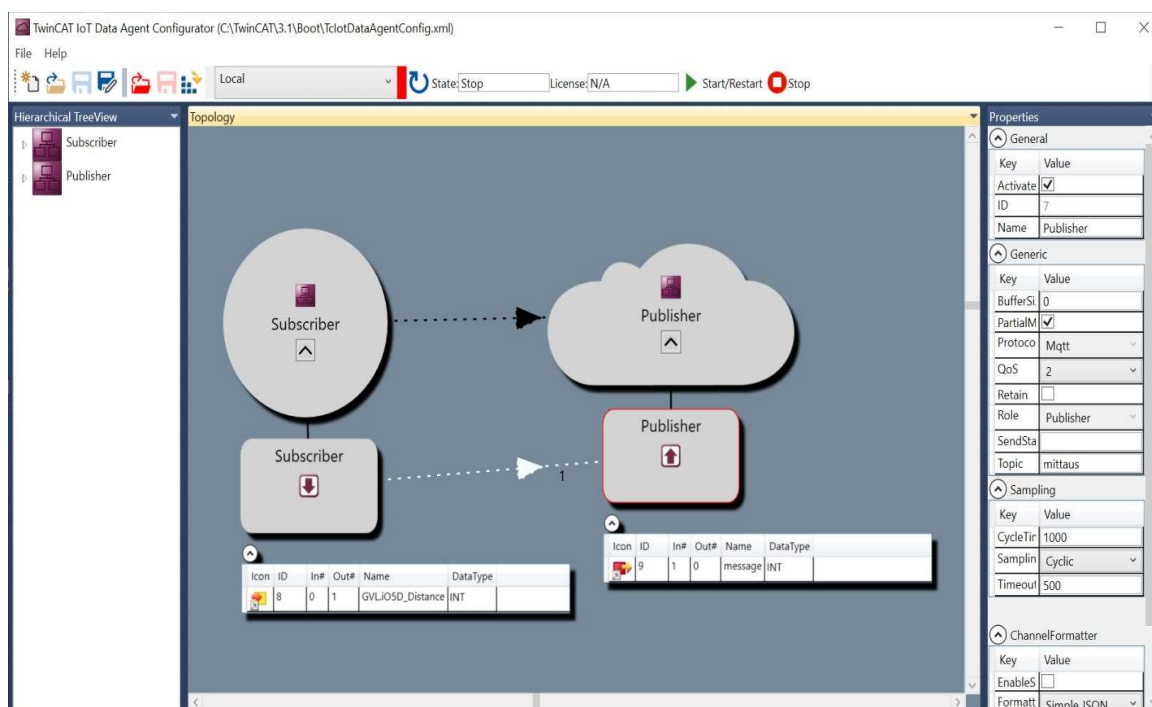
” The Internet of Things (IoT) is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment.”
(Gartner, 2020)

5.3.1 IoT Data Agent

TwinCATin MQTT IoT-ominaisuuksia varten automaatio-ohjelmaan asennettiin lisäominaisuus. TC3 IoT Data Agent on sovellus, jolla mahdollistetaan kaksisuuntainen viestintä erilaisten pilvipalveluiden kanssa. Tässä työssä sitä käytettiin yhdistämään PLC ja Paho MQTT Message Broker toisiinsa.

Data Agentin konfiguroinnissa seurattiin pääsääntöisesti Beckhoffin ohjetta. MQTT-protokolla käytetään ensisijaisesti paikallista porttia 1883, ja osoitetta 127.0.0.1. Viestien tiedostomuotona käytettiin SimpleJSON-muotoa. Otannan tiheydeksi asetettiin 1000ms. Anturilta tuleva tieto siis luettiin sekunnin välein ja tallennettiin tietokantaan.

Topologia-ikkunassa näkyy vasemmalla tilaajalle (Subscriber) automaatio-ohjelmasta määritetty eteen päin julkaistava tieto GVL.iO5D_Distance. Julkaisija (Publisher) julkaisee tiedon nimellä (message) mittaus.



Kuva 13 IoT Data Agent (Pietarinen, 2020)

6 MQTT

MQTT (Message Queueing Telemetry Transport) on IoT kommunikaatioprotokolla, joka on suunniteltu erittäin kevyeksi ja yksinkertaiseksi tavaksi siirtää tietoa laitteistojen välillä. Sen suunnittelussa on pyritty mahdollisimman pieneen kaistanleveyteen ja laitteiden tehonkulutukseen.

MQTT juontaa juurensa vuoteen 1999, jolloin sen kehittivät IBM:llä työskennellyt Dr Andy Stanford-Clark ja Arcomin Arlen Nipper. Protokolla (v3.1.1) on standardisoitu ISO (International Organization for Standardization) toimesta.

(mqtt.org, 2020)

6.1 Toiminta

MQTT:n toiminta perustuu viestin julkaisijan (Publisher) ja tilaajan (Subscriber) väliseen kommunikaatioon. Protokollassa viestien välitys tapahtuu niin sanottujen aiheiden (Topic) avulla.

Viestien välityksen kannalta keskeinen komponentti on message broker, viestin välittäjä. Se on ohjelma, joka toimii eräänlaisena tulkkina toimintojen, järjestelmien ja palveluiden välillä.

Viestien sisältöä kutsutaan hyötykuormaksi (Payload). Viestien sisältö voi vaihdella tekstin, yksittäisten numeroiden tai jopa kokonaisten tietokantojen välillä. Ehtona on, että sekä lähettäjä, että vastaanottaja tuntevat viestin tietotyypin.

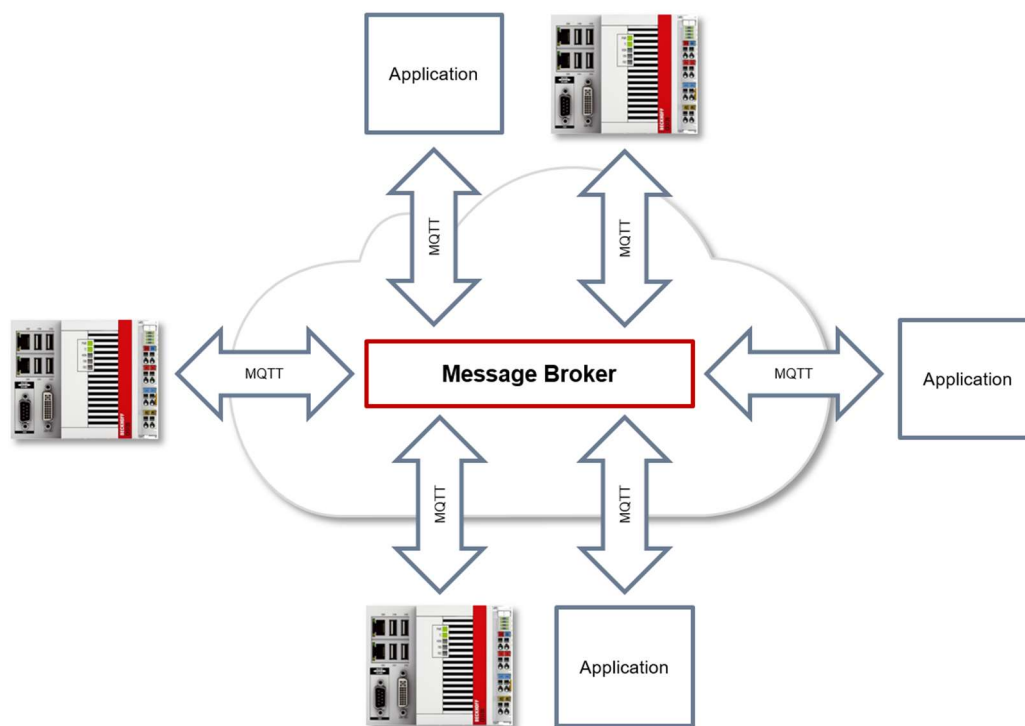
QoS (Quality of Service) eli palvelun laatu on sopimus lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Tämän järjestelyn tarkoitus on varmistaa, että lähetetty viesti saapuu vastaanottajalle. MQTT-protokolla käsittelee kolme toisistaan eroavaa varmistusvaihtoehtoa.

QoS-Level 0: Yksinkertaisin tapa lähettää viesti, viesti lähetetään vain kerran, eikä vastaanottaja ei vahvista viestin saapumista.

QoS-Level 1: Järjestelmä takaa, että viesti saapuu vastaanottajalle vähintään kerran.

QoS-Level 2: Tällä tasolla järjestelmä takaa, että viesti saapuu vastaanottajalle vain ja ainoastaan yhden kerran.

(Beckhoff MQTT, 2020)



Kuva 14 MQTT, message broker (Beckhoff MQTT, 2020)

6.2 Paho MQTT

MQTT viestien välittäjänä käytettiin avoimeen lähdekoodiin perustuvaa ja kevyttä Eclipse Paho message brokeria. Se on vapaasti ladattavissa, ja se tukee MQTT protokollan versioita 5.0, 3.1.1 ja 3.1. Windowsille saatavilla on .exe-asennustiedostot niin 64-, kuin 32-bittiselle versiolle. Ohjelman asennus onnistuu myös Python-ohjelmistolla, Python Package Index (PyPi)-kirjastosta.

Pythonin komentokehote "pip install paho-mqtt", asentaa uusimman version.

(eclipse.org, 2020)

7 TIETOKANNAN LUOMINEN

Projektin tietokannan luomisessa käytettiin Python-ohjelmointikieltä. Pythonin etuina pidetään koodin helppoa luettavuutta, laajaa kehittämissyhteisöä ja sen mahdollisuuksia IoT-ympäristöissä.

Projektissa käytetty versio ohjelmasta oli Python 2.7.

Tietokantaohjelmistona käytettiin vapaalla lisensillä saatavaa MySQL-ohjelmaa.

Pythoniin asennettiin ohjelmistopaketteja, jotta koodi toimisi oikein. Paketit ovat Pythonin-kirjastosta asennettavia lisäohjelmia, moduuleita. Pakettien asentaminen tapahtuu "pip-install"-kehotteella.

Asennettuja moduuleita olivat MySQLdb, (paho.mqtt.client), json, time ja datetime.

MySQLdb on MySQL-tietokantapalvelimen käyttöliittymästä vastaava moduuli, jolla tehdään sovellusten välinen liityntä.

json-moduulin avulla otetaan käyttöön json-tiedonsiirtomuoto.

time-moduuli tarjoaa useita aikaan liittyviä toimintoja, kun taas datetime on tarkoitettu aika ja päivämäärien muokkaukseen.

```
import MySQLdb
import paho.mqtt.client as mqtt
import json
import time
import datetime

#broker config
broker = 'localhost'
broker_port = 1883
broker_topic = 'mittaus'
#mysql config
mysql_server = '127.0.0.1'
mysql_username = 'root'
mysql_passwd = 'password'
mysql_db = 'mqtt'

# Open database connection
db = MySQLdb.connect(mysql_server, mysql_username, mysql_passwd, mysql_db)
# prepare a cursor object using cursor() method
cursor = db.cursor()

def on_connect(client, obj, rc):
    print("rc: "+str(rc))
    .
    .
    .
```

Kuva 15 Python-koodia, tietokannan määrittelyjä (Pietarinen, 2020.)

Koodin alussa kutsutaan tarvittavat moduulit "import"-kehoitteella. Seuraavaksi määritellään viestin välittäjän ja sql-tietokannan tiedot. Koodi tekee tietokantaan aikaleimaan perustuvan taulukon nimeltään "mqtt".

Taulukkoon lisätään viestin välittäjältä tilattu aihe "mittaus" ja sen sisältämä hyötykuorma, eli mittautustieto. Kun mittautustietoa oli kerätty mittausjakson aikana tarpeeksi, tuotiin se tietokannasta Exceliin, jossa sitä oli helpompi käsitellä. Tämä tehtiin asentamalla Exceliin laajennus MySQL for Excel.

8 TULOKSET JA KUVAAJAT

Alussa ilmenneet ongelmat muun muassa Python-koodin ja tietokannan välillä aiheuttivat sen, että osa toukokuun mittauksista ei tallentunut. Mittauksia saatiin talteen toukokuun 11. päivästä eteenpäin. Silti mittauksia tallentui tietokantaan lähes 730000 kappaletta.

Vertailun vuoksi koko toukokuun ajalta saatiin kiilletehtaan järjestelmästä vertailukohteena olevan anturin mittauksia yhteensä 707 kappaletta.

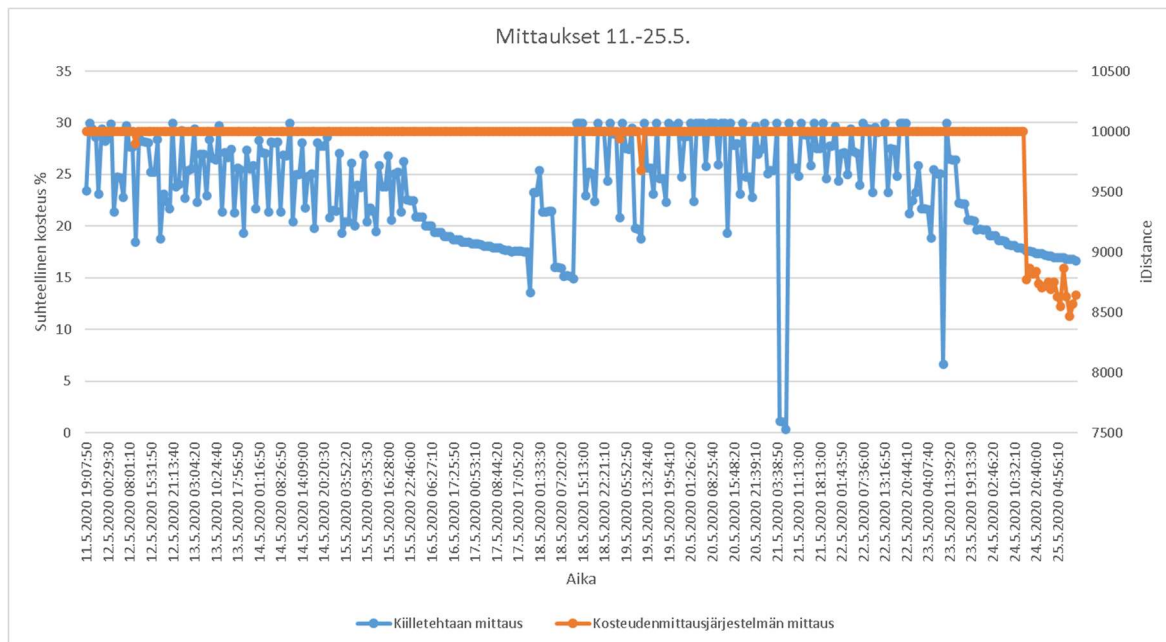
Mittaustuloksia vertaillen jätettiin kiilletehtaan mittauksista toukokuun alkupuolen mittaukset huomiotta, ja vertailua tehtiin 11. päivästä eteenpäin.

Kiinnostavimmat tilanteet mittauksia vertailtaessa olivat erityisesti tilanteet, jossa kiilletehtaan suhteellisessa kosteudessa tapahtuu suuria muutoksia. Tällaisia ovat esimerkiksi tuotannon seisaukset täyttyneiden sillojen takia viikonloppua kohti ja suodatinten huoltotilanteet.

Siilojen täyttyessä tuotantoa ajetaan alas ja tämä näkyy kuvaajissa laskevana trendinä. Suodattimien vaihtotilanteissa suhteellinen kosteus laskee nolnaan.

Kahden mittausjärjestelmän mittausten lukumääräinen valtava ero asetti omat haasteensa tuloksien vertailuun. Lisäksi opinnäytetyössä käytetyn kosteudenmittausjärjestelmän toimintaa häiritsi mittausjakson aikana muutama ongelma ja inhimillinen erehdys.

Mittaustuloksista tehtiin useita taulukoita erilaisia vertailutilanteita varten. Taulukoiden tiedoista piirrettiin kuvaajia havainnollistamaan mittaustilanteita.



Kuva 16 Mittaukset 11.5.-25.5. (Pietarinen, 2021.)

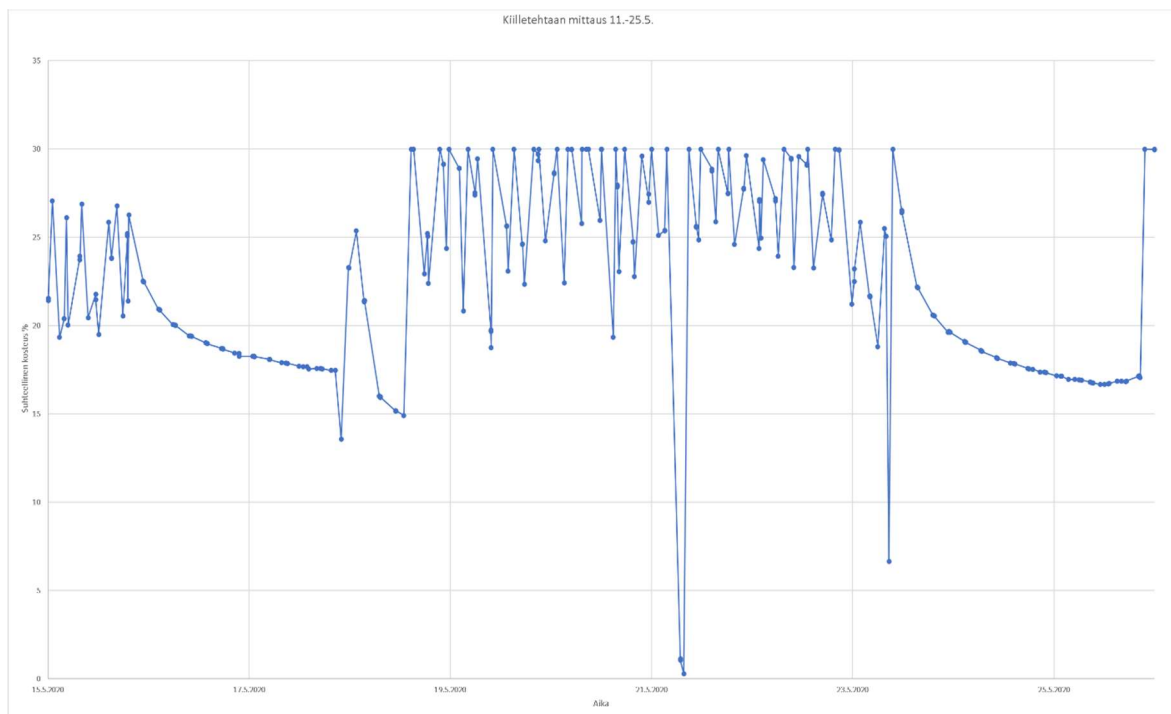
Ensimmäisessä mittausten yhdistetyssä kuvaajassa (Kuva 16) on käytetty kiilletehtaalta saatujen mittausten aikaleimoja. Sininen kuvaaja esittää kiilletehtaan, ja oranssi kosteudenmittausjärjestelmän mittauksia. Mittauspisteitä on käytetty kuvaajassa 302 kappaletta.

Kuvaajasta näkee, että kosteudenmittausjärjestelmän anturin säädöt eivät ole menneet aivan kohdalleen, ja mittaukset painottuvat reilusti ylärajalle. 30% suhteellisen kosteuden tulisi vastata iDistance arvoa 10000. Kun prosessia on ajettu alas viikonloppua kohden, on myös kosteudenmittausjärjestelmän anturi herännyt mukaan muutokseen 24. päivästä eteenpäin.

Timestamp	Kiilletehtaan anturi B	Kosteudenmittausjärjestelmän anturi A
24.5.2020 17:41:30	17,5751	8769
24.5.2020 17:59:00	17,5458	8863
24.5.2020 18:59:00	17,5238	8821
24.5.2020 20:40:00	17,3773	8839
24.5.2020 21:40:00	17,3626	8737
24.5.2020 22:05:30	17,3333	8703
25.5.2020 00:37:40	17,1575	8717
25.5.2020 01:37:40	17,1429	8751
25.5.2020 01:51:30	17,1355	8692
25.5.2020 03:26:30	16,9451	8748
25.5.2020 04:56:10	16,9451	8630
25.5.2020 05:56:10	16,9377	8546
25.5.2020 06:36:00	16,9158	8863
25.5.2020 08:35:10	16,8132	8629
25.5.2020 08:54:10	16,7839	8467
25.5.2020 09:16:50	16,7546	8565
25.5.2020 11:03:40	16,6667	8639

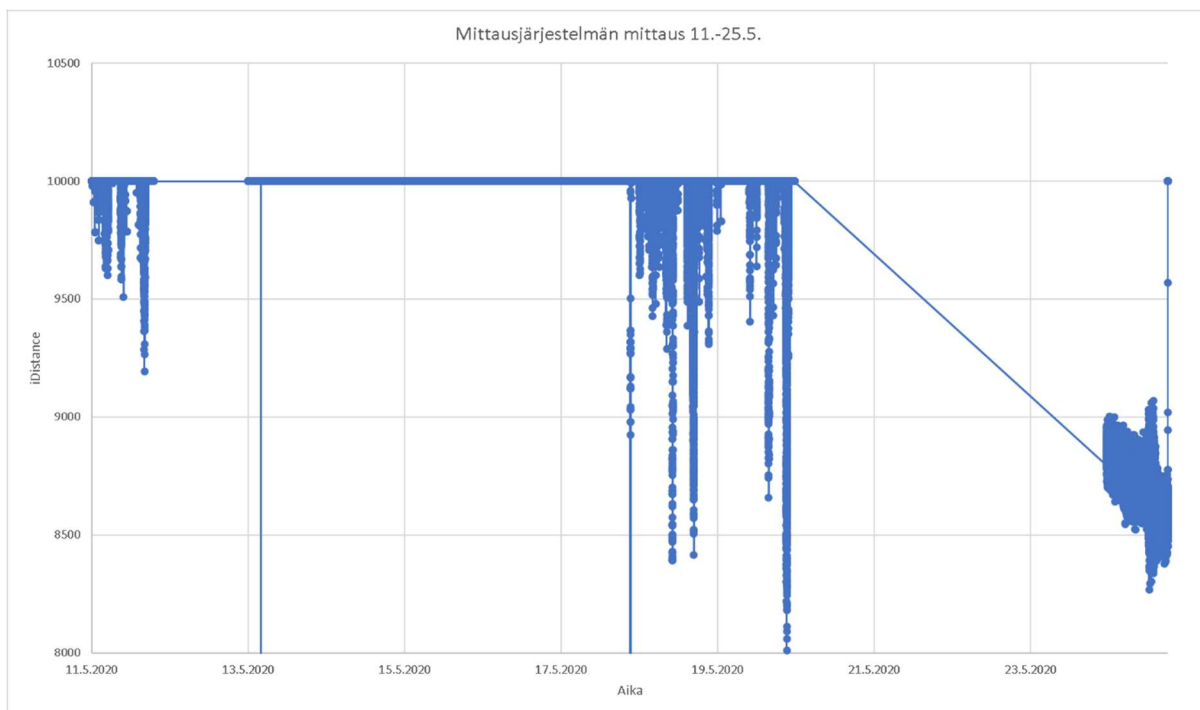
Kuva 17 Mittausten vertailua (Pietarinen, 2021.)

Kuvassa 17 on esitetty taulukkomuodossa aiempaan olleen kuvaajan loppupään tulokset. Tuloksia vertailtaessa näkyy, että anturi A:n tulokset ovat pääsääntöisesti linjassa vertailukohtana oleviin tuloksiin. Poikkeuksia toki ilmenee, mutta ne johtuvat todennäköisesti anturin A herkkyden asettelusta, järjestelmien näytteenottovälien eroista ja laitteistojen eroavaisuuksista.



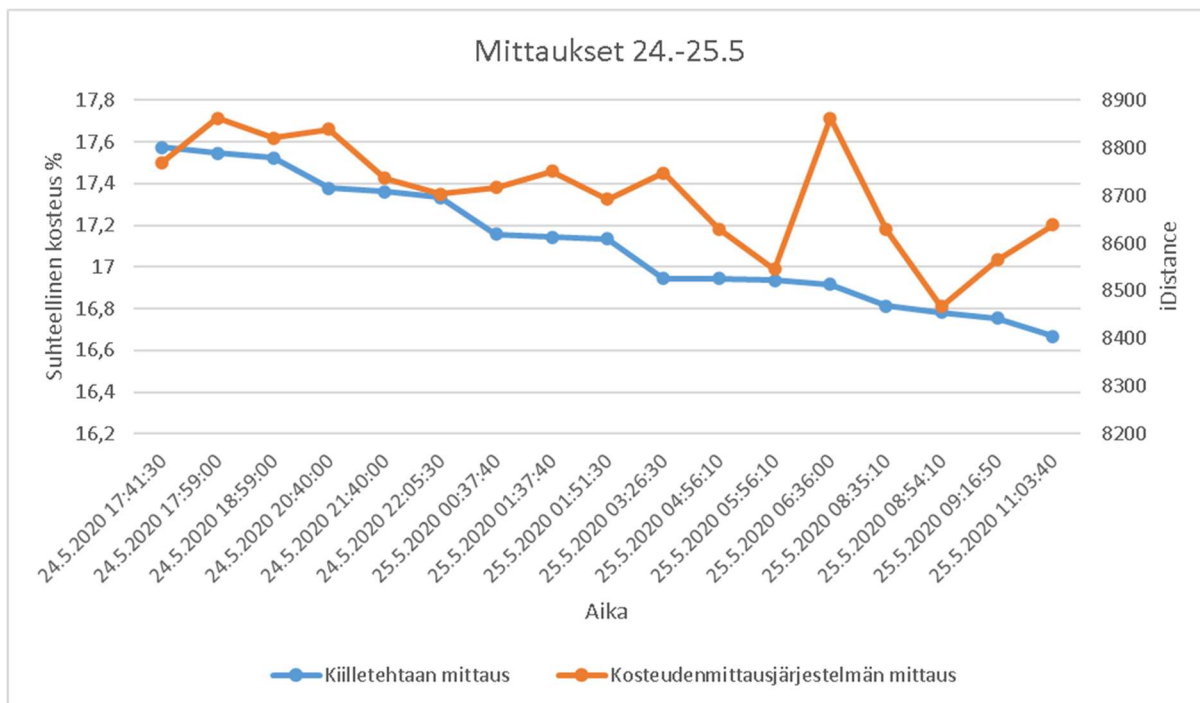
Kuva 18 Kiilletehtaan mittaus

Kuvassa 18 näkyy kiilletehtaan mittausten kuvaaja 11. päivästä eteenpäin. Mittauspisteitä kuvaajassa on käytetty yhteensä 302 kappaletta.



Kuva 19 Kosteudenmittausjärjestelmän mittaus

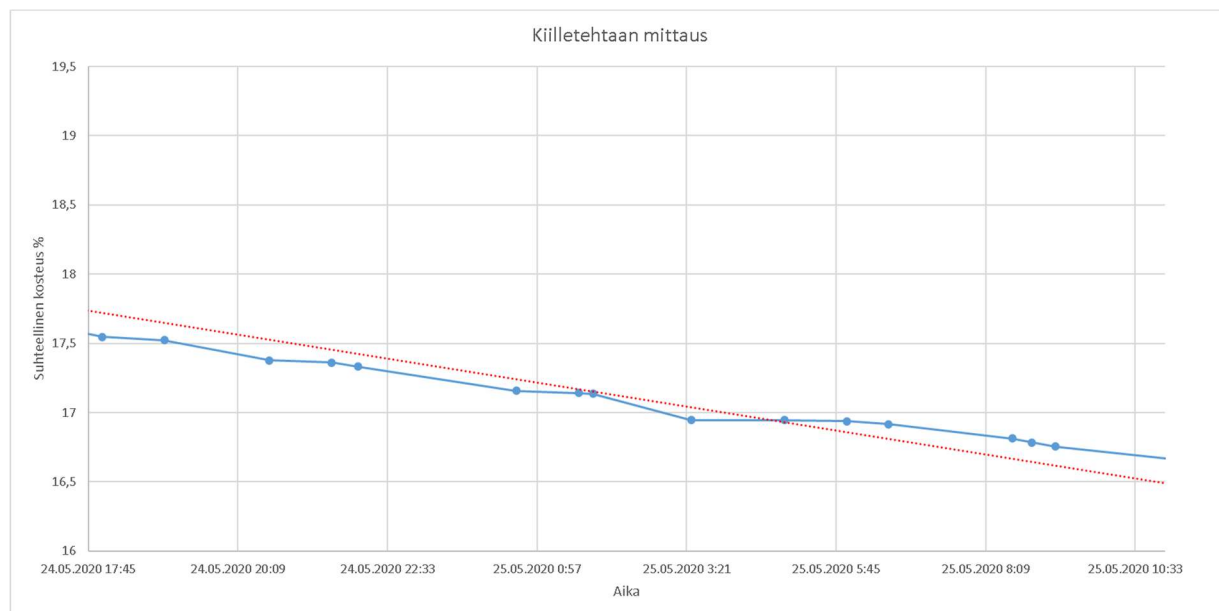
Vertailuksi kosteudenmittausjärjestelmän mittauksista tehdyssä kuvaajassa on samalta aikaväliltä mittauspisteitä yhteensä 726344 kappaletta. Tämä hankaloittaa hieman suoraa vertailua, mutta kuvaajien alku- ja loppupäissä tilanteet vastaavat toisiaan.



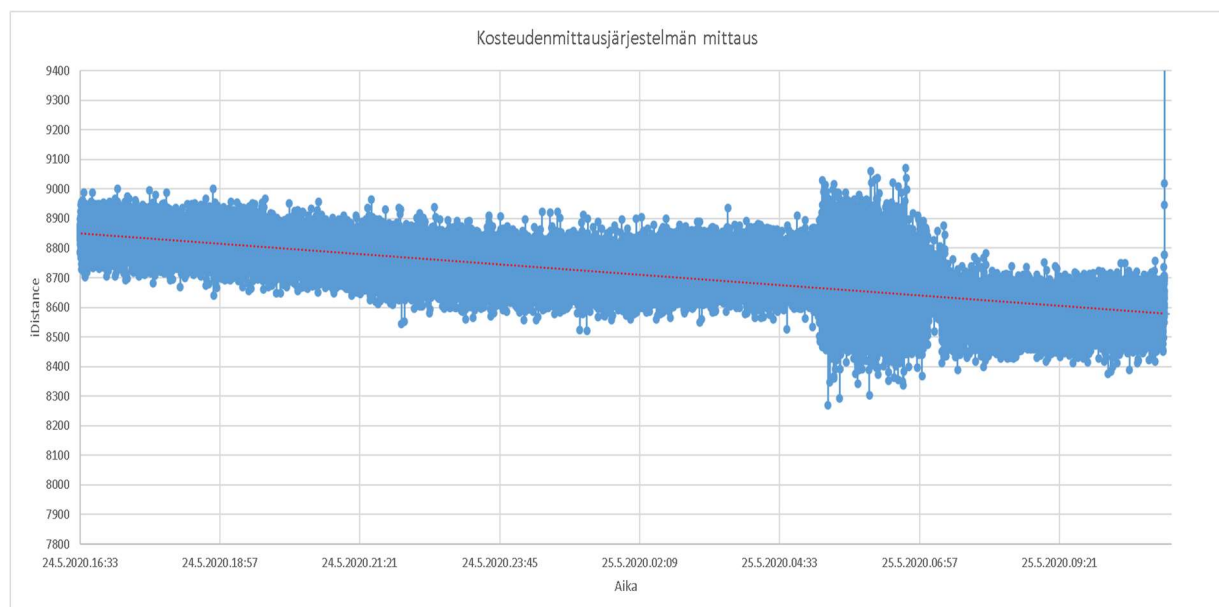
Kuva 20 Mittaukset 24.-25.5. (Pietarinen, 2020.)

Mittausjakson loppupään mittauksien yhdistetyssä kuvaajassa on käytetty kiilletehtaan järjestelmän aikaleimoja. Mittaushetkiä on yhteensä 16 kappaletta. Sininen kuvaaja esittää kiilletehtaan mittausta ja oranssi kuvaaja kosteudenmittausjärjestelmää. Kuvaajien trendi on yhteinen, eli molemmat laskevat. Oranssissa kuvaajassa esiintyy muutamia selkeitä piikkejä, jotka todennäköisesti johtuvat käytetyn anturin herkkyden asettelusta.

Molemmista mittauksista piirrettiin vielä omat kuvaajat mittausjakson loppupäästä.



Kuva 21 Kiilletehtaan mittaus 24.5.-25.5. (Pietarinen, 2021.)



Kuva 22 Kosteudenmittausjärjestelmän mittaus 24.-25.5. (Pietarinen, 2021.)

Mittausjakson loppua esittävässä kuvaajissa (Kuvat 21 ja 22) näkyy mittaustrendien yhteneväisyys. Kosteudenmittausjärjestelmän kuvaajassa näkyy suurta hystereesiä verrattuna kiilletehtaan mittauksiin. Tämä selittynee mittauksen valtavalla erolla ja anturin säädöillä. Kiilletehtaan järjestelmässä otanta on ollut 16 mittausta, on se opinnäytetyön kosteudenmittausjärjestelmässä vastaavalla mittausjaksolla 66023 mittausta.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuloksia tarkasteltaessa havaitaan se, että anturin säätämisessä ei päästy parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Mittaustulosten välistä suhdetta voidaan laskea jakamalla anturin A tulos anturin B tuloksella.

Kaavassa: $k = \frac{a}{b}$, a on anturin A mittaama arvo, b anturin B mittaama arvo ja k on näiden välinen suhdeluku.

Esimerkiksi mittaustulokset kuvasta 9 aikaleimalla 25.05.2020 11:03:40.

$$k = \frac{8639}{16,667} = 518$$

Tarkoitetaan, että suhteellisen kosteuden yksi prosentti vastaa noin iDistancen arvoa 500.

Mikäli anturin säätäminen olisi onnistunut siten, että suhteellisen kosteuden arvo 30% olisi vastannut iDistancen arvoa 10000 tulisi laskennallisesti suhteeksi:

$$k = \frac{10000}{30} = 333,333$$

Eli yksi prosenttiyksikkö suhteellisessa kosteudessa vastaisi lukua 333.

Tällä suhdeluvulla laskettuna olisi aiemmin esitetyllä aikaleimalla anturin A tulokseksi saatu:

$$k_2 = \frac{a_2}{b} \rightarrow a_2 = k_2 \times b = 333,333 \times 16,667 = 5555,667$$

Kaavassa k_2 on uusi suhdeluku ja a_2 esittää uutta laskennallista arvoa anturille A.

Vertaillaessa mitattua tulosta uuteen optimistiseen laskettuun tulokseen saadaan selville, kuinka paljon tuloksilla on eroa.

$$\left(1 - \frac{5555,667}{8639}\right) \times 100\% = 36\%$$

Tästä voidaan vetää johtopäätös, että todella merkittävä osa anturi A:n säätövarasta jäi hyödyntämättä.

Kuvaajia katsomalla on kuitenkin selvää, että antureiden mittaamisissa arvoissa on yhtäläisyyksiä.

Kuvissa 13 ja 14 esitetyissä kuvaajissa näkyy mittaustulosten samanlainen trendi, molemmat laskevat. Toinen huomion kiinnittävä seikka on selkeästi erottuva anturin A asettelun herkyys.

Kuvassa 13 olevan kuvaajan pieni nousu ajanhetkellä 25.05.2020 5:45 erottuu todella suurena muutoksena kuvassa 14.

10 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja ennen kuin työn laajuus kokonaisuutena selvisi, vaikutti sen toteuttaminen helpolta. Työssä riitti haasteita ja käytännössä jokainen siihen liittyvä ohjelma ja toiminto olivat tekijälle uusia tuttavuuksia. Työstä selviytyminen vaati todella paljon itseopiskelua, ja asioitten selvittämiseen, sekä sovellusten toiminnan testaukseen kului paljon aikaa.

Ensimmäisenä selvitettävänä asiana oli MQTT-protokolla ja kuinka sitä käytetään hyväksi kosteudenmittausjärjestelmän ohjelmoitavan logiikan kanssa. Työn toimeksiantajalta saatiin vastaavanlainen logiikka kotiin, jotta laitteen käyttö ja ohjelmistot tulisivat tutuiksi ennen työn kohteeseen menoa. Kun logiikan ja protokollan välisestä toiminnasta oli päästy hieman jyvälle tuli vastaan seuraava opiskeltava asia.

Python-ohjelmointikieli oli entuudestaan tuttu vain nimeltä, joten kyseisen kielen opettelu oli aloitettava aivan aluksi. Pythonin etuina pidetään sen laajaa kehittämissyhteisöä ja tästä oli suuri hyöty työtä tehdessä. Erilaisilla ohjelmointiin liittyvillä sivustoilla kuten GitHubilla on todella paljon hyödynnettäviä vapaaseen käyttöön soveltuvia esimerkkejä. Lopulta luikusten kokeilujen ja erehdysten kautta saatiin toimivalta vaikuttava koodi, jolla siirrettiin tietoja sql-tietokantaan.

Tietokantaan saatiin kerättyä todella suuri määrä dataa. MQTT-protokollan käyttöönotossa asetettu 1000ms otantatiheys osoittautui tarpeettoman tiheäksi. Otantatiheys asetettiin 1000ms Beckhoffin ohjeen mukaisesti, ja kun järjestelmä saatiin vihdoin toimimaan ei sitä sen jälkeen enää lähdetty muuttamaan. Kosteudenmittausjärjestelmästä mittauksia kertyi yli 1000 kertainen määrä verrattuna kiilletehtaan järjestelmään. Tulosten asettaminen Exceliin vertailua varten osoittautui tämän takia hieman haastavaksi.

Järjestelmän toiminnan aikana tapahtui muutamia takaiskuja, jotka osaltaan vaikuttivat tuloksiin. Etäyhteys toteutettiin 4G-reitittimellä, jonka kautta dataa luettiin. Inhimillisen erehdyksen johdosta 4G-yhteydestä vastannut liittymä sulkeutui ja yhteys järjestelmään katosi. Tämä saatiin korjattua liittymän uusimisella, mutta harmiksi osa datasta katosi tämän takia.

Toinen häiriö johtui kiilletehtaalla tehtävistä vikavirta-suojattujen pistorasioiden testauksesta. Järjestelmän 230VAC syöttöjännite oli otettu vikavirtapistorasiasta, ja näitä rasioita testataan laitoksella kuukausittain. Vikavirtasuojauksen testauksen jälkeen oli testaajalta kuitenkin unohtunut palauttaa pistorasia toimintaan. Mittausjakso päättyi 25.5.2020 järjestelmän sammumiseen. Tämä huomattiin melko myöhään, ja kun paikalle mentiin tarkastamaan järjestelmän häiriöitä, havaittiin että sähköt olivat järjestelmää syöttävästä pistorasiasta poikki.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli todella opettavainen. Sen kautta pääsi tutustumaan moniin automaatiiossa käytettyihin tekniikkoihin ja IoT-maailmaan. MQTT-protokollan käyttäminen yksinkertaisen mittaustiedon siirtämisessä osoittautui toimivaksi ratkaisuksi. Erityisesti Pythonin mahdollisuudet erilaisten järjestelmien ja toimintojen välisenä yhdistävänä kielenä osoittautui ylivoimaiseksi. Sen yleisyys ja kehittämissyhteisö tarjoaa lukemattomia tapoja yksinkertaistaa ja tehostaa työskentelyä.

Harmillista sinänsä, että erinäisten ongelmien takia osa tuloksista osoittautui käyttökelvottomiksi ja tuloksista ei tullut täysin yksiselitteisiä. Mutta usko siihen, että ideaalisessa maailmassa, jossa ongelmia ei tulisi vastaan ja kaikki toimisi ensiyrittämällä, olisivat kahden eri järjestelmän väliset kuvaajat kulkeneet käsikädessä ja järjestelmän toimivuus olisi voitu todistaa selkeästi.

Lopuksi kiitokset opinnäytetyön toimeksiantajalle Suomen Automaatiopalvelu Oy:lle mielenkiintoisesta ja haastavasta työstä, ja Ari Juntuselle killeprosessin toiminnan selittämisestä.

LÄHTEET

- Automation-insights. (2020). what-is-a-capacitive-sensor. Haettu 13.4.2021 osoitteesta automation-insights.blog: <https://automation-insights.blog/2017/06/07/what-is-a-capacitive-sensor/>
- Beckhoff. (2020). CX9020. Haettu 15.4.2020 osoitteesta Beckhoff.com: <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/embedded-pcs/cx9020-arm-cortex-a8/cx9020.html>
- Beckhoff MQTT. (2020). tf6701_tc3_iot_communication_mqtt. Haettu 15.3.2020 osoitteesta infosys.beckhoff.com: https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tf6701_tc3_iot_communication_mqtt/27021601282764171.html&id=
- eclipse.org. (2020). paho. Haettu 20.5.2020 osoitteesta eclipse.org: <https://www.eclipse.org/paho/>
- electronics-tutorials. (2020). transistor. Haettu 13.4.2021 osoitteesta electronics-tutorials.ws: https://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_4.html
- Gartner. (2020). internet-of-things. Haettu 15.5.2020 osoitteesta gartner.com: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>
- io-link.com. (2020). What is IO-Link. Haettu 22.4.2020 osoitteesta io-link.com: https://io-link.com/en/Technology/what_is_IO-Link.php?thisID=76
- Juntunen Ari. (2020). Kiilletuotanto. Yksityinen sähköposti. 28.4.2020. Vastaanottaja: Marko Pietarinen
- Juntunen Ari. (2021). Kiilletuotanto. Yksityinen sähköposti. 22.4.2021. Vastaanottaja: Marko Pietarinen
- LKAB Minerals. (2020). lkabminerals.com. Haettu 13.4.2020 osoitteesta lkabminerals.com: <https://www.lkabminerals.com/en/about/>
- matbor. (2020). Simple Python script. Haettu 27.4.2020 osoitteesta gist.github.com: <https://gist.github.com/matbor/6532185>
- mqtt.org. (2020). mqtt.org. Haettu 15.3.2020 osoitteesta mqtt.org: <https://mqtt.org/>
- Suomen Automaatiopalvelu Oy. (2018). Palvelumme. Haettu 24.5.2021 osoitteesta suomenautomaatiopalvelu.fi: <https://www.suomenautomaatiopalvelu.fi/palvelumme/>
- Tosibox Information Security Statement. (2020). tosixbox-information-security-statement. Haettu 13.4.2020 osoitteesta tosixbox.com: <https://www.tosibox.com/tosibox-information-security-statement/>

Tosibox Security. (2019). what-makes-tosibox-so-secure. Haettu 13.4.2020 osoitteesta helpdesk.tosibox.com: <https://helpdesk.tosibox.com/support/solutions/articles/2100033957-what-makes-tosibox-so-secure->

Yara Suomen historia. (2020). Yara Suomen historia. Haettu 13.4.2020 osoitteesta Yara.fi: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/historia/>

Yara Suomen toimipaikat. (2020). Toimipaikat. Haettu 13.4.2020 osoitteesta Yara.fi: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/>