

Jori Heino

# Biokaasupumppaamoiden raportoinnin digitalisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

13.5.2017

Tekijä Otsikko	Jori Heino Biokaasupumppaamoiden raportoinnin digitalisointi
Sivumäärä Aika	38 sivua + 8 liitettä 13.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Jaana Wuorila-Stenberg Tuoteryhmäpäällikkö Lauri Valovirta
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli luoda digitaalinen raportointimalli Sarlin Oy:n huoltosopimusten piirissä olevien biokaasupumppaamoiden imulinjojen mittauspöytäkirjojen ja huoltoraporttien täyttöön, tallentamiseen ja jakamiseen. Työn tavoitteena oli myös selvittää täysin automaattisen tiedonkeräyksen toteutusmahdollisuuksia ja tarpeellisuutta biokaasupumppaamoissa.</p> <p>Tässä insinööriyössä luotiin yleinen Excel-raportointipohja, yleinen PDF-huoltoraporttipohja ja yksilöidyt raportointipohjat kolmelle testilaitokselle, joilta tullaan keräämään käyttökokemuksia digitalisoinnista vuoden 2017 loppuun saakka. Dropbox-pilvipalveluun luotiin käyttäjätili, jonne tallennetuille raporttipohjille tiedot täytetään tablettilaitteita hyödyntäen. Testaus käynnistettiin kouluttamalla huoltoteknikot. Jos tämä malli todetaan toimivaksi, niin se voidaan ottaa käyttöön kaikkien Sarlin Oy:n huoltosopimusten piirissä olevien 34 biokaasupumppaamon osalta. Automaattisen tiedonkeräyksen toteutusmahdollisuuksia selvitettiin tutkimalla biokaasupumppaamoiden nykyisten automaatiojärjestelmien tarjoamia mahdollisuuksia tiedonkeräyksen toteuttamiseksi. Tämän selvityksen pohjalta luotiin alustava toteutussuunnitelma ja arvioitiin järjestelmän toteutuskelpoisuutta.</p> <p>Insinööriyön tavoitteet saavutettiin täysin. Luodun digitaalisen raportointimallin avulla vuosiraportin muodostamiseen tarvittava työaika lyhenee huomattavasti, kun käsin tehtävä mittauspöytäkirjojen kirjausten siirto Excel-raportointipohjille vältetään. Digitalisoitu raportointi mahdollistaa myös neljännesvuosiraporttien laatimisen asiakkaille. Tehdyn selvityksen perusteella automaattinen tiedonkeräys on mahdollista ottaa käyttöön suhteellisen vaivattomasti jo nykyisten biokaasupumppaamoiden automaatiojärjestelmien tukemana. Automaattisen tiedonkeräyksen tuomia hyötyjä tulee kuitenkin vielä tarkastella tarkemmin suhteessa järjestelmän käyttöönoton ja ylläpidon kustannuksiin.</p>	
Avainsanat	Biokaasu, biokaasupumppaamo, raportointi, digitalisointi, pilvipalvelu, automaattinen tiedonkeräys

Author Title	Jori Heino Digitalization of the Biogas Pumping Stations Reporting
Number of Pages Date	38 pages + 8 appendices 13 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jaana Wuorila-Stemberg, Senior Lecturer Lauri Valovirta, Product Group Manager
<p>The purpose of this final year project was to create a digital reporting model for filling, saving and sharing the suction line measurement records and the service reports of the biogas pumping stations serviced by Sarlin Oy. One goal was also to discover the methods of the implementation and the benefits of fully automated data collection from the biogas pumping stations.</p> <p>In this project a general Excel-reporting form, a general PDF-service reporting form and individualized reporting forms for three test facilities were created. From the test facilities experiences of the digitalization will be gathered during the year 2017. An account to the Dropbox cloud service was generated where the reporting forms are filled and saved by using tablet devices. Testing began with training of the service technicians. If this reporting model will be found to be well working, it can be taken into use to cover the reporting of all 34 biogas pumping stations serviced by Sarlin Oy. The methods of the implementation of fully automated data collection were resolved by studying the implementation possibilities supported by the existing automation systems of the biogas pumping stations. Based on this study a preliminary design of the implementation and evaluation of feasibility of the automated data collection were made.</p> <p>The goals of this final year project were fully accomplished. The digital reporting model will decrease the work hours needed to form the annual operation reports of the biogas pumping stations, as the manual transfer of the collected data from the measurement records to Excel-reports is avoided. The digital reporting will also allow operations reporting to be made quarterly to the clients. According to the study made the automated data collection is relatively easily taken into usage with the support of the current automation systems of the biogas pumping stations. The benefits of the automated data collection need to be clarified more thoroughly in respect to the cost of implementing and maintaining the data collection system.</p>	
Keywords	Biogas, biogas pumping station, reporting, digitalization, cloud service, automated data collection

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	4
2	Työn tausta	5
3	Työn tavoitteet	6
4	Biokaasupumppaamon toiminta	7
4.1	Biokaasu	7
4.2	Biokaasupumppaamo	8
4.2.1	Biokaasupumppaamon päälaitteet	9
4.2.2	Biokaasupumppaamon automaatiojärjestelmä	10
4.2.3	Kaasunkeräysjärjestelmän imulinjojen mittaus ja säätö	11
5	Biokaasupumppaamoiden nykyinen huolto- ja toimintaraportointi	13
6	Raportoinnin digitalisoinnin vaatimusmäärittely	14
6.1	Pilvipalvelu	14
6.2	Laitteet	15
7	Raportoinnin digitalisoinnin toteutus	16
7.1	Mittauspöytäkirja ja päätoiminta-arvojenkokoomasivu	17
7.2	Neljännesvuosi- ja vuosiraportti	17
7.3	Imulinjojen toiminnan vertailu ja imulinjakohtaiset kokoomasivut	18
7.4	Excel-raportointipohjan laskentakaavat	19
7.5	Huoltoraporttipohja	21
8	Digitalisoidunraportoinnin testaus	22
8.1	Testilaitos 1. Mankkaan biokaasupumppaamo, Espoo	22
8.2	Testilaitos 2. Puolmatkan biokaasupumppaamo, Järvenpää	24
8.3	Testilaitos 3. Metsä-Sairilan biokaasupumppaamo, Mikkeli	25
9	Automaattisen tiedonkeräyksen vaatimusmäärittely	27

9.1	Biokaasupumppaamoiden logiikkaohjaimet	27
9.1.1	Selvecin TBoxMS- ja LT2-logiikkaohjaimet	28
9.1.2	Schneider Electric Modicon Momentum	28
9.2	FTP-protokolla	29
9.3	SQL-tietokanta	30
9.4	XML-standardi	30
10	Automaattisen tiedonkeräyksen toteutus suunnitelma	32
10.1	FTP-palvelimen määrittäminen	33
10.2	FTP-tiedonsiirron määrittäminen TBox-ohjauslogikoilla	34
10.3	Automaattisen tiedonkeräyksen hyödyt	36
11	Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Biokaasupumppaamoiden nykyinen mittauspöytäkirja	
	Liite 2. Biokaasupumppaamoiden nykyinen huoltoraportti	
	Liite 3. Biokaasupumppaamoiden mittauspöytäkirjanäkymä tabletilaitteella	
	Liite 4. Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan mittauspöytäkirjojen päätoiminta-arvojen kokoomasivu	
	Liite 5. Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan neljännesvuosi- ja vuosiraporttisivu	
	Liite 6. Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan imulinjojen vertailusivu	
	Liite 7. Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan imulinjakohtainen kokoomatietosivu	
	Liite 8. Biokaasupumppaamoiden huoltoraporttilomake tabletilaitteella	

## Lyhenteet

CHP	Combined Heat and Power. Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto.
HMI	Human Machine Interface. Logiikkaohjaimen liitetty käyttöpaneeli.
SaaS	Software as a Service. Sovellusten tarjoamista pilvipalveluna.
IaaS	Infrastructure as a Service. Palvelimien, levytallennustilan tai vastaavan tarjoamista pilvipalveluna.
PaaS	Platform as a Service. Kehitysalustan tarjoamista pilvipalveluna.
ERP	Enterprise Resource Planning. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä.
API	Application Programming Interface. Pilvipalvelun käyttäjärajapinta.
XML	Extensible Markup Language. Tiedostotyyppinen tiedonsiirtostandardi.
JSON	JavaScript Object Notation. Tiedostomuoto tiedonsiirtoon.
FTP	File Transfer Protocol. Laitteiden välisen tiedonsiirron protokolla.
CPU	Central Processing Unit. Suoritin tai prosessori.
TCP	Transmission Control Protocol. Tietokoneiden välinen tiedonsiirto-protokolla.
SQL	Structured Query Language. Kyselykieli relaatiotietokantoja varten.

## 1 Johdanto

Kaiken toiminnanohjauksen ja -valvonnan perustana on toiminnanseuranta, tiedonkeruu ja tähän seurantaan ja tiedonkeruuseen pohjautuva raportointi. Riippuen kyseessä olevan toiminnan tai prosessin luonteesta määrittyy seurannan ja raportoinnin tietosisältö ja toteutustapa. Tietoa voidaan kerätä toimintaan liittyvistä määrällisistä ja/tai laadullisista ominaisuuksista. Reaaliaikainen raportointi mahdollistaa toiminnan tehokkaan ohjauksen. Kun tiedetään, mitä prosessissa tapahtuu, voidaan mahdolliset poikkeamat tunnistaa ajoissa ja reagoida niihin tarvittaessa. Läheskään aina täysin reaaliaikainen raportointi ei ole tarpeellista, ja raportointimalli onkin aina määritettävä tarkoituksenmukaisuuteen perustuen.

Nykyinen informaatioteknologian kehitystaso tarjoaa raportoinnin toteutukselle ja sisällöllisille määritteille huomattavasti aiempaa enemmän mahdollisuuksia. Digitalisoitu tiedon keräys, tallennus, välitys ja käsittely nykyaikaisilla teknologioilla mahdollistavat huomattavasti aiempaa suurempien ja tarkempien tietomäärien käsittelyn tehokkaasti ja edullisesti verrattuna aiempaan.

Sarlin Oy:n palvelemilla biokaasupumppaamoilla imulinjojen mittaustulokset, laitosten toiminta-arvot ja huoltoreportit kirjataan edelleen paperilomakkeille. Raportoinnin kehittämiseen ei ole haluttu suuresti investoida taloudellisesti, koska investoinnin mahdollisesti tuomat taloudelliset hyödyt voivat jäädä pieniksi. Kyseessä on kapea toimiala ja mahdollisia asiakkaita Suomessa vain joitain kymmeniä. Toisaalta mittausarvoja on suuri määrä ja paperilomakkeelta arvot tulee siirtää digitaaliseen muotoon joka tapauksessa. Nykyiset informaatioteknologiat tarjoavat kuitenkin mahdollisuuksia toteuttaa raportoinnin digitalisointi myös tällaisessa tilanteessa edullisesti ja toimintaa tehostaen.

## 2 Työn tausta

Sarlin Oy:n huolto- ja palvelusopimusten piiriin kuuluu nykyisellään 34 biokaasupumppaamoja, jotka sijaitsevat eri puolilla Suomea suljetuilla ja käytössä olevilla kaatopaikoilla. Asiakkaita ovat kaatopaikkojen toiminnanharjoittajat, eli yleensä jätehuoltoyritykset. Biokaasupumppaamoiden avulla kerätään jätetäytöissä syntyvää kaatopaikkakaasua, jotta kaatopaikkakaasun sisältämä metaani ei päädy ilmakehään kiihdyttämään kasvihuoneilmiötä. Kaatopaikkakaasunkeräyksellä pyritään myös hallitsemaan kaatopaikkojen hajuhaittoja. Kaatopaikkojen toiminnanharjoittajat ovat veloitettuja raportoimaan kaasunkeräyksen toiminnasta valvovalle viranomaiselle 331/2013 valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista mukaisesti. [1; 2, s. 32; 3.]

Sarlin Oy:n biokaasupumppaamoiden palvelusopimukset pitävät sisällään sopimuskohtaisesti määritetyksi erilaisia huolto- ja käyttötoimenpiteitä. Käyttötoimenpiteisiin kuuluu kuukausittain tai neljännesvuosittain tehtävät kaasunkeräysjärjestelmän imulinjojen mittaus ja säätö. Tällöin mitataan kunkin kaasun imulinjan tuottaman kaasun pääkomponenttien pitoisuudet ja virtaamat, ja säädetään virtaamaa keräysjärjestelmän parhaimman mahdollisen toiminnan varmistamiseksi. Tämän lisäksi laitoksen valvomosta kerätään biokaasupumppaamon hetkellisiä ja kumulatiivisia toiminta-arvoja. Nämä mittaus- ja toiminta-arvojen kirjaukset sekä huoltoraportti laaditaan nykyisellään yhä paperilla ja kynällä.

Paperilta kerätyt tiedot siirretään kerran vuodessa käsin Excel-raportointipohjille, joiden pohjalta muodostetaan vuosiraportti laitoksen toiminnasta asiakkaille. Vuosiraportti toimii pohjana asiakkaiden viranomaisraportoinnille. Käsin tehtävä tiedonsiirto on työllästä, arviolta noin 120–160 työtunnin vuotuinen urakka. Asiakkaille ei pystytä nykyisellä toimintamallilla tarjoamaan väliraportteja esimerkiksi neljännesvuosittain, mikä taas heikentää asiakkaiden mahdollisuuksia puuttua toiminnan epäkohtiin riittävän nopeasti. [4.]



### 3 Työn tavoitteet

Tämän insinööriyön tavoitteena on luoda valmiudet mittaus- ja toiminta-arvojen digitaaliseen raportointiin mahdollisimman pienin taloudellisin panostuksin. Ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus luoda olemassa olevien ohjelmistojen ja laitteistojen avulla toimintamalli, jossa mittaus- ja toiminta-arvot syötetään internetyhteydellä varustetulla tablettilaitteella suoraan laitospohjaisille Excel-raportointipohjille, jotka on tallennettu parhaiten tähän tarkoitukseen sopivaan pilvipalveluun. Tällöin vältetään käsin tehtävä tiedonsiirtourakka ja pystytään tarjoamaan asiakkaille väliraportteja vaivattomasti ja kamalla raportointitiedot pilvipalvelusta, joko jatkuvasti tai määräajoin. Laitosten toiminta-arvojen aiempaa reaaliaikaisempi seuranta, esimerkiksi käyttöasteen seuranta vähintään neljännesvuositasolla, mahdollistaa myös sisäisesti Sarlin Oy:n tuottamien huolto- ja käyttöpalveluiden entistä paremman seurannan ja ohjauksen.

Insinööriyön ensimmäisen vaiheen konkreettisena tuloksena laaditaan biokaasupumppaamoille uusi yleinen Excel-raporttipohja, uusi digitaalinen yleinen huoltoraporttilomake, sekä uudet yksilöidyt Excel-raporttipohjat kolmelle biokaasupumppaamolle, joiden avulla toimintamallia testataan vuoden 2017 loppuun saakka. Tässä vaiheessa käydään läpi tarjolla olevat pilvipalvelut ja näistä valitaan yksi testausta varten. Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu myös käyttäjien koulutus eli tietoja syöttävien Sarlin Oy:n huoltoteknikoiden ja raportointitietoja käyttävien Sarlin Oy:n käyttöhenkilöiden sekä asiakkaiden perehdytys digitaalisen raportoinnin toimintaan. Jos toimintamalli todetaan toimivaksi, niin se laajennetaan käyttöön kaikkien 34 laitoksen raportointiin.

Insinööriyön toisena vaiheena laaditaan selvitys biokaasupumppaamoiden toiminta-arvojen automaattiselle tiedonkeräykselle. Tämän selvityksen tavoitteena on kartoittaa biokaasupumppaamoiden nykyisten automaatiojärjestelmien tekniset valmiudet automaattisen tiedonkeräyksen toteuttamiseksi, luoda alustava toteutussuunnitelma tiedonkeräykselle ja arvioida automaattisella tiedonkeräyksellä mahdollisesti saavutettavia hyötyjä Sarlin Oy:lle ja loppuasiakkaille.

## 4 Biokaasupumppaamon toiminta

### 4.1 Biokaasu

Biokaasu on yleisnimitys kaasuille, joita syntyy eloperäisen aineksen mädäntyessä hapettomissa olosuhteissa. Anaerobiset bakteerit hajottavat eloperäistä ainesta ja tässä prosessissa syntyy kaasuseosta, joka koostuu pääosin metaanista ( $\text{CH}_4$ ) 50–70 %, hiilidioksidista ( $\text{CO}_2$ ) 30–50 %, sekä riippuen mädätteestä ja mädätysprosessista kaasuseos voi sisältää myös vettä ( $\text{H}_2\text{O}$ ), typpeä ( $\text{N}_2$ ), happea ( $\text{O}_2$ ) ja erilaisia epäpuhtauksia. Yleisimpiä epäpuhtauksia ovat rikkivedyt ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ammoniakki ( $\text{NH}_3$ ) halogenoituneet hiilivedyt, kloridit, fluoridit ja raskaat hiilivedyt. Hyötykäytön kannalta oleellisia epäpuhtauksia edellä mainittujen lisäksi ovat myös pii-yhdisteet eli siloksaanit (Si). [5.]

Biokaasun lähteitä ovat biokaasumädättämöiden biokaasureaktorit ja kaatopaikkojen jätetäytöt. Biokaasumädättämöiden raaka-aineina voivat toimia jätevesilietteet ja eloperäinen yhdyskuntajäte, tai teollisuuden ja maatalouden jätteet sekä sivutuotteet. Biokaasumädättämöillä tuotettavaa biokaasua kutsutaan tarkemmin mädättämökaasuksi. Kaatopaikkojen jätetäytöissä biokaasua syntyy sinne loppusijoitetusta eloperäisestä jätteestä. Jätetäytöstä kerättävää biokaasua kutsutaan tarkemmin kaatopaikkakaasuksi. [5.]

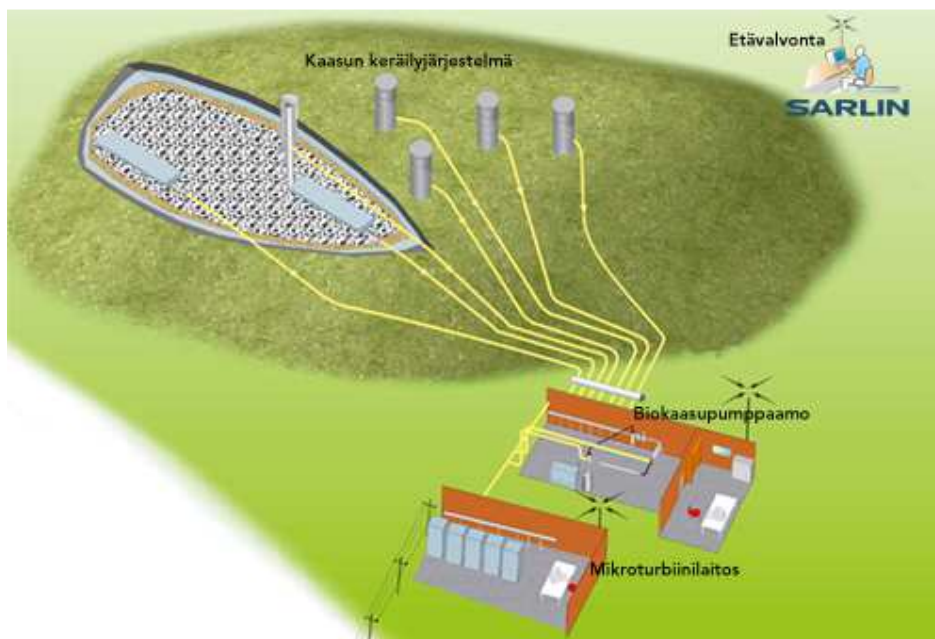
Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista määrittää 2. luvun 8. momentissa, että kaatopaikkakaasu on kerättävä jätetäytöstä yhteen ja hyödynnettävä jos mahdollista. Biokaasua voidaan hyödyntää sähkön ja/tai lämmön tuotannossa, näiden yhteistuotannossa CHP-laitoksella tai jalostettuna liikenne- ja/tai teollisuuspolttoaineena. Jos hyötykäyttö ei ole perustellusti mahdollista, niin tulee kerätty kaasua käsitellä polttamalla se soihutupolttimessa. Myös kaasun kertymistä ja purkautumista on tarkkailtava 7. luvun 43. momentin mukaisesti selvittämällä kaatopaikkakaasun määrä, paine sekä metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuudet kaatopaikan käyttövaiheessa kuukausittain ja jälkivoivaiheessa puolivuositain. Kaatopaikkakohtainen ympäristölupa voi velvoittaa selvittämään myös muiden kaatopaikkakaasuyhdisteiden määriä, riippuen jätetäytteen loppusijoitetun jätteen laadusta. [3.]

## 4.2 Biokaasupumppaamo

Biokaasupumppaamo on laitekokonaisuus, joka on tarkoitettu yleisesti biokaasun siirtämiseen. Tämän lisäksi biokaasupumppaamon laitteistolla voidaan nostaa biokaasun paine halutulle tasolle mahdollisen hyötykäytön tai soihdutuksen vaatimusten mukaisesti. Kaatopaikkakaasua pumpatessa pumppaamon kaasupuhaltimella tai -kompressorilla luodaan jätetäyttöön sijoitettuun kaasunkeräysputkistoon alipaine, jolloin kaasu saadaan liikkeelle jätetäytöstä. [6, s. 6.]

Biokaasupumppaamolla voidaan myös kuivata, suodattaa ja analysoida biokaasua. Biokaasusta analysoidaan yleensä sen pääkomponenttien pitoisuuksia ja mahdollisesti myös epäpuhtauksien pitoisuuksia. Biokaasupumppaamolla mitataan yleensä myös siirretyn kaasun määrää ja hetkellisiä toiminta-arvoja, kuten kaasun paineita ja lämpötiloja keräysprosessin eri vaiheissa. [6, s. 6]

Tässä työssä keskitytään biokaasupumppaamon toimintaan kerätessä kaasua jätetäytöstä. Erityisesti keskitytään Sarlin Oy:n biokaasupumppaamosovelluksiin ja niiden teknisiin ratkaisuihin. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmä, kun kerätty kaasu hyödynnetään sähköntuotannossa mikroturbiinilaitoksella.



Kuva 1. Kaasunkeräysjärjestelmän toiminta, kun kaasu hyödynnetään sähköntuotannossa mikroturbiinilaitoksella. [3]

Kaasu kerätään jätetäytöstä kaasunkeräyskaivoilla, -vaakakeräysputkistoilla tai -soluilla, joilta lähtee imulinja biokaasupumppaamolle. Imulinjat voivat olla keräyspistekohtaisia, tai useampi keräyspiste voi olla yhdistetty samaan imulinjaan. Pumppaamolla imulinjat yhdistyvät imutukin kautta puhaltimen tai kompressorin imuuyhteeseen. [6, s. 6–7.]

Biokaasupumppaamot ovat yleensä räjähdysvaarallisiksi luokiteltuja tiloja. Tilaluokitus on yleensä EX II. Tilaluokitus määrittää pumppaamon suunnittelua, toteutusta ja huoltotoimintaa. Luokitus vaikuttaa laitevalintoihin ja käytettäviin teknisiin ratkaisuihin. Räjähdysvaaralliseksi luokitellusta laitoksesta on laadittava räjähdysuojausasiakirja, jossa määritellään mm. laitoksen turvalliset käyttö- ja huoltotoimenpiteet. Lainsäädännössä biokaasu rinnastetaan maakaasuun. Näin ollen biokaasupumppaamoiden osalta kaikki laitteiston komponentit kaasulinjassa imulinjoja yhdistävästä imutukista eteenpäin kaasun virtaussuunnan mukaisesti ovat valtioneuvoston asetuksen maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009 säädösten alaisia. Pumppaamon huoltotoiminnasta vastaavan toimijan tulee olla hyväksytty kaasuasennusliike. [7.]

#### 4.2.1 Biokaasupumppaamon päälaitteet

Biokaasupumppaamon päälaitteena on puhallin tai kompressori, jolla kaasu saadaan siirrettyä ja paineistettua. Riippuen paineenkorotustarpeesta ja sovelluksen tarkemmista teknisistä määrityksistä voidaan käyttää erilaisia puhallin- ja kompressorityyppejä. Kun tarvittava painetaso on alhainen, yleensä alle kaksi baria absoluuttista painetta, voidaan käyttää keskipako-, kiertomäntä- tai sivukanavapuhaltimia. Kun on tarvetta nostaa paine korkeammalle tasolle, niin voidaan käyttää lamelli-, ruuvi- tai mäntäkompressoreita. [4.]

Kaasun kuivaamista varten hyödynnetään yleensä kaasunjäähdytystä lämmönvaihtimen ja nestejäähdyttimen avulla. Kaasun lämpötila lasketaan mahdollisimman alhaiseksi kaasun kastepisteen saavuttamiseksi, jolloin kaasussa oleva vesi pisaroituu ja se voidaan poistaa vedenerottimen avulla. [4.]

Biokaasun analysointiin voidaan myös käyttää erilaisiin analysointitekniikoihin pohjautuvia ratkaisuja. Yleisesti analysoinnissa hyödynnetään infrapuna-, sähkökemiallista- ja paramagneettista mittaustekniikkaa. Analysaattorien mittausten perusteella seurataan ja säädetään pumppaamon ja mahdollisen hyötykäyttölaitteiston toimintaa, mutta ana-

lysaattorit toimivat myös turvalaitteina. Liian korkea happipitoisuus kerättävässä sum-  
makaasussa pysäyttää pumppaamon toiminnan, jotta putkistoon ei pääse syntymään  
syttymiskelpoista kaasuseosta. [4.]

Myös kaasumäärää voidaan mitata erilaisin tekniikoin. Yleisesti käytettyjä virtausmit-  
taustekniikoita ovat turbiini-, paine-ero- ja kuimalankamittarit.[4]

#### 4.2.2 Biokaasupumppaamon automaatiojärjestelmä

Biokaasupumppaamot ovat miehittämättömiä automatisoituja laitteistoja. Käyttöhenki-  
löstöä tarvitaan yleensä vain huolto- ja häiriötilanteissa, sekä toiminta-arvoja säädettä-  
essä.

Biokaasupumppaamon laitteiston toimintaa ohjataan ohjelmoitavan logiikan avulla.  
Ohjelmoitavan logiikan analogisten ja digitaalisten lähtö- ja tulokorttien sekä sarjalii-  
kenneväyläliityntöjen kautta ohjataan ja luetaan pumppaamon toimilaitteiden toimintaa  
sekä luetaan analysaattoreiden, määramittauslaitteiden sekä paine- ja lämpötila-  
antureiden keräämää tietoa.

Logiikkaohjaimet on liitetty aina valvomoon, jonka kautta on toteutettu laitteiston ohja-  
us, valvonta ja raportointi. Valvomot on toteutettu nykyisin pääosin web-valvomoina, eli  
valvomo on tallennettu logiikalle HTML-sivuna, joihin päästään yhteyteen Internet-  
yhteyden kautta. Käytössä on myös ratkaisuja, joissa logiikkaohjaimen on liitetty joko  
PC- tai HMI-pohjainen valvomo.

Lähes kaikki Sarlin Oy:n huoltopalveluiden piirissä olevat biokaasupumppaamot ovat  
etäkäytettävissä Internet-yhteyden avulla. Internet-yhteydet voi olla toteutettu joko  
3/4G-mobiililaajakaista- tai kiinteän laajakaistayhteyden avulla. Etäyhteyksien toteutuk-  
sessa ja hallinnoinnissa hyödynnetään MBConnect-reitittimiä ja -palvelinta. MBCon-  
nect-reitittimiä voidaan käyttää oletusyhteyskäytävänä Internet-yhteyden muodostami-  
seen biokaasupumppaamon laitteilta, ja järjestelmä mahdollistaa myös suojatun VPN-  
yhteyden käytön sekä reitittimien hallinnoinnin etäpalvelimen kautta. Biokaasupump-  
paamoiden etäohjaus ja -valvonta voidaan tehdä joko ottamalla yhteys suoraan logiik-  
kaohjaimen web-valvomoon tai ottamalla yhteys laitoksen valvomo-PC:hen. Valvomo-  
PC:iden etävalvontaohjelmistona käytetään pääasiassa Teamviewer-ohjelmistoa. Yksit-

täisissä tapauksissa käytössä on myös muita ohjelmistoja, kuten PCAnywhere, VNCViewer tai FortiClient.

Logiikan muistiin kerätään kumulatiivisia laskuritietoja kuten laitoksen käyntitunnit, kokonaiskaasumäärät ja polttoaine-energiamäärät. Laskuritietojen pohjalta valvomossa voidaan tuottaa raporttitietoja pumppaamon toiminnasta. Myös laitteiston hetkelliset mittausarvot kerätään valvomon tietokantaan hyödynnettäväksi historiatrendeissä, joita voidaan käyttää esimerkiksi mahdollisten häiriötilanteiden selvittämisessä.

#### 4.2.3 Kaasunkeräysjärjestelmän imulinjojen mittaus ja säätö

Oleellinen osa kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmän toiminnan säätöä on biokaasupumppaamoon liitettyjen imulinjojen säätö kaasunkeräysjärjestelmän toiminnan optimoimiseksi. Kuvassa 2 nähdään erään biokaasupumppaamon imutukki, johon jäte-  
tätöstä tulevat imulinjat on liitetty. Kuvassa näkyy myös siirrettävä kaasuanalysointilaitteisto, jonka avulla voidaan mitata kaasunkoostumuksen pääkomponentit imulinjakohtaisista mittayhteistä.



Kuva 2. Kaatopaikkakaasunkeräysjärjestelmän imulinjat liitettynä imutukkiin biokaasupumppaamolla ja siirrettävä kaasuanalysointilaitteisto kaasunpitoisuuksien mittaukseen. [3]

Imulinjojen säätö tehdään mittaamalla imulinjakohtaisesti metaani-, hiilidioksidi-, happi- ja rikkivetypitoisuudet sekä kaasun imupaineet siirrettävällä kaasuanalysoitsorilla. Lisäksi imulinjakohtaiset kaasun virtausnopeudet ja lämpötilat mitataan kuumalanka-anemometrillä. Kuvassa 3 nähdään kuumalanka-anemometri liitettynä imulinjan mittausyhteeseen.

Näiden mittausarvojen perusteella imulinjojen virtaamia säädetään säätöventtiilillä. Yleensä säädössä pyritään maksimoimaan imulinjoista yhteensä saatavan summakaasun polttoaineteho. Eli imulinjojen virtausta säätämällä pyritään optimoimaan mahdollisimman korkea metaanipitoisuus imulinjoissa ja summakaasussa kuitenkin niin, että myös summakaasun kokonaisvirtaama pysyy mahdollisimman suurena. Kaasun polttoainelaitteiston toiminta- ja raja-arvot määrittävät tarkemmin polttoainetehon, metaanipitoisuuden ja virtaaman tavoitearvot säädölle. Säädössä pyritään myös minimoimaan summakaasun happipitoisuus. [6, s. 9.]



Kuva 3. Kuumalanka-anemometri liitettynä imulinjan mittausyhteeseen. [3]

## 5 Biokaasupumppaamoiden nykyinen huolto- ja toimintaraportointi

Sarlin Oy:n biokaasupumppaamoilla tekemistä huoltotoimenpiteistä laaditaan huolto-kohtaiset huoltoraportit ja yhtenä sopimuksissa määritettynä huoltotoimenpiteenä on kaasunkeräysjärjestelmän imulinjojen mittaus ja säätö, joista laaditaan erillinen mittauspöytäkirja. Mittauksia tehdään neljästä kahteentoista kertaan vuodessa, huoltosopimuksessa sovitun mukaisesti ja riippuen laitoksen toiminnasta. Joissain kaasunkeräysjärjestelmän häiriötilanteissa, uutta biokaasupumppaamoä käyttöönottaessa tai uusia imulinjoja käyttöönotettaessa voi olla tarpeellista tehdä imulinjojen mittauksia ja säätöjä tiuhemmalla taajuudella. [4.]

Mittauspöytäkirjaan kerättyjen mittaustulosten, hetkellisten toiminta-arvojen ja laitosten ohjelmoitavien logiikoiden keräämien kumulatiivisten laskuritietojen pohjalta laaditaan vuotuinen biokaasupumppaamon toimintaraportti, joka toimii kaatopaikan toiminnanharjoittajan ympäristöviranomaisille laatiman kaatopaikkaraportin osana.

Liitteinä 1 ja 2 löytyvät nykyiset mittauspöytäkirja- ja huoltoraporttilomakkeet. Nykyisellään näiden lomakkeiden täyttö tehdään paperilla ja kynällä, ja asiakkaalle toimitetaan paperikopio täytetyistä lomakkeista. Mittauspöytäkirjoihin kerätyt tiedot siirretään kerran vuodessa laitospohjille Excel-raportointipohjille, joiden avulla lasketaan laitoksen päätoiminta-arvoja, kuten käyttötunteja, kaasu- ja polttoaine-energiämääriä, sekä selvitetään yksittäisten imulinjojen toimintaa. Tietojen siirto paperisilta mittauspöytäkirjoilta on noin 120–160 työtunnin urakka. [4.]



## 6 Raportoinnin digitalisoinnin vaatimusmäärittely

Sarlin Oy:n biokaasupumppaamoiden raportoinnin digitalisoinnissa on kyseessä pilvipalvelupohjaisen usealle käyttäjälle jaetun tallennustilan, Internet-yhteydellä varustettujen tabletilaitteiden sekä Excel- ja Adobe Acrobat -ohjelmistojen hyödyntäminen mittaus- ja huoltopöytäkirjojen täytössä, tallentamisessa ja jakamisessa asiakkaille.

Ajatuksena on, että jokaiselle biokaasupumppaamolle luodaan oma tiedostokansio pilvipalveluun. Kansioon luodaan biokaasupumppaamokohtaiset raporttipohjat ja neljä kappaletta huoltoraporttipohjia neljännesvuosihuoltoja varten.

Huoltoteknikot avaavat kyseessä olevan laitoksen raporttipohjat suoraan pilvipalvelusta mittauksia tehdessään ja kirjaavat mittausarvot ja laskurilukemat sekä huoltotiedot suoraan niille. Näiden tietojen pohjalta raportoinnin laskelmat, vertailut ja kuvaajat täydentyvät mahdollisimman pitkälle automaattisesti. Pilvipalvelusta tiedot jaetaan asiakkaille, joko jatkuvasti tai määräajoin. Määräajoin tiedot tallennetaan myös Sarlin Oy:n verkkoasemalle tietojen säilymisen varmistamiseksi.

### 6.1 Pilvipalvelu

Pilvipalvelulla tarkoitetaan Internetissä jonkin palveluntarjoajan tarjoamaa tiedontallennus-, ohjelmisto- tai laskentakapasiteettia. Nimitys ”pilvipalvelu” tulee siitä, että tiedonsiirtoarkkitehtuurikaavioissa Internet usein kuvataan pilvellä.

Pilvipalvelut voidaan jakaa yleisesti kolmeen luokkaan, SaaS eli *Software as a Service*, IaaS eli *Infrastructure as a Service* ja PaaS eli *Platform as a Service*. SaaS-palveluilla tarkoitetaan sitä, että yrityksen yksi tai useampi kriittinen sovellus tarjotaan pilvipalveluna. Tällainen kriittinen sovellus voi olla esimerkiksi sähköpostipalvelu tai ERP-järjestelmä. IaaS-palvelut ovat tyypillisimpiä pilvipalveluita, kuten pilvipalvelimet, tallennustila ja palomuurit. Biokaasupumppaamoiden raportoinnissa hyödynnetään nimenomaan IaaS-palveluna tarjottavaa tallennustilaa. PaaS-palveluilla tarkoitetaan pilvipalveluna tarjottavia sovelluslustoja, joiden päälle asiakas voi rakentaa omia palveluitaan. [8.]

Pilvipalvelut mahdollistavat sen, että yrityksen ei tarvitse investoida omiin palvelimiin tai konesaleihin, vaan nämä voidaan ostaa palveluina, joihin päästään käsiksi Internet-yhteyden avulla. Tämä laskee IT-ratkaisuihin vaadittavia investointi- ja hallinnointikuluja, mutta toisaalta kaventavat mahdollisuutta vaikuttaa näiden ratkaisuiden toteutuksen ja toiminnallisuuksiin, kuten esimerkiksi tietoturvaan. [8.]

Pilvipalveluiden käyttö tapahtuu API- eli *Application Programming Interface*-rajapinnan kautta. Tämä rajapinta on yleensä Internet-sivusto tai -portaali, jonka kautta on mahdollista päästä käsittelemään pilvipalveluun tallennettuja tietoja. API-rajapinnassa hyödynnetään yleisesti XML- ja JSON-tiedostostandardeja. [9.]

Lyhyen vertailun kautta biokaasupumppaamoiden raportointiin valittiin Dropbox-pilvipalvelu. Vertailussa olivat mukana Dropboxin lisäksi GoogleDrive- ja OneDrive-pilvipalvelut. Nämä kaikki palvelut ovat yleisesti käytössä ja jokaisesta löytyy ilmainen versio, jota voidaan laajentaa tallennustilan ja toiminnallisuustarpeiden mukaan maksua vastaan. Dropbox todettiin parhaiten toimivaksi käytössä olevilla laitteilla ja ohjelmistoilla, ja tiedostojen jakaminen onnistui vaivattomimmin.

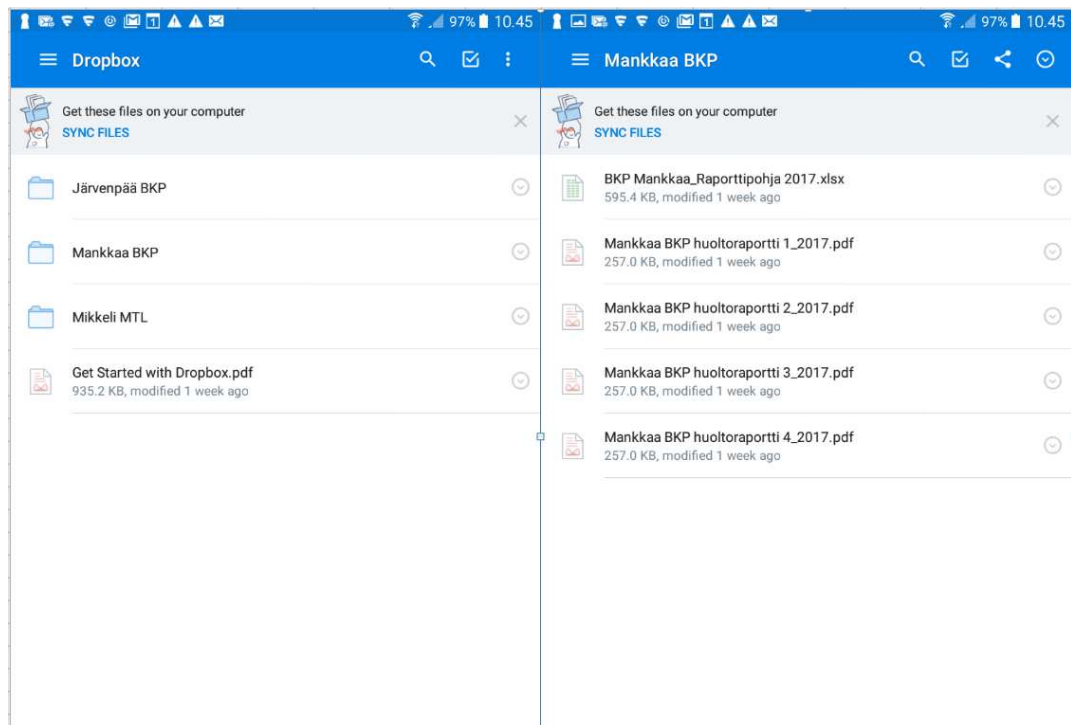
## 6.2 Laitteet

Sarlin Oy:n huoltoteknikoilla on nykyisellään käytössään 3/4G-mobiililaajakaista Internet-yhteydellä varustetut Samsung Galaxy -tablettilaitteet, joita käytetään nykyisellään huoltotöiden ohjaukseen ja raportointiin Sarlin Oy:n toiminnanohjausjärjestelmään. Samaisella tablettilaitteella voidaan kirjautua Dropbox-pilvipalveluun ja avata sinne tallennetut raporttipohjat ja syöttää mittausarvot, sekä täyttää sinne tallennetut huolto-raportit.

## 7 Raportoinnin digitalisoinnin toteutus

Raportoinnin digitalisointi toteutettiin luomalla uusi yleisesti kaikille biokaasupumppaamoille soveltuva Excel-raportointipohja, joka koostuu mittauspöytäkirjoista, päätoiminta-arvojen kokoomasivusta, neljännesvuosi- ja vuosiraporttisivusta, imulinjojen toiminnan vertailusivusta ja imulinjakohtaisista kokoomasivuista, sekä näihin liittyvistä kuvaajista. Jokainen biokaasupumppaamo on yksilöllinen riippuen kaasunkeräysjärjestelmän rakenteesta, hyötykäyttökohteesta tai -kohteista ja soih tupolttimesta. Näin ollen yleinen raporttipohja muokattiin vastaamaan valittujen kolmen digitaalisen raportoinnin testilaitoksen tarpeita. Lisäksi nykyisellään käytössä olevan paperisen huoltoraportin pohjalta luotiin digitaalinen PDF-muotoinen lomake, joka on täytettävissä Adobe Acrobat -ohjelmistolla.

Tämän jälkeen Dropboxiin luotiin käyttäjätili, jolle luotiin kuvassa 4 esitetyn tabletilaitteen näkymän mukainen kansiorakenne testilaitoksille. Testilaitokset on esitelty tarkemmin luvuissa 8.1, 8.2 ja 8.3.



Kuva 4. Dropboxin kansiorakenne tabletilaitteen näkymänä.

## 7.1 Mittauspöytäkirja ja päätoiminta-arvojenkokoomasivu

Laitoskohtaisessa Excel-raportointipohjassa on mittauspöytäkirjoja yhtä monta kuin kyseessä olevan laitoksen palvelusopimuksella on määritetty mittauksia tehtäväksi vuodessa. Mittauspöytäkirjoihin kirjataan laitoksen kaasun- ja energiamäärälaskureiden lukemat, ympäristön paineen ja lämpötilan tiedot, imulinjakohtaiset mittaustiedot ja laitoksen hetkelliset toiminta-arvot, kuten kaasunvirtaus, puhaltimen kierrosnopeus, ja erinäisiä lämpötiloja ja paineita prosessin eri kohdista. Nämä tiedot toimivat lähtötietoina vuosi- ja neljännesvuosiraportoinnin laskelmille ja kuvaajille.

Päätoiminta-arvojen kokoomasivulle on koostettu jokaisen mittausajankohdan laskurilukemat, kerätyn summakaasun pitoisuudet ja laitoksen hetkelliset toiminta-arvot. Käyttötuntien ja kaasumäärän seurannasta sekä summakaasunpitoisuuksista on luotu kuvaajat, joista näiden arvojen kehitys ja muutokset on selvästi nähtävissä ja joka täydentyy sitä mukaan kun kokoomatiedot täydentyvät mittauspöytäkirjojen pohjalta.

Mittauspöytäkirjan näkymä tablettilaitteelta on esitetty liitteessä 3 ja näiden kirjattujen arvojen pohjalta koostettu kokoomatietosivu Excel-raporttipohjan tulosteena kuvaajineen löytyy liitteenä 4.

## 7.2 Neljännesvuosi- ja vuosiraportti

Mittauspöytäkirjoihin kirjattujen tietojen pohjalta voidaan laatia raportti halutulta ajakselta laitoksen toiminnasta. Laitoksen toiminnan kannalta raportoitavat päätoiminta-arvot ovat käyntitunnit, käyttöaste, kokonaiskaasumäärä, kokonaisenergiamäärä, sekä käyttötuntikohtainen kaasunvirtaama ja polttoaineteho.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista määrittää raportoinnin vähimmäislaajuuden ja -taajuuden, mutta usein on tarpeellista raportoida tietoja laajemmin ja taajemmin. Etenkin kun kerättyä kaatopaikkakaasua hyödynnetään lämmön- ja sähkötuotannossa on tärkeää saada mahdollisimman tarkka ja ajantasainen kuva kaasunkeräysjärjestelmän toiminnasta tarkastelujaksolla. Tästä syystä on haluttu laatia päätoiminta-arvoista vuosiraportin lisäksi raportit myös neljännesvuosittain. Kuluva vuoden toiminnan seuraimisen helpottamiseksi on tälle raporttisivulle luotu kuvaaja, josta näkyy kuluva vuoden käyttötuntien ja käyttöasteen kehitys.

On hyödyllistä pystyä vertaamaan eri vuosien välisiä toiminta-arvoja. Siksi neljännesvuosi- ja vuosiraporttisivulle on syötetty aiempien vuosien päätoiminta-arvot, sekä aiempien vuosien keskimääräiset kaasupitoisuudet. Näiden tietojen pohjalta on muodostettu kuvaajat, joiden avulla vertailu eri vuosien välillä onnistuu helposti. Neljännesvuosi- ja vuosiraporttisivu Excel-raporttipohjan tulosteena kuvaajineen löytyy liitteenä 5.

### 7.3 Imulinjojen toiminnan vertailu ja imulinjakohtaiset kokoomasivut

Imulinjojen toiminnan vertailussa imulinjat asetetaan vuositasolla järjestykseen suurimmasta pienimpään keskimääräisen polttoainetehon mukaan. Tämä arvo kuvaa parhaiten yksittäisen imulinjan tuoton, koska polttoainetehon laskennassa huomioidaan sekä tilavuusvirtaus että metaanipitoisuus.

Yksittäisten imulinjojen osalta on koostettu jokaisen mittausajankohdan kaasunpitoisuudet, virtausnopeus, imupaine, lämpötila ja näiden pohjalta lasketut tilavuusvirtaus ja polttoaineteho. Näiden tietojen pohjalta on imulinjakohtaisista kaasupitoisuuksista ja polttoainetehosta luotu kuvaajat, joiden avulla pystytään seuraamaan yksittäisen imulinjan toimintaa vuoden aikana.

Vuosiraportointipohjan imulinjojen vertailusivu Excel-tulosteena löytyy liitteenä 6 ja esimerkki imulinjakohtaisesta kokoomasivusta kuvaajineen liitteenä 7.

#### 7.4 Excel-raportointipohjan laskentakaavat

Imulinjoista ja niiden kokoomatukista mitataan kaasun metaani-, hiilidioksidi-, happi- ja rikkivetypitoisuudet, sekä imulinjassa vallitseva alipaine, siirrettävällä kaasuanalysaattorilla. Imulinjoista mitataan myös kaasun virtausnopeus ja lämpötila kuumalankaanemometrillä. Kun imulinjan putken halkaisija tiedetään, voidaan virtausnopeus muuttaa tilavuusvirtaukseksi hyödyntäen kaavaa 1.

$$V = \frac{dV}{dt} = Av \quad (1)$$

V on tilavuusvirtaus m<sup>3</sup>/h  
 A on putken poikkipinta-ala m<sup>2</sup>  
 v on kaasunvirtausnopeus m<sup>3</sup>/h

Kuumalanka-anemometrit on kalibroitu ilman virtausnopeuden mittaamiseen. Näin ollen on tarkoituksenmukaista korjata virtausnopeutta kertoimella *k*, jossa huomioidaan suhteessa toisiinsa mitattujen kaasupitoisuuksien tiheydet, sekä korjataan kaatopaikkakaasun sisältämän runsaan kosteuden aiheuttamaa virhettä yhtälössä 2 esitetyn mukaisesti.

$$k = 0,9 \frac{CH_4\%0,717 \frac{kg}{m^3} + CO_2\%1,98 \frac{kg}{m^3} + O_2\%1,43 \frac{kg}{m^3} + \left( (100\% - CH_4\% - CO_2\% - O_2\%) 1,25 \frac{kg}{m^3} \right)}{1,293 \frac{kg}{m^3}} \quad (2)$$

*k* on kaasuntiheyden korjauskerroin  
 CH<sub>4</sub>% on siirrettävällä kaasuanalysaattorilla mitattu metaanipitoisuus  
 CO<sub>2</sub>% on siirrettävällä kaasuanalysaattorilla mitattu hiilidioksidipitoisuus  
 O<sub>2</sub>% on siirrettävällä kaasuanalysaattorilla mitattu happipitoisuus

Yhtälössä 2 oletetaan kaasuseoksen neljännen pääkomponentin olevan typpi, jonka prosenttiosuus kokonaiskaasusta lasketaan mitattujen metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuuksien perusteella.

Imulinjoissa vallitsee yleensä alipaine, mutta joissain tilanteissa imulinja saattaa olla ylipaineinen. Myös kaasun lämpötila vaihtelee suuresti eri vuodenaikoina. Näin ollen vertailukelpoisten arvojen tuottamiseksi tulee imulinjojen kaasunvirtaus normeerata suhteessa normaaliin ilmanpaineeseen 1013,25 mbar ja vakiolämpötilaan 0 °C (273 K) käyttäen kaavaa 3. [10.]

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2} \quad (3)$$

$p_1$  on mitattu yli-/alipaine mbar

$V_1$  on kaasun virtausnopeusmittaukseen perustuen laskettu kaasun tilavuusvirtaus  $\text{m}^3/\text{h}$

$T_1$  on mitattu kaasun lämpötila K

$P_2$  on normeerauspainne 1013,25 mbar

$V_2$  on normeerattu tilavuusvirtaus  $\text{m}^3/\text{h}$

$T_2$  on normeerauslämpötila 273 K

Kaavojen 1, 2 ja 3 perusteella voidaan laskea imulinjakohtainen kaasun normeerattu tilavuusvirtaus tehtyjen kaasun virtausnopeuden-, paineen- ja lämpötilanmittauksien ja alla olevan kaavan 4 mukaisesti.

$$V_n = k A_v \frac{p_1 T_2}{T_1 p_2} \quad (4)$$

$V$  on normeerattu kaasun tilavuusvirtaus  $\text{m}^3/\text{h}$

$k$  on kaasuntiheyden korjauskerroin

$p_1$  on mitattu yli-/alipaine Pa

$A$  on putken poikkipinta-ala  $\text{m}^2$

$v$  on kaasunvirtausnopeus  $\text{m}^3/\text{h}$

$T_1$  on mitattu kaasun lämpötila K

$P_2$  on normeerauspainne Pa

$V_2$  on normeerattu tilavuusvirtaus  $\text{m}^3/\text{h}$

$T_2$  on normeerauslämpötila 273 K

Kokoomasivun summakaasun ja imulinjakohtaiset kaasun polttoainetehot lasketaan normeeratun kaasun tilavuusvirtauksen, metaanin tehollisen lämpöarvon 10,0 kWh/Nm<sup>3</sup> ja mitatun kaasun metaanipitoisuuden perusteella yhtälön 5 mukaisesti. [10.]

$$P_{PA} = q_v \times 10,0 \text{ kWh/Nm}^3 \times \frac{CH_4\%}{100} \quad (5)$$

$P_{PA}$  on polttoaineteho kWh

$q_v$  on tilavuusvirtaus  $\text{m}^3/\text{h}$

$CH_4\%$  on siirrettävällä kaasuanalysointorilla mitattu metaanipitoisuus

## 7.5 Huoltoraporttipohja

Nitro Pro 9 -ohjelmalla luotiin käytössä jo olleesta huoltoraporttipohjasta digitaalinen PDF-tiedosto. Ulkonäöltään huoltoraporttipohja on täysin vastaava kuin aiemmin käytetty paperiraporttipohja. Nyt luotu digitaalinen huoltoraporttilomake tablettilaitteen näkymänä löytyy liitteenä 8.

Huoltoraporttiin merkitään huollettavan laitoksen yksilöintitiedot, huoltotyönnumero ja huollon ajankohta. Lisäksi huoltoraporttiin merkitään huoltokohteet tarkastetuiksi, ja jos huoltokohteissa havaitaan vikaa tai jotain muuta poikkeavaa, niin tämä kirjataan huoltoraporttiin huomioksi.

Oleellinen osa huoltoraporttia ovat biokaasupumppaamoiden jatkuvatoimisten kaasuanalysointilaitteiden ja -hälyttimien kalibrointi- ja testaustiedot. Kaasuanalysointilaitteilla mitataan jätetäytöstä kerätyn summakaasun pääkomponenttien pitoisuudet. Metaanipitoisuuden perusteella voidaan säätää automaattisesti mahdollista kaasun hyötykäyttölaitteistoa, kuten kaasuturbiinia tai -moottoria. Happipitoisuusmittauksen avulla pyritään pitämään happipitoisuus niin alhaisena, ettei kaasuputkiston sisäpuolelle pääse muodostumaan syttymiskelpoista kaasuseosta. Kaasuhälyttimien tarkoituksena on havaita mahdollinen kaasuvuoto. Tämän hälytyksen perusteella laitos ajetaan automaattisesti turvalliseen tilaan. Näin ollen jatkuvatoimiset kaasuanalysointilaitteet ja -hälyttimet toimivat osina biokaasupumppaamoiden ensisijaisia turvapiirejä, joiden tulee olla aina laitosta käytettäessä toimintakuntoisia.

Huoltoraportit toimivat huolto-ohjeiden, ajantasaisten teknisten piirustusten ja laitoskohtaisten käyttöpäiväkirjojen lisäksi osana laitoksen kunnossapitodokumentaatiota. Dokumentaatio esitetään tarvittaessa kaasuputkiston määräaikaistarkastuksen tekijälle osoituksena vaatimuksenmukaisesta kunnossapidosta.



## 8 Digitalisoidunraportoinnin testaus

Pilvipalvelupohjaista raportointia testataan kolmella biokaasupumppaamolla vuoden 2017 aikana. Testilaitokset ovat Mankkaan biokaasupumppaamo Espoossa, Puolmatkan biokaasupumppaamo Järvenpäässä ja Metsä-Sairilan biokaasupumppaamo Mikkelissä.

Testaus aloitettiin syöttämällä tammi-maaliskuun 2017 tiedot testikohteina toimivien biokaasupumppaamoiden Excel-raportointipohjille maaliskuun aikana. Maaliskuusta lokakuuhun kaasunkeräysjärjestelmän mittausten arvot syötetään uuden toimintamallin mukaisesti suoraan tablettilaitteilla Dropbox-pilvipalveluun tallennetuille Excel-raportointipohjille.

Testauksen aikana kerätään tietoa laitteiden ja ohjelmistojen toiminnasta, sekä esimerkiksi Internet-yhteyksien toiminnasta biokaasupumppaamoilla. On huomioitava, että biokaasupumppaamot ovat pääosin teräsrakenteisia kontteja ja sijaitsevat syrjäisissä pakoissa. Nämä tekijät voivat vaikuttaa Internet-yhteyden toimintaan heikentävästi.

Testauksen aikana kerätään myös käyttäjäkokemuksia mittauksia tekeviltä huoltoteknikoilta, raportoinnista vastaavilta käyttöinsinööreiltä ja asiakkailta. Marraskuussa 2017 arvioidaan testauksessa saatujen kokemusten pohjalta raportointimallin toimivuus ja päätetään jatkotoimenpiteistä, eli laajennetaanko raportointimalli koskemaan kaikkia biokaasupumppaamoja.

### 8.1 Testilaitos 1. Mankkaan biokaasupumppaamo, Espoo

Espoon Mankkaan suljettu kaatopaikka suljettiin uudelleen vuonna 2010, jolloin kaatopaikan päälle rakennettiin Tapiola Golfiin golfkenttä ja nykyinen kaatopaikkakaasupumppaamo otettiin käyttöön. Kerätty kaasu poltettiin ainoastaan soih tupolttimessa vuoteen 2015 saakka, jolloin kerättyä kaasua alettiin hyödyntää Fortumin kaukolämmöntuotannossa. Kaasua poltetaan nykyään soih tupolttimessa vain hyötykäyttölaitoksen häiriö- ja huoltotilanteissa. [11, s. 1.]

Mankkaan kaasunkeräysjärjestelmä koostuu kokonaisuudessaan 17 vaakakeräyslinjasta ja 25 pystykeräyskaivosta, joilta tulee biokaasupumppaamolle yhteensä 42 käy-

tössä olevaa imulinjaa. Laitoksen vuosien 2014–2016 päätoiminta-arvot on esitetty taulukossa 1 ja kuvassa 5 nähdään Mankkaan biokaasupumppaamo ja soih tupoltin. [11, s. 3.]

Taulukko 1. Espoon Mankkaan suljetun kaatopaikan biokaasupumppaamon päätoiminta-arvoja vuosilta 2014–2016. [11]

<b>Suure</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Arvo 2014</b>	<b>Arvo 2015</b>	<b>Arvo 2016</b>
Pumppaamon käyttötunnit	h	8512	7233	8560
Pumppaamon käyttöaste	%	97	83	98
Pumpattu kokonaiskaasumäärä	Milj. Nm <sup>3</sup>	2,9	1,3	1,6
Keskimääräinen virtaama <sup>*)</sup>	Nm <sup>3</sup> /h	385/335	181/149	183/178
Pumpattu polttoaineenergia	GWh	12,2	7,1	8,1
Keskimääräinen polttoainetehto <sup>*)</sup>	kW	1600/1393	986/814	947/926



Kuva 5. Espoon Mankkaan suljetun kaatopaikan biokaasupumppaamo ja soih tupoltin (2010).

## 8.2 Testilaitos 2. Puolmatkan biokaasupumppaamo, Järvenpää

Järvenpään Puolmatkan kaatopaikka on edelleen käytössä, mutta osin suljettu niin, että kaasunkeräysjärjestelmä ja biokaasupumppaamo on otettu käyttöön vuonna 2002. Kaikki kerätty kaatopaikkakaasu poltetaan soih tupolttimessa. [12, s. 1.]

Puolmatkan kaatopaikan kaasunkeräysjärjestelmä koostuu nykyisellään 16 pystyimu-kaivosta ja kahdesta vaakakeräyslinjasta. Jokaiselta pystyimu-kaivolta tulee biokaasupumppaamolle oma imulinjansa ja vaakakeräyslinjoista tulee kaksi imulinjaa kustakin, molemmista päistä vaakakeräyslinjaa. Laitoksen vuosien 2014–2016 päätoiminta-arvot on esitetty taulukossa 2 ja kuvassa 6 nähdään Puolmatkan biokaasupumppaamo ja soih tupoltin. [12, s. 3.]

Taulukko 2. Järvenpään Puolmatkan kaatopaikan biokaasupumppaamon päätoiminta-arvoja vuosilta 2014–2016. [12]

Suure	Yksikkö	Arvo	Arvo	Arvo
		2014	2015	2016
Pumppaamon käyttötunnit	h	2944	3773	5357
Pumppaamon käyttöaste	%	34	43	61
Pumpattu kokonaiskaasumäärä	Milj. Nm <sup>3</sup>	0,14	0,19	0,17
Keskimääräinen virtaama <sup>*)</sup>	Nm <sup>3</sup> /h	47/16	51/22	31/19
Pumpattu polttoaine-energia	GWh	0,52	0,53	0,55
Keskimääräinen polttoaineteho <sup>*)</sup>	kW	176/59	142/61	103/63



Kuva 6. Järvenpään Puolmatkan kaatopaikan biokaasupumppaamo ja soihtupoltin (2002).

### 8.3 Testilaitos 3. Metsä-Sairilan biokaasupumppaamo, Mikkeli

Mikkelin Metsä-Sairilan kaatopaikka on edelleen käytössä, mutta osin suljettu niin, että biokaasupumppaamo on otettu käyttöön vuonna 2002. Muodostuva kaasu poltettiin aluksi soihtupolttimessa, mutta vuodesta 2005 lähtien kaasu on hyödynnetty sähkön- tuotannossa mikroturbiineilla. Vuodesta 2013 lähtien myös mikroturbiinien pakokaasun sisältämä lämpö on otettu talteen ja hyödynnetty. [13, s. 1.]

Metsä-Sairilan kaasunkeräysjärjestelmä koostuu nykyisellään kahdeksasta louheimu- kaivosta ja seitsemästä vaakakeräyslinjasta. Jokaiselta kaivolta ja vaakakeräyslinjalta tulee biokaasupumppaamolle oma imulinjansa. Pisimmistä vaakakeräyslinjoista tulee pumppaamolle kaksi imulinjaa, linjan päästä ja keskeltä. Laitoksen vuosien 2014–2016 päätoiminta-arvot on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 7 nähdään Metsä-Sairilan bio- kaasupumppaamo, mikroturbiinilaitos ja soihtupoltin. [13, s. 3.]

Taulukko 3. Mikkelin Metsä-Sairilan kaatopaikan biokaasupumppaamon päätoiminta-arvoja vuosilta 2014 – 2016. [13]

Suure	Yksikkö	Arvo	Arvo	Arvo
		2014	2015	2016
Pumppaamon käyttötunnit	h	7047	7018	3867
Pumppaamon käyttöaste	%	80	80	44
Pumpattu kokonaiskaasumäärä	Milj. Nm <sup>3</sup>	45	30	35
Keskimääräinen virtaama <sup>*)</sup>	Nm <sup>3</sup> /h	246	185	214
Pumpattu polttoaineenergia	GWh	0,317	0,270	0,134
Keskimääräinen polttoaineteho <sup>*)</sup>	kW	1,73	1,62	0,83



Kuva 7. Mikkelin Metsä-Sairilan kaatopaikan biokaasupumppaamo ja mikroturbiinilaitos (2005).

## 9 Automaattisen tiedonkeräyksen vaatimusmäärittely

Automaattisella tiedonkeräyksellä tarkoitetaan tässä työssä biokaasupumppaamoiden ohjauslogiikoilta Internet-yhteyden välityksellä tapahtuvaa mittaus- ja laskuriarvojen välittämistä ja tallentamista, joka tapahtuu ohjelmoidusti, täysin ilman käyttö- tai huoltohenkilöstön toimenpiteitä.

Automaattinen tiedonkeräys ei koske imulinjojen kaasupitoisuuksien ja virtausnopeuksien mittauksia, koska nämä tehdään siirrettävällä kaasuanalysaattorilla ja virtausmittarilla. Näin ollen ei tältä osin ole teknistä valmiutta automaattiseen tiedonkeräykseen.

Automaattisen tiedonkeräyksen toteutuksen yhtenä haasteena on se, että biokaasupumppaamoilla on käytössä useita erilaisia logiikkaohjaimia yli kahdenkymmenen vuoden aikajaksolta. Pumppaamoiden automaatiojärjestelmien käyttöönotot sijoittuvat vuosille 1995–2016. Näin ollen pumppaamoiden automaatiojärjestelmien valmiudet automaattisen tiedonkeräykselle poikkeavat toisistaan. [4.]

### 9.1 Biokaasupumppaamoiden logiikkaohjaimet

Sarlin Oy:n toimittamat biokaasupumppaamot ovat pääosin varustettuja Schneider Electricin Modicon Momentum -logiikkaohjaimilla tai Servelec TBox -logiikkaohjaimilla. Muutamilla pumppaamoilla on käytössä molemmat logiikat. Karkeasti jaoteltuna vanhemmat pumppaamot, eli ennen vuotta 2008 valmistuneet, ovat varustettuja Schneider Electricin Modicon Momentum -logiikkaohjaimilla ja uudemmat pumppaamot Servelec TBox -logiikkaohjaimilla.

Jaottelu ei kuitenkaan ole näin selkeä, koska osalle vanhempia pumppaamoja on tehty automaatiojärjestelmän uusimisia ja logiikkaohjaimet on tällöin vaihdettu Momentumista TBoxiin. Muutamilla biokaasupumppaamoilla automaatiopäivityksiä on toteutettu lisäämällä TBox LT2 -logiikka olemassa olevaan Momentum-logiikkaan, niin että TBox-logiikan CPU-yksikköä hyödynnetään web-valvomon luonnissa, mutta Momentum-logiikka vastaa edelleen laitoksen ohjauksesta.

### 9.1.1 Servelecin TBoxMS- ja LT2-logiikkaohjaimet

Servelecin TBoxMS on ohjelmoitava logiikkaohjain, joka on käytössä 22:ssa Sarlin Oy:n biokaasupumppaamoissa. Muutamalla pumppaamolla on käytössä myös TBox LT2 -logiikka, joka on kevyempi versio TBoxMS-logiikasta. TBox-logiikat tukevat erilaisia tiedonsiirtoprotokollia kuten SMS-, FTP-, SNMP- ja NTP-protokollat, jotka mahdollistavat automaattisen tiedonkeräyksen. Nyt suunnitellussa automaattisessa tiedonkeräyksessä voidaan hyödyntää erityisesti FTP-protokollan tukea. FTP-protokollan tukevana tieto voidaan lähettää TXT-, CSV-, XML- tai JSON-tiedostomuodoissa. Kuvassa 8 on esitetty TBoxMS-ohjauslogiikka, joka koostuu yhteiseen pohjalevyyteen liitetystä CPU-, teholähde-, kommunikointi- ja I/O-moduuleista. [14; 15.]



Kuva 8. Servelecin TBoxMS-ohjauslogiikka. [14]

### 9.1.2 Schneider Electric Modicon Momentum

Schneider Electric Modicon Momentum -logiikkaohjain on erillisistä CPU- ja I/O-yksiköistä koostuva ohjelmoitava logiikkaohjain. Kuvassa 9 on esitetty Momentumin CPU-yksikkö, johon voidaan integroida kommunikointiadapteri ulkoiseen tiedon välitykseen. Momentum-logiikka ilman TBox-laajennusta on käytössä 12:ssa Sarlin Oy:n biokaasupumppaamossa. Sarlin Oy:n biokaasupumppaamoilla on päätetty korvata Mo-

mentum-logiikat TBox-logiikoilla automaatiopäivitysten yhteydessä. Automaattista tiedonkeräysjärjestelmää ei ole näin ollen järkevää lähteä suunnittelemaan Momentum-logiikoiden varaan. Mahdollisesti laitoksilla, joissa Momentum-logiikkaa ei jostain syystä nähdä tarpeelliseksi vaihtaa TBoxiin, voidaan suhteellisen pienin kustannuksin laajentaa Momentum TBox LT2 -logiikalla, niin että tätä voidaan hyödyntää automaattisessa tiedonkeräyksessä. [4; 15.]



Kuva 9. Schneider Electric Modicon Momentum -logiikkaohjaimen CPU-yksikkö.

## 9.2 FTP-protokolla

FTP eli *File Transfer Protocol* on asiakas-palvelinperiaatteella toimiva tiedostonsiirto-menetelmä. FTP-protokollan historia ulottuu aina 70-luvulle ja se on alun perin syntynyt MIT:n kehitystyön tuloksena ja otettu käyttöön Yhdysvaltain puolustusministeriön ARPANET-tietoverkon tiedonsiirto-protokollaksi. [16.]

FTP-protokolla rakentuu TCP eli *Transmission Control Protocol* -tietoliikenneprotokollan päälle. TCP-protokolla on yksi yleisimpiä käytössä olevia tietokoneiden välisen tiedonsiirron protokollia, jota hyödynnetään esimerkiksi Internet-selaimissa.



FTP-palvelin voi olla joko aktiivinen tai passiivinen, määrittyen sen mukaan avaako yhteyden tiedonsiirtoon palvelin (aktiivinen) vai asiakas (passiivinen). FTP-protokollan tavoitteena on tiedonsiirron tekeminen helpoksi eri käyttöjärjestelmien välillä tehokkaasti ja luotettavasti. FTP:n heikkoutena on perinteisesti ollut heikko tiedonsalaus, jota on kuitenkin parannettu kehittyneemmissä järjestelmissä hyödyntäen SSL- ja TLS-salauksia. Ongelmallista FTP-tiedonsiirron toteutuksessa saattaa olla myös palomuurien- ja IP-konfiguraatioiden laatiminen, niin että tiedonsiirtoyhteys saadaan avattua asiakkaan ja palvelimen välille. [16; 17.]

### 9.3 SQL-tietokanta

SQL eli *Structured Query Language* on kyselykielistandardi, jonka on alkujaan kehittänyt IBM. SQL-kieltä käytetään lähes kaikissa tietokannoissa. SQL-kielen avulla voidaan lukea tietoja relaatiotietokannoista tekemällä hakuja ja muokata tietokantaa. Tietokantojen käyttö yleistyy edelleen tietojärjestelmien yleistymisen ja kehittymisen mukana.

Relaatiotietokannassa tiedot on tallennettu tauluihin ja taulujen välille luodaan yhteyksiä perusavaimien ja viiteavaimien avulla. Tiedon tuominen ja muokkaaminen tapahtuu lisäämällä, poistamalla tai muuttamalla tauluihin tallennettuja tietoja tai kokonaisia tauluja. Relaatiotietokantojen toiminta perustuu joukko-opin periaatteisiin ja tietokantojen käytössä voidaan hyödyntää joukko-opin mukaisia toimintoja. [18.]

SQL toimii itsenäisenä ohjelmointikielenä, mutta yleensä SQL-tietokantaa käytetään jonkin ohjelmiston tietovarastona, jonne tallennetaan tietoa ja josta luetaan tietoa SQL-kielillä osana tämän pääohjelman koodia. SQL-tietokanta toimii tällöin asiakas-palvelin periaatteella. Yleisesti käytettyjä relaatiotietokantoja ovat Oracle, MySQL, Access, ja Microsoftin SQL-Server. [18.]

### 9.4 XML-standardi

XML eli *eXtensible Markup Language* on tiedostostandardi, jota käytetään sekä tiedonsiirtoon, että -tallennukseen. XML-standardin kehityksestä vastaa World Wide Web Consortium. XML-tiedosto pitää sisällään kuvauksen tiedoston sisältämän tiedon rakenteesta. XML on tarkoitettu erityisesti Internetin kautta tapahtuvaan tiedonsiirtoon ja

sen lähtökohtana on olla helposti toteutettava, sekä yhteensopiva laaja-alaisesti eri sovelluksilla. Tämän takia XML-tiedostomuoto on tarkkaan määritetty ja lähtökohtaisesti tiedostomallista ei tehdä vaihtoehtoisia malleja. [19.]

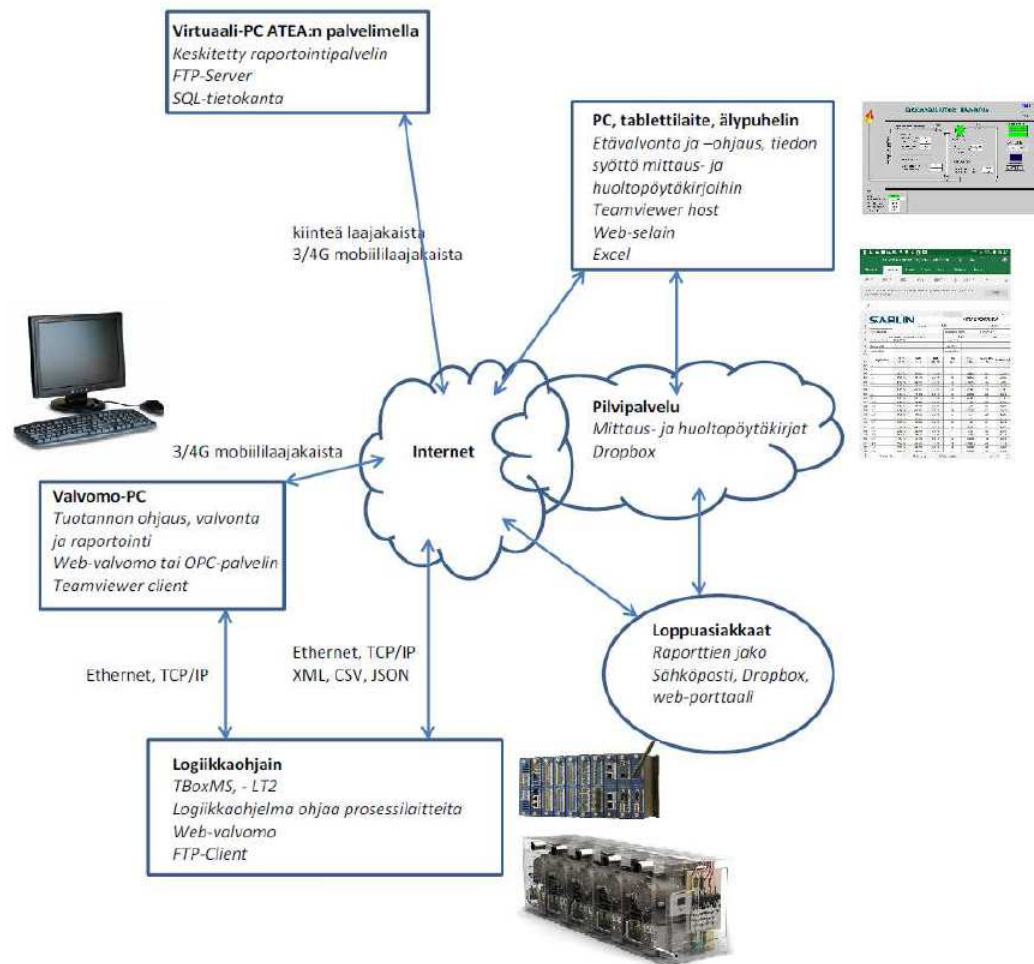
## 10 Automaattisen tiedonkeräyksen toteutussuunnitelma

Tässä luvussa esitetään alustava toteutusmalli biokaasupumppaamoiden toimintarvojen automaattiselle tiedonkeräykselle hyödyntäen mahdollisimman pitkälti olemassa olevien automaatiojärjestelmien tarjoamia mahdollisuuksia. Biokaasupumppaamoiden nykyinen automaatiojärjestelmä on kuvattu tarkemmin tämän työn luvussa 4.2.2.

Kuvassa 10 on esitetty alustava suunnitelma biokaasupumppaamojen tietojärjestelmäarkkitehtuuriksi. Tässä tietojärjestelmäarkkitehtuurissa huomioidaan jo olemassa olevien logiikkaohjaimien, valvomo-PC:iden ja etäyhteyksien lisäksi myös tämän insinöörityön ensimmäisessä vaiheessa toteutettu digitaalinen mittaus- ja huolto-pöytäkirjojen raportointi pilvipalvelun avulla, sekä suunniteltu automaattinen tiedonkeräys palvelimeen ja asiakasportaaleineen.

Biokaasupumppaamoiden automaattisessa tiedonkeräyksessä voidaan hyödyntää TBoxMS- ja TBox LT2 -ohjauslogiikoiden tukemaa FTP-protokollaa luomalla Sarlin Oy:n IT-palvelutarjoajan ATEA Oy:n ylläpitämälle palvelimelle virtuaali-PC, johon voidaan luoda FTP-palvelin, joka vastaanottaa tietoja biokaasupumppaamoiden logiikoilta. Tämä FTP-palvelin olisi tyypiltään passiivinen eli valmiudessa vastaanottamaan tietoa, mutta itse tiedonsiirtoyhteyden avaisi biokaasupumppaamon ohjauslogiikka, joka toimii FTP-asiakkaana. Biokaasupumppaamon logiikkaohjaimet voidaan ohjelmoida lähettämään tiedot haluttuna ajankohtana, esimerkiksi joka kuukauden 1. päivä klo 00:01. Ohjauslogiikoilta tiedot voidaan lähettää XML-tiedostoina, tai vaihtoehtoisesti CSV- tai JSON-tiedostoina, Internet-yhteyden kautta FTP-palvelimelle.

Biokaasupumppaamoilta siirrettäisiin käyttötunti-, kaasumäärä- ja energiamäärälaskureiden lukemat palvelimelle määritettyyn SQL-tietokantaan. Tietokannasta voidaan sitten tehdä hakuja ja raportteja halutusti. SQL-tietokanta mahdollistaisi myös myöhemmin automaattisen raportoinnin avaamisen loppuasiakkaiden käyttöön Internet-portaalin kautta.



Kuva 10. Tietojärjestelmäarkkitehtuuri suunnitelma biokaasupumppaamoille.

### 10.1 FTP-palvelimen määrittäminen

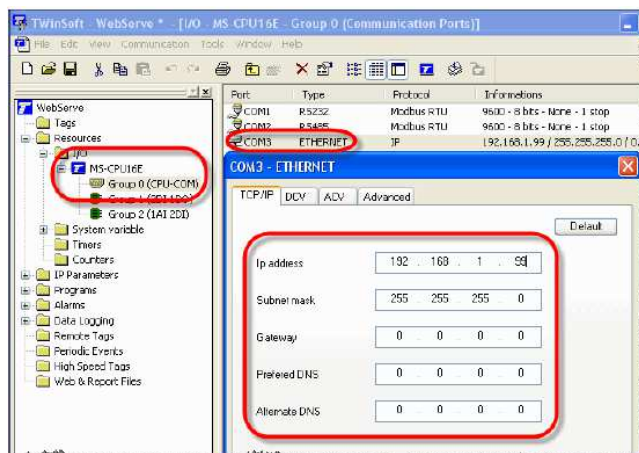
FTP-palvelimena voidaan käyttää eri vaihtoehtoja. Erilaisia FTP-palvelinohjelmistoja on runsaasti saatavilla ilmaiseksi tai maksullisena. Esimerkkiohjelmistoja ovat Filezilla, joka on ladattavissa internetistä ilmaiseksi, ja Serv-U FTP Server, joka taas on maksullinen. Käytännössä FTP-palvelimen käyttöönotto on yksinkertaista. Asennetaan jokin edellä mainittu ohjelmisto ja luodaan sille käyttäjätili. Tämän jälkeen tulee asettaa palvelimen käyttämän DNS-palvelimen tarjoaja, eli Internet-operaattori. Tietoturvan kannalta on tärkeää määrittää anonyymi pääsy palvelimelle pois käytöstä. Tietoturvan tasoa voidaan nostaa SSL-salauksen avulla. Jotta palvelimella olisi yhteys Internetiin,

tulee palomuriin tehdä reikä. Yleisesti FTP-palvelimien kanssa käytetään porttia 21, joka määritetään auki olevaksi ja palvelin reititetään sen kautta Internetiin. [20.]

Tiedon vastaanotossa FTP-palvelimelle ja tiedon välityksessä mahdolliseen SQL-tietokantaan voidaan hyödyntää myös Servelecin TView-ohjelmistoa. Tällöin TView-ohjelmisto asennetaan virtuaali-PC:lle ja sille luodaan "off-line"-imaget kaikista tietoa lähettävistä TBox-laitteistoista. Etuna tässä on, että tällöin ei tarvita erillistä ohjelmistoa tiedon käsittelyyn ja välitykseen FTP-palvelimelta tietokantaan. [21, s. 25.]

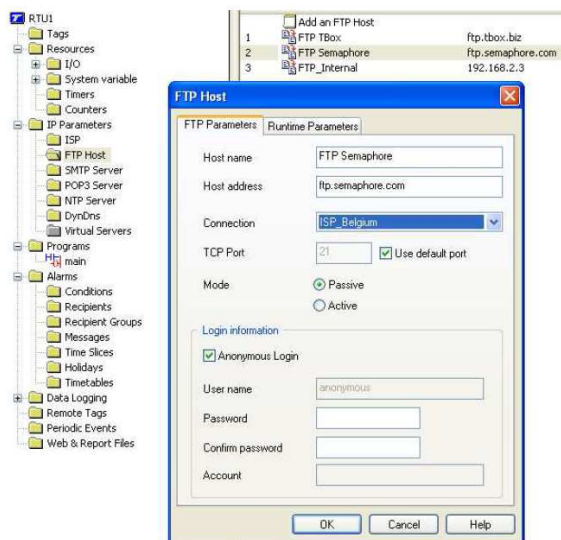
## 10.2 FTP-tiedonsiirronmääritys TBox-ohjauslogikoilta

Ohjauslogiikan Ethernet-asetukset ja automaatiojärjestelmän palomuriasetuksien tulee olla aseteltuina, niin että logiikkaohjaimelta on pääsy Internetiin. Kuvassa 11 on esitetty esimerkkiasetukset. Biokaasupumppaamoilla käytännössä oletusyhteyksikäytävänä käytettäisiin MBConnect-reititintä, ja tällöin logiikkaohjaimen Ethernet-asetukset asetellaan reitittimen asetusten mukaisesti. [21, s. 14.]



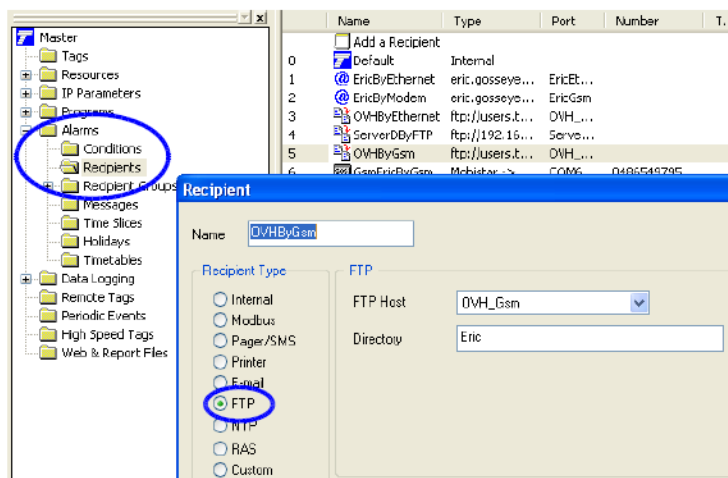
Kuva 11. TBox ohjauslogiikan ethernet asetusten asettelu.

Sitten ohjauslogiikalle pitää vielä asettaa tiedon vastaanottaja kuvan 12 mukaisesti. Tässä yhteydessä määritellään vastaanottavan FTP-palvelimennimi ja -osoite, sekä Internet-yhteydentarjoaja. Tässä yhteydessä huomioidaan myös vastaanottavan palvelimen passiivisuus tai aktiivisuus määrittäminen. Myös palvelimelle määritetyt käyttäjänimi ja salasana asetetaan logiikkaohjaimelle. [21, s. 27.]



Kuva 12. FTP-palvelimen asettaminen tietojen vastaanottajaksi TBox ohjauslogiikkaan.

Itse tiedonlähetyksen TBox-logiikkaohjaimelta tapahtuu hyödyntäen TView-logiikkaohjelman "Alarms"-toimintoja, kuvan 13 mukaisesti. [21, s. 23.]



Kuva 13. Tiedonlähetyksen tekeminen "Alarms"-toiminnon kautta.

### 10.3 Automaattisen tiedonkeräyksen hyödyt

Kuvatunkaltainen automaattinen tiedonkeräys keskitettyyn tietokantaan, sekä kerättyjen tietojen käsittely ja luku tietokannasta sovellusohjelmiston tai internetportaalin avulla mahdollistaisi täysin reaaliaikaisen biokaasupumppaamon toimintaraportoinnin. Tätä tietoa voisi hyödyntää loppuasiakkaat ja Sarlin Oy:n huolto- ja käyttöhenkilöstö huolto- ja käyttötoimenpiteiden suunnittelussa. Tällöin molemmat osapuolet saavuttaisivat mahdollisesti kustannussäästöjä huoltotoimenpiteiden tarkemman ajoituksen avulla.

Tietokannan tehokas hyödyntäminen vähentäisi edelleen Sarlin Oy:n raportointiin käytämiä työtunteja. Internet-portaali voisi mahdollisesti vähentää myös loppuasiakkaiden itse tekemän jatkuvan seurannan työmäärää ja kasvattaa näin asiakkaille tuotettua lisäarvoa. Tämä taas voisi nostaa asiakkaiden kokemaa tyytyväisyyttä Sarlin Oy:n tarjoamia palveluita kohtaan.

Toisaalta samat tiedot on jo nykyisellään kerättävissä etäyhteyden avulla suoraan biokaasupumppaamoiden valvomoilta huolto- ja käyttötoimenpiteiden suunnittelun pohjaksi. Etäyhteyden avulla tehtävä tiedonkeruu kuitenkin vaatii aina jonkun henkilön tekemään tiedonkeräyksen ja näin ollen kuluttaa työtunteja. Molemmat toimintamallit vaativat jonkun analysoimaan kerättyjä tietoja ja laatimaan toimenpide-ehdotuksen tämän analyysin pohjalta.

Automaattisen tiedonkeräyksen mahdollisesti tuomat hyödyt ovat asiakas- ja laitospohjaisia. Koettu hyöty riippuu kunkin laitoksen nykyisistä raportointivelvoitteista ja käytännöistä.

## 11 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Mittauspöytäkirjojen ja huoltoraporttien digitalisoinnin osalta kaikki työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Kolmen testikohteeksi valikoituneen biokaasupumppaamon mittauspöytäkirjat ja huoltoraportit saatiin onnistuneesti siirrettyä digitaaliseen muotoon ja Dropbox-pilvipalveluun niin, että ne ovat huoltoteknikoiden käytettävissä heidän tabletilaitteiltaan mittauksia ja huoltoja tehdessä. Raportointitiedot ovat myös helposti jaettavissa loppuasiakkaille sekä käytettävissä neljännesvuosi- ja vuosiraportointia varten. Erityisesti neljännesvuosiraporttien käyttöasteseuranta tehostaa Sarlin Oy:n huoltopalveluiden vaikuttavuuden seuranta ja kohdentamista.

Huoltoteknikoille annettiin käyttökoulutus maaliskuun puolella välissä ja digitaalinen raportointi testikohteissa käynnistettiin. Vastaanotto huoltoteknikoilta on ollut positiivista, ja ensitulokset raportoinnin toimivuudesta ovat olleet lupaavia. Internet-yhteydet ja Dropbox-pilvipalvelu ovat toimineet syrjäisemmissäkin kohteissa luotettavasti. Loppuasiakkaille tullaan näissä kolmessa kohteessa jakamaan ensimmäisten kahden vuosineljänneksen raportit heinäkuussa 2017.

Raporttipohjien ensimmäiset kehitystoimenpiteet tehtiin jo huhtikuun 2017 puolella välissä. Tällöin mittauksia tekeviltä huoltoteknikoilta saatiin kuulla, että mittauspöytäkirjoissa käytetyt taulukoiden solujen prosenttimuotoilut aiheuttivat tabletilaitteen Excelillä ongelmia, kun luvut jostain syystä kirjautuivat satakertaisina. Prosenttimuotoilut poistettiin ja samalla kunkin testilaitoksen raporttipohjia yksilöitiin pidemmälle vastaamaan kyseessä olevan pumppaamon ominaisuuksia. Tämä tapahtui piilottamalla pohjasta ylimääräisiä rivejä ja sivuja ja laatimalla joissain tapauksissa lisälaskentaa. Jos esimerkiksi laitoksella ei ole jatkuvatoimista virtausmittaria, voidaan tilavuusvirtaus laskea siirrettävällä virtausmittarilla tehtävien imulinjojen virtausnopeusmittauksien perusteella.

Raporttipohjia tullaan kehittämään edelleen läpi testivaiheen. Testivaihe tulee jatkumaan lokakuuhun 2017, jolloin toimintamallin toimivuus käydään huolellisesti läpi. Tällöin pystytään arvioimaan tarkasti kuinka suuresti mittaustietojen syöttö suoraan pilvipalvelussa oleville raporttipohjille vähentää raportointiin kuluva työaika. Samalla kerätään loppuasiakkaiden mielipiteitä neljännesvuosiraporttien tuomista hyödyistä ja mittaus- ja huoltopöytäkirjojen sähköisen jakamisen toimivuudesta.



Alustavien positiivisten kokemusten pohjalta voidaan jo arvioida, että nyt kehitetty digitaalinen raportointimalli tullaan todennäköisesti laajentamaan kattamaan kaikkia 34 biokaasupumppaamoja. Pilvipalvelupohjaisen raportointitoimintamallin hyödyntämistä selvitetään myös muiden Sarlin Oy:n palvelemien laitosten osalta, kuten bio- ja maakaasuntankkausasemien, ja yhdistetyn lämmön- ja sähköntuotantolaitteistojen raportoinnissa.

Automaattisen tiedonkeräyksen osalta laadittu esiselvitys osoittaa, että automaattisen tiedonkeräyksen toteutus biokaasupumppaamoilla onnistuu hyvin pitkälti jo olemassa olevan tekniikan tukemana. Tiedonkeräyksen toteuttamiseksi biokaasupumppaamoiden logiikkaohjainten ohjelmistoihin tulisi tehdä muutoksia, mutta nämä muutokset olisivat kohtuullisen pienitöisiä, koska kerran kehitetty toimiva ratkaisu olisi kopioitavissa useaan kohteeseen. Logiikoiden ohjelmamuutokset olisi mahdollista toteuttaa etäyhteyden kautta. Osa automaatiojärjestelmistä vaatisi laajennuksia, joiden toteutuksesta muodostuisi jonkin verran kustannuksia loppuasiakkaille. Suurin työ automaattisen tiedonkeräyksen toteutuksessa olisi virtuaali-PC:hen, ja sille rakennettavan tiedonvastaanotto ja -käsittelyohjelmiston luominen, sekä mahdollisen Internet-portaalin rakentaminen loppuasiakkaiden käytettäväksi.

Kaiken kaikkiaan biokaasupumppaamoiden automaattisen tiedonkeräyksen tuomia hyötyjä Sarlin Oy:lle ja loppuasiakkaille tulee selvittää tarkemmin. Tulee selvittää myös, ovatko loppuasiakkaat valmiita maksamaan entistä reaaliaikaisemmasta toimintaraportoinnista. Biokaasupumppaamoasiakaskunta voi olla liian pieni asiakaspohja automaattisen tiedonkeräyksen, sekä Internet-portaalin luomiseen ja ylläpitämiseen taloudellisesti kannattavasti. Näin ollen olisi järkevää tarkastella näiden mahdollista hyödyntämistä muiden Sarlin Oy:n palvelemien laitosten osalta.

Automaattisen tiedonkeräyksen toteutuksen tarkemman suunnittelun pohjaksi tulen esittämään tuotekehityshanketta ja testilaitteiston rakentamista. Testilaitteiston avulla voidaan selvittää parhaiten toimiva tekninen toteutus ja ohjelmistosovellukset tätä varten. Tuotekehityshanke voitaisiin toteuttaa vuoden 2018 aikana.

## Lähteet

- 1 Ilmastonmuutos ilmiönä. 2015. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos.  
<<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/dec264e2-6350-418c-a1bc-3ef7c80676aa/metaani.html>>. Luettu 7.3.2017.
- 2 Pekonen, Tiina. 2014. Kaatopaikkakaasujen käsittelyn kehittäminen korvenmäen kaatopaikalla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- 3 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.
- 4 Valovirta, Lauri. Tuoteryhmäpäällikkö. Sarlin Oy, Vantaa. Haastattelu 7.3.2017.
- 5 Biokaasu. 2016. Verkkodokumentti. Suomen biokaasuyhdistys.  
<<http://www.biokaasuyhdistys.net/tietoa-biokaasusta/>> 21.1.2016. Luettu 7.3.2017.
- 6 Biokaasupumppaamon huolto-ohje 1. Sarlin Oy.
- 7 Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009.
- 8 Mitä jokaisen päättäjän pitäisi tietää pilvestä – ja miksi sillä on merkitystä. 2016. Verkkodokumentti. Nebula Oy.  
<[http://www.nebula.fi/sites/default/files/documents/Nebula\\_pilvipalvelut\\_A4\\_web.pdf](http://www.nebula.fi/sites/default/files/documents/Nebula_pilvipalvelut_A4_web.pdf)>. Luettu 7.3.2017.
- 9 Pilvilaskenta. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Pilvilaskenta>> Luettu 25.3.2017.
- 10 MWM GmbH. Technical Bulletin 0199 - 99 - 03017/05 EN Specification for combustion gas. 1.3.2013.
- 11 Vuosiraportti Espoo Mankkaa 2016.pdf. Sarlin Oy.
- 12 Vuosiraportti Järvenpää Puolmaka 2016.pdf. Sarlin Oy.
- 13 Vuosiraportti Mikkeli Metsä-Sairila 2016.pdf. Sarlin Oy.
- 14 Servelec Technologies TBoxMS. 2016. Servelec Group. <<https://www.servelec-group.com/media/2169/tboxms.pdf>>. Luettu 2.4.2017.
- 15 Laitosten automaatiot 2016\_06\_02.xls. Sarlin Oy.

- 16 FTP. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/FTP>>. Luettu 21.3.2017.
- 17 FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP). 1985. Network Working Group. <<https://tools.ietf.org/html/rfc959>>. Luettu 21.3.2017
- 18 Johdatus SQL:n maailmaan. 2017. KK Mediat. <<http://www.2kmediat.com/sql/alkeet.asp>>. Luettu 8.4.2017
- 19 Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition). 2008. W3C. <<https://www.w3.org/TR/REC-xml/#dt-markup>>. Luettu 8.4.2017.
- 20 How to set up a home FTP server. 2005. Liferhacker. <<http://liferhacker.com/130806/how-to-set-up-a-home-ftp-server>>. Luettu 8.4.2017
- 21 Tboxms&internet\_2.45.pdf. Servelec Group.

Biokaasupumppaamoiden nykyinen mittauspöytäkirja

**SARLIN**

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

mittaaja AJS

pvm 17.3.-17

aika 12:30

Pumppaamo <u>MANUKAA</u>	Energiamäärä - Hyöty kWh	Energiamäärä - Söihy kWh
Kaasun määrä Hyöty <u>2737907</u>	Käyttöaika - Jatkuva Nm <sup>3</sup> <u>45662</u>	Käyttöaika - Mollittava h
Söihy	Ilmanpaine/lämpötila mbar	+2 °C

Linja/Kaivo	OH til.-%	CO2 til.-%	O2 til.-%	H2S ppm	Paine mbar	Lämpötila °C	Virtaus m/s	Säätö	Uusi säätö	Uusi virtaus m/s
1/	-							L		
2/	-							K		
3/	-							K		
4/	59,9	43,2	0	8	-11,6	18,5	0,08			
5/	59,4	43,4	0	9	-11,5	16,2	0,70			
6/	59,5	43,3	0	6	-5,10	16,7	0,30			
7/	58,8	43,1	0	31	-10,5	16,3	0,80			
8/	58,6	44	0	12	-4,7	15,7	1,40			
9/	58,7	43,6	0	10	-1,5	13,1	0,90			
10/	58,7	43,7	0	9	-1,6	13	1,40			
11/	59,3	43,3	0	9	-1,9	10,7	2,40			
12/	58,4	44,3	0	15	-11,3	13,7	0,60			
13/	58,5	43,5	0	12	-2,30	13,7	1,70			
14/	58,7	41,5	0	5	-0,70	13,5	0,50			
15/	57,3	42,8	0	9	-2,20	10,9	2,15			
16/	57,8	44	0	14	-2,7	11	2,20			
17/	58,4	44,3	0	7	-1,5	10,8	2,40			
18/	58,3	44	0	10	-2,1	11,1	1,50			
19/	57,3	44,2	0	12	-10,9	13,9	0,60			
20/	58,2	43,7	0	11	-12,2	14	0,25			
21/	58,7	43,7	0	11	-12,5	14,5	0,08			
22/	58,1	44,5	0	7	-10,6	14,6	0,30			
23/	58	44	0	10	-12	14,5	1,00			
24/	57,8	44,6	0	28	-12,4	13,8	0,40			
25/	57,9	44,3	0	13	-11,8	13	3,80			
26/	57,3	44,5	0	14	-8,4	13,1	1,20			
27/	58	43,8	0	12	-12,3	13,8	0,20			
28/	57,9	44,6	0	23	-6,50	14,2	0,60			
29/	62,1	40,5	0	5	-0,5	13	0,80			
30/	58,2	44,2	0	13	-11,6	13,4	0,30			
31/	58,4	43,8	0	9	-12,5	13,7	0,07			
32/	58,4	43,6	0	9	-12,2	13,9	0,07			
33/	57,7	44,8	0	10	-2,15	14,5	2,20			
34/	-							K		
35/	57,7	44,7	0	11	-7,3	12,7	0,05			
36/	58,9	43,5	0	4	-4,2	13,1	0,06			
37/	-							K		
38/	-							K		
39/	58,8	42,9	0	5	-0,3	13,1	0,45			
40/	-							K		
41/	-							K		
42/	61,8	40	0	5	-0,4	13,5	0,85			
43/	-							K		
44/	65,4	28,8	0	3	-0,2	13,4	0,10			
45/	-									
GA	58,5	43,4	0	9	-12,4					
GA (säätö)										
NÄYTTÖ	56	37,7	0							
NÄYTTÖ (säätö)										

Kaasun virtaus	143 Nm <sup>3</sup> /h	Kaasun teho		Huomioita/Lisätietoja:
Kiertomääräpuhallin	1298 rpm	A	22 Hz	
Ohjus	%	X	KBsi	Auto
Paine P1	-17 mbar	Lämpö T1	16 °C	
Paine P2	150 mbar	Lämpö T2	31 °C	
Paine P3		Lämpö T3	°C	
Paine P4	-14 mbar	Lämpö T4	°C	

## Biokaasupumppaamoiden nykyinen huoltoraportti

**SARLIN**

HUOLTORAPORTTI / BIOKAASULAITOS

Liite työmääräykseen nro: \_\_\_\_\_

Asiakas / laitos

MAUKKAA

- huolto-ohjelman mukainen huolto MAALIS kuu  
 huolto-ohjelmaan kuulumaton käynti

## HUOLTORAPORTTI

	Toiminta		Korjaavat toimenpiteet (merkitse numero)
	OK	Korj.	
1. Automaattinen vedenpoistin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Kaasumäärämittari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Sulkuventtiilit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Kaasun suodatin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Pikasulkuventtiili	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Ylivirtausventtiili	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Painolähettimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Lämpötilälähettimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Vedenjäähdytin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Kiertovesipumput	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. 3-tieventtiili ja toimilaitte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Kaasupumppu / kompressori	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Metaani- ja happianalysaattorit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14. Kaasuvuodon ilmaisin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Liikinestimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. Pumppamon putkisto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Soihutuloitin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18. Mikroturbiini	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19. Imulinjat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## TESTAUSRAPORTTI JA TESTIKAASUT - Analysaattorit

- Testattu  Kalibroitu ohjelmointilaitteella  Kalibroitu paneelinäytöstä

Analysaattorin toimintaparametrit				CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Käytetyt kalibrointikaasut					
							Kaasu nro	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Kaasun %-lukema ennen kalibrointia				61	40	0	1	45	35	0		
Kaasun %-lukema kalibroinnin jälkeen				58	40	0	2	0	0	2		
Lukema kalibrointikaasulla ennen kalibrointia				1	47	0	3	2.5				
				2	-1.3	4.8						2
mA-viesti kalibrointikaasulla				1	11.425	0.048						
				2	4.060	1.147						

Huom.

## KALIBROINTI - Kaasuhälyttimet

- Hälyttimen tyyppi AAEX < 4 J  Testattu  Kalibroitu  i-asennossa

Näytekaasu	Jännite	Merkivalot		Ulkovalot		Puhallin	Hälytys	Pysäytys
		A1	A2	kelt.	pun.			
Kaasu 2								
Kaasu 3								

Työn suoritti AUS Pvm 13.3.2017

Sarlin Oy Ab  
 Postiosoite / Mailing address:  
 PL 750, FIN-00101 Helsinki, Finland  
 Käyntiosoite / Street address:  
 Käivöskallantie 3-5, FI-01610 Vantaa

Puhelin / Telephone:  
 010 550 4000  
 Int. +358 10 550 4000  
 Sähköposti / Email:  
 info@sarlin.com

Faksi / Facsimile:  
 010 550 4201  
 Int. +358 10 550 4201

www.sarlin.com

## Biokaasupumppaamoiden mittauspöytäkirjanäkymä tabletilaitteella

BKP Mankkaa\_Raporttipohja 2017 - Tallennettu

Tiedosto Aloitus Lisää Piirrä Kaavat Tarkista Näytä

Linkit poistettu käytöstä - linkkejä ulkoisiin työkirjoihin ei tueta, ja ne on poistettu käytöstä. Sulje

$f_x$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>SARLIN</b>		<b>MITTAUSPÖYTÄKIRJA</b>					
2			mittaaja		MJL	pvm	5.1.2017	
3								
4								
5	Pumppaamo				Ilmanpaine mbar	Lämpötila °C		
6	Mankkaan kaatopaikka, Espoo				998	-18		
7	Kaasun määrä	2501971			Energiamäärä			
8	Hyöty Nm3				Hyöty kWh			
9	Soihtu Nm3				Soihtu kWh			
10								
11	Linja/Kaivo	CH4 til.-%	CO2 til.-%	O2 til.-%	H2S ppm	Paine mbar	Lämpötila °C	Virtaus m/s
12	1/							
13	2/							
14	3/	20,4 %	16,8 %	12,0 %	0	-13,00	5,3	0,15
15	4/	60,6 %	42,7 %	0,7 %	14	-13,50	3,4	0,15
16	5/	62,2 %	44,2 %	0,0 %	15	-13,20	3,2	0,50
17	6/	62,5 %	42,9 %	0,0 %	10	-4,90	2,7	0,30
18	7/	61,5 %	43,7 %	0,0 %	30	-9,30	3,0	0,50
19	8/	61,0 %	44,1 %	0,0 %	20	-10,00	2,8	0,80
20	9/	61,2 %	43,5 %	0,0 %	14	-4,30	3,5	0,70
21	10/	61,5 %	44,1 %	0,0 %	11	-4,20	2,9	1,15
22	11/	61,3 %	43,6 %	0,0 %	7	-4,16	3,2	1,90
23	12/	61,0 %	43,7 %	0,0 %	14	-12,50	2,9	0,45
24	13/	60,9 %	43,9 %	0,0 %	16	-4,54	2,8	1,29
25	14/	44,0 %	35,0 %	3,4 %	2	-1,30	2,8	0,44
26	15/	60,0 %	43,3 %	0,0 %	10	-4,80	3,4	1,71
27	16/	59,4 %	44,3 %	0,0 %	18	-4,80	3,1	1,82
28	17/	60,0 %	44,0 %	0,0 %	9	-3,50	3,7	1,95
29	18/	59,0 %	44,0 %	0,0 %	9	-4,70	3,4	1,21
30	19/	48,6 %	41,7 %	0,0 %	14	-13,00	4,2	0,51
31	20/	59,4 %	43,7 %	0,0 %	13	-13,00	4,0	0,22
32	21/	59,3 %	43,6 %	0,0 %	13	-13,30	3,8	0,22
33	22/	59,0 %	44,0 %	0,0 %	14	-13,30	4,0	0,22
	+	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	SUMMA		0	

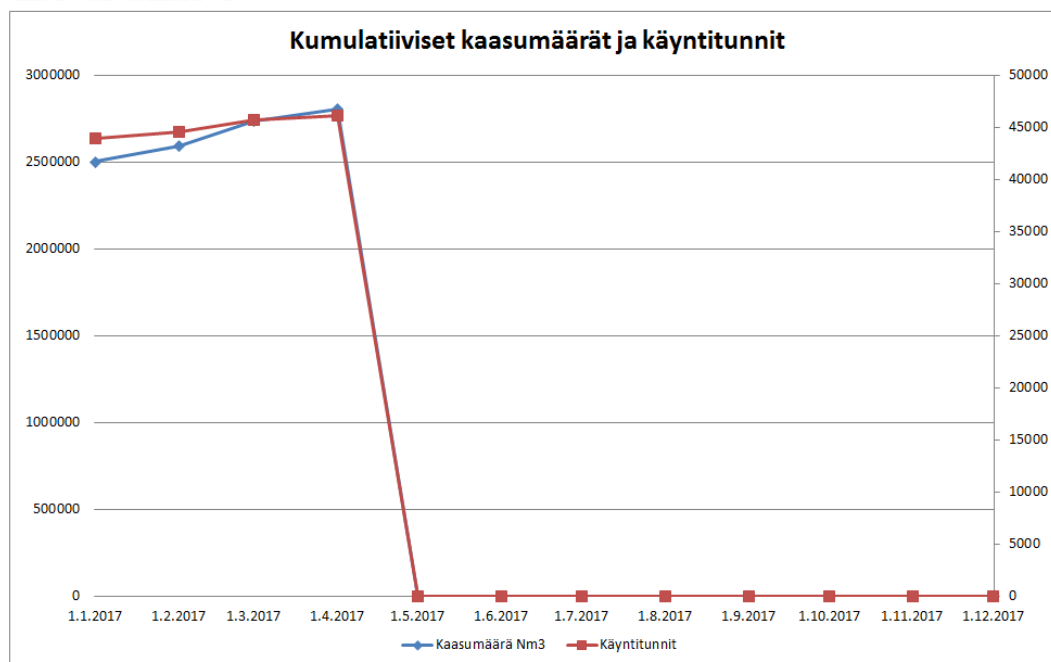
## Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan mittauspöytäkirjojen päätoiminta-arvojen kokoomasivu

# SARLIN

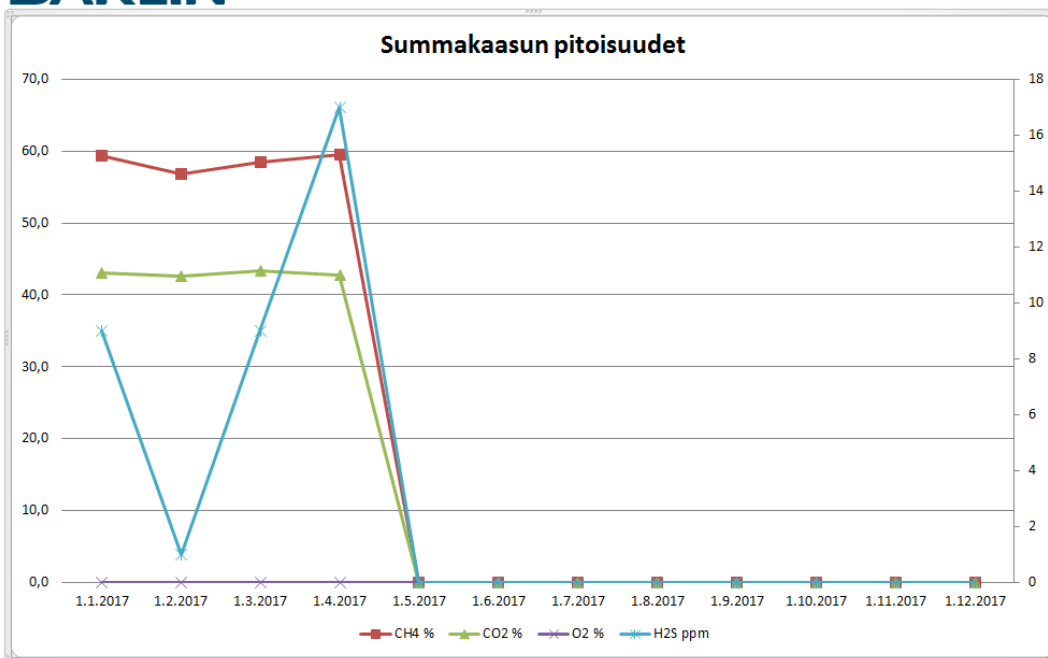
Taulukko 1. - Laitoksen kokoomatiedot

PVM	Käyntitunnit	Kaasumäärä Nm3	Energiamäärä kWh	CH4 %	CO2 %	O2 %	H2S ppm	Imupaine P1 mbar	Kierrosnopeus RPM	Virtaus Nm3/h	Teho kWh
5.1.2017	43979	2501971	0	59,4	43,0	0,0	9	-14	1298	0	0,0
1.2.2017	44602	2591206	0	56,8	42,6	0,0	1	-16	1298	142	806,6
17.3.2017	45662	2737907	0	58,5	43,4	0,0	9	-17	1298	143	836,6
5.4.2017	46136	2803717	0	59,6	42,8	0,0	17	-14	1298	137	816,5
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
0.1.1900	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0
			Keskiarvo	19,5	14,3	0,0	3	-5	433	35	205,0
			Keskihajonta	28,8	21,1	0,0	6	8	639	64	370,9
			Minimi	0,0	0,0	0,0	0	-17	0	0	0,0
			Maksimi	59,6	43,4	0,0	17	0	1298	143	836,6

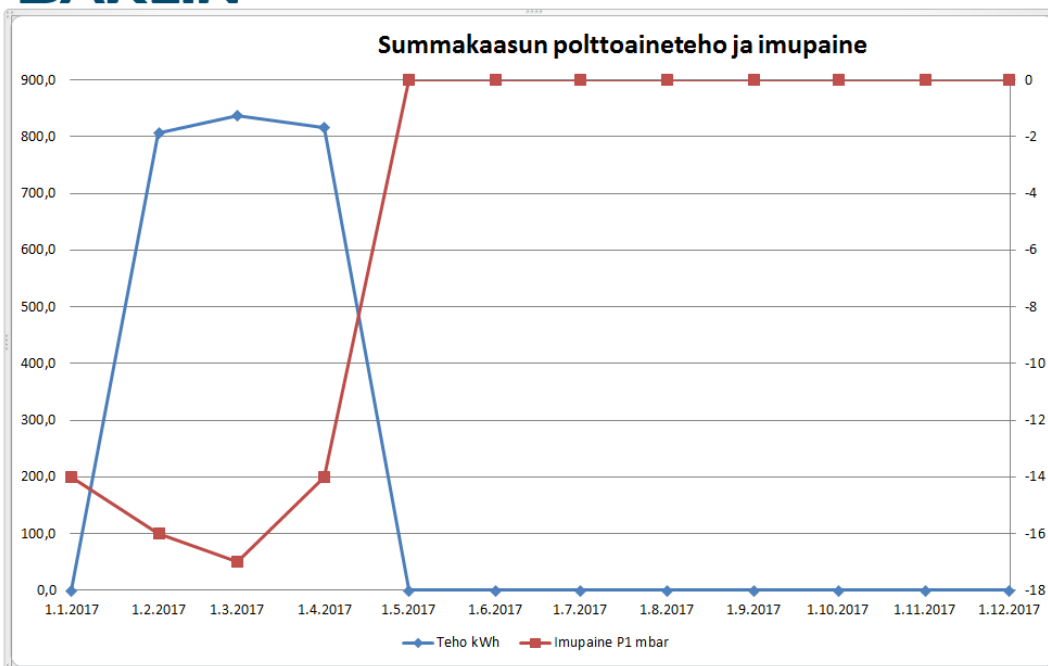
# SARLIN



# SARLIN



# SARLIN





## Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan neljännesvuosi- ja vuosiraporttisivu

# SARLIN

Mankkaan kaatopaikka, Espoo

**Taulukko 2. – Laitoksen neljännesvuosi  
toiminta-arvot**

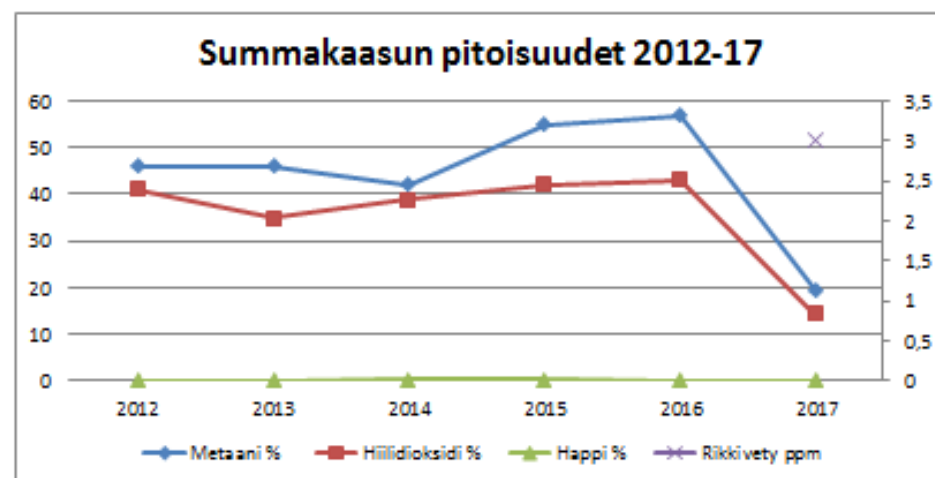
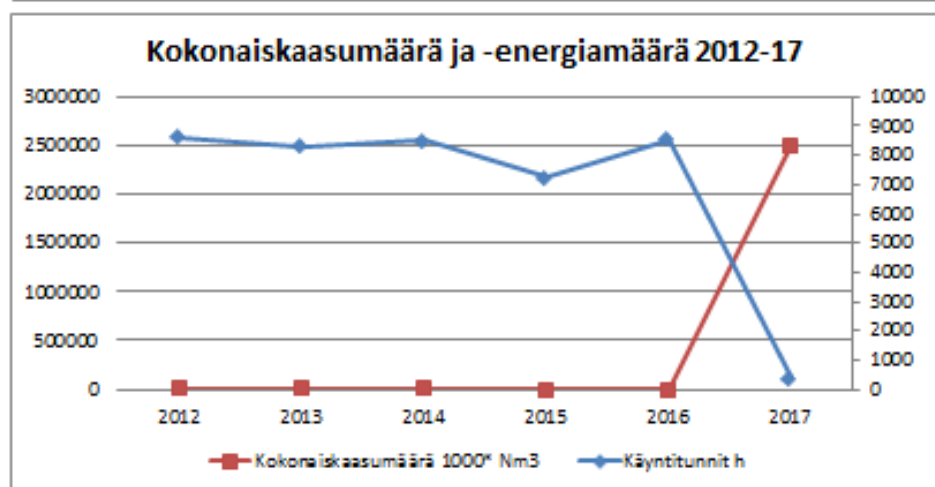
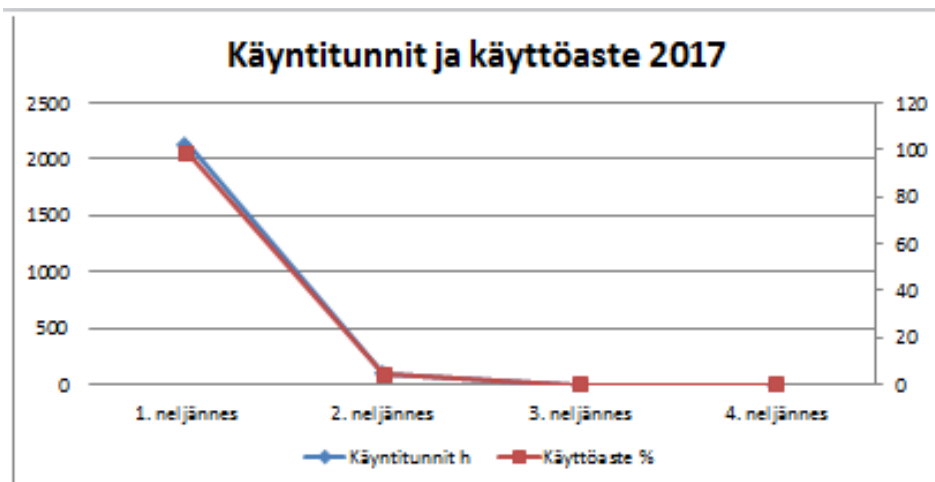
	1. neljänne	2. neljännes	3. neljänne	4. neljännes
Käyntitunnit h	2133	98	#DIV/0!	#DIV/0!
Käyttöaste %	99	4	#DIV/0!	#DIV/0!
Kokonaiskaasumäärä Nm <sup>3</sup>	299074	5957	#DIV/0!	#DIV/0!
Kokonaisenergiamäärä MWh				

**Taulukko 3. – Laitoksen vuositoiminta-  
arvojen vertailu**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Käyntitunnit h	8631	8323	8512	7233	8560	#DIV/0!
Käyttöaste %	99	95	97	83	98	#DIV/0!
Kokonaiskaasumäärä 1000* Nm <sup>3</sup>	3300	3000	2900	1300	1600	#DIV/0!
Kokonaisenergiamäärä MWh	14800	13800	12200	7100	8100	#DIV/0!
Virtaama/käyntitunnit Nm <sup>3</sup> /h	416	366	385	181	183	#DIV/0!
Virtaama/vuosi Nm <sup>3</sup> /h	372	347	335	149	178	#DIV/0!
Polttoaineteho/käyntitunnit kWh	1855	1658	1600	986	947	#DIV/0!
Polttoaineteho/vuosi kWh	1684	1576	1393	814	926	#DIV/0!

**Taulukko 4. – Laitoksen summakaasun  
pitoisuudet 2012–2017**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Metaani %	46	46	42	55	57	20
Hilidioksidi %	41	35	39	42	43	14
Happi %	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0
Rikkivety ppm						3



## Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan imulinjojen vertailusivu

**SARLIN**

Mankkaan kaatopaikka, Espoo

Taulukko 5. - imulinjojen keskimääräiset polttoainetehot ja virtaamat

Imulinja/Kaivo	KA. Virtaus Nm <sup>3</sup> /h	KAPA- Teho kWh	Lisähuomioita
25	8,9	52,2	
11	5,1	30,4	
17	5,0	29,5	
16	4,7	27,7	
15	4,6	26,5	
13	3,5	20,7	
35	3,5	20,1	
18	3,3	19,1	
23	2,6	15,3	
8	2,6	15,1	
10	2,3	13,7	
29	1,5	9,3	
33	4,6	9,0	
9	1,5	8,9	
5	1,4	8,6	
42	1,3	7,9	
28	1,3	7,8	
26	1,3	7,8	
12	1,2	7,4	
19	1,3	7,3	
7	1,1	6,3	
14	1,0	5,7	
39	1,0	5,5	
27	0,9	5,0	
22	0,7	4,3	
21	0,7	3,8	
6	0,6	3,6	
24	0,5	3,1	
30	0,5	2,8	
20	0,5	2,8	
31	0,3	1,9	
32	0,3	1,8	
44	0,2	1,5	
36	0,2	1,4	
4	0,2	1,4	
3	0,1	0,2	
1	0,0	0,0	
2	0,0	0,0	
34	0,0	0,0	
37	0,0	0,0	
38	0,0	0,0	
40	0,0	0,0	
41	0,0	0,0	
43	0,0	0,0	

## Biokaasupumppaamoiden raportointipohjan imulinjakohtainen kokoomatietosivu

# SARLIN

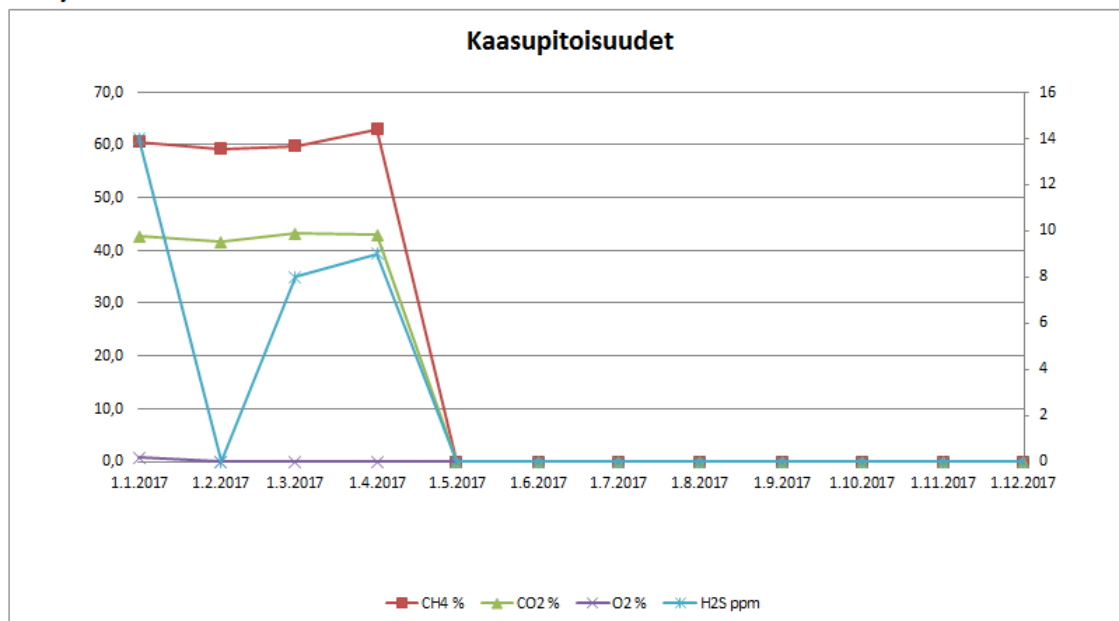
Mankkaan kaatopaikka, Espoo

### Imulinja 4

PVM	CH4 %	CO2 %	O2 %	H2S ppm	Imupaine mbar	Lämpötila °C	Virtausnopeus m/s	Virtaus Nm <sup>3</sup> /h	PA-teho kWh
5.1.2017	60,6	42,7	0,7	14	-13,50	3,4	0,15	1,0	6
1.2.2017	59,2	41,6	0,0	0	-10,40	10,2	0,05	0,3	2
17.3.2017	59,8	43,2	0,0	8	-11,60	18,5	0,08	0,5	3
5.4.2017	62,9	42,9	0,0	9	-7,40	19,4	0,13	0,8	5
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
0.1.1900	0,0	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,00	0,0	0
Keskiarvo	20,2	14,2	0,1	3	-3,58	4,3	0,03	0,2	1
Keskiahjont	28,6	20,1	0,2	5	5,45	7,5	0,06	0,4	2
Minimi	0,0	0,0	0,0	0	-13,50	0,0	0,00	0,0	0
Maksimi	62,9	43,2	0,7	14	0,00	19,4	0,15	1,0	6

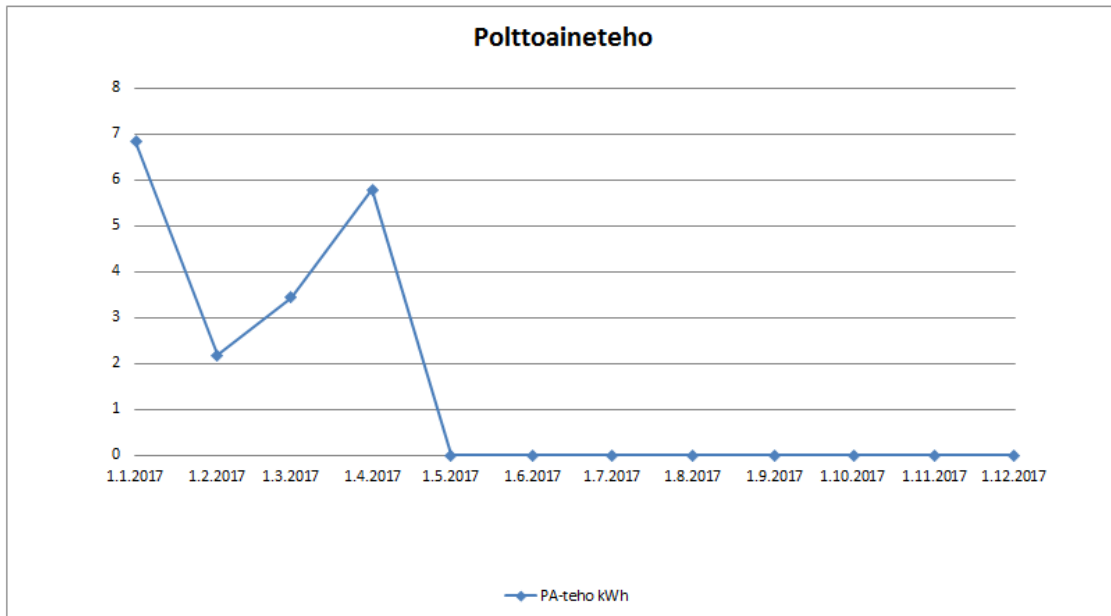
# SARLIN

### Imulinja 4



# SARLIN

## Imulinja 4



## Biokaasupumppaamoiden huoltoraporttilomake tabletilaitteella

# SARLIN

HUOLTORAPORTTI / BIOKAASULAITOS

Liite työmääräykseen nro: HETY123456

Asiakas / laitos

Biokaasupumppaamo 1

- huolto-ohjelman mukainen huolto Tammi kuu  
 huolto-ohjelmaan kuulumaton käynti

### HUOLTORAPORTTI

	Toiminta		Korjaavat toimenpiteet (merkitse numero)
	OK	Korj.	
1. Automaattinen vedenpoistin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. Ylivirtausventtiili jarrussa 11.
2. Kaasumäärämittari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Sulkuventtiilit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Kaasun suodatin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Pääsulkuventtiili	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Ylivirtausventtiili	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Painelähtimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Lämpötilalähtimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Vedenjäähdytin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Kiertovesipumput	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. 3-venttiili ja toimitila	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Kaasupumppu / kompresori	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Metaani- ja happianalysaattorit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14. Kaasuvuodon ilmaisin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Liekinestimet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. Pumppamon putkisto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Sähköpöytä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18. Mikrobitit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19. Insulijat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### TESTAUSRAPORTTI JA TESTIKAASUT - Analysaattorit

- Testattu  Kalibroitu ohjelmointilaitteella  Kalibroitu paneelinäytöstä

Analysaattorin toimintaparametrit				CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Käytetyt kalibrointikaasut					
							Kaasu nro	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
Kaasun %-lukema ennen kalibrointia				54,3	34,1	0,1	1	12345678	45,0	35,0	0,00	20,0
Kaasun %-lukema kalibroinnin jälkeen				56,1	34,2	0,1	2	12345678	0,00	0,00	2,00	98,0
Lukema kalibrointikaasulla ennen kalibrointia	1	44,1	35,0	0,0	1	12345678	2,50	0,00	17,5	80,0		
	2	0,4	0,1	2,1								
mÄ-viesti kalibrointikaasulla	1	12,315	9,891	1,57	2	12345678	2,50	0,00	17,5	80,0		
	2	4,184	4,139	3,01								

Huom.

