

Hermann Korkeamäki

BIODIESELPROSESSIN AUTOMATISOINTI

BIODIESELPROSESSIN AUTOMATISOINTI

Hermann Korkeamäki
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikka, projektoinnin sv.

Tekijä: Hermanni Korkeamäki
Opinnäytetyön nimi: Biodieselprosessin ohjelmointi
Työn ohjaaja: Timo Heikkinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 31 + 2 liitettä

Opinnäytetyön aiheena on biodieselprosessin ohjelmointi. Työ toteutettiin Oulun seudun ammattiopiston kemian osastolle.

OSAO:n kemian osaston biodieselin valmistusprosessilla voidaan valmistaa ajoneuvokäyttöön soveltuvaa dieseliä rypsiöljystä. Prosessi oli toteutettu käsikäyttöisin venttiilein ja prosessin ohjaaminen tapahtui venttiilejä kääntämällä.

Biodieselin valmistusprosessi tuli automatisoida käyttäen MetsoDNA-automaatiojärjestelmää. Opinnäytetyö koostuu suunnittelutyöstä prosessin muuttamiseksi automaattiseksi laitteistoksi, prosessin ohjelmoinnista toimimaan itsenäisesti sekä käyttöliittymän valmistamisesta.

Opinnäytetyön lopputuloksena biodieselprosessi saatiin ohjelmoitua toimimaan itsenäisesti. Ohjelmiasovellus ja käyttöliittymä testattiin toimivaksi simuloimalla prosessia Oulun ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa. Automaatiojärjestelmän käyttöönottoa ei voitu toteuttaa laitehankintojen siirtyessä, mutta ohjelma ja käyttöliittymä ovat valmiita toteutettavaksi.

Asiasanat: ohjelmointi, automaatioprojekti, biodiesel

ALKULAUSE

Haluan kiittää Oulun seudun ammattiopistoa mahdollisuudesta toteuttaa mielenkiintoinen opinnäytetyö. Biodieselprosessi itsessään oli mielenkiintoinen ja automaatioprojekti tuotti paljon molemmille osapuolille.

Haluan myös kiittää työn ohjaajaani Timo Heikkistä avusta ohjelmoinnissa esille tulleiden kiperien haasteiden selvittämisessä sekä joustavuudessa opinnäytetyön loppumetreillä.

29.5.2015

Hermann Korkeamäki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 BIODIESELPROSESSI	7
2.1 Prosessin kuvaus	7
2.2 Biodiesel	9
2.3 Prosessin käsiohjaus	11
3 AUTOMATISOINTI	13
3.1 Automatisoinnin perusteita	13
3.2 Automaatioprojekti	14
3.3 Automaatiojärjestelmä	14
3.4 Automaatiosuunnittelu	16
4 TYÖN SUORITUS	17
4.1 Laitteistosuunnittelu	17
4.2 Ohjelmointi	20
4.2.1 Sekvenssiohjelma	20
4.2.2 Toimintamoduulit	24
4.2.3 Käyttöliittymä	25
5 KÄYTTÖÖNOTTO	27
5.1 FAT-testaus	27
5.2 Käyttöönotto	27
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	30
LIITTEET	
Liite 1. PI-kaavio	
Liite 2. FAT-testauspöytäkirja	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa automatisointi biodieselprosessiin, jossa valmistetaan rypsiöljystä ajoneuvokäyttöön soveltuvaa dieselpolttoainetta. Prosessilaitteisto on opetuskäytössä Oulun seudun ammattiopiston kemian osastolla, joka myös toimi opinnäytetyön tilaajana. Osuuteni automatisoinnista oli biodieselprosessin automaatiojärjestelmän ohjelmointi käyttäen Metson prosessiautomaatiojärjestelmää.

Alkuperäinen laitteisto oli toteutettu käsikäyttöisillä venttiileillä, joilla ohjataan prosessin toimintaa. Valmistusprosessi oli hidas ja sen ohjaaminen on haastavaa, sillä valmistusvaiheissa joudutaan kääntämään venttiileitä ja lukemaan mittareita eri puolin laitteistoa samanaikaisesti. Prosessi haluttiin automatisoida käytettävyyden, tehokkuuden, taloudellisuuden sekä turvallisuuden vuoksi. Automatisoinnin ansiosta biodieselprosessin ohjaaminen helpottuu huomattavasti ja valmistusajat lyhenevät.

Projektissa haasteen loivat vaaralliset aineet, kuten metanoli ja lipeä. Ohjelmoinnilla on kyettävä lukitsemaan kaikki virheelliset toiminnot, jotta vaaraa ei pääse syntymään. Lisäksi haastetta toi se, että laitteisto oli suunniteltu käytettäväksi käsin eikä prosessi sisältänyt automaattiseen ohjaamiseen soveltuvia mittalaitteita. Työhön kuului siis myös mittausten liittäminen automaatiojärjestelmään, jotta prosessia voidaan käyttää automaattisesti ja luotettavasti.

Työn tavoitteena oli saada biodieselprosessi toimimaan itsenäisesti ja vaatimukset täyttävästi automaation avulla. Prosessin etenemistä tulee voida seurata sekä tarvittaessa ohjata manuaalisesti käyttöliittymän avulla.

2 BIODIESELPROSESSI

2.1 Prosessin kuvaus

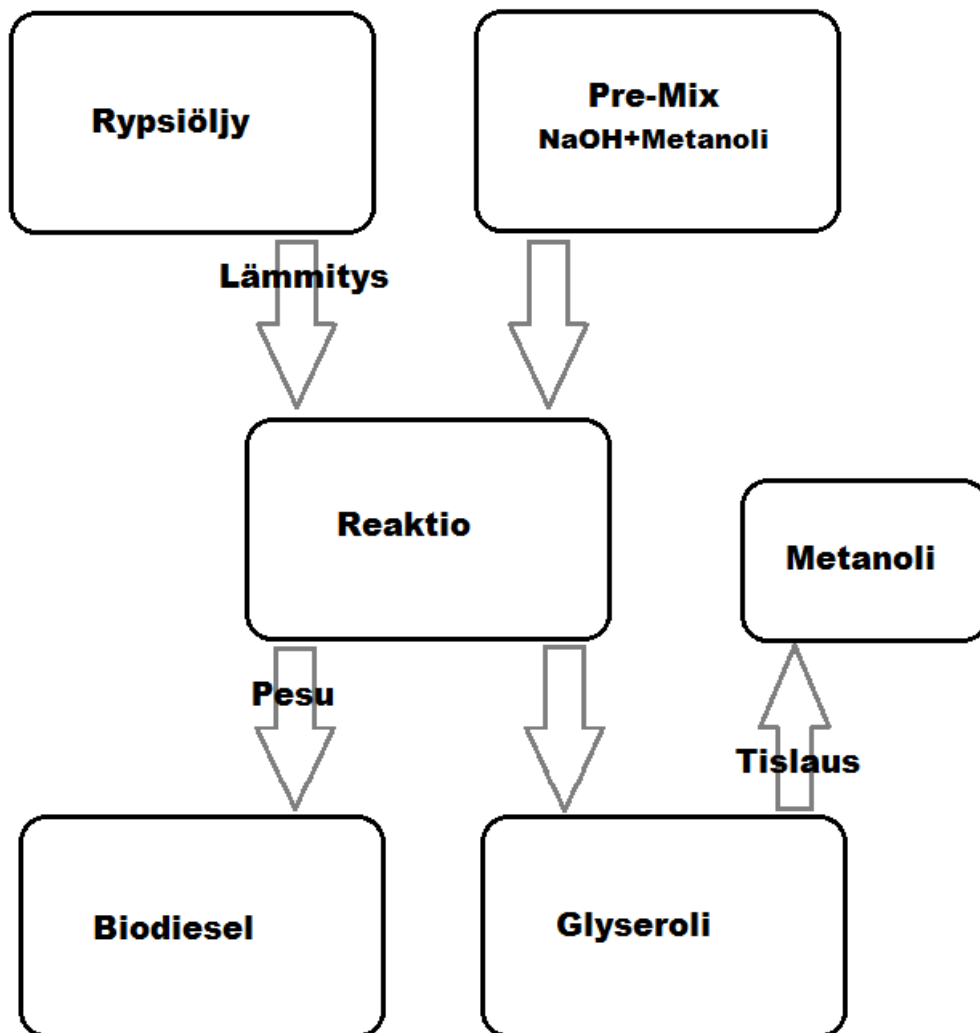
OSAO:n kemian osaston prosessilaitteiston tarkoituksena on valmistaa rypsiöljystä biodieseliä. Biodieselillä tarkoitetaan uusiutuvista luonnonvaroista valmistettua dieselmootoreiden polttoainetta. Biodieselin valmistusprosessi toteutetaan useassa vaiheessa ja lopputuloksena saadaan moottorikäyttöön suoraan soveltuvaa polttoainetta.

Prosessilaitteiston pääosan muodostavat reaktiosäiliö ja pesusäiliö, jotka ovat kukin tilavuudeltaan 200 litraa ja ovat lämmitettäviä. Laitteistoon kuuluvat lisäksi Pre-Mix -säiliö, glyserolisäiliö ja alipainesäiliö. Aineita sekoitetaan ja siirretään kiertopumpun avulla. Prosessinesteiden kulkua ohjataan 22 venttiilin avulla. Prosessissa käytetään ali- ja ylipaineista ilmaa, jotka tuotetaan siirtämällä ilmaa alipainepumpun ja venttiilien avulla prosessista ulos tai sisäänpäin. (Kuva 1.) (Liite 1.)



KUVA 1. Prosessilaitteisto

Biodieselprosessi jakautuu kahteen pääosaan, dieselin valmistukseen ja pesuun (kuva 2).



KUVA 2. Prosessin kuvaus

Valmistusosassa rypsiöljy pumpataan kiertopumpun avulla reaktiotankkiin. Rypsiöljy lämmitetään 42 °C:een säiliössä olevan lämmitysvastuksen avulla ja lämpöä tasataan kierrättämällä nestettä säiliössä. Lämmitetystä rypsiöljystä otetaan näyte, josta saadaan titraamalla selvitettyä Pre-Mix-lisäaineen määrä. Pre-Mix -lisäaine on alkoholi-katalyyttiseos, jolla rypsiöljystä saadaan poistettua glyseroli. Biodieselin valmistamiseen rypsiöljystä käytetään Pre-Mix-seoksessa alkoholina metanolia ja katalyyttinä natriumhydroksidia. Pre-Mix-seos kaadetaan kuulilla varustettuun Pre-Mix-säiliöön ja sekoitetaan käsipumpun avulla. Kuulat auttavat sekoituksessa ja estävät seosta jähmettymästä. Seos

siirretään reaktiotankkiin kiertopumpun avulla. Seoksia sekoitetaan kierrättämällä tunnin verran, jolloin aineet saadaan reagoimaan keskenään. Reaktion seurauksena glyseroli erottuu rypsiöljystä ja painuu pohjalle. Seoksen annetaan laskeutua ja kerrostua tunnin ajan, jonka jälkeen glyseroli siirretään pohjasta imien alipaineen avulla glyserolitankkiin. Glyserolitankkiin kerätystä glyserolista poistetaan metanoli tislamalla. Metanoli kondensoituu tislatussa alipainetankkiin ja se voidaan käyttää uudestaan. (1, s. 3–5, 7–8.)

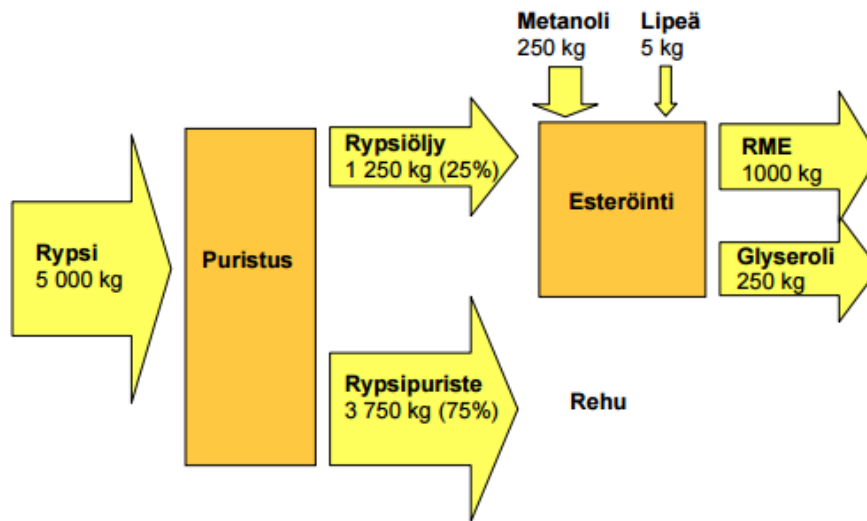
Prosessin toisessa osassa reaktiotankkiin jäljelle jäänyt biodiesel siirretään kiertopumpulla pesutankkiin, jossa siitä poistetaan epäpuhtauksia. Lämpötilaa ylläpidetään pesutankin lämmitysvastuksen avulla. Pesutankissa olevan biodieselin päälle suihkutetaan kuumaa vettä, joka laskeutuessaan pohjalle sitoo itseensä epäpuhtauksia dieselistä. Veden annetaan laskeutua kaksi tuntia, jonka jälkeen pohjalle kerrostunut vesi voidaan valuttaa pois. Biodiesel pestään toiseen kertaan käyttäen apuna mikrokuplia veden syötön ajan. Mikrokuplat syntyvät puhaltamalla biodieseliin paineilmaa pienten suuttimien läpi. Mikrokuplat tehostavat veden vaikutusta puhdistukseen. Kun vesi on laskeutunut, se poistetaan pohjasta valuttamalla. Jäljelle jää puhdasta biodieseliä, joka pumpataan ulos partikkelisuodattimien läpi, jolloin mahdolliset kiintoaineet saadaan erotettua pois. (1, s. 8–9.)

2.2 Biodiesel

Rypsiöljyä ei sellaisenaan voida käyttää dieselmootoreissa sen sisältämän glyserolin vuoksi. Rypsiöljyn sisältämä glyseroli nostaa polttoaineen viskositeettia, jolloin esiintyy ongelmia polttoaineen syötössä. Glyseroli ei rypsiöljyn seassa pala kunnolla, ja tästä seuraa runsasta karstoittumista. (3, s. 21.)

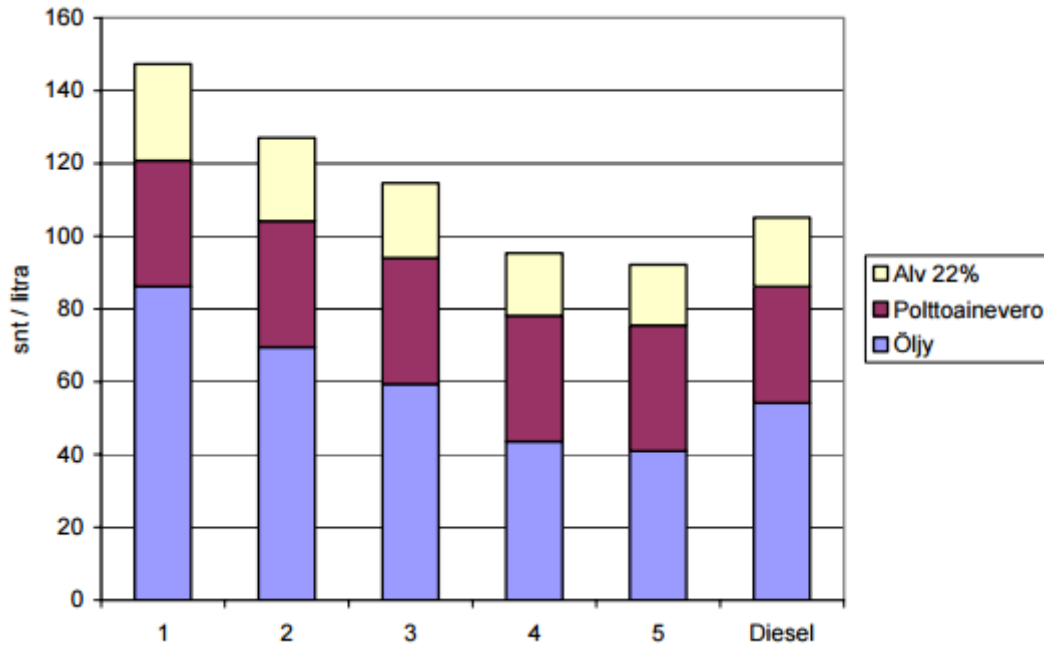
Biodieselin valmistamiseen käytetään kemiallista reaktiota, jossa päätuotteena syntyy biodieseliä ja sivutuotteena glyserolia. Reaktio tapahtuu lisäämällä rypsiöljyyn katalyytti-alkoholiseos (Pre-mix), jolla irrotetaan rypsiöljystä glyseroli. Menetelmää kutsutaan esteröinniksi. Esteröinnillä voidaan valmistaa biodieseliä lähes kaikista eläin- ja kasvipärisistä öljyistä. Seokseen tarvittavan alkoholin ja katalyytin määrää käytetty öljy tai biomassa. Reaktion syntymiseen tarvitaan

myös riittävästi lämpöä. (2, s. 9–10.) (Kuva 3.)



KUVA 3. Valmistamisen arvioidut ainemäärät. (2, s. 10)

Biodieselin valmistuskustannukset ovat paljon riippuvaisia käytettävien raaka-aineiden hinnasta. Nykyiseen raakaöljystä valmistetun dieselin hintaan (1,30 €) verrattuna ei biodieselin käytöllä saada erityisiä kustannussäästöjä pienillä tuotantomäärillä, kun otetaan huomioon käytetyt raaka-aineet, laitteistokustannukset, polttoainevero sekä valmistevero. Biodieselin tuotantomäärä vaikuttaa hintaa merkittävästi, sillä raaka-aineiden suuret tilausmäärät laskevat hintaa ja työn osuus valmistuksessa laskee. Hyöty rypsiöljystä valmistetun biodieselin käytölle on pääasiassa uusiutuvan energian käyttö sekä alhaisemmat hiilidioksidipäästöt. Kuvassa 4 on esitetty biodieselin arvioidut valmistuskustannukset suhteessa laitoksen kokoon. OSAO:n prosessilaitteistossa valmistuskapasiteetti on noin 100 litraa dieseliä vuorokaudessa, jota kuvataan kuvassa 4 laitteistolla 1. Vertailun vuoksi laitteiston numero 5 valmistuskapasiteetti on noin 3000 litraa vuorokaudessa. (2, s. 11–12, 31; 4.)

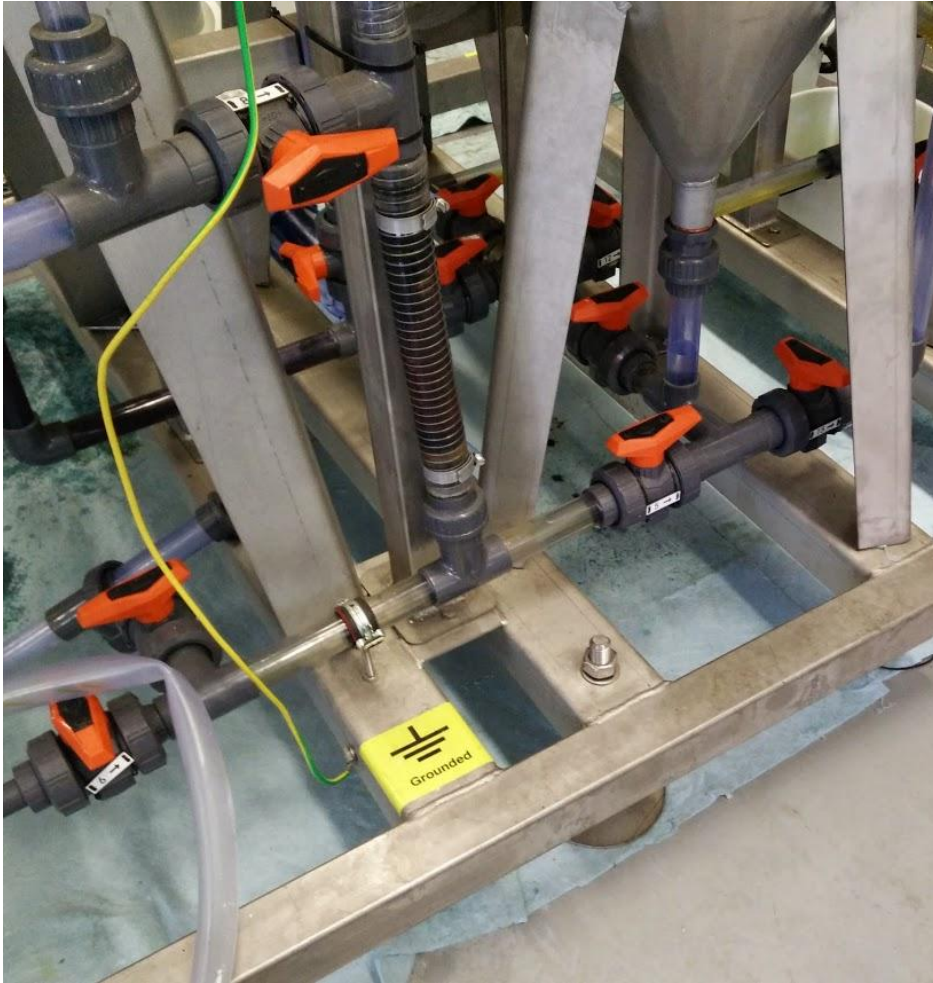


KUVA 4. Polttoaineiden kustannukset biodieselin valmistusprosessinlaitteiston koon mukaan. Vertailukohta kaupallinen raskasöljystä valmistettu diesel. (2, s. 33)

2.3 Prosessin käsiohjaus

Kemian osaston biodieselprosessi oli rakennettu käsikäyttöiseksi prosessilaitteistoksi. Biodiesellaitteistoa ohjataan venttiileillä, pumpuilla ja lämmittimillä. Mittalaitteita prosessilaitteistossa ei paineenmittauksen lisäksi ole muita kuin tarkistusputket säiliöissä.

Biodieselprosessin ohjaaminen manuaalisesti suoraan toimilaitteista on haastavaa, sillä jokaisessa prosessin suoritusvaiheessa joudutaan tekemään useita toimenpiteitä samanaikaisesti. Venttiilit sijaitsevat ympäri prosessilaitteistoa, jolloin niiden samanaikainen käyttö on mahdotonta. Laitteiston alaosassa on usean venttiilin rypäs, jolloin väärän venttiilin kääntäminen saattaa seurata huolimattomuudesta. (Kuva 5.)



KUVA 5. Alkuperäiset käsiventtiilit.

Inhimilliset virheet voivat vioittaa laitteistoa, pilata valmistuserän tai aiheuttaa vaaratilanteita esimerkiksi tyhjäämällä Pre-Mix-seoksen laitteen ympäristöön. Laitteiston ohjaaminen suoraan toimilaitteista altistaa käyttäjän vaaraan, koska käyttäjä joutuu silloin työskentelemään vaarallisten aineiden läheisyydessä.

Kun laitteiston toiminta muutetaan toimimaan automaattiseksi, saadaan tasattua valmistuserien laatu ja prosessin kulku pysyy samanlaisena jokaisella valmistuserällä. Lisäksi tarkoilla mittauksilla sekä säädöillä voidaan nopeuttaa valmistusprosessia sekä optimoida tuotantoa.

3 AUTOMATISOINTI

3.1 Automatisoinnin perusteita

"Automaatio tulee kreikankielisestä sanasta automatos, joka tarkoittaa itsetoimivaa. Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen ohjaavaa tai suorittavaa osuutta. Automaatti on automaattisesti eli itsestään toimiva kone tai laite. Automaatio käsitetään usein vain teollisuuden koneistojen ja prosessien automaatioksi, mutta itsestään toimivia laitteita ja järjestelmiä on myös kodeissa, liikenteessä, maanviljelyssä, luonnossa - miltei kaikkialla." (5.)

Koneiden ja laitteiden automatisoinnilla on monta puoltavaa syytä. Ihmisille vaarallisten prosessivaiheiden toteuttaminen automatiikan parantaa turvallisuutta ja sillä myös saadaan minimoitua prosessissa tapahtuvien virheiden määrät, jolloin vaaratilanteita ei synny niin helposti. Lisäksi automatisoinnilla voidaan helpottaa ihmisten tekemiä raskaita ja kuluttavia työtehtäviä, jolloin elämänlaatu paranee ja työtaakka kevenee.

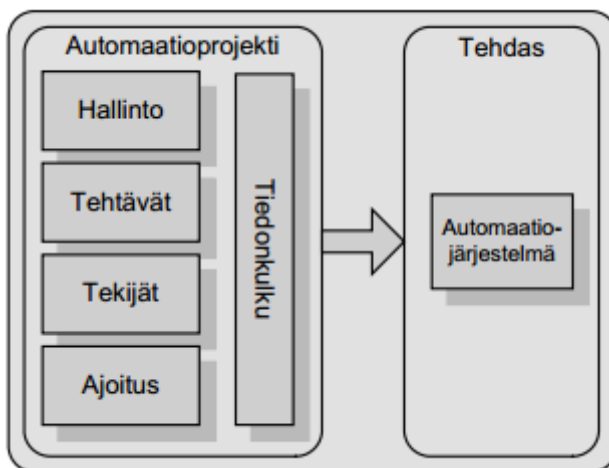
Toinen lähestymistapa automatisoinnille on kannattavuus. Kun ihmistyö korvataan automaattisesti toimivilla laitteilla, saadaan liiketoimintakustannuksista vähennettyä muuttuvia kustannuksia, joita ovat esimerkiksi palkat. Lisäksi prosessien tehokkuutta voidaan parantaa optimoimalla tuotantovaiheita sekä erilaisten säätöjen avulla.

Automatisointi sisältää instrumentoinnin eli laitteistosuunnittelun sekä ohjelmoinnin. Prosessi, joka muunnetaan toimimaan automaattiseksi, tarvitsee usein muutostöitä laitteistoon.

Automatisointi alkaa suunnittelusta, jossa yhdistyvät instrumentointi sekä ohjelmointi. Automatisoinnin suunnittelu toteutetaan prosessin toimintavaatimusten mukaan. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kaikki seikat prosessin automaattisen toiminnan kannalta. Automaattisesti toimiva prosessilaitteisto vaatii usein paljon mittatietoja, jotta toiminta on luotettavaa ja tehokasta.

3.2 Automaatioprojekti

Automaatioprojektilla tarkoituksena on etsiä automaatiojärjestelmän toteuttamiseen, käyttämiseen ja ylläpitoon tarvittavat tiedot, sekä lopulta toteuttaa järjestelmä. Projektit ovat usein monipuolisia ja haastavia, jonka vuoksi niiden läpikäymiseen tarvitaan tekijöitä eri sektoreilta. Projektiin osallistuu esimerkiksi projektipäällikkö, suunnittelijat sekä käyttäjiä tai asiantuntijoita antamaan lähtötietoja. Projektin hallinnointiin tarvitaan usein myös taloudesta, aikataulutuksesta ja tehtävien jakamisesta vastaavia henkilöitä. Näiden eri sektoreiden tiedonkulun kautta toteutetaan automaatioprojekti. (6, s. 8.)



KUVA 6. Automaatioprojektin toteuttaminen (6, s. 8)

3.3 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä koostuu erilaisista automaatiolaitteista, kuten mittalaitteista, toimilaitteista, ohjaimista, käyttöliittymistä ja tiedonsiirtolaitteista. Nykyautomaatiossa lähes kaikki laitteet ovat tietokoneita jotka kommunikoivat keskenään käyttäen eri tiedonsiirtomenetelmiä. (6, s. 10.)

Automaatiojärjestelmä voidaan toteuttaa yksittäisillä logiikoilla (PLC, Programmable Logic Controller) tai kokonaisvaltaisilla prosessinohjausjärjestelmillä (DCS, Distributed Control System). Opinnäytetyön biodieselprosessissa käytettiin automaatiojärjestelmänä MetsoDNA-

järjestelmää. Järjestelmää voidaan käyttää logiikkana jollekin pääjärjestelmälle, mutta yleisimmin se on käytössä prosessin tai prosessilaitoksen pääjärjestelmänä (DCS). MetsoDNA on teollisuusprosessien ohjaukseen tarkoitettu kokonaisautomaatiojärjestelmä, jonka avulla yksinkertaistetaan automaatiojärjestelmiä sisällyttämällä kaikki tarvittava prosessin ohjaukseen liittyvä samaan pakettiin. MetsoDNA:lla voidaan toteuttaa esimerkiksi valvomojärjestelmä, hajautettu prosessinohjaus, väyläohjaukset, ohjelmointi, diagnostiikka- ja kunnossapito. (7, s. 1–16.)

Opinnäytetyön MetsoDNA SR1 on pieniin ja keskisuuriin prosesseihin tarkoitettu prosessinohjausjärjestelmä. SR1 sisältää samat ominaisuudet kuin isommat MetsoDNA-järjestelmät, mutta pienemmällä I/O-määrällä sekä suppeamilla väyläliitynnöillä. (8, s. 1–4.)

Interfaces

The interfaces available in ACN SR1 are:

- One Ethernet port 10/100Base-T on CPU board for communication with the Metso DNA nodes
- Interface to the ACN I/O synchronic cabinet field bus

Performance

Number of I/O groups	max. 2
Number of I/O channels	max. 256
Control cycle time	20 ms...64 s, typical 400 ms

Technical specification

- Metal enclosure
- Fully fan-less structure, cooling implemented with heat sinks

Dimensions [H x W x D]	125 x 35 x 95 mm
Weight	380 g
Protection	IP20
Memory	256 MB
Processor	PowerPC
SD-card	1 GB
Drives	N/A
Expansion	N/A
Operating temperature	0 °C... +70 °C
Storage temperature	0 °C... +70 °C
Power supply	18...36 VDC
Power consumption	< 3 W
Operating system	real-time operating system



ACN SR1 controller

KUVA 7. MetsoDNA SR1 tekniset tiedot. (8, s. 4)

3.4 Automaatiosuunnittelu

Automaatioprojektin tärkeimmät lähtötiedot ja vaatimukset syntyvät esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnittelu toteutetaan yleensä asiakkaan taholta. Esisuunnittelussa määriteltävien lähtötietojen tulee sisältää kaikki olennaiset projektin toteuttamiseen liittyvät tiedot. Olennaisia tietoja automaatioprojektin toteuttamiseen voivat olla esimerkiksi PI-kaaviot, ajotapakuvaukset, konfiguraatiot, käynnistyssekvenssit, lukitukset, eri tuotantotilanteet, vaihto tuotantotilojen välillä, alasajot ja hätäpysäytykset. Esisuunnittelu kuvaa automaatiohanketta asiakkaan näkökulmasta. Lähtötietojen oikeellisuudella on suuri merkitys automaatioprojektin toteuttamisessa lopputuloksen ja aikataulun kannalta. (6, s. 20–21.)

Esisuunnittelun jälkeen suunnittelutyö jatkuu perussuunnittelulla, jonka aikana aiemmin määritellyt asiat saavat tarkennusta ja lisäksi voidaan tuoda esiin uusia vaatimuksia. Varsinainen automaatiojärjestelmän toteuttamiseen liittyvä suunnittelu tehdään suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa tehdään esimerkiksi laitteisto-, ohjelma- ja testaus suunnittelua. Automaatioprojektin suunnitteluvaiheessa automaatiojärjestelmän valinta on hyödyllistä pitää auki pitkään, jotta eri järjestelmien hyötyjä voidaan projektin edetessä vertailla. Todellisuudessa järjestelmävalinnat joudutaan usein sopimaan jo alkuvaiheessa aikataulujen vuoksi. (6, s. 16.)

4 TYÖN SUORITUS

4.1 Laitteistosuunnittelu

Prosessin automatisoinnissa ensimmäinen vaihe oli prosessilaitteistoon perehtyminen. Prosessilaitteisto on monimutkainen kokonaisuus ja sen hahmottamisen kannalta paras tapa on tutustua laitteistoon paikan päällä. Biodieselprosessille oli laadittu käyttöohjeet, jonka avulla prosessia ajetaan. Käyttöohjeissa on vaihe vaiheelta kerrottu toimenpiteet prosessin ajamiseksi sekä kunkin vaiheen toimenpiteet. Laitteistosta oli lisäksi PI-kaavio, josta oli suuri apu prosessin toiminnan ymmärtämisessä. (Liite 1.)

Prosessin ohjaaminen alkuperäisellä laitteistolla tapahtuu ihmisen havaintojen perusteella, joten prosessilaitteistoon on automatisoinnin yhteydessä osattava sijoittaa tarvittavia mittalaitteita, jotka pystyvät tunnistamaan samat asiat kuin ihminen. Käyttöohjeiden ja PI-kaavion avulla suunniteltiin kaikki tarvittavat mittalaitteet prosessin ohjaamiseen. Listaa mittalaitteista tarvitaan myös instrumentoinnin suunnitteluun. Taulukossa 1 on esitetty prosessin ohjaamiseen tarvittavat mittaustiedot.

TAULUKKO 1. Biodieselprosessin mittalaitteet.

Reaktiotankki	Pinnanmittaus
	Lämpötilamittaus
	Glyserolin tunnistus
Pesutankki	Pinnanmittaus
	Lämpötilamittaus
Pre-Mix-tankki	Pintakytkin alarajalle
Glyserolitankki	Lämpötilamittaus
Alipainetankki	Painemittaus

Prosessissa käytetään hyväksi jo olemassa olevia lämmitysvastuksia ja pumppuja. Jotta prosessi saadaan toimimaan ilman ihmisen ohjausta, tarvitaan käsikäyttöisten venttiileiden tilalle sähkökäyttöiset venttiilit. Alun perin venttiilejä

prosessissa oli 23, mutta prosessin kulkua muutettiin automaatio suunnittelussa hieman yksinkertaisemmaksi, joten tarvitaan venttiilejä vain 19. Säiliöiden pinnankorkeus mitataan säiliöiden sisältä, jolloin nestettä ei tarvitse juoksuttaa mittausta varten tarkastusputkiin. Näin prosessista saadaan yksinkertaisempi ja eikä tarkastusputkiin jää "eristykseen" nestettä, jolloin sekoittuminen on tehokkaampaa. Prosessiin jäi yksi käsikäyttöinen venttiili Pre-Mix-seoksen sisäisen sekoituksen kiertoon. Sekoittaminen toteutetaan kierrättämällä Pre-Mix-seosta käsipumpulla käyttäen apuna käsiventtiiliä, joka estää seoksen virtaamisen takaisin päin. Suurimmalle osalle prosessin venttiileistä riittää binäärinen ohjaus (auki/kiinni), mutta prosessin hallittuun ohjaamiseen pitää kolmea venttiiliä pystyä ohjaamaan myös väliasentoihin (0–100 %).

Laitteiston käyttöön tarvitaan lisäksi neljä ohjauskytkintä, jotka ovat toiminnan valintakytkin auto/manual, käynnistyskytkin start, hätäseispainike sekä kuittauskytkin, jonka avulla kuitataan Pre-Mix-seoksen lisääminen sekä hälytykset.

Näiden tietojen pohjalta pystyi laskemaan tarvittavien liityntöjen määrän ja tekemää I/O-luettelon prosessille. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. I/O-luettelo.

TULOT	BI	AI
Hätäseis	FBC 2 11:5:0	
Auto/Manual	FBC 2 11:5:1	
Start	FBC 2 11:5:2	
Kuittaus	FBC 2 11:5:3	
LS-001	FBC 2 11:5:4	
QI-001	FBC 2 11:5:5	
PI-001		FBC 2 11:6:1
LI-001		FBC 2 11:6:2
LI-002		FBC 2 11:6:3
TI-001		FBC 2 11:6:4
TI-002		FBC 2 11:6:5
TI-003		FBC 2 11:6:6

LÄHDÖT	BO	AO
V-001	FBC 2 11:7:0	
V-002	FBC 2 11:7:1	
V-003		FBC 2 11:10:0
V-005	FBC 2 11:7:2	
V-007	FBC 2 11:7:3	
V-009		FBC 2 11:10:1
V-010		FBC 2 11:10:2
V-011	FBC 2 11:7:4	
V-012	FBC 2 11:7:5	
V-014	FBC 2 11:7:6	
V-016	FBC 2 11:7:7	
V-017	FBC 2 11:8:0	
V-101	FBC 2 11:8:1	
V-102	FBC 2 11:8:2	
V-103	FBC 2 11:8:3	
V-104	FBC 2 11:8:4	
V-105	FBC 2 11:8:5	
V-106	FBC 2 11:8:6	
P-001	FBC 2 11:9:0	
P-002	FBC 2 11:9:1	
H-001	FBC 2 11:9:2	
H-002	FBC 2 11:9:3	
H-003	FBC 2 11:9:4	

I/O-luettelon pohjalta voidaan suunnitella automaatiolaitteiston järjestelmävaatimukset. Biodieselprosessin ohjaamiseen tarvitaan MetsoDNA SR1 automaatiojärjestelmän suoritin (CPU), virtalähde (PWR) ja lisäksi taulukossa 3 mainitut liityntäkortit.

TAULUKKO 3. Järjestelmään vaaditut I/O-kortit.

Tyyppi	I/O määrä	Korttimäärä
BIU8	6	1
BOU8	20	3
AIU8	6	1
AOU4	3	1

4.2 Ohjelmointi

Ohjelmointi on hyvä aloittaa suunnittelemalla ohjelman pääpiirteet eli ohjelmarunko. Ohjelmarunko oli tässä tapauksessa helppo tehdä käyttöohjeiden pohjalta miettien prosessin toimintaa vaihe vaiheelta. Jokaisesta prosessin vaiheesta tuli yksittäinen lohko, joka sisälsi kaikki vaiheen suorittamiseen tarvittavat toimenpiteet sekä mittaukset. Kun prosessin jokainen vaihe oli käyty läpi, oli prosessin kulku helppo hahmottaa ja varsinainen ohjelmointi suunnitella. Tässä vaiheessa myös kaikki tarvittavat mittalaitteet sekä toimilaitteet prosessin ajon kannalta tuli selvitettyä ja instrumentoinnista vastaava voi suunnitella laitetyypit prosessiin.

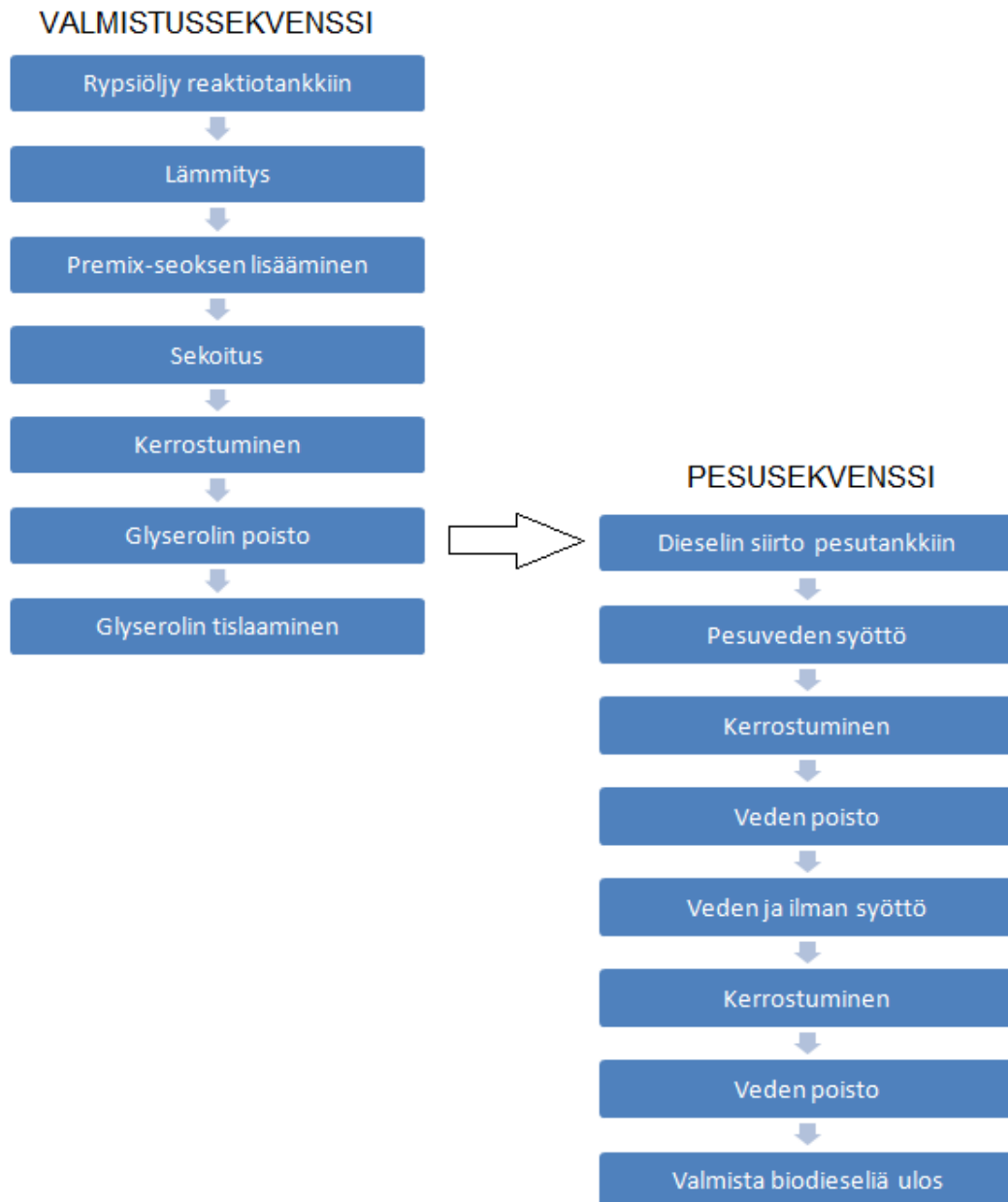
Ohjelmarungon suunnitteluvaiheessa prosessin käyttöohjeista löytyi muutamia virheitä liittyen venttiilien käyttöihin. Ohjeissa käskettiin esimerkiksi sulkemaan kiinni olevaa venttiiliä ja avaamaan auki olevaa venttiiliä. Käyttöohjeiden yksittäisissä kohdissa olivat venttiilien numeroinnit menneet sekaisin ja toiminta ohjeiden perusteella olisi aiheuttanut ongelmia prosessin kulkuun. Prosessivaiheen toteuttamiseen tarkoitetut venttiilit pystyttiin selvittämään PI-kaavion avulla seuraamalla putkilinjoja ja nesteen kulkureittejä oikean toiminnan selvittämiseksi.

4.2.1 Sekvenssiohjelma

Ohjelmarungon avulla sekvenssiohjelman suunnittelu helpottuu, kun prosessin tarkka kulku ja toimenpiteet on suunniteltu ennalta. Biodieselprosessin ohjelmoinnin toteutus sekvenssiohjelman avulla oli luonnollisin vaihtoehto prosessin luonteen kannalta. Koska biodieselprosessia ajetaan vaihe vaiheelta, sopii se hyvin toteutettavaksi sekvenssiohjelmalla.

Haasteena sekvenssiohjelman suunnittelussa on prosessin optimointi toimimaan kahtena erillisenä sekvenssinä. Koska prosessilaitteistolla on mahdollista valmistaa ja pestä biodieseliä samanaikaisesti eri säiliöissä, voidaan molemmille prosessiosille tehdä oma sekvenssinsä. Prosessin ajo nopeutuu huomattavasti yhtäaikaisella ajolla, koska biodieselin pesuvaihe vie monta tuntia, joka muuten olisi pois valmistuksen ajasta.

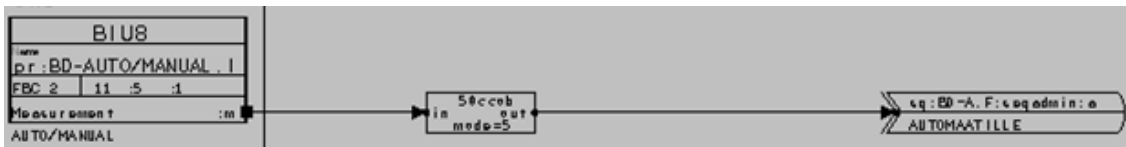
Sekvenssiohjelman askeleet noudattavat pääosin käyttöohjeen vaiheita. Sekvenssin askeleet koostuvat toimintaosasta, joka määrää mitä toimenpiteitä askeleessa tehdään, sekä ehto-osasta, jonka täytyttyä siirrytään seuraavaan askeleeseen. Sekvenssin kulusta suunniteltiin askelkaavio (Kuva 8), jonka mukaan toiminnot tapahtuvat. Valmistussekvenssi antaa pesusekvenssille luvan siirtää diesel, kun glyseroli on poistettu seoksesta.



KUVA 8. Biodieselprosessin askelkaavio.

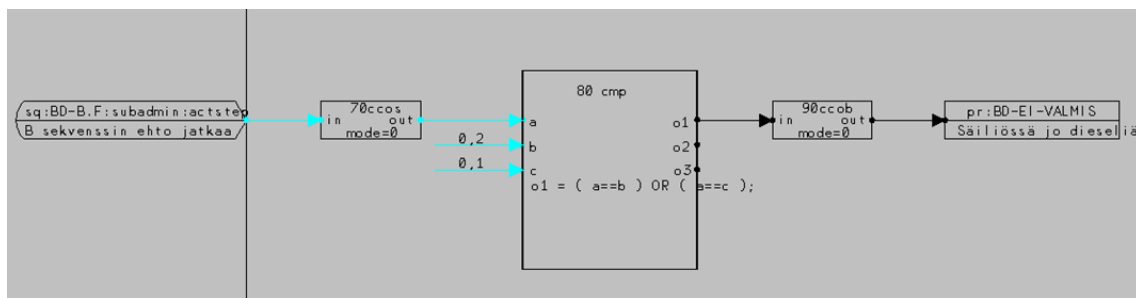
Sekvenssiohjelmointi tehdään käyttäen MetsoDNA SeqCAD -ohjelmaa. Biodieselprosessiin tehtiin kaksi erillistä sekvenssiohjelmaa, yksi valmistukselle ja toinen pesulle.

Valmistussekvenssi käynnistetään erillisestä ohjelmamoduulista. Käynnistäminen toteutettiin biodieselprosessissa valintakytkimen avulla, jolloin automaatile asettaminen antaa valmistussekvenssille suoritustilavuon. Automaatile asettaminen antaa sekvenssiohjelman ensimmäiselle askeleelle suoritustilavuon, jolloin kaikki toimilaitteet sekä molemmat sekvenssiohjelmat asetetaan automaattiohjaukselle. Lisäksi kaikki toimilaitteet alustetaan, jolloin venttiilit asetetaan kiinni ja pumput pysäytetään. Seuraavaan askeleeseen siirrytään kun toimilaitteet ovat automaatile (kuva 9).



KUVA 9. Sekvenssin käynnistäminen.

Biodieselin valmistusprosessi käynnistetään start-napin painalluksella. Ehtona käynnistykseen on kuitenkin, että edellinen erä on saatu siirrettyä pois reaktiotankista. Biodiesel siirretään reaktiotankista pesutankkiin pesusekvenssin kolmannessa askeleessa, joten mikäli pesusekvenssi on askeleessa yksi tai kaksi, on uuden erän valmistus estetty (kuva 10).



KUVA 10. Pesusekvenssin askeltiedon vertailu.

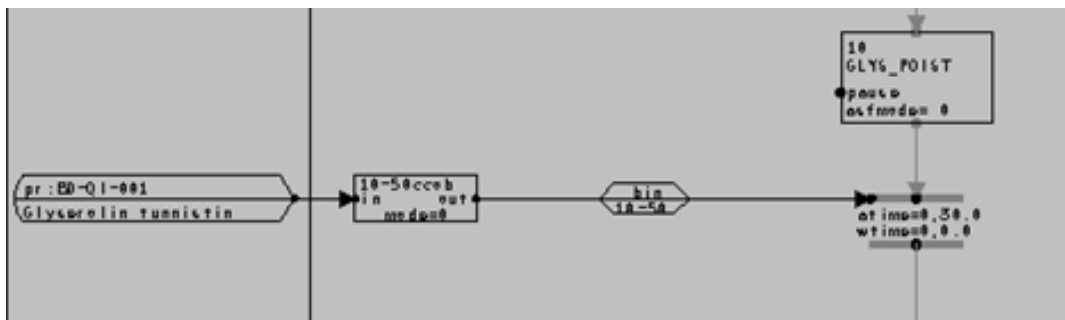
Venttiilien ja pumppujen ohjaukset kirjoitetaan sekvenssiohjelmasta suoraan ohjattavan toimilaitteen toimilohkoon. Toimilaitteille on luotu omat ohjelmamoduulinsa, jotka sisältävät kyseiset toimilohkot. Kaksiasentoisten

venttiilien ohjaamiseen käytetään mgv-toimilohkoa, jonka avulla saadaan toteutettua esimerkiksi matka-ajan ja rajatietojen valvonta sekä ohjaustahon valinta. Säästöventtiilien ohjaamiseen käytetään am-toimilohkoa, jonka avulla säästöventtiilien asennoittaminen on helppoa sekvenssiohjelman käskyillä. Moottorien ohjaamiseen käytetään mtr-toimilohkoa, jonka ominaisuudet ovat laajat kuten mgv-toimilohkolla. Kuvassa 11 on esitetty moottorin käynnistys sekvenssin kolmannessa askeleessa.



KUVA 11. Moottorin käynnistys sekvenssistä.

Biodieselprosessissa siirtoehdot koostuvat pinnankorkeuksista, lämpötiloista, paineista, odotusajoista ja glyserolin tunnistuksesta. Analogimittauksiin perustuvat siirtoehdot on toteutettu vertailijoilla, binäärimittaukset antavat sen sijaan suoraan siirtoehdon ja odotusajat ohjelmoidaan suoraan askeleen parametreihin (kuva 12).



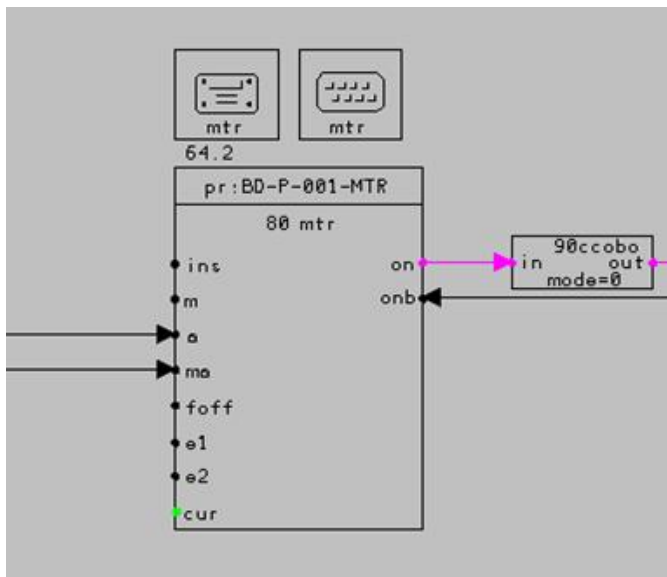
KUVA 12. Sekvenssiaskelen ehto-osa.

Kun valmistussekvenssin askeleet on käyty järjestyksessä läpi, on reaktiotankissa pesua odottavaa biodieseliä. Valmistussekvenssin 12. askel käynnistää pesusekvenssin kuvan 11 mukaisesti. Valmistussekvenssin 13. askeleesta sekvenssi hyppää takaisin askeleeseen 2 odottamaan uuden valmistuserän käynnistämistä.

4.2.2 Toimintamoduulit

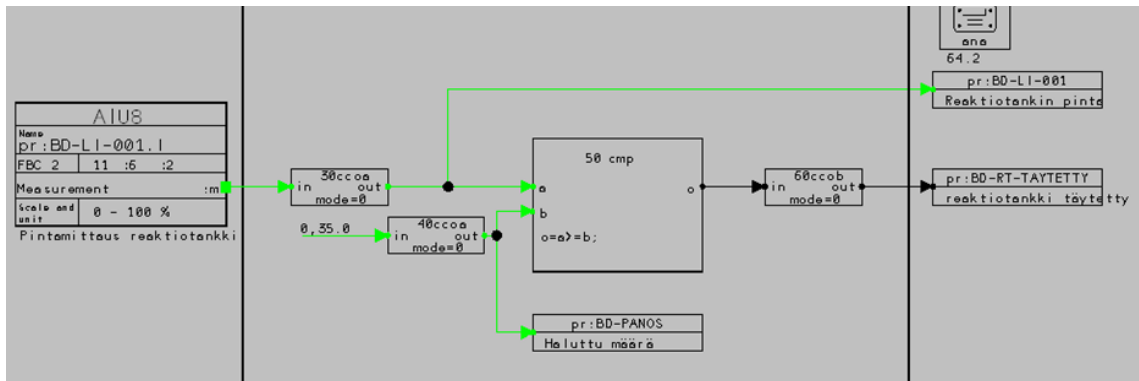
Pelkällä sekvenssiohjelmalla ei voida tehdä mitään, sillä sekvenssiohjelma toimii vain runkona prosessin suorittamiselle. Pääsääntönä on että jokaisesta positiosta tehdään erillinen ohjelmamoduuli, joka on kytköksissä sekvenssiohjelmaan suorasaantiporttien avulla. Ohjelmamoduuleissa luodaan myös tietoa käyttöliittymää varten. Kun jokaisesta positiosta on oma yksittäinen moduuli, on ohjelmien tarkastelu ja parametrien muuttaminen helpompaa.

Ohjelmat tehtiin MetsoDNA FbCAD -sovelluksella. Moottorien ohjauksille tehtiin moduulit, jotka sisälsivät mtr-moottorinohjaustoimilohkon. Moduuliin lisättiin myös hätäseis-keskeytys suoraan toimilohkoon kytkettynä. Ulostulo kytkettiin BOU8-korttiin määrättyyn osoitteeseen. Moduulissa määritellään myös yhteys käyttöliittymään. Venttiilien moduulit toteutettiin samoin, mutta mgv-toimilohkoilla (kuva 13).



KUVA 13. Mtr-toimilohko.

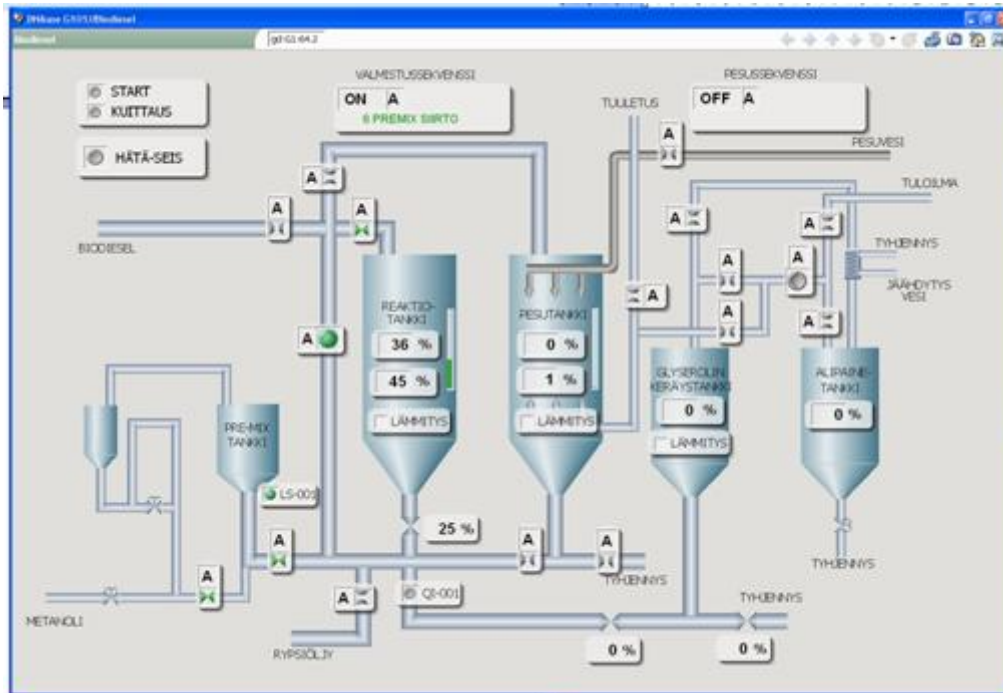
Mittauksista tehtiin yksinkertaiset ohjelmamoduulit, joilla saadaan siirrettyä tietoa käyttöliittymään, sekvenssiohjelmaan ja ohjelmamoduulien välillä. Sekvenssiohjelman ehtoihin liittyviä arvoja prosessoidaan ohjelmamoduuleissa esimerkiksi vertailijoiden avulla. Pinnankorkeusmittauksessa saadaan annetussa raja-arvossa lähetettyä sekvenssille ehto siirtyä eteenpäin (kuva14).



KUVA 14. Ohjelmamoduli LI-001 pinnankorkeusmittauksesta.

4.2.3 Käyttöliittymä

Biodieselprosessin operointi ja seuraaminen tapahtuu ensisijaisesti valvomonäkymän käyttöliittymän kautta. Käyttöliittymän ulkoasun tulee olla selkeä ja ymmärrettävä. Biodieselprosessin käyttöliittymä on tehty vastaamaan prosessin PI-kaaviota graafiselta ulkonäöltään. Käyttöliittymästä pystytään ohjaamaan jokaista toimilaitetta manuaalisesti ja näin ollen koko prosessin ajaminen onnistuu automaatiojärjestelmästä myös käsikäytöllä. Käyttöliittymästä voidaan asettaa prosessi automaattiohjauksella ja käynnistää prosessi, jonka jälkeen prosessin etenemistä voidaan seurata sekvenssi-ikkunan kuvakkeesta. Käyttöliittymästä näkee lisäksi kaikkien mittausten arvot ja venttiilien asennot. Kuvassa 17 esitetään käyttöliittymänäkymä sekvenssin ollessa käynnissä.



KUVA 17. Valvomönäkymä biodieselprosessista.

Käyttöliittymä tehtiin MetsoDNA Picture Designerillä. Käyttöliittymään lisättiin prosessissa käytetyt säiliöt ja putkilinjat valmiiden suunnitteluohjelman valmiiden symbolien avulla. Kentälaitteet tulee yhdistää FbCAD-ohjelmamoduuleihin, jotta tiedonsiirto valvomon ja sovelluksen välillä toimii.

5 KÄYTTÖÖNOTTO

5.1 FAT-testaus

FAT (Factory Acceptance Test) -testauksen tarkoituksena on osoittaa ohjaussovelluksen sekä käyttöliittymän toiminta kaikissa tilanteissa ja täyttävän tilaajan antamat kriteerit ja vaatimukset.

Biodieselprosessista laadittiin FAT-testauspöytäkirja, jonka mukaan ohjaussovellus ajetaan läpi. Testauspöytäkirjassa on esitetty kaikki sekvenssin askeleet toiminto- ja ehto-osineen. Opinnäytetyön FAT-testausta oli seuraamassa opinnäytetyön tilaaja sekä ohjaaja. Testaus suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa MetsoDNA-järjestelmällä. Biodieselprosessin binäärituloja simuloitiin BIU-korttien tulokytkimillä ja analogiatuloja AIU-korttiin kytketyillä potentiometreillä. Prosessin kulkua seurattiin käyttöliittymässä näkyvillä mittaustietojen arvoilla sekä toimilaitteiden tilatiedoilla. Biodieselin valmistus- ja pesuprosessi käytiin vaiheittain läpi, jonka jälkeen tilaaja hyväksyi testauksen. (Liite 2.)

5.2 Käyttöönotto

Käyttöönottoa OSAO:n biodieselprosessilaitteiston automatisoinnille ei päästy toteuttamaan, sillä laitehankintoja ei voitu määrärahojen leikkauksista johtuen toteuttaa. Automaatiojärjestelmän käyttöönottamisessa on kuitenkin huomioon otettavia asioita, jotka vaikuttavat automaation toimivuuteen. Ohjelmointi ja testaus toteutettiin OAMK:n automaatiolaboratorion laitteistolla, joten ohjelmassa käytetyt korttipaikat ja osoitteet jouduttiin toteuttamaan jo olemassa olevan järjestelmän ehdoilla. Ohjelman siirtämisessä OSAO:n järjestelmään tulee huomioida kohdepaikan järjestelmän prosessiasemanumero sekä vapaat osoitteet. Käyttöönnotossa tulee huomioida myös ohjelmassa käytetyt korttipaikat, jotta ei synny ristiriitoja. Mikäli automaatiojärjestelmä rakennetaan biodieselprosessia varten, muutoksia ohjelmaan ei tarvita, mutta mikäli tarvitaan sovitusta jo olemassa olevaan automaatiojärjestelmään, tullaan muutokset tekemään biodieselprosessin ohjaussovellukseen.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa ohjelmointi Oulun seudun ammattiopiston biodieselprosessille. Automaatiosuunnittelu lähti käyntiin tutustumalla tarkkaan lähtötietoaineistona olleena prosessin käyttöohjetta. Käyttöohjetta tutkimalla kävi selväksi, että prosessin ajo ilman automatiikkaa on haastavaa ja monimutkaista. Lähtöaineistosta löytyi virheitä, jotka olisivat haitanneet prosessin kulkua, mutta PI-kaavion ja prosessin ymmärtämisen avulla virheet korjattiin.

Automaattisesti toimiva prosessilaitteisto tarvitsee toimiakseen mittatietoa prosessin eri kohdista. Käyttöohjetta selaamalla ja automaattisen toiminnan vaatimuksia miettimällä prosessiin tehtiin laitteistosuunnittelu, joka sisälsi tarvittavat mittalaitteet.

Ohjelmointi suoritettiin MetsoDNA FbCAD-, SeqCAD-, sekä Picture Designer -ohjelmien avulla. Prosessia ohjataan kahdella erillisellä sekvenssiohjelmalla valmistusajan optimoimiseksi. Käyttöliittymä luotiin vastaamaan PI-kaaviota, joka oli prosessista selkeä kuva. Käyttöliittymän avulla prosessin etenemistä voidaan seurata, mutta myös prosessin ohjaaminen manuaalisesti onnistuu käyttöliittymästä käsin. Ohjelmointi aiheutti loppuvaiheessa päänvaivaa itse aiheutettujen virheiden sekä järjestelmässä olleen kaatumisen vuoksi. Lopulta ohjelma saatiin toimimaan ja kaikki toiminnot toimimaan, kuten tavoitteena oli. Käyttöliittymästä tuli selkeä ja prosessin käyttö on sen kautta helppoa.

Ohjelman testaus suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun tiloissa FAT-testauksena. Ohjelmassa esiintyi testaustilanteessa vielä pieniä virheitä, jotka korjattiin saman tien. Virheiden löytymisen takia testejä tehdään ja oli hyvä että virheet tulivat esille testauksessa.

Järjestelmä oli tarkoitus ottaa käyttöön ammattiopiston prosessilaitteistossa, mutta laitehankintojen siirtyessä tästä luovuttiin ja projekti osaltani saatiin päätökseen. Projektin materiaali ja tehty automaatiosovellus luovutetaan ammattiopiston automaatiotekniikan opettajalle Tapani Mainiolle myöhemmää käyttöönottoa varten.

Opinnäytetyöprojekti oli mielestäni onnistunut ja kuvasi insinöörin tarvittavia taitoja hyvin. Projektia tehdessä ja kirjallista osaa laatiessa tuli perehdyttyä laajasti automaatioprojektien toteuttamiseen ja projektin vaiheisiin. Projektissa kävi selväksi lähtöaineistojen tärkeä rooli ja puutteellisista aineistoista aiheutuvat lisätyöt. Projektin aikana myös opin biodieselin valmistamisprosessin vaiheet ja sain syventävää tietoa MetsoDNA-järjestelmästä.

LÄHTEET

1. SOL.10 ® 400 Professional biodiesel erä-prosessin käyttöohje. PRESECO.
2. Vihma, Antto – Aro-Heinilä, Esa – Sinkkonen, Marko 2006. Rypsi biodieselin (RME) maatilatuotannon kannattavuus. MTT:n selvityksiä 115. Helsinki: MTT taloustutkimus. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts115.pdf>. Hakupäivä 2.5.2015.
3. Vilkkilä, Hannu 2008. Biodieselin valmistus. Opetus- ja oppimismateriaalin kehittäminen ja kehittämissuunnitelma. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, ammatillinen opettajakorkeakoulu. Saatavissa: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/19865/jamk_12326989_21_2.pdf. Hakupäivä 2.5.2015.
4. Biärsjö, Johan 2008. Svensk RME sänker CO2-utsläppen med 65 %. Svensk Frötidning 1/2008. Saatavissa: http://www.svenskraps.se/rme/svensk_rme_sanker_CO2_med_65-procent.asp. Hakupäivä 28.5.2015.
5. Automaation määritelmä? Keskustelua. 2014. Suomen Automaatioseura ry. <http://www.automaatioseura.com/component/content/article/5-uusimmat-tiedotteet/186-automaation-maeeritelmae-keskustelua>. Hakupäivä 16.5.2015.
6. Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007. Suomen Automaatioseura ry. <http://www.automaatioseura.fi/ANTI-2.pdf>. Hakupäivä 2.5.2015.
7. Metso DNA technical overview 2011. Metso Automation Inc. Saatavissa: [http://www.metso.com/Automation/ep_prod.nsf/WebWID/WTB-140522-2256F-EE674/\\$File/E8724_EN_05-Metso%20DNA%20Overview.pdf](http://www.metso.com/Automation/ep_prod.nsf/WebWID/WTB-140522-2256F-EE674/$File/E8724_EN_05-Metso%20DNA%20Overview.pdf). Hakupäivä 26.5.2015.
8. ACN SR1 Small rail mounted controller 2011. Metso Automation Inc. Saatavissa: http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-

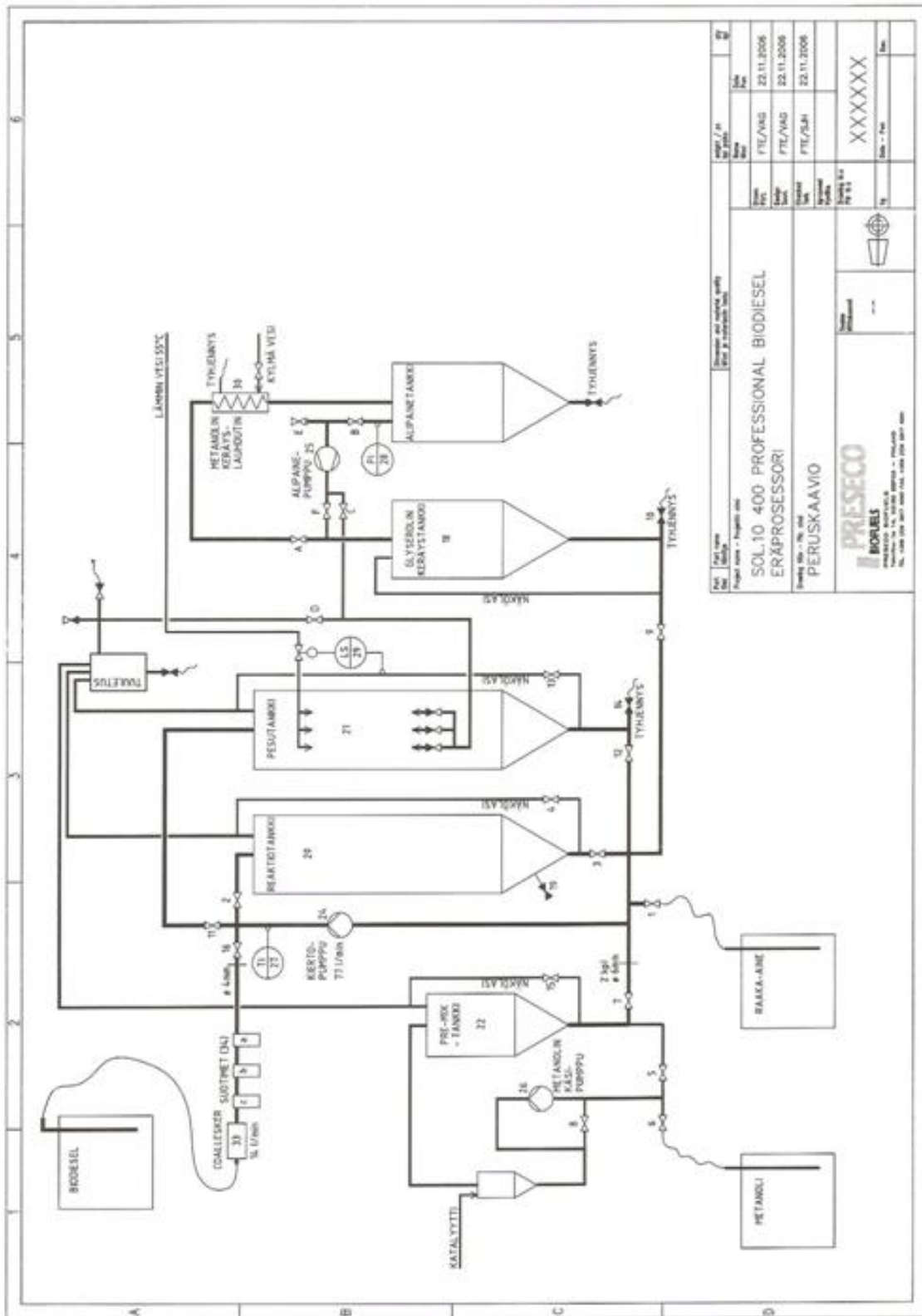
[110927-2256F-76273/\\$File/E8720_EN_03-ACN%20SR1.pdf](110927-2256F-76273/$File/E8720_EN_03-ACN%20SR1.pdf). Hakupäivä
26.5.2015.

9. PLC MANUAL 2015. Saatavissa: <http://www.plcmanual.com/plc-programming>. Hakupäivä 2.5.2015.

LIITTEET

Liite 1. PI-kaavio

Liite 2. FAT-testauspöytäkirja



Käyttökäsi / Käyttökäsikirja		Suojelu- ja ympäristöasiat Suojelu- ja ympäristöasiat		Käyttökäsi / Käyttökäsikirja	
Proj. nro.	Proj. nimi	Proj. nro.	Proj. nimi	Proj. nro.	Proj. nimi
FTL/VAG	SOL 10 400 PROFESSIONAL BIODIESEL ERAPROCESSORI	FTL/VAG	SOL 10 400 PROFESSIONAL BIODIESEL ERAPROCESSORI	FTL/VAG	SOL 10 400 PROFESSIONAL BIODIESEL ERAPROCESSORI
22.11.2008		22.11.2008		22.11.2008	
FTL/VAG		FTL/VAG		FTL/VAG	
22.11.2008		22.11.2008		22.11.2008	
Käyttökäsi / Käyttökäsikirja		Suojelu- ja ympäristöasiat		Käyttökäsi / Käyttökäsikirja	
XXXXXX		XXXXXX		XXXXXX	
Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat	
Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat	
Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat		Suojelu- ja ympäristöasiat	



FAT TESTI Valmistussekvenssi

Askel	Toiminta	Käskyt	Osoite	Ehto seuraavaan	Osoite
1	Automaatille	Venttiilit automaatille Pumput automaatille Venttiilit kiinni Pumput kiinni Lämmittimet kiinni		Kaikki automaatilla	
2	Käynnistys	*****		Start	5;2
3	Täyttö	V-001 auki V-002 auki P-001 päälle H-001 päälle	7;0 7;1 9;0 9;2	RT rypsiöljy 70 L (35%)	6;2
4	Lämmitys	V-001 kiinni V-003 100%	7;0 10;0	RT lämpötila 42 °C (42%)	6;4
5	Titraus	V-003 0% <i>Premix Valm</i> V-002 kiinni V-005 auki P-001 pois	10;0 7;1 7;2 9;0	Premix pinta Kuittaus	5;4 5;3
6	Premix-siirto	P-001 päälle V-002 auki V-007 auki V-003 25%	9;0 7;1 7;3 10;0	Premix tyhjä	5;4
7	Sekoitus	V-003 100% V-007 kiinni V-005 kiinni	10;0 7;3 7;2	Ajastus 1h (60s)	
8	Laskeutuminen	P-001 pois V-002 kiinni	9;0 7;1	Ajastus 1h (60s)	
9	Alipaine	V-101 auki V-102 auki V-103 auki V-104 auki P-002 päälle H-002 päälle	8;1 8;2 8;3 8;4 9;1 9;2	Alipainetta 0,4bar (20)	6;1

10	Glyserolin poisto	V-002 kiinni	7;1	QI-001	5;5
		V-009 25%	10;1		
11	Pesusekvenssi	Pesusekvenssin käynnistys		1	
12	Aloitus	Hyppy askeleeseen 2		1	
13	Lopetus				

Paikka ja aika: _____

Tekijä: _____

Hyväksyjä: Tapani Mainio

Tapani Mainio

FAT TESTI Pesusekvenssi

Askel	Toiminta	Käskyt	Osoite	Ehto siirtymiselle	Osoite
1	Veden esisyöttö	V-017 auki	8;0	Ajastus 2 min (30s)	
		H-003	10;0		
		V-009 0%	10;1		
		V-010 25%	10;2		
2	Diesel syöttö	V-017 kiinni	8;0	RT tyhjä	6;2
		V-011 auki	7;4		
		P-001 päälle	9;0		
		H-001 pois	9;2		
3	Veden syöttö	V-017 auki	8;0	PT pinta 140l (70%)	6;3
		V-011 auki	7;4		
		P-001 päälle	9;0		
		Uusi erä RT			
4	Odotus	V-017 kiinni	8;0	Ajastus 1h (30s)	
5	Veden poisto	V-014 auki	7;6	PT pinta 70l (35%)	6;3
		V-105 auki	8;5		
		V-102 auki	8;2		
		P-002 pois	9;1		
6	Veden syöttö 2	V-014 kiinni	7;6	PT pinta 140l (70%)	6;3
		V-017 auki	8;0		
		V-103 auki	8;3		
		P-002 päälle	9;1		
		V-101 kiinni	8;1		
		V-102 kiinni	8;2		
		V-104 kiinni	8;4		
V-106 kiinni	8;6				
7	Odotus 2	V-017 kiinni	8;0	Ajastus 1h (30s)	
		V-103 kiinni	8;3		
		V-106 auki	8;6		
		V-010 100%	10;2		
		H-002 pois	9;3		
8	Veden poisto 2	V-010 0%	10;2	PT pinta 70l (35%)	6;3
		V-014 auki	7;6		
		H-003 pois	9;2		
		V-105 kiinni	8;5		
		V-106 kiinni	8;6		
		P-002 pois	9;1		

9	Diesel poisto	V-014 kiinni	7;6	PT pinta Ol	6;3
		V-012 auki	7;5		
		V-016 auki	7;7		
		P-001 päälle	9;0		
10	Siirretty	V-012 kiinni	7;5		1
		V-016 kiinni	7;7		
		P-001 pois	9;0		
11	Valmis				

Paikka ja aika: _____

Tekijä: _____

Hyväksyjä: Tapani Mairis

Tapani Mairis