

Rami Pyökäri

**BIOKAASULAITOKSEN AUTOMAATION MUUTOSDOKUMEN-
TOINTI**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2019**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Kevät 2019	Tekijä/tekijät Rami Pyökäri
Koulutusohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn nimi BIOKAASULAITOKSEN AUTOMAATION MUUTOSDOKUMENTOINTI		
Työn ohjaaja Hannu Puomio	Sivumäärä 19 + 4	
Työelämäohjaaja Tomi Haapakoski		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä muutosdokumentointia JEDU Haapajärven biokaasulaitoksen automaation muutostöitä varten. Tämä tarkoitti sähkökuvien ja I/O-taulukoiden päivittämistä. Samalla kuvat muutettiin digitaaliseen muotoon.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään läpi biokaasun tuotantoon liittyviä perusasioita sekä muutosdokumentoinnin – ja töiden vaiheita</p>		
Asiasanat biokaasu, automaatio, ohjelmitava logiikka, sähkösuunnittelu		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date Spring 2019	Author Rami Pyökäri
Degree programme Automation and electrical engineering		
Name of thesis DOCUMENTATION OF CHANGES IN BIOGAS PLANT AUTOMATION		
Instructor Hannu Puomio	Pages 19 + 4	
Supervisor Tomi Haapakoski		
<p>The objective of this thesis was to create documentation for updating the automation of JEDU Haapajärvi biogas plant. This meant updating the electrical drawings and I/O. The documentation was also converted into a digital format.</p> <p>The thesis discusses the basics of biogas production and different phases in updating automation.</p>		

Key words

biogas, automation, programmable logic controller, electrical planning

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

C/N -luku = hiili/typpi -suhde. Käytetään apuna biokaasuprosessin analysoinnissa

Inhiboiva = estävä.

ORC = Organic Rankine Cycle. ORC-turbiinit käyttävät orgaanista väliainetta, joka mahdollistaa turbiinin toiminnan alhaisemmilla lämpötiloilla verrattuna höyryturbiineihin.

Stirling-moottori = Lämpövoimakone, jolla saadaan tuotettua mekaanista energiaa kaasun lämpötila- ja paine-erojen avulla.

TS, total solids = kuiva-aines, joka koostuu syötteen hajoavasta ja hajoamattomasta materiaalista

VS, volatile solids = orgaaninen aines, eli syötteen hajoava materiaali

ww, wet weight = märkäpaino, eli syötteen kokonaispaino

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 BIOKAASU	2
2.1 Biokaasun tuotannon edellytykset	3
2.2 Erilaiset raaka-aineet ja niiden ominaisuudet	3
2.3 Raaka-aineista syötteenksi	6
2.4 Biokaasuprosessit	6
2.4.1 Anaerobinen hajoamisprosessi	7
2.4.2 Prosessin olosuhteet ja ylläpitäminen	8
2.5 Prosessien tuotteet ja niiden hyödyntäminen	10
2.5.1 Biokaasu	10
2.5.2 Mädätysjäännös	12
3 Haapajärven biokaasulaitos	13
3.1 Laitoksen ominaisuudet ja tilastot	14
3.2 Ohjaus ja valvonta	14
4 Automaation muutostyö	15
4.1 Ohjelmoitavat logiikat sekä I/O -moduulit	15
4.2 Haapajärven biokaasulaitoksen automaatio	16
4.2.1 Uusi laitteisto	16
4.2.2 Automaation päivittäminen	17
5 Yhteenveto ja loppupäätelmät	18
LÄHTEET	19
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Anaerobinen hajoaminen	8
KUVAT	
KUVA 1. Biokaasulaitokset Suomessa	2
KUVA 2. Ote vanhasta I/O- taulukosta	17
KUVA 3. Ote uudesta I/O- taulukosta	18
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Eläinkannan ja lantatyypin vaikutus metaanintuottoon	4
TAULUKKO 2. Teollisuuden sivutuotteiden ja jätteiden metaanintuottoja	5
TAULUKKO 3. Maa- ja biokaasujen koostumukset jalostettuun kaasuun verrattuna	11
TAULUKKO 4. Hygienisoinnin aikoja ja lämpötiloja	13

1 JOHDANTO

Opinnäytetyönä tehtiin muutosdokumentointia liittyen Haapajärven biokaasulaitoksen automaatioon. Noin kymmenen vuotta vanhat ohjelmoitavat logiikat haluttiin päivittää. Päivittämisen tavoitteena oli parantaa laitoksen toimintavarmuutta ja helpottaa muutostöitä tulevaisuudessa. Logiikoiden uusiminen mahdollistaisi myös laitoksen etäkäytön.

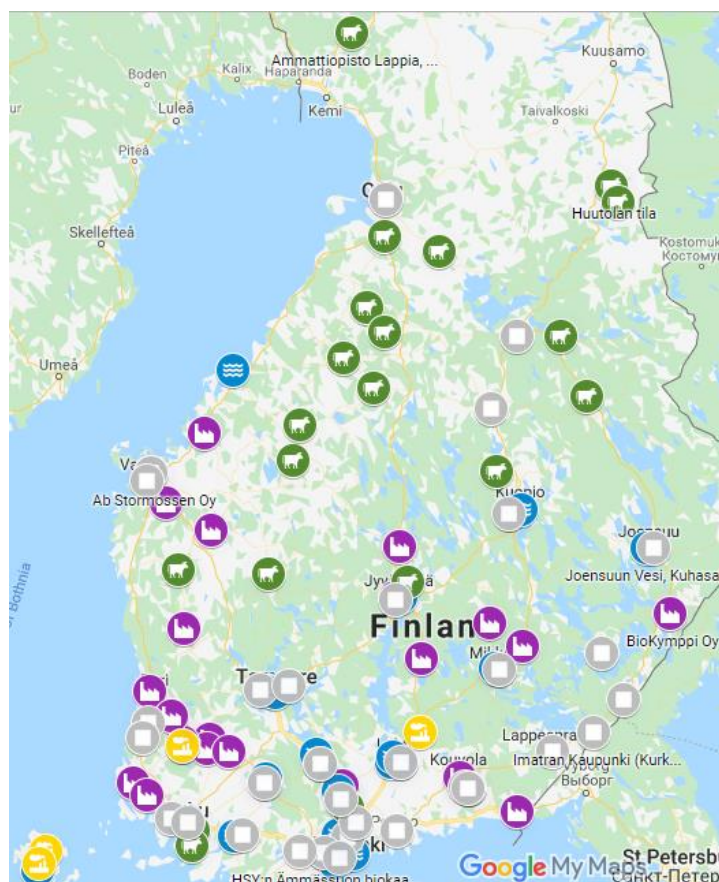
Muutosdokumentointi liittyisi pääosin sähkökuviin ja I/O-taulukoihin. Alkuperäiset dokumentit olivat vain paperisessa muodossa, joten samalla kuvat saataisiin digitaaliseen muotoon. Tämä parantaisi dokumenttien saatavuutta ja helpottaisi muutosdokumentointia tulevaisuudessa.

Tärkeimpänä lähdemateriaalina käytettiin Suomen Biokaasuyhdistys ry:n nettisivuja, sekä saman yhdistyksen tekemää Biokaasuteknologia -teosta.

2 BIOKAASU

On oleellista ymmärtää biokaasun tuotantoon ja käyttöön liittyvät asiat ennen laitoksen prosessin tarkastelua. Tässä luvussa käydään läpi biokaasun perusteita ja käyttömahdollisuuksia. Biokaasu on itsessään varsin laaja aihe käsitellä, joten tässä teoksessa on tarkoitus perehtyä prosessin kannalta tärkeimpiin aiheisiin.

Historian ensimmäiset merkit biokaasureaktoreista on löydetty 1800-luvulta Intiasta. Englanti aloitti 1900-luvulla jäteveden anaerobisen käsittelyn ja käytti syntyvän biokaasun lämmitykseen ja valaistukseen, jolloin samoihin aikoihin tutkijat alkoivat selvittämään ilmiötä tarkemmin. Saksa ja Ranska tuottivat biokaasua maatalouden jätteistä toisen maailmansodan aikana. Pienikokoiset maatilakohtaiset reaktorit ovat alkaneet yleistyä myös Suomessaakin, mutta esimerkiksi Saksassa biokaasulaitoksia oli vuonna 2013 noin 10 000 kappaletta, joista suurin osa käyttää viljeltyä energiamaissia. Kiinassa biokaasureaktoreiden määrä on jo miljoonissa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 9.)



Vihreä = Maatilakohtainen laitos

Violetti = Yhteiskäsittelylaitos

Harmaa = Kaatopaikkakaasua hyödyntävä laitos

Sininen = Vedenpuhdistamon lietteitä hyödyntävä laitos

Keltainen = Teollisuuden sivutuotteita tai jätteitä hyödyntävä laitos

KUVA 1. Biokaasulaitokset Suomessa. (Suomen Biokaasuyhdistys ry 2019)

Yksinkertaistettuna biokaasua saadaan, kun orgaaninen aine hajoaa anaerobisessa eli hapettomassa tilassa. Tätä reaktiota kutsutaan mädäntymiseksi. Biokaasu -termiä käytetään tilanteessa, jossa mädäntyminen on tapahtunut hallitusti ihmisen luomassa ympäristössä, esimerkiksi reaktorissa tai kaatopaikalla. Maakaasu on koostumukseltaan lähes samanlaista kuin biokaasu, mutta se on syntynyt täysin luonnollisesti, kun orgaaninen aines on jäänyt maan alle mädäntymään. Oleellisin ero biokaasulla ja maakaasulla on se, että biokaasu luokitellaan uusiutuvaksi energiaksi, kun taas maakaasu on fossiilista energiaa. Biokaasua ja maakaasua voidaan molempia käyttää samassa kaasuverkossa ja sovelluksissa.

2.1 Biokaasun tuotannon edellytykset

Biokaasun tuottamiseksi tarvitaan enemmän tai vähemmän orgaanista ainetta. Yleisimmät raaka-aineiden lähteet ovat maatalous, yhdyskuntabiojäte, vedenpuhdistamot sekä teollisuus. Olennaista on, että laitoksessa käytettävän raaka-aineen saatavuus on jatkuvaa ja että raaka-aine on mahdollisimman tasalaatuista.

Laitoksessa prosessiin menevää ainesta kutsutaan syötteenä. Syötteen koostumus riippuu raaka-aineiden tyypistä ja määrästä. Syötteen mukaan määräytyy myös laitoksessa käytettävä prosessi, joka jaetaan yleensä märkä- tai kuivaprosessiksi. Näihin prosesseihin tutustutaan tarkemmin omassa luvussa.

Syötteen tarkastelussa käytetään termejä märkäpaino (wet weight, ww), kuiva-aine (total solids, TS) ja orgaaninen aine (volatile solids, VS). Märkäpaino kertoo syötteen kokonaispainon ja kuiva-aine orgaanisen aineen ja epäorgaanisen aineen painon summan. Orgaanisella aineella tarkoitetaan prosessissa hajoavaa ainetta ja epäorgaaninen aine on hajoamatonta ainetta. Prosessin valinnan osalta märkäprosessissa saa olla maksimissaan 15% TS sisältävää syötettä, kun kuivaprosessissa vastaava luku on 45%.

Tarvittaessa syötteeseen voidaan lisätä vettä tai vetisempää raaka-ainetta. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 23-24.)

2.2 Erilaiset raaka-aineet ja niiden ominaisuudet

Erilaisten raaka-aineiden ja niiden ominaisuuksien ymmärtäminen on olennaista biokaasuprosessin suunnittelussa. Mädäntymisprosessissa toimivat organismit käyttävät pääravinteina hiiltä, typpeä, fosforia ja rikkiä. Tämän lisäksi ne tarvitsevat hivenaineita ja vitamiineja. Mahdollisimman tehokkaan prosessin varmistamiseksi ravinteiden määrän pitäisi olla oikea. Yleisesti puhutaan hiili/typpi -suhteesta eli

C/N-luvusta. Tutkimuksista on tultu johtopäätökseen, että ideaalinen suhdeluku on 10-30 välillä. Matala suhdeluku saattaa aiheuttaa liian suurta ammoniakkipitoisuutta ja suuri luku saattaa johtaa typen puutteeseen. Suhdeluku ei kuitenkaan käytännössä kerro prosessin toiminnasta, sillä erilaisissa syötteissä hiili ja typpi on eri tavoin sitoutunut orgaaniseen aineeseen. Syötteessä voi olla paljon typpeä, mutta se ei johda liian suureen ammoniakkipitoisuuteen, sillä typpi onkin sitoutuneena huonosti hajoavaan ainekseen. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 26-27.)

Maataloudesta biokaasuun tuotantoon käytettävät raaka-aineet riippuvat siitä, minkälainen maatila ja biokaasulaitos on kyseessä. Suomessa maatiloilla biokaasulaitos rakennetaan yleensä eläintiloille. Navetan yhteydessä olevasta lietekaivosta saadaan pumpattua lantaa suoraan reaktoriin. Lietelannaksi kutsutaan lantaa, joka koostuu itse lannan lisäksi myös virtsasta ja pesuvedestä. Lietelanta on valmiiksi jomelko vetistä, jolloin syötteeseen ei yleensä tarvitse lisätä vettä. Lietelannan lisäksi laitoksissa on yleensä mahdollisuus lisätä syötteeseen muutakin raaka-ainetta, esimerkiksi olkia ja rehua. Kuivikkeita käytettäessä syntyy kuivikelantaa ja sen suuri kuiva-aineen osuus pitää ottaa huomioon laitoksessa. Vaihtoehtoina on käyttää kuivaprosessia tai lisätä syötteeseen sen verran kosteutta, että se soveltuu märkäprosessiin. Lannoissa orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta on yleensä noin 85%. Märkäpainoon verrattuna lannasta ei saada paljon biokaasua, sillä suurin osa ravinteista on jo hävinnyt eläinten elimistön kautta. Se on kuitenkin hyvä ja yleinen raaka-aine, sillä sitä saadaan tasaisesti ja jatkuvasti, riippuen eläintilan koosta. Tilan eläinkanta vaikuttaa lannasta saatavaan metaaninmäärään. (TAULUKKO 1.) Mädätysjäännöksestä saadaan edelleen hyvää lannoitetta pelloille. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 33-35.)

TAULUKKO 1. Eläinkannan ja lantatyypin vaikutus metaanintuottoon. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 36)

LANTATYYPPI	m ³ CH ₄ per t VS	m ³ CH ₄ per t ww
Lehmän liotelanta	120-300	10-20
Lehmän kuivikelanta	126-250	24-55
Sian liotelanta	180-490	12-24
Sian kuivikelanta	162-270	33-39
Siipikarjanlanta	150-300	42-156

Vedenpuhdistuslaitoksien yhteydessä voidaan tuottaa biokaasua lietteestä. Liete erotetaan vedestä selkeytysvaiheessa joko laskeuttamalla tai pinnalta erottamalla. Syntyvä liete on erittäin vetistä, joten sitä joudutaan käsittelemään ennen käyttöä. Mekaaninen lietteen tiivistäminen tapahtuu esimerkiksi lingon avulla. Kuljetusta varten lietettä voidaan tiivistää edelleen. Suomessa lietemädättämöiden syötteen TS% on kuitenkin melko pieni, mediaaniltaan 4%. Puhdistamolietteen VS% kuiva-aineesta on väliltä 64-75%. Kuten lietelantaa, puhdistamolietettä syntyy jatkuvasti ja se on melko tasalaatuista. Puhdistamolietteitä käytettäessä suurin kysymys on mädätysjäännöksen käyttö. Mädätysjäännös on ihanteellista lannoitetta, mutta vaatimukset esimerkiksi orgaanisten haitta-aineiden suhteen ovat tarkkailun alla. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 41-43.)

Yhdyskuntabiojäte ja teollisuuden yhteydessä tuleva jäte ovat myös mahdollisia raaka-aineiden lähteitä. Yhdyskuntabiojätteeksi luetellaan esimerkiksi kotitalouksista, kaupoista ja laitoksista syntyvät biojätteet. Tähän kuuluvat myös kotitalouden ja kiinteistöhuollon puutarhajätteet. Muihin raaka-ainelähteisiin verrattuna biojätteen syntyminen on epämääräisempää ja esimerkiksi puutarhajätteen syntyminen riippuu vuodenajasta. Kotitalouden, kauppojen ja laitosten biojätteet eroavat myös toisistaan. Erilaisten raaka-aineiden metaanintuottoja on kuvattu taulukossa 2. Keskimäärin biojätteen kuiva-ainepitoisuus on 20-35%, josta VS% kuiva-aineesta 70-90%. Biokaasutuotantoon hyödynnettäviä teollisuuden jätteitä ovat esimerkiksi teurasjäte ja paperiteollisuuden lietteet. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 39-41, 43-44.)

TAULUKKO 2. Teollisuuden sivutuotteiden ja jätteiden metaanintuottoja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 44)

MATERIAALI	litraa per kgVS
Teurasjäte – sika	430-630
Teurasjäte – nauta	570
Teurasjäte – siipikarja	260
Sellu- ja paperiteollisuuden primääriliete	210-230
Sellu- ja paperiteollisuuden sekundääriliete	50-100
Flotaatiliete	540
Viljapohjainen rankki	470

2.3 Raaka-aineista syötteen

Raaka-ainetta joudutaan aina käsittelemään ennen sen syöttämistä reaktoriin. Esikäsittely riippuu raaka-aineista ja biokaasuprosessin tyypistä. Lietelanta on raaka-aineena hyvä, sillä se vaatii suhteellisen vähän esikäsittelyä. Suuri vesipitoisuus ja tasalaatuisuus sopii hyvin märkäprosessiin, mutta liotelannan jäätymistä ja kovettumista pitää ehkäistä sekoittamisella ja putkien lämmityksellä. Muun biomassan kuten olkien, rehujen ja nurmen lisääminen reaktoriin vaatii enemmän käsittelyä. Raaka-aineen silppuamisella on tässä tapauksessa kaksi eri tarkoitusta. Ensimmäinen tarkoitus on hajottaa raaka-aines pienemmäksi, jolloin sen orgaanisen aineen hajoaminen reaktorissa myös nopeutuu. Samanaikaisesti raaka-aineen silppuaminen myös helpottaa syötteen liikkuvuutta ja vähentää tukkeutumisen riskiä. Pitkävartiset oljet ovat etenkin ongelmallisia, sillä ne saattavat tukkeutua ja kietoutua ruuvien ja sekoittimien ympärille. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 48.)

Yhdyskuntabiojätteen esikäsittelyssä olennaisinta on biojätteen erottelu. Erityyppisissä laitoksissa on erilaisia laitteita ja linjastoja, joilla erotetaan jätteeseen päätynyt metalli, muovit ja muut biojätteeseen kuulumattomat materiaalit. Erotusprosessin jälkeinen käsittely riippuu laitoksesta. Joissain tapauksissa erotusprosessin jälkeinen raaka-aine sopii suoraan reaktoriin, jos kyseessä on kuivaprosessi. Märkäprosessin tapauksessa syötettä joudutaan liettämään lisäämällä siihen nestettä ja käyttämällä erilaisia sekoittimia tai murskaimia. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 51-52.)

Puhdistamo- ja rasvalietteillä on omat vaatimukset esikäsittelyn suhteen. Puhdistamoliete on melko homogeenistä ja se ei sisällä suuria kiinteitä kappaleita. Se on yleensä kuivatettu ja tiivistetty kuljetuksen kannalta, joten ennen reaktoriin syöttämistä se pitää liettää. Rasvalietteen tapauksessa tärkeää on jatkuva sekoitus ja lämpimänä pitäminen. Seisova rasvaliete jakautuu, jolloin pinnalle muodostuu kova kuori. Liian alhainen lämpötila aiheuttaa rasvan kovettumisen. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 53-55.)

2.4 Biokaasuprosessit

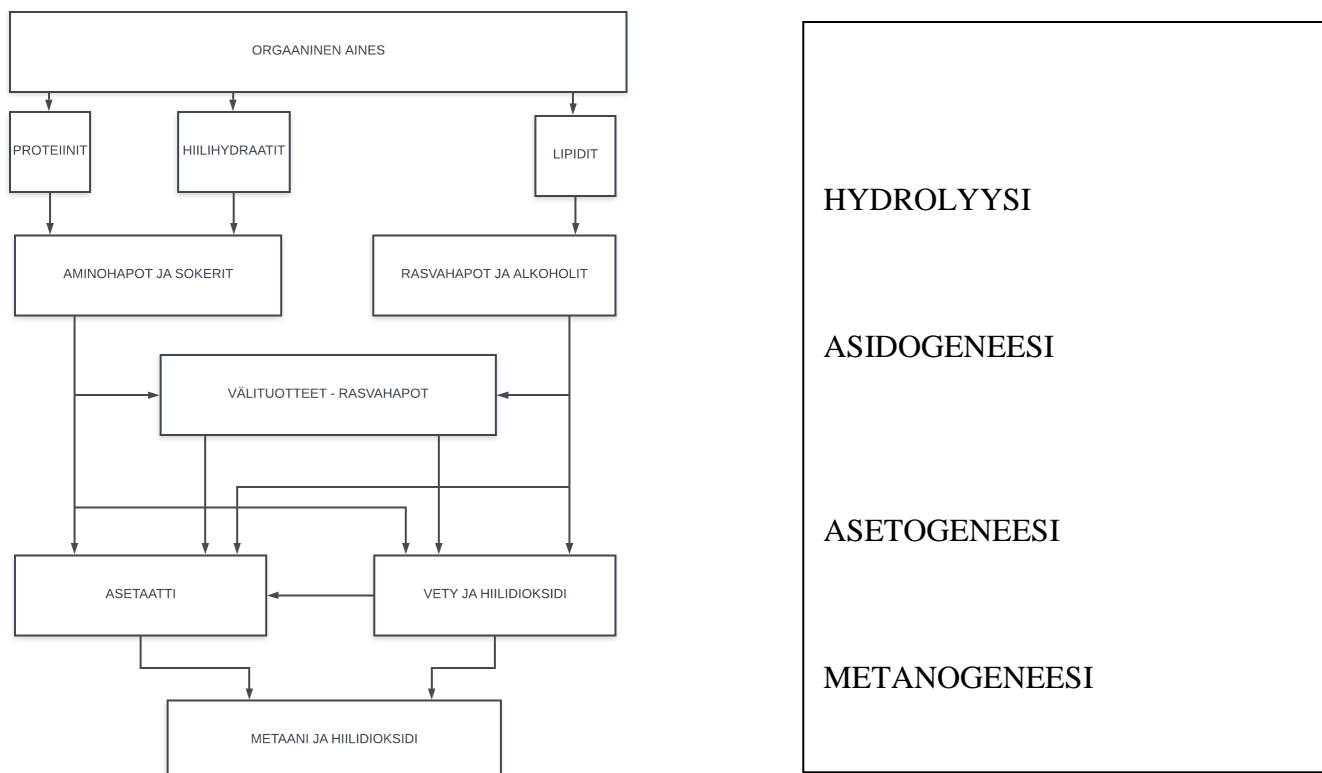
Biokaasun muodostuminen ei ole vain yksi prosessi, vaan se koostuu useasta samanaikaisesti tapahtuvasta prosessista. Jokainen prosesseista vaikuttaa toiseen jollain tavalla ja biokaasutuoton maksimoinniksi on luotava mahdollisimman optimaaliset olosuhteet. Näiden prosessien ymmärtämiseksi vaaditaan hieman kemiaa ja biologiaa.

2.4.1 Anaerobinen hajoamisprosessi

Kuten opinnäytetyön alussa mainittiin, biokaasua eli metaania ja hiilidioksidia syntyy, kun orgaaninen hiilipitoinen aine hajoaa hapettomassa eli anaerobisessa tilassa. Tarkennettuna orgaanisesta aineesta hajoavat hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat. Jokaisessa prosessin vaiheessa toimivat tietyt mikro-organismit, joista jotkut osallistuvat myös useampaan eri vaiheeseen. Anaerobinen hajoaminen voidaan jakaa neljään eri päävaiheeseen: hydrolyysiin, fermentaatioon eli asidogeneesiin, asetogeneesiin ja metanogeneesiin. Osa näistä vaiheista vaikuttaa suoraan sekä seuraavaan vaiheeseen, mutta myös muihinkin, riippuen siitä, mitä tuotetta vaihe käyttää ja tuottaa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 60.)

Hydrolyysi on ensimmäinen vaihe. Hydrolyyttiset bakteerit tuottavat entsyymejä, jotka aloittavat molekyylikooltaan suurien hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen pilkkomisen. Hiilihydraatit, kuten selluloosa ja tärkkelys hajoavat erilaisiksi sokereiksi. Proteiinit pilkkoutuvat peptideiksi ja peptidit aminohapoiksi. Aminohappojen aminoryhmät sisältävät typpeä, joten syötteen suuri proteiinipitoisuus nostaa typpipitoisuutta. Erilaiset rasvat hajoavat erilaisiksi rasvahapoiksi ja alkoholeiksi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 61.)

Fermentaatio, eli käyminen, jota biokaasualalla kutsutaan asidogeneesiksi on hydrolyysia seuraava vaihe. Asidogeneesiin osallistuvat mikrobit käyttävät hydrolyysissa syntyneitä tuotteita orgaanisiksi hapoiksi, esimerkiksi etikka- ja maitohapoiksi. Näitä kutsutaan haihtuvaksi rasvahapoiksi (volatile fatty acids, VFA). Nämä rasvahapot ovat pääasiassa negatiivisia ioneja, jotka saattavat reagoida metallien kanssa synnyttäen suoloja. Tämän lisäksi syntyviä tuotteita ovat ammoniakki, alkoholit, vety ja hiilidioksidi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 62.)



KUVIO 1. Anaerobinen hajoaminen (mukaillen Kymäläinen & Pakarinen 2015, 60)

Anaerobisessa hapettumisessa eli biokaasualan termein asetogeneesissä mikrobit, tässä tapauksessa asetogeenit tuottavat edellisen vaiheen tuotteista asetaattia, hiilidioksidia ja vetyä. Hapettuminen tarkoittaa tässä mielessä hapettuneiden yhdisteiden käyttöä reaktiossa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 62.)

Metanogeneesi on neljäs ja viimeinen vaihe. Metanogeenit käyttävät asetaattia, hiilidioksidia ja vetyä, jolloin tuotteena saadaan metaania ja hiilidioksidia, toisin sanoen biokaasua. Metanogeenit ja asetogeenit toimivat symbioosissa, eli ne ovat syntrofisessa yhteydessä toistensa kanssa. Asetogeenit tuottavat vetyä, jota metanogeenit kuluttavat. Liian korkea vetypitoisuus vähentää asetogeenien toimintaa, joten metanogeenien on käytettävä vetyä saman verran kuin sitä tuotetaan. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 62-63.)

2.4.2 Prosessin olosuhteet ja ylläpitäminen

Kuten edellisessä aluvuossa mainittiin, biokaasun tuottamisessa on monta eri prosessia. Jokainen näitä prosesseista tarvitsisi itselleen ideaaliset olosuhteet, mutta tämä ei ole mahdollista, koska tämänhetkiset

biokaasureaktorit ovat yksi iso tila missä kaikki prosessit tapahtuvat. Näiden prosessien optimisoinnin kannalta onkin oleellista löytää kompromisseja, jolloin koko prosessi olisi mahdollisimman tuottava ja tasapainoinen. Tärkeimpiä olosuhteiden tekijöitä ovat lämpötila, ravinteet, pH (happamuus) ja alkaliniteetti. Tämän lisäksi seurataan myös niiden aineiden pitoisuuksia, jotka voisivat haitata prosessin toimintaa. Näitä aineita kutsutaan toksisiksi tai inhiboiviksi aineiksi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 60.)

Mikrobeiden kannalta sopiva lämpötila reaktorissa on joko 35-43 tai 50-55 astetta. Lämpötilan pitämisen samana on myös tärkeää. Lämpötilan vaihtelu pitäisi pysyä 0,5-2 asteen välillä. Aerobisessa hajoamisessa suurin osa energiasta vapautuu lämpönä, mutta anaerobisessa hajoamisessa lähes kaikki energia siirtyy metaaniin. Tämä tarkoittaa vähäistä lämpötilan muutosta prosessin takia, mutta edellyttää näin ulkoista lämmitystä. Pääravinteet ovat prosessien kannalta hiili, typpi, fosfori ja rikki. Näiden lisäksi tarvitaan myös hivenaineita, esimerkiksi rautaa, sinkkiä ja kuparia. Lantapitoisten syötteiden osalta ravinteet ja hivenaineet ovat hyvässä tasapainossa, mutta esimerkiksi pelkästään kasvibiomassaa käyttävillä laitoksilla on vajauksia tietyistä hivenaineista. Näitä vajauksia voidaan korvata lisäämällä hivenaineita suoraan reaktoriin. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 63-64.)

Eri prosessien mikrobit toimivat parhaiten eri pH:ssa, mutta suurin osa reaktoreista toimii lähes neutraalissa 7-8 pH:n alueella. Tämä pH on todettu hyväksi, sillä kaikki tarvittavat mikrobit kykenevät toimimaan tässä pH:ssa. Sopivan pH-arvon ylläpitämiseen liittyy muutamia tekijöitä. Syötteen koostumuksella on suuri vaikutus, sillä hiilihyaattipitoisista syötteistä syntyvät hapot alentavat pH-arvoa. Proteiinipitoisista syötteistä syntyvä ammoniakki nostaa pH-arvoa. Tämän takia pH-arvoa on seurattava tarkkaan, etenkin kun tapahtuu muutoksia syötteen koostumuksessa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 65.)

Sopivan pH-arvon ylläpitämiseksi reaktoreissa seurataan myös alkaliniteettia, joka kuvastaa reaktorisällön kykyä toimia puskurina, toisin sanoen kykyä neutralisoida happoja ja emäksiä, jolloin pH-arvo pysyy samana, vaikka syötteen koostumus muuttuu. Biokaasureaktoreissa tärkein puskurisysteemi on bikarbonaatti-karbonaatti. Hiilidioksidi liukenee veteen hiilihapoksi ja ionisoituu bikarbonaatiksi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 65.)

Syötteen mukana ja reaktioiden yhteydessä syntyy aineita, jotka voivat raja-arvojen ylitettyään aiheuttaa prosessin hidastumista tai kokonaan sen pysähtymisen. Näitä aineita kutsutaan inhiboiviksi ja toksisiksi aineiksi. Yleisimmät seurattavat aineet ovat rasvahapot, ammoniakki ja rikkivety. Myös tietyt metallit ja hivenaineet sekä antibiootit ja korkea suolapitoisuus ovat inhiboivia. Rasvahappoja syntyy luonnollisesti sitä enemmän, mitä rasvapitoisempaa syöte on. Riskinä suurissa rasvahappopitoisuuksissa on

LCFA-yhdisteiden (Long Chain Fatty Acids) lisääntyminen. Nämä yhdisteet ovat suurina määrinä inhiboivia ja ne saattavat muodostaa pinnalle vaahtoa, joka myös haittaa biokaasun muodostumista. Esimerkkinä raja-arvoista on steariini- ja oleiinihapoille 0,2-0,5g/litra. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 67, 69.)

Ammoniakkia esiintyy reaktorissa kahdessa muodossa: ammoniakkina ja ammoniumionina. Näistä ammoniakki on inhiboivampi kuin ammoniumioni. Tämä käy ilmi yleisistä raja-arvoista, jotka ovat ammoniakille 30-100 mg/litra ja ammoniumionille 1,5-10 g/litra. Ammoniakkipitoisuus on sitä suurempi, mitä typpipitoisempaa syöte on, esimerkkinä sianlanta ja teurasjätteet. Metallien raja-arvoja on vaikea määrittää, sillä eri metalleja on paljon ja ne voivat esiintyä sellaisessa muodossa, joka ei vaikuta reaktioihin. Jotkut metalleista myös vaikuttavat toisiinsa kumoten joskus vaikutukset reaktioihin. Yleisesti raja-arvot ovat joko 10-30 mg/l tai 100-300 mg/l. Suoloilla raja-arvot ovat 5-15g/l välillä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 67-68.)

2.5 Prosessien tuotteet ja niiden hyödyntäminen

Biokaasuprosessien lopputuotteena saadaan biokaasua, mutta tämän lisäksi sivutuotteena syntyy mädätysjäännöstä kaikesta aineesta, joka ei ole prosesseissa hajonnut. Tässä luvussa käydään läpi biokaasun ja mädätysjäännöksen ominaisuuksia, käsittelyä ja näiden erilaisia käyttömahdollisuuksia.

2.5.1 Biokaasu

Raaka maa- tai biokaasu koostuu metaanista, hiilidioksidista ja typestä. Reaktorikaasun, kaatopaikka-kaasun ja maakaasun koostumus vaihtelevat syötteestä ja ympäristöstä riippuen. Jalostettuna kaasujen koostumus on samanlainen. Kaasun koostumus jakautuu energiakaasuun, inerttikaasuihin ja epäpuhtauksiin. Energiakaasuna toimii metaani ja sitä on kaasuissa yleensä eniten. Hiilidioksidi ja typpi ovat inerttikaasuja, jotka eivät aiheuta ongelmia laitteissa tai haitallisia päästöjä. Epäpuhtaudet ovat aineita, jotka ovat haitallisia kaasua käyttäville laitteille. Epäpuhtauksiin kuuluvat rikkivety ja muut rikin yhdisteet. Tämän lisäksi epäpuhtauksia ovat vesi, ammoniakki, siloksaanit, halogenoidut hiilivedyt, erilaiset hiukkaset ja happi. Kaasun alkuperällä on suuri vaikutus koostumukseen (TAULUKKO 3). Esimerkiksi rikkivetyä on reaktorikaasussa yleensä alle 1 tilavuusprosenttia, mutta kaatopaikkakaasussa tätä voi olla

kolminkertainen määrä. Maakaasulla rikkivedyn määrä voi olla mitä tahansa nollan ja 30:n tilavuusprosentin välillä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 126-128.)

TAULUKKO 3. Maa- ja biokaasujen koostumukset jalostettuun kaasuun verrattuna. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 135)

	BIOKAASU - RAAKA	KAATOPAIK- KAKAASU - RAAKA	MAAKAASU - RAAKA	JALOSTETTU MAA- JA BIO- KAASU
METAANI	45-75%	20-55%	44-98%	> 84%
HIILIDIOKSIDI	20-55%	25-50%	0-54%	< 16%
TYPPI	0-5%	10-25%	0,2-26%	< 16%
RIKKIVETY	< 0,8%	< 3%	0-36%	< 0,003%

Raakakaasu puhdistetaan aina ennen käyttöä, mutta poikkeustapauksissa se voidaan polttaa suoraan soihdun avulla. Soihtua käytetään, jos biokaasua syntyy enemmän kuin sitä voidaan varastoida. Kaasua ei saa päästää ulos sellaisenaan, koska metaani on reilusti hiilidioksidia vahvempi kasvihuonekaasu. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 133.)

Pelkässä puhdistuksessa kaasusta poistetaan epäpuhtauksia. Kaasun puhdistaminen takaa niitä käyttävien laitteiden toimivuuden ja vähentää haitallisia päästöjä. Puhdistusjärjestelmä riippuu poistettavista epäpuhtauksista ja puhtaan kaasun käyttötarkoituksesta sekä siihen liittyvän laitteiston vaatimuksista. Puhdistuksessa joudutaan kuitenkin poistamaan vähintään rikkivetyä ja rikkiyhdisteitä sekä vesihöyryä, sillä ne muodostavat yhdessä rikkihappoa. Puhdistettua, jalostamatonta biokaasua käytetään esimerkiksi erilaisissa lämmityskattiloissa ja sähköä tuottavissa moottoreissa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 131-132.)

Bio- ja maakaasua voidaan jalostaa. Kaasun jalostaminen on välttämätöntä esimerkiksi liikennekaasuksi, sillä tehdasvalmisteisilla kaasujoneuvoilla on tarkat vaatimukset kaasun koostumuksesta. Jalostuksessa nostetaan kaasun energiapitoisuutta vähentämällä inerttikaasujen pitoisuutta. Jalostuksen määrä riippuu siitä, mihin jalostettua kaasua aiotaan käyttää. Esimerkiksi moottoreissa käytettävissä kaasussa hiilidioksidi nostaa oktaanilukua, mikä on hyödyllistä moottorin kannalta. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 134.)

Biokaasulla on paljon erilaisia käyttömahdollisuuksia, mutta suurin osa niistä liittyy lämmitykseen, sähköntuottoon, sekä liikenne- ja työkonekäyttöön. Lämmitysjärjestelmissä kaasua poltetaan lämpökattiloissa. Tilanlämmityksen lisäksi voidaan tuottaa prosessilämpöä esimerkiksi biokaasulaitoksen reaktoria varten. Sähköntuotannossa käytetään esimerkiksi polttomoottoreita, stirling-moottoreita, ORC-turbiineja, höyryturbiineja ja kaasuturbiineja. Yhdistettu lämmön- ja voimantuotanto (CHP, Combined Heat and Power) on yleinen toteutus, sillä tällä menetelmällä saadaan biokaasusta irti mekaanista energiaa, joka muutetaan sähköksi. Sähköntuotannosta syntyvä hukkalämpö hyödynnetään ja näin kokonaisyhtöysuhde parantuu. Pienikokoisilla laitoksilla lämmitysjärjestelmä kattaa yleensä tilan ja rakennukset. Suurikokoisissa laitoksissa kaiken lämmön hyödyntämiseksi tarvitaan kaukolämpöjärjestelmä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 150-155.)

Lämmön- ja sähköntuotannossa ei yleensä käytetä jalostettua biokaasua. Tehdasvalmisteisilla liikenne- ja työkoneilla on vaatimuksena standardoidun, jalostetun biokaasun käyttäminen. Otto-moottori on yleisin metaaniajoneuvojen moottorityyppi ja biokaasu on yleensä varastoitu paineistettuna ajoneuvoihin. Metaaniajoneuvoja on monta tyyppiä ja yleensä ne luokitellaan käytettävien polttoaineiden määrän mukaan. Yksi metaaniajoneuvon tyyppi on bifuel -auto, jossa on kaksi polttoainejärjestelmää: yksi kaasulle ja yksi toiselle polttoaineelle, yleensä bensiinille. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 158-160.)

2.5.2 Määtysjäännös

Määtysjäännöstä syntyy aina biokaasuprosessin lopputuotteena. Jäännös koostuu syötteestä, jossa osa orgaanisesta aineesta on muuttunut reaktorissa biokaasuksi. Yleisesti hajoamaton ja vaikeasti hajoava aines muodostavat määtysjäännöksen kuivan aineksen. Jäännöksen koostumus riippuu erilaisista tekijöistä, esimerkiksi syötteestä, lämpötilasta, laitoksen tekniikasta ja viipymästä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 94.)

Määtysjäännöksessä olevat ravinteet ja hivenaineet, kuten typpi, kalium, magnesium ja fosfori tekevät siitä ihanteellisen aineksen lannoitekäyttöön. Mahdollisia erilaisia haitta-aineita ja taudinaiheuttajia, kuten bakteereja, metalleja ja lääkeaineita saattaa jäädä määtysjäännökseen, joten erilaisten syötteiden ja näiden jäännökset on analysoitava tarpeen tullen. Joissakin tapauksissa määtysjäännös on lain mukaan hygienisoitava ennen käyttöä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 94-95.)

Maatilalaitoksissa hygienisointia ei tarvitse lain mukaan tehdä, jos mädätysjäännöstä käytetään suoraan näiden tilojen lannoitteena. Hygienisointi on pakollinen, jos jäännöstä halutaan viedä tilan ulkopuolelle, esimerkiksi lannoiteaineiden valmistusta varten. Biokaasuprosessissa tapahtuu itsessään jonkin verran hygienisointia, mutta yleensä laitoksissa on erillinen hygienisointiyksikkö, jos sellaista vaaditaan. Yleisesti hygienisoinnissa mädätysjäännös siirretään hygienisointiyksikköön, jossa sitä pidetään tunnin ajan 70 asteen lämpötilassa. Tällä menetelmällä saadaan poistettua taudinaiheuttajat. Teollisuuden jätteitä ja sivutuotteita käyttävissä laitoksissa saattaa mädätysjäännökseen jäädä kemikaaleja tai metalleja. Jätevesilietettä hyödyntävissä laitoksissa mahdollisia ongelmia tuovat syötteessä ja jäännöksessä esiintyvät orgaaniset yhdisteet, lääkeaineet ja muovista irtoavat yhdisteet. Tällaisissa laitoksissa syötteen ja jäännöksen analysointi on tärkeää, jotta jäännös olisi standardien mukaista. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 95-98.)

TAULUKKO 4. Hygienisoinnin aikoja ja lämpötiloja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 96)

LÄMPÖTILA (°C)	AIKA
70	1 tunti
55	1 päivä
50	1 viikko
45	1 kuukausi

3 Haapajärven biokaasulaitos

Jokilaaksojen koulutuskuntahtymä JEDU:lla on biokaasulaitos Haapajärven maatalousyksikössä. Laitos valmistui vuonna 2007. Syötteenä käytettävä lietelanta siirtyy navetasta kaivoon raapan avulla, josta reaktoriin, reaktorista jälkimädätykseen (LIITE 4) ja viimeiseksi lietevarastoon. Näiden rakennusten tilavuudet ovat:

- Kokoojakaivo 30 m³
- Reaktori 150 m³
- Jälkimädätysallas 300 m³

Biokaasulaitoksen kaasua käytetään reaktorin ja ammattiopiston tilojen lämmittämiseen ja siitä tehdään myös polttoainetta kaasuautoihin. Vuosien 2013-2015 välillä biokaasulaitoksessa tehtiin kokeita lisäsyötteillä neste- ja kuivamädätysprosesseilla. Vuosien 2017-2018 aikana hankkeena oli kehittää edullisempi järjestelmä liikennebiokaasun tuottamiseen. (JEDU 2015, 2018.)

3.1 Laitoksen ominaisuudet ja tilastot

Reaktorin tilavuus on 150 m³ ja sitä sekoitetaan noin tunnin välein kahdelle akselille sijoitetuilla sekoitinlavoilla. Lietelanta pumpataan suoraan kaivolta reaktoriin ja tarvittaessa syötteeseen lisätään aineita lisäsyöteyksikön (LIITE 3) avulla. Syöteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5%. Syöte siirtyy vapaasti reaktorista jälkimädätykseen normaalitapauksessa, mutta sitä voidaan tarvittaessa siirtää pumpun avulla. Kaasua syntyy 120 m³/päivä, lisäsyötteiden kanssa 200 m³/päivä. Lisäsyötteinä käytetään tässä laitoksessa rehua ja olkia. Lämmön tuottamiseen käytetään Jäskin 30 kW kattilaa ja polttimena Oilon Junioria. (JEDU 2015.)

Biokaasulaitoksessa syntyvän biokaasun arvoja ovat:

- Lämpöarvo 20 MJ/kg
- Tiheys 1,2 kg/m³
- Metaanipitoisuus 55-70%
- Hiilidioksidipitoisuus 30-45%
- Typpipitoisuus 0,2%
- Rikkivetyjä <1000 ppm

3.2 Ohjaus ja valvonta

Pääkeskukseen sijoitetusta ohjausyksiköstä nähdään kaikki laitoksen tiedot. Näytöltä nähdään toimilaitteiden tila ja niitä voidaan tarvittaessa ohjata manuaalisesti. Hälytyslistasta nähdään aktiiviset ja menneet hälytykset. Keskukseen asennettiin uusi tekstiviestirele, joka tarvittaessa lähettää käytönvalvojalle ilmoituksia. Yksiköstä nähdään myös tämän hetkiset tiedot antureilta ja loki aiemmista arvoista ja muista tapahtumista. Etävalvonta toteutettiin aiemmin suuntaamalla web-kamera näyttöä kohti. Logiikkapäivityksen myötä on mahdollisuus etähallintaan.

4 Automaation muutostyö

Hyvin toimiva biokaasulaitos tarvitsee hyvin toimivan automaation. Nykyaikaiseen tapaan tämä on toteutettu hajautetusti sijoitettujen logiikoiden sekä siihen kytkettyjen antureiden ja toimilaitteiden avulla.

4.1 Ohjelmoitavat logiikat sekä I/O -moduulit

Ohjelmoitavat logiikat (Programmable Logic Controller, PLC) ovat tietyn tyyppisiä tietokoneita, joiden avulla toteutetaan automaation ratkaisuja. Logiikoiden kehitys alkoi 1970-luvulla ja nykypäivänä monella valmistajalla on tarjolla omia logiikkoja. Ennen logiikkoja jouduttiin rakentamaan monimutkaisia kytkentöjä erilaisten releiden, aikareleiden ja kytkimien avulla. Näitä komponentteja tarvittiin valtava määrä, etenkin monimutkaisemmissa ratkaisuissa. Muutostöiden tekeminen oli aikaa vievää, sillä pienikin muutos saattoi johtaa monien komponenttien uudelleenjohtamiseen. Logiikkojen ja antureiden myötä automaation tarkkuusalueet ovat parantuneet ja suurempien kokonaisuuksien automatisointi on tullut mahdolliseksi. Muutoksien tekeminen on helpottunut ohjelmoitavuuden avulla. Logiikat vievät myös paljon vähemmän tilaa verrattuna entisiin valtaviin sähkökaappeihin. (Parr, E. A. 1999.)

Logiikoiden toiminta perustuu niiden ohjelmointiin ja niihin liitettyihin I/O-kortteihin (sisääntulo/ulostulo, Input/Output). Yleisimmät sisään-/ulostulotyypit ovat digitaalinen sisääntulo (DI), digitaalinen ulostulo (DO), analoginen sisääntulo (AI) ja analoginen ulostulo (AO). Digitaalisen sisään-/ulostulon suure voi olla vain 0 tai 1, eli pois päältä tai päällä. Käytettävä jännite vaihtelee, mutta 24 voltin tasajännite on yleisesti käytössä. Logiikka voidaan ohjelmoida esimerkiksi kytkemään DO.1 päälle, kun DI.1 on päällä. Analogiset sisääntulot mahdollistavat erilaisten suureiden mittaamisen erilaisilla antureilla. Näillä voidaan esimerkiksi mitata lämpötilaa, etäisyyttä tai massaa. Erilaisia jännite- ja virtatasoja on olemassa, esimerkiksi yleisesti käytössä oleva 4-20 milliampeerin virta. Vastaavasti analoginen ulostulo mahdollistaa samankaltaisten jännite/virtasignaalien lähettämisen eteenpäin.

Logiikat ovat yleensä modulaarisia eli niitä voidaan räätälöidä erilaisiin ja erikokoisiin tarkoituksiin. Ne koostuvat itse logiikkaosasta ja I/O-korteista. Logiikkaosa on tietokone ja se toimii yleensä myös terminaalina, jolloin siinä on sisääntulo ja ulostulo väyläliitäntää varten. Nämä toimivat yleensä joko 24 voltin tasajännitteellä tai 230 verkkojännitteellä. Tämä mahdollistaa logiikoiden kommunikoinnin toistensa

kanssa ja näin niiden sijoittamisen eri paikkoihin. Jotkin logiikkaosat voivat jo itsessään sisältää joitain I/O-paikkoja.

I/O-moduulit, joita kutsutaan myös I/O-korteiksi, ovat nimensä mukaisesti osia, joilla logiikkaan saadaan lisää sisään/ulostuloja. Näitä kortteja liitetään tarpeen mukaan logiikkaan kiinni. Yksi moduuli sisältää yleensä yhdentyypistä sisään/ulostuloa. Korttien yhteydessä puhutaan pinneistä ja kanavista. Pinni on kortissa osa, johon tietty johto liitetään. Pinnien sijainti on saman valmistajan korteissa aina samalla tavalla merkitty. Kanavat kertovat mistä sisään/ulostulosta on kyse ja kuinka paljon näitä on. Ohjelmoinnissa ei määritellä pinnejä, vaan kanavat. Kun tiedetään kanava, voidaan selvittää sen kanavan käytettävät pinnit. Pinnien ja kanavien paikat näkyvät yleensä kortin kyljessä ja tuoteselosteessa. I/O-taulukko on määritetty pinnit ja kanavat. Näiden kanssa on oltava tarkkana, etenkin kun eri valmistajilla on erilaiset tavat merkitä pinnejä ja kanavia. Esimerkiksi voidaan ottaa 8-kanavainen DI ja 8-kanavainen PT100-lämpöanturille suunniteltu AI. DI-kortissa pinnit ja kanavat saattavat olla samat: 1-pinni tarkoittaa 1-kanavaa. PT100-anturi vaatii kortilta kaksi paikkaa. Anturille lähtevä johdin kytketään 1-pinniin, mutta anturilta palaava johdin kytketään 5-pinniin. Tämä kokonaisuus on siis 1-kanava.

4.2 Haapajärven biokaasulaitoksen automaatio

Biokaasulaitoksen automaatioissa käytettävät logiikat on hajautettu pääkeskukseen ja muutama ryhmäkeskukseen. Pääkeskuksessa on myös näyttö, josta voidaan seurata ja ohjata laitosta. Näytöstä nähdään antureiden tiedot, hälytykset ja loki. Tämän lisäksi sieltä nähdään laitteiden tila ja niitä voidaan tarvittaessa ohjata manuaalisesti paneelin kautta. Pääkeskuksen yhteydessä on kattila ja poltin sekä kaasunkorotuspuhallin ja paineistusjärjestelmä liikennekäyttöä varten. Lisäyöteyksikön ja jälkimädätyksen vieressä on omat ryhmäkeskukset. Reaktorirakennuksen molemmilla puolella on oma ryhmäkeskus.

4.2.1 Uusi laitteisto

Uudet logiikat ovat Beckhoffin laitteistoa. Pääkeskukseen sijoitettiin Beckhoffin IPC eli teollisuustietokone. Tämä IPC toimii kuten normaali logiikka, mutta se on kehittyneempi ja suorituskykyisempi, mikä mahdollistaa monipuolisemmat toiminnot ja esimerkiksi kaukokäytön. Tähän tietokoneeseen on myös liitetty kosketusnäyttö, jolloin kokoonpanoon saatiin samanlaiset seuranta- ja hallintaominaisuudet kuin vanhoilla laitteilla. Muissa ryhmäkeskuksissa käytetään EtherCAT-terminaaleja. Logiikka ja terminaalit

ovat yhteydessä toisiinsa Beckhoffin EtherCAT-väylällä, joka nimensä mukaisesti käyttää ethernet-liitäntää väylän muodostamiseen. Uusia I/O-moduuleita olivat esimerkiksi:

- EL1809: 16-kanavainen DI,
- EL2809: 16-kanavainen DO
- EL3058: 8-kanavainen AI.

4.2.2 Automaation päivittäminen

Biokaasulaitos valmistui yli kymmenen vuotta sitten ja vanhat logiikat haluttiin vaihtaa uusiin. Vanhat logiikat olivat Phoenix Contactin tuotteita. Päivittämällä parannettaisiin laitoksen toimintavarmuutta ja helpotettaisiin mahdollisten tulevien muutoksien tekemistä. Opinnäytetyön varsinaisena työnä oli päivittää biokaasulaitoksen automaatioon liittyvät sähkökuvat. Tämä tarkoitti piirikaavioita ja I/O-taulukkoita. Vanhat kuvat löytyivät vain paperisessa muodossa, joten päivityksen myötä kuvat saatiin myös digitaaliseksi. Sähkösuunnitteluohjelmalla käytettiin CADS -ohjelmaa. Logiikoiden asentamisesta ja ohjelmoinnista vastasi Demeca Oy.

Vanhojen I/O-taulukoiden avulla saatiin selville, minkälaista logiikkaa ja I/O-moduuleita tarvittiin päivitystä varten. Uusi laitteisto tilattiin Beckhoffilta. Vanhojen taulukoiden mukaan tehtiin aluksi uudet taulukot ja samalla lisättiin tai poistettiin lähtöjä ja tuloja tarpeen mukaan. Tämän raakaversioiden avulla tilattiin uudet logiikat ja kortit. Lopullinen versio I/O-taulukoista tehtiin, kun ohjelmointi oli valmista. Jokaiselle keskukselle tehtiin oma I/O-taulukko.

A5_1	1.1		Vikavirtajuojat		
A5_1	2.1		24 V DC		
A5_1	1.2		Hätäseis	RK1	Painettu
A5_1	2.2		Hätäseis	Kylmäpääty	Painettu
A5_1	1.3		Hätäseis		OK

KUVA 2. Ote vanhasta I/O-taulukosta. 1. sarake on kortti, 2. sarake on pinni.

I/O-TYYPPI	KANAVA	OSOITE	KUVAUS	KORTIN TYYPPI	HUOM.
DI	1	1	Vikavirtasuojat	EL1809	OK
DI	2	2	24 V DC	EL1809	OK
DI	3	3	Hätäseis - RK1	EL1809	Painettu
DI	4	4	Hätäseis - Kylmäpääty	EL1809	Painettu
DI	5	5	Hätäseis	EL1809	OK

KUVA 3. Ote uudesta I/O-aulukosta. Osoite on pinni tässä tapauksessa.

Vanhojen logiikoiden vaihtaminen uusiin sujui hyvin hyödyntämällä vanhoja ja uusia I/O-aulukoita. Vaihtaminen tehtiin yksi kortti ja johdin kerrallaan. Vanha ja uusi logiikka laitettiin vierekkäin ja johdotus siirrettiin suoraan vanhasta kortista uuteen korttiin. Kyseessä oli eri valmistajien logiikat, joten pinnien merkinnät olivat erilaiset. Vanhasta taulukosta katsottiin, mihin pinniin tietty johdin oli kytketty ja uudesta taulukosta saatiin selville, mihin pinniin tämä johdin siirrettiin.

5 Yhteenveto ja loppupäätelmät

Muutostyöt ja dokumentointi onnistuivat. Vanhat logiikat vaihdettiin uusiin ja väyläliikenne saatiin muodostettua ilman suurempia ongelmia. Sähkökuvat ja I/O-aulukot päivitettiin ja tallennettiin digitaaliseen muotoon. Suunnittelun ja varsinaisen muutostyön välillä oli muutamia pidempiä taukoja johdun urakoitsijan omista aikatauluista. Työ meni kuitenkin sujuvasti, kun sitä tehtiin.

Opinnäytetyön tekemisen myötä sain lisää tietoa ja kokemusta ohjelmoitavien logiikkojen suhteen, automaatio- ja sähkösuunnittelusta sekä muutostöiden kannalta oleellisista asioista. Tämän lisäksi sain paljon uutta tietoa biokaasuteknologiasta.

LÄHTEET

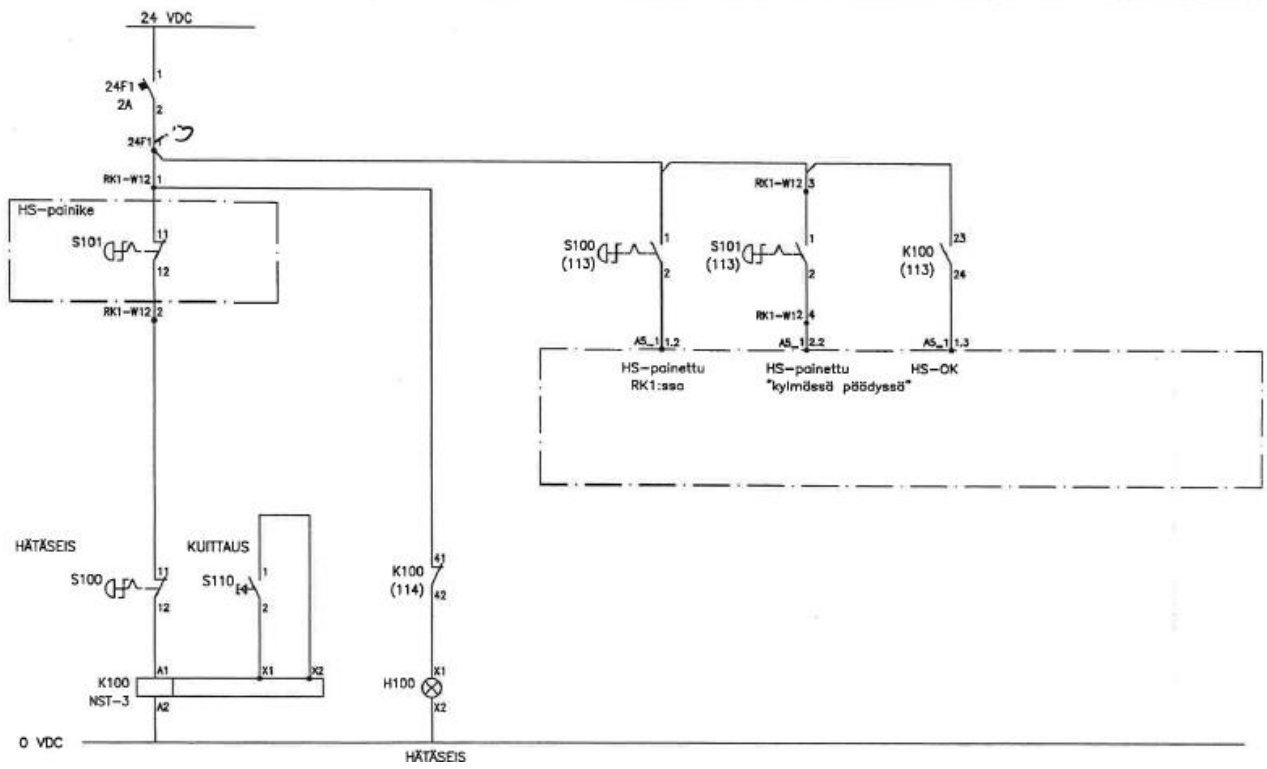
Jokilaaksojen koulutuskuntayhtymä. 2015. Biokaasusta energiaa ja lannoitetta. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jedu.fi/hanke/biokaasusta-energiaa-ja-lannoitetta/1084> Viitattu 11.3.2019

Jokilaaksojen koulutuskuntayhtymä. 2018. Biokaasun puhdistus liikennekaasuksi käyttämällä tuhkapuhdistusta ja kalvoerotusta. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jedu.fi/hanke/biokaasun-puhdistus-liikennekaasuksi-kayttamalla-tuhkapuhdis/1079> Viitattu 11.3.2019.

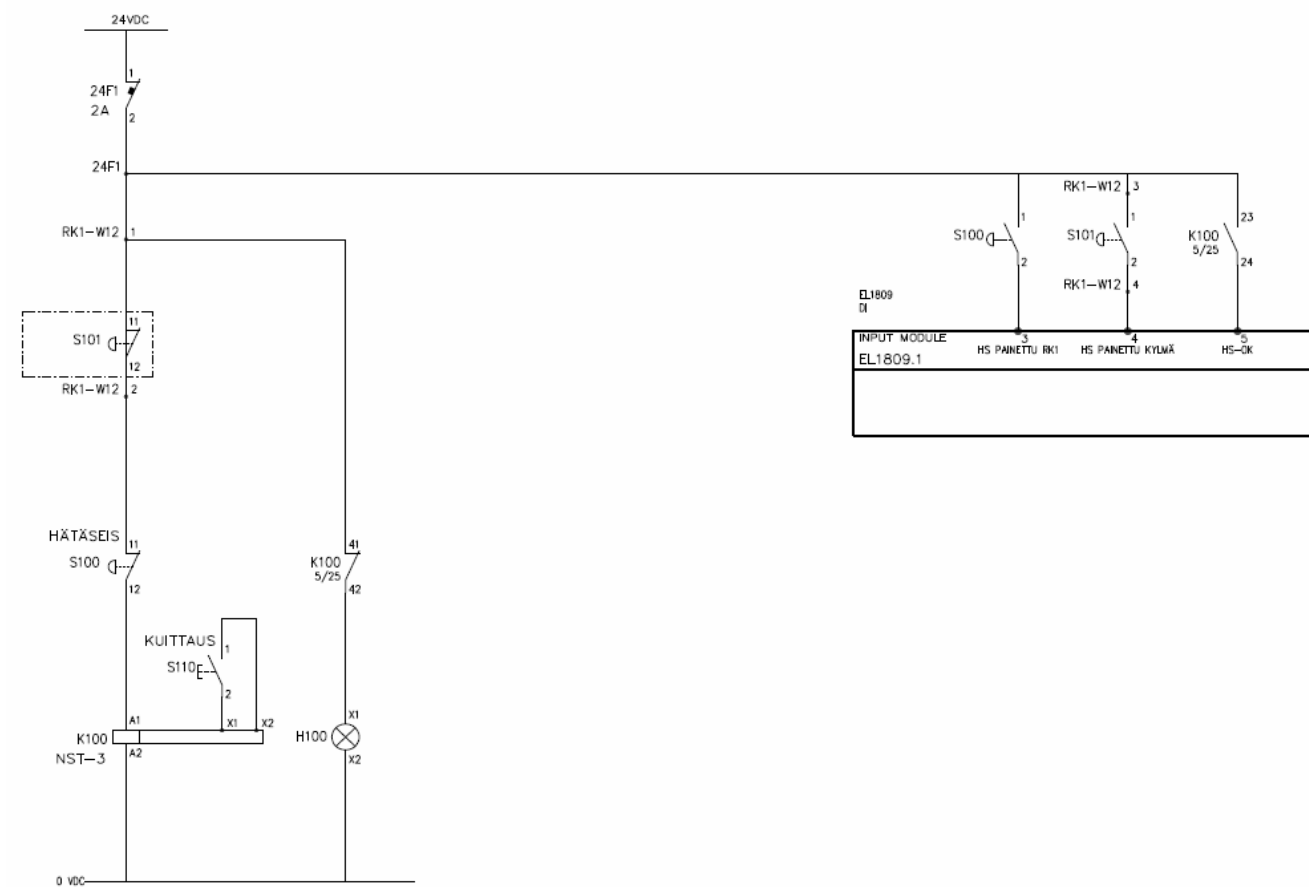
Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. BIOKAASUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Parr, E. A. 1999. Industrial Control Handbook. Industrial Press Inc.

Suomen Biokaasuyhdistys ry. 2018. Suomen Biokaasulaitokset 2018. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=13rXLSSjC122A6tKMt7MladExekzAaQeu> Viitattu 6.2.2019.



Ote vanhoista sähkökuvista



Ote uusista sähkökuvista



Kuva JEDU Haapajärven biokaasulaitoksesta. Edessä näkyvä laite on lisäyöteyksikkö, josta johdetaan putki taustalla olevaan reaktorirakennukseen.



Kuva biokaasulaitoksen jälkimädätysaltaasta ja kaasuhupusta.