

Opinnäytetyö Turku AMK  
Konetekniikan koulutusohjelma  
ENPOS12  
2016

Kasper Söderlund

# VALMET 502 -TRAKTORIN DUAL FUEL - BIOKAASUMUUTOKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Kasper Söderlund

# VALMET 502 -TRAKTORIN DUAL FUEL -BIOKAASUMUUTOKSEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli vanhan diesel-traktorin muuttaminen käymään biokaasulla käyttäen dual fuel -tekniikkaa. Projektin tilaajana toimi Ammattiopisto Livia, ja sen oli määränä valmistua vuoden 2016 heinäkuun loppuun mennessä. Olennaista projektin toteutuksessa ja suunnittelussa oli, että asennuksen tulisi olla mahdollisimman mekaaninen ja alkuperäiseen moottoriin tulisi tehdä mahdollisimman vähän muutoksia. Traktoria haluttiin myös pystyä ajamaan pelkällä diesel-polttoaineella.

Dual fuel -muutos toteutettiin käyttäen osittain valmista FLY Diesel plus –kaasuasennus sarjaa. Sarjan myyjänä toimi CNG House Oy. Sarja oli tarkoitettu henkilöautoille ja keskiraskaankaluston ajoneuvoihin. Osa kyseinen sarjan osista oli jo ollut kerran asennettuna, ja CNG House lahjoitti nämä käytetyt osat projektiin.

Dual fuel -asennukseen valittiin Valmet 502 -mallin traktori, joka oli vuosimallia 1974. Kyseinen valinta tehtiin kyseisen traktorin polttoainepumpun parhaan sijainnin ja muodon perusteella. Polttoainepumpun muokkaus oli keskeistä muutoksen onnistumisessa ja sen lopullisessa tuloksessa.

Traktoriin asennetut pääkomponentit olivat ohjainyksikkö, kierrosnopeusulostulolla varustettu laturi, potentiometrillä varustettu kaasupoljin, paineenalennusventtiili, kaasunannostelija sekä kaasusuuttimet. Opinnäytetyössä perehdytään komponenttien valintaan, hankintaan ja asennukseen. Lopputuloksena on saatu toteutettua onnistuneesti dual fuel biokaasu -traktori. Traktori saatiin vastaamaan imusarjaan syötettyyn kaasupolttoaineeseen nostamalla pyörimisnopeutta, kun sitä testattiin moottorin ollessa kuormittamattomana.

Opinnäytetyössä käsitellään myös vaihtoehtoisia ratkaisuja dual fuel -muutokseen, sekä vertaillaan Valmet 502 -dual fuel -traktoria Valtran N101 -sarjan traktoriin. Työssä paneudutaan, myös biokaasun käyttöön polttoaineena, sekä sivutaan Livian omaa biokaasutuotantoa.

## ASIASANAT:

Biokaasu, traktori, dual fuel, muutossarja, Valmet 502

Kasper Söderlund

## VALMET 502 TRACTORS DUAL FUEL BIOGAS CONVERSIONS PLANNING AND PRODUCTION

The aim of this thesis was to transform an old biodiesel tractor to operate with dual fuel technology. The project, commissioned by vocational school Livia, was originally scheduled to be completed by the end of July, 2016. The key element in carrying out the project was not only to make minimum changes to the original motor, but also to keep the necessary changes as mechanical as possible. The aim was also not to exclude the possibility to still be able to drive the tractor using only diesel as fuel.

The dual fuel transformation was executed using partly ready-made FLY Diesel plus -gas conversion kit. The retailer of the kit was CNG House Oy. The kit was originally designed for cars and heavy transport vehicles. Some of the provided parts in the kit had already been installed once before. These used parts CNG House now donated to the project.

Valmet's tractor model 502, 1974, was chosen for the dual fuel installation. The reason for choosing the tractor in question, was made based on the best positioning and the design of the tractor's fuel pump. In the end, the modification of the fuel pump played a big role in the success of the project.

The main components installed into the tractor were the control unit, the charger with the RPM sensor, the acceleration pedal with integrated potentiometer, the pressure regulating valve, the gas dispenser, and the gas nozzles. The thesis delves into the choosing-, acquiring-, and installing of the components. As a result, a dual fuel biogas tractor was successfully executed. The tractor was able to utilize the gas fuel fed into the air intake manifold. The response was detected in the change of the engine's rotation speed, when it was running without load.

The thesis presents other optional solutions in accomplishing the dual fuel transformation. The Valmet 502 dual fuel tractor is also compared with the Valtra N101 –series tractor. The use of biogas, as a fuel, and the gas production of Livia, are introduced as well.

### KEYWORDS:

Biogas, tractor, dual fuel, conversion kit, Valmet 502

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 BIOKAASU</b>	<b>7</b>
2.1 Yleistä	7
2.2 Biokaasu polttoaineena	9
2.3 Livian biokaasun tuotanto	10
<b>3 DIESELMOOTTORI</b>	<b>11</b>
3.1 Yleistä	11
3.2 Valmet 502	11
<b>4 DUAL FUEL</b>	<b>13</b>
4.1 Yleistä	13
4.2 Dual fuel -moottori	13
4.3 Valmet 502 dual fuel	14
<b>5 VALTRA</b>	<b>15</b>
5.1 Yleistä	15
5.2 Valtra N101	15
5.3 N101 dual fuel	16
5.4 Valtra N101 ja Valmet 502 dual fuel	18
<b>6 KAASUASENNUSSARJAN HANKINTA JA OSAT</b>	<b>20</b>
6.1 Lähtökohta	20
6.2 Tarvittavat osat ja laitteet	20
<b>7 KAASUSARJAN ASENNUS</b>	<b>22</b>
7.1 Lähtökohta	22
7.2 Kaasun asennon tunnistin	22
7.2.1 Potentiometrin toiminta	24
7.3 Polttoainepumppu	25
7.4 Kaasun syöttöjärjestelmä	28
7.5 Ohjainyksikkö ja anturit	30
<b>8 MOOTTORIN KÄYNNISTÄMINEN JA JÄRJESTELMÄN SÄÄTÖ</b>	<b>32</b>

<b>9 DUAL FUEL -MUUTOKSEN LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT</b>	<b>34</b>
<b>10 YHTEENVETO</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>37</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Valmet 502 Tekninen erittely.

## **KUVAT**

Kuva 1 Valtra N101 -polttoaine järjestelmä. (Hannukainen 2013).	17
Kuva 2 FLY-Diesel plus -kytkentäkaavio (Gazeo 2012).	21
Kuva 3 Kaasupolkimen potentiometri.	23
Kuva 4 Regulaattori.	23
Kuva 5 Kaasupolkimen asennus.	24
Kuva 6 Potentiometrin toiminta (Pilvivene 2016).	25
Kuva 7 Polttoainepumpun piirros (Autoteknillinen opetuskuvassto 1952).	27
Kuva 8 Ruiskutusmäntiä kiertävän tangon säätö pultti.	27
Kuva 9 Ruiskutus mäntien säätötangon pää ja pultti.	28
Kuva 10 Asennuksen yleisnäkymä.	29
Kuva 11 Kaasusuuttimet.	30
Kuva 12 Fly-Diesel plus 4.00 beta Setup.	32
Kuva 13 Fly-Diesel plus 4.00 beta Map.	33

## **TAULUKOT**

Taulukko 1 Biokaasun koostumus (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 128).	8
Taulukko 2 Polttoaineiden lämpöarvoja (Motiva 2010, 2).	10
Taulukko 3 N101 dual fuel -tehon tuotto (Hannukainen 2013).	18
Taulukko 4 Valmet 502 dual fuel, kaasulla saavutettu pyörimisnopeus.	34

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa projekti, jossa vanha dieselmoottorinen traktori muutetaan dual fuel -toimiseksi. Opinnäytetyön tilaajana toimiva ammattiopisto Livia tuottaa itse raakabiokaasua peltobiomassasta ja lietelannasta. Projektin toimeksiannon taustalla oli Livian halu tulevaisuudessa kyetä hyödyntää itse tuottamaansa raakabiokaasua traktoreiden polttoaineena. Livia halusi käynnistää projektin yhteistyössä Turun ammattikorkeakoulun kanssa. Tarkoituksena oli saada yksi vanhoista Valmet-merkkisistä diesel traktoreista hyödyntämään bio-/maakaasua polttoaineena käyttäen dual fuel -tekniikkaa. Lisäksi tavoitteena oli toteuttaa traktorin muutokset mahdollisimman mekaanisesti, poissulkematta pelkän diesel polttoaineen käyttömahdollisuutta.

Ammattioppilaitos Livia ja Turun ammattikorkeakoulu olivat jo tehneet alustavaa tutkimusta kaasuasennussarjoista, sekä niitä myyvistä liikkeistä. Kaasuasennussarjoja myyvän CNG House Oy:n kanssa oli jo ollut alustavaa puhetta sarjasta, joka saattaisi sopia Valmet traktorin dual fuel -projektiin. Työssä päädyttiin käyttämään CNG House Oy:n, osittain projektiin lahjoittamaa, käytettyä diesel-kaasuasennussarjaa. Kyseinen sarja oli Anlero-Polska:n valmistama FLY-Diesel Plus merkinen sarja, joka oli tarkoitettu henkilöautoille ja keskiraskaankaluston ajoneuvoihin. Kaasuasennus sarja päätettiin asentaa vuonna 1974 valmistettuun Valmet 502 -mallin traktoriin.

Opinnäytetyössä suuressa merkityksessä on biokaasutraktori-projektin toteuttamisen havainnollistaminen, sekä projektin aikaansaannosten esille tuominen. Työssä tuodaan esille vaihtoehtoisia ratkaisuja dual fuel -toteutukselle ja pohditaan niiden aiheuttamia epäkohtia. Työssä vertaillaan, myös Valmet 502-mallin traktoria Valtran N101-traktoriin, teknisien ominaisuuksien ja dual fuel -muutoksen pohjalta. Työssä perehdytään myös biokaasun käyttöön polttoaineena sekä sivutaan Livian omaa biokaasutuotantoa. Lopuksi esitellään opinnäytetyön tulos ja pohditaan esiin tulleita, mahdollisia parannusehdotuksia projektin jatkon kannalta.

## 2 BIOKAASU

### 2.1 Yleistä

Biokaasu on kaasuseos, jota syntyy, kun eloperäinen aines hajoaa anaerobisesti eli hapettomassa tilassa. Hapen puuttuessa tapahtuu eloperäisen aineksen mädäntyminen ja näin syntyy metaania. Biokaasua voidaan tuottaa biokaasureaktoreissa biomassasta. Tyypillisesti reaktorissa käytetty biomassa koostuu lannasta, lietteestä, peltobiomasoista ja jätteistä. Näin syntynyttä biokaasua kutsutaan reaktoribiokaasuksi. Biokaasua saadaan myös kerättyä kaatopaikoilta. Tätä jätetäytön yhteydessä muodostuvaa kaasua kutsutaan kaatopaikkakaasuksi. (Motiva 2015.)

Puhuttaessa käsittelemättömästä biokaasusta, käytetään siitä usein yleisnimitystä raakabiokaasu. Raakabiokaasu koostuu pääasiallisesti metaanista ja hiilidioksidista. Kaasun koostumus riippuu sen tuotantotavasta. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 128.) Taulukossa 1 on esitetty raakabiokaasun koostumusta kuvaavia prosenttiosuuksia suhteessa kaasun tilavuuteen.

Yhdiste	Raaka reaktorikaasu	Raaka kaato-paikkakaasu	Jalostettu biokaasu (SS 155438:1999)
Metaani (CH <sub>4</sub> ) [til-%]	45–75	20–60	95–99
Korkeammat hiilivedyt (etaani ym.)	0	0	0
Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) [til-%]	20–55	25–50	1–5
Typpi (N <sub>2</sub> ) [til-%]	0–2	4–35	0–4
Hiilimonoksidi (CO) [til-%]	0–0,2	0–0,2	
Happi (O <sub>2</sub> ) [til-%]	0–1	0,5–5	< 1
Vety (H <sub>2</sub> ) [til-%]	0–0,5	0–0,5	
Rikkivety (H <sub>2</sub> S) [til-%]	< 0,8	< 3	
Rikki yhteensä [mg (Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]	< 8000	< 30000	≤ 23
Ammoniakki (NH <sub>3</sub> ) [mg (Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]	0–3	0–1	< 20
Siloksaanit [mg (Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]	0–5	0–25	
Halogenoidut hiilivedyt [mg (Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]		0,2–7	
Vesi [mg (Nm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]			< 32
Suhteellinen kosteus [%]	100 %	< 100 %	kastepiste: käyttö-lämpötila - 5 °C

Taulukko 1 Biokaasun koostumus (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 128).



## 2.2 Biokaasu polttoaineena

Biokaasun käyttö polttomoottorissa edellyttää, että sen metaanipitoisuus nostetaan vähintään 90 %:n tasolle, sekä siitä on poistettava vesi ja rikki. Lisäpuhdistuksella biokaasua voidaan käyttää liikennepolttoaineena ja sitä voidaan syöttää maakaasuverkkoon. Liikennekäyttöön tulevan kaasun tulee kuitenkin olla metaanipitoisuudeltaan vähintään 95 %. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 135.)

Kaasuyhtiö Gasum syöttää tällä hetkellä maakaasuverkkoon biokaasua Kouvolassa, Suomenojalla sekä Lahdessa. Puhdistettu biokaasu vastaa koostumukseltaan hyvin paljon maakaasua, jonka metaanipitoisuus on noin 98 %. Maakaasuverkkoon syötetyn biokaasun metaanipitoisuus tulee olla vähintään 95 %:n luokkaa. (Gasum 2016.)

Taulukossa 2 on esitetty polttoaineiden lämpöarvoja. Biokaasun tehollinen lämpöarvo normaalipaineessa on noin 4,4-7,4 kWh/m<sup>3</sup> riippuen sen tuotantomenetelmästä ja jalostusasteesta. Maakaasun tehollinen lämpöarvo on puolestaan 10 kWh/m<sup>3</sup>. Verrattuna dieselpolttoaineen teholliseen lämpöarvoon biokaasua tarvitaan 1,3– 2 m<sup>3</sup> diesel litraa kohden ja maakaasua noin 1 m<sup>3</sup>, jotta saavutetaan sama lämpöteho. (Motiva 2010, 2.)

Jalostettu biokaasu soveltuu hyvin käytettäväksi polttomoottoreissa, sillä sen oktaanipitoisuus on noin 130-140, kun taas maakaasun oktaanipitoisuus on 120-130. Biokaasun hieman korkeampi oktaanipitoisuus johtuu sen sisältämästä hiilidioksidista. Näiden kaasupolttoaineiden oktaanipitoisuus on huomattavasti korkeampi verrattuna tavallisesti käytettyyn 95-oktaaniseen bensiinipolttoaineeseen. Oktaanilukua käytetään kuvaamaan polttoaineen puristuskestävyyttä, jolloin korkeampi luku on parempi. Korkeampi puristuskestävyys mahdollistaa moottorista saatavan paremman hyötysuhteen ja tehon. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 128-130.)

Polttoaine	Lämpöarvo	Kosteus %
Moottoribensiini	8,96 kWh/litra	
Dieselöljy	10,05 kWh/litra	
Nestekaasut	12,83 kWh/kg	
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh/litra	
Raskas polttoöljy	11,42 kWh/kg	
Maakaasu	10 kWh/m <sup>3</sup>	
Biokaasu	4,4-7,4 kWh/ m <sup>3</sup>	
Kivihiili	7,08 kWh/kg	10
Jyrsinturve	2,7 kWh/kg	48,5
Palaturve	3,3 kWh/kg	38,9
Puupelletit	4,7 kWh/kg	9
Polttohake	700 kWh/irto-m <sup>3</sup>	40
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)	1 300 kWh/pino-m <sup>3</sup>	20
Pilkkeet (koivu)	1 700 kWh/pino-m <sup>3</sup>	20
Ruokohelpi	4,1 kWh/kg	14
Kaura	3,6 kWh/kg	20
Olki	3,8 kWh/kg	20

Taulukko 2 Polttoaineiden lämpöarvoja (Motiva 2010, 2).

### 2.3 Livian biokaasun tuotanto

Livia tuottaa itse raakabiokaasua peltobiojätteestä ja lietelannasta. Tämän raakakaasun metaanipitoisuus on noin 50-60 %. Livia käyttää itse tuottamaansa raakabiokaasua yhdessä dieselin kanssa, erikoisvalmisteisessa common rail dual fuel -moottorissa oppilaitoksen sähköntuotantoon. Kaasun laatu ei kuitenkaan ole riittävä käytettäväksi biokaasutraktorissa. Raakakaasua täytyy jalostaa, jotta metaanipitoisuus saadaan nostettua vaaditulle 95 %:n tasolle. Kaasusta tulee poistaa myös vesi ja rikki, jotta biokaasua voidaan käyttää polttoaineena kaasutraktorisovelluksessa. Biokaasun puhdistus ei kuitenkaan yksinään riitä, vaan biokaasua täytyy myös pystyä paineistamaan noin 200 baarin paineeseen, jotta se voidaan pullottaa traktorin kaasupulloon, mikä mahdollistaa kaasun kuljettamisen ajoneuvossa. Kaasun puhdistukseen ja paineistamiseen tarvitaankin siihen tarkoitettu puhdistus- ja tankkausasema. Tämän tyyppisen aseman hankinta on vasta suunnitteilla sen korkean hinnan vuoksi. Omatuotantoinen biopolttoaine luo kiinnostusta sitä hyödyntäville laitteille. Tämän takia Livia onkin käynnistänyt hankkeita, ja tämän opinnäytetyön käytännön osuus on yksi niistä.

## 3 DIESELMOOTTORI

### 3.1 Yleistä

Perinteinen 4-tahtisen dieselmoottorin toiminta perustuu neljään tahtiin. Nämä tahdit ovat nimeltään työ-, poisto-, imu- ja puristustahti. Nämä tahdit tapahtuvat juuri kyseisessä järjestyksessä. Yhden moottorin työkierron eli juuri näiden kyseisen neljän tahdin aikana moottorin kampiakseli pyörii kaksi kierrosta eli mäntä käy ylä- ja ala-asennossa kussakin kaksi kertaa. (Lauren 2015.)

Yksinkertaistettuna yksittäisen sylinterin työkierto jaottuu tahteihin seuraavalla tavalla. Työtahdissa tapahtuu itse palaminen, josta moottori saa voimansa. Tällöin mäntä on ylä-asennossa ja saatetaan polttoaineen palamisen avulla alaspäin suuntautuvaan liikkeeseen. Seuraava tahti alkaa, kun mäntä saapuu alas ja vaihtaa suuntaa ylöspäin. Tätä tahtia kutsutaan poistotahdiksi. Poistotahdissa palanut seos eli pakokaasu poistetaan pakoventtiilin kautta moottorista nostamalla mäntä ylös käyttäen moottorin pyörimisenergiaa. Seuraava tahti alkaa, kun mäntä vaihtaa taas suuntaa ja lähtee alaspäin. Tätä tahtia puolestaan kutsutaan imutahdiksi, tässä tahdissa pakoventtiili suljetaan ja avataan imuventtiili. Männän liike alaspäin vetää sylinteriin ilmaa imuventtiilien kautta imusarjasta. Työkierron viimeinen tahti alkaa, kun mäntä saavuttaa alakohdan ja vaihtaa suuntaa taas ylöspäin. Tämän tahdin nimi on puristustahti. Tässä tahdissa imuventtiili suljetaan ja mäntä puristaa ilman kovaan paineeseen matkalla ylöspäin. Työkierto alkaa tässä kohtaa alusta, eli moottori on tilassa, jossa työtahti aloitetaan ruiskuttamalla diesel polttoainetta korkeasti paineistettuun ilmaan. Kovan paineen ansiosta ilma lämpenee voimakkaasti, tällöin ruiskutettu dieselpolttoaine syttyy ja tapahtuu palaminen. (Lauren 2015.)

### 3.2 Valmet 502

Dual fuel -muutokseen valittiin Valmet 502 -traktori, kyseinen traktori oli vuosimallia 1974. Alun perin muutokseen oli ajateltu käytettävän Valmet 504 -mallin traktoria. Kyseiseen 502 -mallin traktoriin päädyttiin sen polttoainepumpun parhaan sijainnin ja muotoilun perusteella. Polttoainepumpun muokkauksen rooli oli keskeistä muutoksen onnistumisessa ja sen lopullisessa tuloksessa.

Traktorin moottorina toimi Valmet 310B 4-tahtinen suorasuihkutitteinen diesel -moottori. Moottori oli 3-sylinterinen ja iskutilavuudeltaan 2,7 -litrainen. Ilmoitettu teho oli 36 kW ja moottorin puristussuhde 17. Kierrosnopeus joutokäynnillä oli 650 RPM ja suurin kierrosnopeus kuormittamattomana 2300 RPM. Polttoainepumppuna toimi Siemensin rivi-pumppu (Liite 1). Diesel-polttoaineen kulutus arvioitiin käyttökokemusten perusteella olevan peltotyökäytössä noin 18 litraa tunnissa.

## 4 DUAL FUEL

### 4.1 Yleistä

Dual fuel nimitys tulee kahden polttoaineen käyttämisestä samaan aikaan. Kyseisessä tekniikassa pääasiallisesti on tavoitteena käyttää pääpolttoaineena kaasua. Nimitystä dual fuel -moottori, voidaan käyttää mistä tahansa moottorista, joka pystyy hyödyntämään kahta erityyppin polttoainetta. Yleisesti kuitenkin dual fuel -moottori mielletään tarkoittamaan diesel- tai bensamoottoria yhdistettynä kaasuun. (Wärtsilä 2015.) Tässä opinäytetyössä keskitytään dieselin ja kaasun yhdistelmään ja siihen viitataan yleisnimityksellä dual fuel.

### 4.2 Dual fuel -moottori

Biokaasu ja maakaasu ovat kokoonpuristuvia kaasuja ja tämä mahdollistaa niiden käyttämisen mäntämoottorissa. Yksinkertaistettuna diesel moottorista saadaan dual fuel -moottori, kun imuilmaan lisätään kaasua. Kaasu sekoitetaan imuilmaan imusarjassa. Tällöin imutahdin aikana sylinteriin virtaa imuventtiilin kautta ilman lisäksi kaasupolttoainetta. Ilma/kaasuseos puristetaan näin ollen puristustahdin aikana kovaan paineeseen, jonka suuruus riippuu moottorin puristussuhteesta. Tyypillinen ahtamattomien dieselmotoreiden puristussuhteet ovat 15 ja 19 välillä, mikä tarkoittaa, että moottoriin imetty seos puristetaan yhteen puristussuhteen määräämään osaan alkuperäisestä vapaasta tilavuudestaan. Puristettu ilma/kaasuseos ei kuitenkaan syty itsestään vielä tässä paineessa vaan seoksen sytyttämiseen täytyy käyttää toista polttoainetta, dieseliä. Tästä syntyy nimitys ”pilottipolttoaine”, eli toinen polttoaine, jota käytetään sytyttämään ilma/kaasuseos. Tarvittava pilottipolttoaineen määrä riippuu monesta tekijästä, kuten puristussuhteesta, lämpötilasta ja pilottiruiskutus-suuttimesta. Uusimissa keskinopeakäyntisissä dual fuel -moottoreissa pilottipolttoaineen määrä on mahdollista saada jopa alle 1 %:n kokonaiskulutuksesta. (Wärtsilä 2015.)

Puristettu ilma-kaasuseos on mahdollista sytyttää myös käyttäen sytytystulppaa. Tämänlaisesta sovelluksesta käytetään nimitystä kipinäsytytteinen moottori. Sytytystulppaa käytetään bensiinimoottoreissa tai moottoreissa, joissa halutaan ajaa vain kaasulla. (Wärtsilä 2015.)

### 4.3 Valmet 502 dual fuel

Muutos dual fuel -moottoriksi haluttiin suorittaa yksinkertaisimmalla mahdollisella tavalla, eli tuomalla kaasun imuilman mukana moottoriin ja sytyttämällä pilottipolttoaineen avulla. Pilottipolttoaineen määrää ei ole mahdollista saada vastaamaan uusimpien isojen dual fuel -moottoreiden noin 1 % luokkaa. Tavoitteena oli saada pilottipolttoaineen määrä alle 50 %, eli moottori kävisi puoliksi kaasulla ja puoliksi dieselillä. Näin suuri pilottipolttoaineen määrä johtuu alkuperäisestä polttoainepumpusta ja ruiskutussuuttimesta. Liian pieni polttoaine määrä saattaa aiheuttaa huonon polttoaineen ruiskutuksen ja aiheuttaa epätäydellistä palamista. Tästä syystä pilottipolttoaineen määrä on ruiskutussuuttimen näkökulmasta järkevä pitää moottorin tyhjäkäynnin vaatimalla tasolla, jolloin se jää kohtalaisen suureksi. Alkuperäistä polttoainepumppua pyrittiin muokkaamaan niin, että se antaisi vain välttämättömän annoksen dieseliä, jotta moottori pysyisi käynnissä pelkällä dieselillä.

## 5 VALTRA

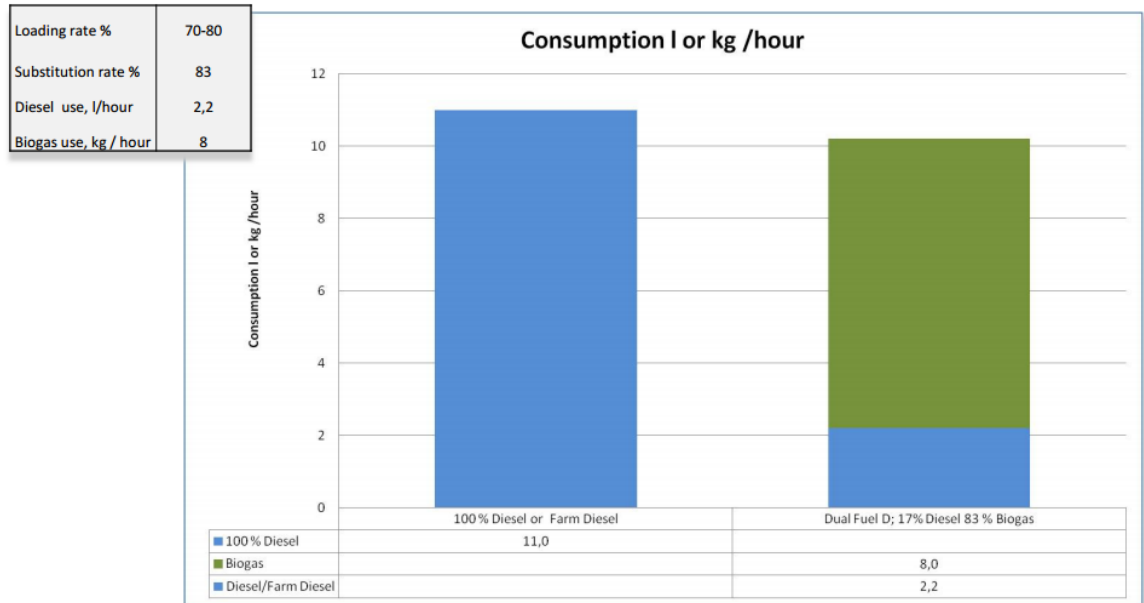
### 5.1 Yleistä

Valtra on Pohjoismaiden johtava maataloustraktoreiden valmistaja ja palveluiden tarjoaja, sekä yksi AGCO-konsernin avainbrändeistä. AGCO on maailman kolmanneksi suurin maatalouskoneiden suunnittelija, -valmistaja ja -myyjä. (Valtra 2016; Agco 2016.)

Öljyn hinnan nousu ja Valtran tavoite kehittää ympäristöystävällisiä tuotteita käynnisti ajatuksen biokaasutraktorista. Valtra on kehittänyt biokaasutractoriajatus jo vuodesta 2009 lähtien. Lähtökohtana biokaasutractori-hankkeessa oli säilyttää käyttäjäystävällisyys ja diesel -moottorin suorituskyky, sekä pienentää käyttökustannuksia (Kempainen 2014).

### 5.2 Valtra N101

Valtran N101 -mallin traktori hyödyntää niin kutsuttua CR, eli common rail, polttoainejärjestelmää. CR-järjestelmä eroaa perinteisestä polttoainejärjestelmästä siten, että dieselpolttoaineen ruiskutusaine tuotetaan kaikkien sylintereiden kesken yhteisellä korkeapainepumpulla. Paineistettu polttoaine pystytään ruiskuttamaan erikseen kuhunkin sylinteriin sähköisäätöisten suuttimien avulla. Tämä mahdollistaa tarkan polttoaineen ruiskutuksensäädön ja ruiskutusasetusten muuttamisen ajon aikana. Tämä polttoainejärjestelmä on erittäin toimiva, kun sitä hyödynnetään dual fuel -sovelluksessa. Polttoaineen kulutusta kuvaavasta kuvaajasta 1 nähdään, että N101-sarjan traktori on saatu pelkällä diesel polttoaineella ajettaessa kuluttamaan työkäytössä 11,0 l tunnissa. (Hannukainen 2013.)



Kuvaaja 1 Valtra N101 -polttoaineen kulutus (Hannukainen 2013).

### 5.3 N101 dual fuel

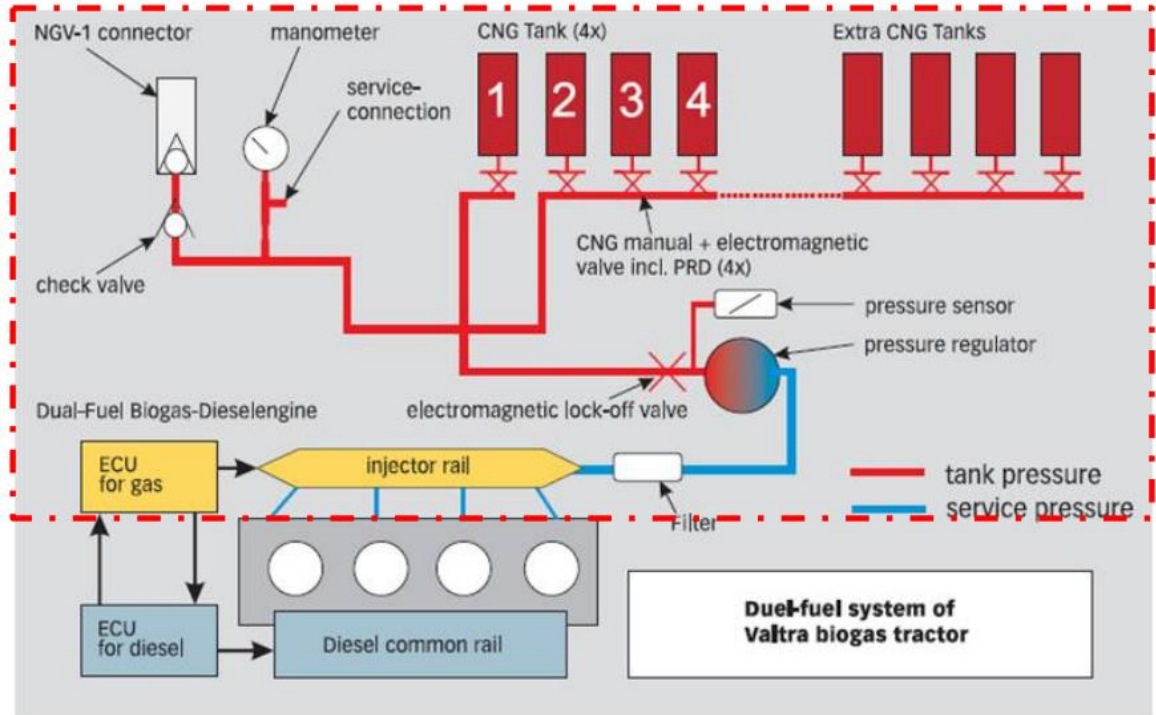
Valtra kehitteli kaasuratkaisua, jossa olemassa olevaan moottoriin tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän muutoksia ja se pystyisi käymään myös pelkällä diesel polttoaineella. Näin syntyi idea Valtra dual fuel -traktorista. Dual fuel -tekniikan etuina on lähtökohtaisesti parempi hyötysuhde kuin pelkällä kaasumoottorilla, ja se mahdollistaa ajon myös pelkällä diesel polttoaineella, jos kaasua ei ole saatavilla. (Kempainen 2013.)

Valtra päätyi käyttämään N101-sarjan traktoria kokeilumallina dual fuel sovellutukseen. Tämän kokeilumallin positiiviset tulokset johtivat myöhemmin Valtran aloittamaan vuonna 2013 kokeilupohjaisen piensarjatuotannon 110-hevosvoimasesta N101 dual fuel -mallista. (Hannukainen 2013.)

Alkuperäiseen diesel moottoriin ei tarvinnut tehdä muutoksia vaan kaasu syötetään moottoriin imuilman mukana. Kaasun syöttö tapahtuu kunkin sylinterin imukanavaan erikseen, jota säädellään sähköisesti ohjatuilla suuttimilla. Tämä mahdollistaa kaasun



määrän tarkemman annostelun ja vähentää moottorin reagoinnin viivettä. Kaasun sytytykseen käytetään pilottipolttoainetta eli dieseliä. Kuvassa 11 on esitetty Valtran N101 dual fuel -kaasujärjestelmän piirros. (Hannukainen 2013.)



Kuva 1 Valtra N101 -polttoaine järjestelmä. (Hannukainen 2013).

Taulukossa 4 on esitetty N101 dual fuel -moottorista saatua tehoa ja väännön suhdetta ajettaessa diesel- ja dual fuel -asetuksella. Taulukosta nähdään, että moottorista on saatu sama teho, samalla pyörimisnopeudella, käytettäessä dual fuel- tai diesel-asetusta. Väännön tuotossa ilmenee kuitenkin eroa. Dual fuel -asetus tuottaa suuremman vääntömomentin 480 Nm, kun taas pelkällä dieselillä ajettaessa väännöksi on saatu 460 Nm. Parhaimmillaan moottori pystyy pudottamaan diesel polttoaineen kulutuksen dual fuel -asetuksella 17 %:n luokkaan. (Hannukainen2013.)

Valtra N101	Diesel	Dual fuel
Max PTO power kW/rpm	66/2000	66/2000
Max PTO power hv/rpm	90/2000	90/2000
Max torque Nm/rpm	460/1500	480/1400
Ratio Diesel/Biogas	100% / 0%	17% / 83%
Gas volume	-	170l @ 200bar

Taulukko 3 N101 dual fuel -tehon tuotto (Hannukainen 2013).

#### 5.4 Valtra N101 ja Valmet 502 dual fuel

Verrattaessa opinnäytetyöprojektissa muutettua Valmet 502 -traktoria Valtran N101 -sarjan dual fuel -traktoriin, on mahdollista löytää sekä yhtäläisyyksiä että eroja, niin lähtökohdissa kuin lopputuloksessa. Fyysisesti itse moottoriin ei ole kummassakaan haluttu tehdä muutoksia. Molemmilla traktoreilla on lisäksi mahdollista ajaa käyttämällä ainoastaan diesel-polttoainetta. Dual fuel -toteutuksen osalta molemmissa traktoreissa kaasusyötetään sylinteriin imuilman mukana ja sytytetään käyttäen pilottipolttoaineena dieseliä.

Suurin ero näiden kahden traktorin välille muodostuu polttoaineen syöttöjärjestelmästä. Valmet-traktorin muutoksen suurena haasteena oli polttoainepumpun sovittaminen toimimaan osana dual fuel -järjestelmää. Haasteen loi dieselpolttoaineen ruiskutuspaineen, määrän ja ajoituksen tapahtuminen mekaanisesti. Puolestaan Valtran traktorissa käytetty CR-polttoainejärjestelmän etuna on tarkka polttoaineen ruiskutuksen säätely sähköisesti. CR-järjestelmää hyödyntävä Valtran pilottipolttoaineen kulutus on saatu pudotettua 17 % tasolle, kun puolestaan Valmet tulee todennäköisimmin säädettyäkin jäämään korkeammalle tasolle. Tätä tukisi mm. polttoaineen kulutuksessa ja tehossa näkyvä merkittävä ero. 110-hevosvoimainen N101 kuluttaa työkäytössä 11 l tunnissa diesel-polttoainetta, kun taas 49-hevosvoimainen Valmet 502 kuluttaa n. 18 l. (Hannukainen 2013.)

Kaasunsyöttötavassa on myös konkreettinen ero. Valtran sovelluksessa kaasu syötetään erikseen kunkin sylinterin imukanavaan. Valmet-traktorissa puolestaan kaasu sekoitetaan imuilmaan imusarjan ollessa vielä yhtenäinen. Tämä aiheuttaa huomattavasti suuremman viiveen ennen kuin moottori reagoi haluttuihin muutoksiin.

## 6 KAASUASENNUSSARJAN HANKINTA JA OSAT

### 6.1 Lähtökohta

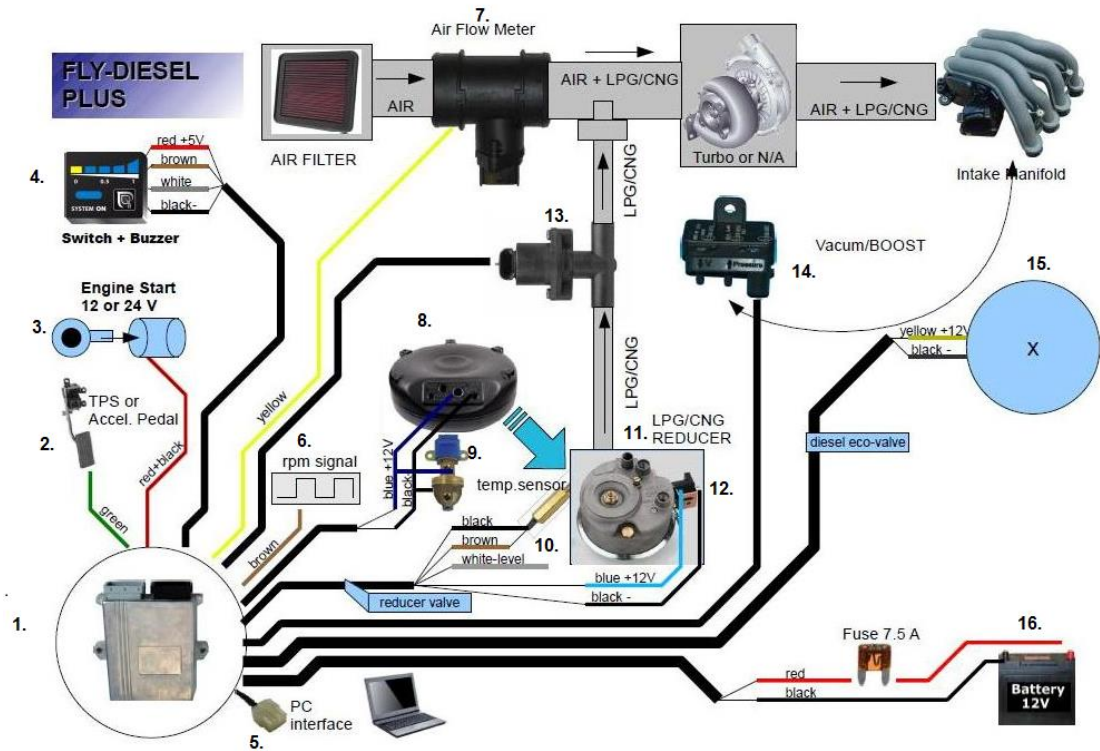
Ammattioppilaitos Livia ja Turun ammattikorkeakoulu olivat tehneet alustavaa tutkimusta kaasuasennussarjoista. Kaasuasennussarjoja myyvän CNG House:n kanssa oli ollut jo alustavaa puhetta sarjasta, joka saattaisi sopia Valmet traktorin dual fuel -projektiin. Kaasuasennus sarjojen hinnat pyörivät muutaman tuhannen euron hintaluokassa. Työssä päädyttiin käyttämään CNG House Oy:n osittain projektiin lahjoittamaa käytettyä diesel-kaasuasennussarjaa. Kyseinen sarja oli Anlero-Polska:n valmistama FLY-Diesel Plus merkinen sarja. Sarja oli tarkoitettu henkilöautoille ja keskiraskaankaluston ajoneuvoihin. Osa kaasusarjan osista oli ollut kertaalleen asennettuna autoon, mutta sitä ei oltu saatu toimimaan. Sarjan valmistama yritys oli lopettanut toimintansa, joten tiedot kyseisestä sarjasta olivat vähäiset ja rajoittuivat vain CNG House:n tarjoamiin kokemuseräisiin tietoihin.

### 6.2 Tarvittavat osat ja laitteet

Kuvassa 2 on esitetty kaaviokuva FLY-Diesel plus asennussarjasta. Kyseinen kuva oli ainut tieto mitä sarjasta oli saatavilla liittyen sen kytkentään. Kuvaan on merkitty numeroilla tarvittavat eri komponentit ja niiden kytkentä.

1. Ohjausyksikkö
2. Kaasun asennon tunnistin
3. Johdotus virtakytkimelle
4. Ohjaamoon tuleva kytkin/polttoainemittari
5. Tietokone-liitäntä
6. Kierrosnopeusanturi
7. Ilmamääräanturi
8. Kaasusäiliö
9. Kaasusäiliön magneettiventtiili
10. Lämpöanturi
11. Paineenalennusventtiili
12. Paineanturi

13. Kaasumäärän annosteluventtiili
14. Alipaineanturi
15. Magneettiventtiili dieselpolttoaineelle
16. Akku



Kuva 2 FLY-Diesel plus -kytkentäkaavio (Gazeo 2012).

## 7 KAASUSARJAN ASENNUS

### 7.1 Lähtökohta

Ajoneuvoihin tarkoitettu muutossarja ei sisältänyt suoraan kaikkia tarvittavia osia ja komponentteja. Pohdittavaksi jäi kaasun asennon tunnistimen- ja kierrosnopeusanturin hankinta. Opinnäytetyön tekijä teki kaikki asennukset ja muokkaukset, polttoainepumpun irrottamista ja takaisin kiinnitystä lukuun ottamatta.

### 7.2 Kaasun asennon tunnistin

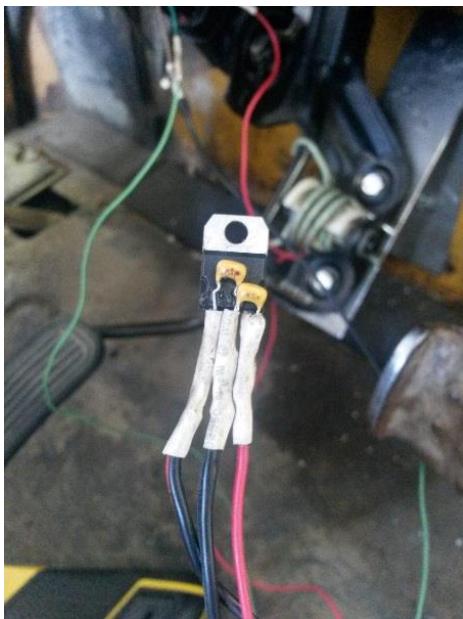
Kaasun asennon tunnistin ei tullut annetun muutossarjan mukana, vaan tarvittava tunnistin oli hankittava ja toteutettava itse. Ensimmäinen vaihtoehtoinen ratkaisu oli kytkeä potentiometri polttoainepumpun kaasuvipuun, jota ohjattaisiin ohjaamosta käsin kaasupolkimeen kiinnitetyllä metallitangolla. Potentiometrin toimintaa on selitetty kappaleessa 7.2.1. Tämä ratkaisu vaikutti kuitenkin liian epätarkalta, sillä tangon vällys ja potentiometrin kiinnitys aiheuttaisivat mahdollisesti ongelmia. Tässä kohtaa ei ollut tietoa tarvittavan potentiometrin spesifikaatiosta, eikä siitä, miten ohjainyksikkö kykenisi sitä lukemaan.

Ratkaisu ongelmaan löytyi käyttämällä auton kaasupoljinta, joka sisältäisi potentiometrin. Kuvassa 5 on esitetty kaasupoljin asennettuna ja kytkettynä. Traktoriin hankittiin autopurkamolta autosta purettu sähköinen kaasupoljin. Autoissa käytettävät kaasupolkimet kuitenkin sisälsivät kaikki kaksi potentiometriä. Virtamittarin avulla kaasupolkimen potentiometriliittimestä saatiin selville erikseen pinnit molemmille potentiometreille. Tässä kohtaa potentiometrien huomattiin toimivan hieman eri vastusalueilla. Kuvassa 2 on esitetty potentiometriä mittaamisprosessi. Potentiometri 1. toimi alueella 7-20 k $\Omega$  ja potentiometri 2. välillä 10-25 k $\Omega$ . Muutossarjan ohjainyksikössä oli tuki yhdelle potentiometrille, joten kaasupolkimesta tuli saada vain toisen potentiometrin signaali.



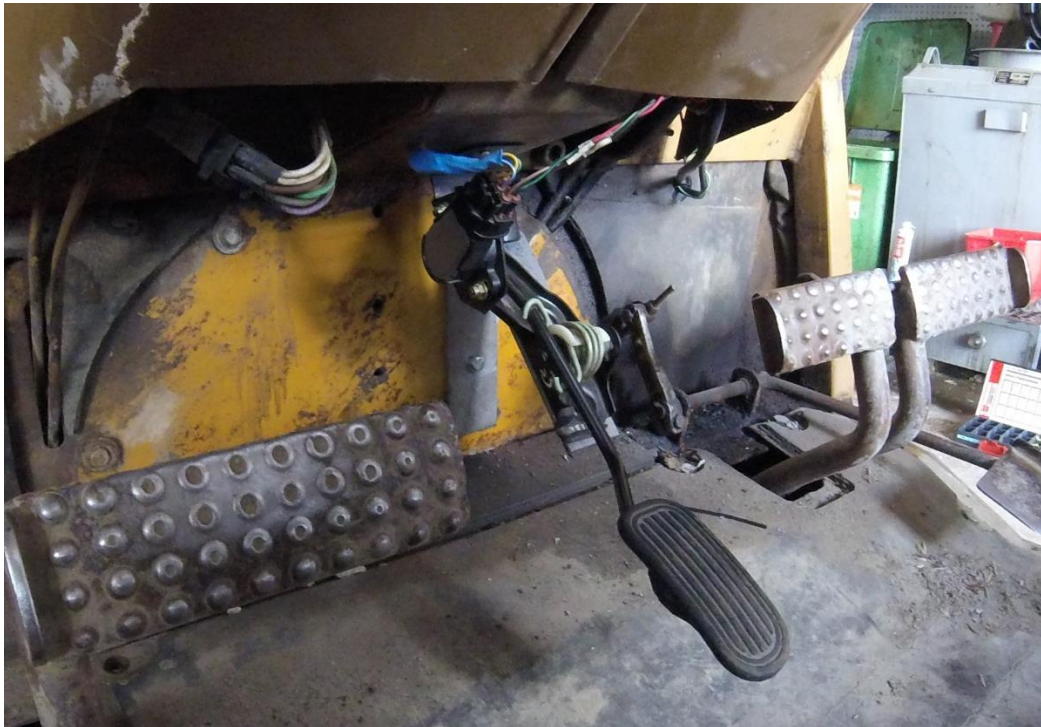
Kuva 3 Kaasupolkimen potentiometri.

Signaalin ulosotto toteutettiin siten, että jännite kasvaisi kaasua painettaessa. Autoissa käytettävät potentiometrit toimivat 5 V jännitteellä. Traktorin oma sähköjärjestelmä sen sijaan toimi normaalilla 12 V jännitteellä, joten potentiometriä varten jännitettä oli alennettava. Jännitteen alentaminen 12 V:sta 5 V:iin tapahtui regulaattorin avulla. Tarvittava regulaattori hankittiin elektroniikkaliike Elfa Distrelec Oy:stä. Regulaattorin tarkoituksena oli pitää jännite koko ajan tasaisena, sillä potentiometrille syötetyn jännitteen heilahtelu saattaisi tuottaa virheellistä tietoa kaasun asennosta. Regulaattorin jännitteen syötön tassaisuus varmistettiin pieniarvoisilla kondensaattoreilla, jotka kytkettiin regulaattorin sisään- ja ulostulo jalkoihin, kuvan 4 osoittamalla tavalla.



Kuva 4 Regulaattori.

Kaasupoljin asennettiin ohjaamon jalkatilaan ja kytkettiin ohjainyksikköön kuvan 4 osoittamalla tavalla.



Kuva 5 Kaasupolkimen asennus.

Loppumittauksessa ohjainyksikköön kytketyn potentiometrin signaaliksi mitattiin 3,7 voltia polkimen ollessa ylhäällä. Polkimen ollessa kokonaan pohjaan painettuna signaali oli 4,7 voltia. Nämä tiedot ohjelmoitiin ohjainyksikköön.

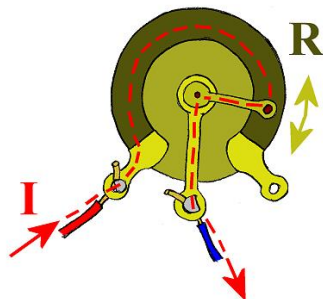
#### 7.2.1 Potentiometrin toiminta

Potentiometri tunnetaan myös nimellä säätövastus. Potentiometrit mitoitetaan niiden vastusarvon perusteella. Potentiometrejä on erilaisia, joista yleisimmin tunnettu ja käytetty yksikierron potentiometri muodostuu kuvan 6 kaltaisesti, hevosenkengän muotoisesta vastuspinnasta, jonka molemmissa päissä on liitosnasta. Potentiometriä säädetään kehän keskelle tuotavalla käännettävällä liittimellä. Keski-liitintä käännettäessä vastuspinta-ala keskinastan ja reunojen liitosnastojen välillä muuttuu. Mikäli potentiometriä halutaan käyttää signaalin ulosottoon, mitataan useimmiten keskinastan jännitteen vaihtelua. Tällöin potentiometrin kytkentä suoritetaan niin, että toisen reunan liitosnastaan



tuodaan jännite ja toinen reuna kytketään maahan. Tällöin keskinastasta saadaan säätyvä jännite, eli signaali, vastuspinta-alan muuttuessa.

## Potentiometri



Kuva 6 Potentiometrin toiminta (Pilvivene 2016).

### 7.3 Polttoainepumppu

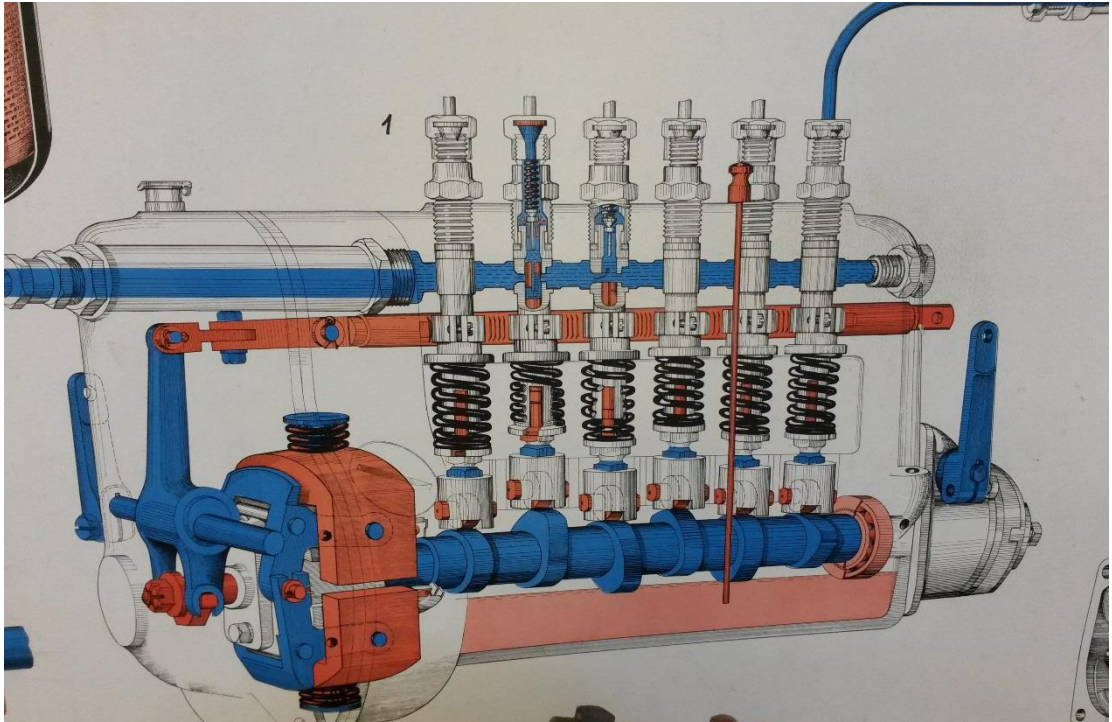
Polttoainepumppuna toimiva rivipumppu on toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen. Tämänlaisessa perinteisessä pumpputyypissä, polttoaineen syöttöpaineen muodostaminen ja syötön ajoitus tapahtuvat samanaikaisesti, eikä niiden muuttaminen ole mahdollista ilman mekaanisia toimenpiteitä. Ajon aikana on mahdollista säätää vain syötettävän polttoaineen määrää. Tämä luo rajoitteita, jotka tulee ottaa huomioon dual fuel -toimintaa ajatellen.

Polttoainepumppua tuli muokata siten, että se antaisi vain välttämättömän määrän diesel polttoainetta pitääkseen traktorin käynnissä ilman kaasupolttoainetta. Kierroksia ja moottorista otettavaa tehoa oli tarkoitus säädellä syötettävän kaasupolttoaineen määrällä. Pumppu haluttiin myös muokata siten, että traktorilla voitaisiin ajaa mahdollisimman vähillä toimenpiteillä myös pelkällä diesel polttoaineella. Polttoainepumppuna toimi Siemensin rivipumppu, jossa oli keskihakuisvoimalla toimiva kierrostenrajoitin.

Kuvassa 7 on havainnollistettu polttoainepumppu. Ruiskutettavan polttoaineen määrää säädellään pumpussa kaasuvivun avulla. Tämä vipu liikuttaa pumpun sisällä olevaa uritettua poikittaista tankoa. Tangon liike kiertää ruiskutuspainetta tuottavia, uritettuja mäntiä, ja säätelee näin syötettävän polttoaineen määrää. Keskihakurajoitin on myös kytketty kyseiseen tankoon. Järjestelmän tarkoituksena on työntää tankoa sammutusasentoon, eli asentoon, jossa polttoaineen syöttö katkeaa. Tällöin männät kääntyvät kokonaan

kiinni, mikäli kaasuvipua ei paineta ja moottori pyörii. Tämä aiheuttaisi sen, että polttoainepumppu katkaisisi dieselpolttoaineen kokonaan, mikäli kierroksia nostettaisiin kaasupolttoaineen avulla kääntämättä kaasuvipua ja näin ollen syöttämättä myös lisää dieselpolttoainetta.

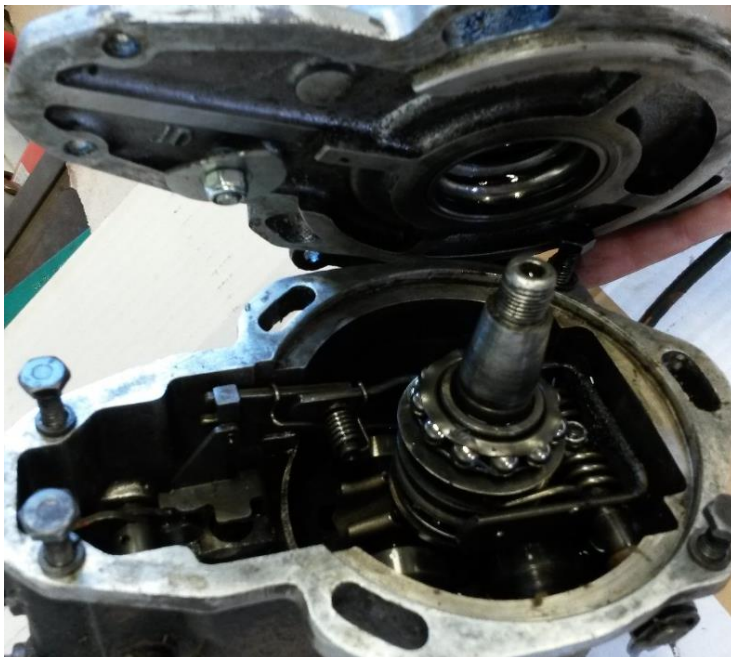
Ensimmäisenä vaihtoehtona oli vaihtaa pumppuun pienemmät ruiskutus männät, jolloin kaasuvipu voitaisiin lukita täysille pumpun syöttäessä tällöin vain tyhjäkäynnin verran polttoainetta. Tämä ratkaisu olisi ollut kallis, sillä uudet männät ovat kalliita ja ne olisi jouduttu asentamaan alan liikkeessä. Tällöin ei olisi ollut myöskään vaihtoehtoa ajaa vain diesel polttoaineella. Toisena vaihtoehtona olisi ollut purkaa keskihaku mekanismi, tämä olisi myös vaatinut pumpun suurempaa purkamista ja toimittamista alan liikkeeseen. Kolmantena vaihtoehtona oli estää tangon liikettä. Tämä vaihtoehto päätettiin toteuttaa ja estää tangon pääsy asentoon, jossa moottori sammuisi. Tämä kuitenkin aiheuttaa ongelman myöhemmin moottorin sammuttamisessa. Pumpun päätyyn tehtiin reikä ja kierreet mistä pulttia kiertämällä pystyttiin estämään keskihakurajoitinta liikuttamasta tankoa asentoon missä polttoaineen syöttö laskisi alle moottorin tyhjäkäynnin vaatiman tason. Kuvassa 8 on esitetty polttoainepumpun kanteen asennettu tangon liikettä estävä pultti. Kuvassa 9 on näkyvillä tangon pää ja sen liikettä rajoittavan pultin sijoittuminen. Tyhjäkäynnin säätöruuvien ja tangon säätöruuvien avulla pystyttiin lukitsemaan pumppu syöttämään polttoainetta halutulla tasolla.



Kuva 7 Polttoainepumpun piirros (Autoteknillinen opetuskuvasto 1952).



Kuva 8 Ruiskutusmäntiä kiertävän tangon säätö pultti.



Kuva 9 Ruiskutus mäntien säätötangon pää ja pultti.

#### 7.4 Kaasun syöttöjärjestelmä

Kaasun syöttöjärjestelmä koostuu kaasupullosta, paineenalennusventtiilistä, annostelijasta ja kaasusuuttimista. Paineenalennusventtiilin tehtävänä on pudottaa kaasupullosta tuleva korkea kaasunpaine normaalipaineeseen. Täyden kaasupullon paine on noin 200 baaria. Tämä paine täytyy alentaa noin 1:n bar:n, jotta se voidaan syöttää annostelijaan. Paineen alentaminen aiheuttaa venttiilin voimakasta jäähtymistä. Tästä syystä venttiiliä täytyy lämmittää moottorin jäähdytysvesikierron avulla, jolla estetään sen jäätyminen. Paineenalennus venttiili asennettiin tukevasti hytin seinään ja kytkettiin säätöventtiiliin kanssa moottorin jäähdytysvesi kierto, käyttäen halkaisijaltaan 16 mm lämpöä kestävää vesilettoa.

Paineenalentajasta kaasu siirrettiin 18mm halkaisijalla olevalla letkulla annostelijaan. Annostelijan tehtävä on säädellä syötettävän kaasun määrää. Annostelijasta kaasuletku haaroitettiin kahdelle kaasusuuttimelle käyttäen letkua, jonka halkaisija oli 15mm. Kaasusuuttimet asennettiin imusarjaan tekemällä kierteet imusarjan ja ilmanpuhdistajan yhdistävään metalli osioon. Kaasusuuttimien asento on havainnollistettu kuvassa 10.

Kuvassa 9 on nähtävillä asennuksen yleisnäkymä, jossa esitetyt osat ovat numeroitu seuraavasti:

1. Paineenalennusventtiili
2. Kaasunannostelija
3. Kaasusuuttimet
4. Alipainemittari
5. Ohjainyksikkö
6. Laturi



Kuva 10 Asennuksen yleisnäkymä.



Kuva 11 Kaasusuuttimet.

### 7.5 Ohjainyksikkö ja anturit

Ohjausyksikön tehtävänä on lukea antureita ja säädellä niiden perusteella kaasupolttoaineen syötön määrää annostelijan avulla. Ohjausyksikkö asennettiin traktorin moottoriin lähelle hytin seinää. Johtosarjat kytkettiin yksikköön kahdella liittimellä.

Kierrosnopeusanturin avulla ohjainyksikkö tietää moottorin pyörimisnopeuden. Tämä tieto on tärkeä järjestelmälle. Ohjainyksikön säätäessä annostelijan asentoa vain kaasupolkimen asennon perusteella ja kaasunpaineen ollessa korkeampi kuin ilmanpaine olisi mahdollista, että järjestelmä syöttäisi kaasua imusarjaan, vaikka moottori ei olisi käynnissä. Tämä aiheuttaisi myös ongelmia kaikissa tilanteissa, joissa moottorin tehontarve muuttuu. Kierrosnopeusanturi vaihtoehtoja oli kaksi. Toinen oli CNG Housen anturi, joka oli tarkoitettu asennettavaksi moottorin lohkon niin, että se lukee pyörintänopeuden vauhtipyörän hampaista. Tämän anturin asentaminen olisi kuitenkin vaatinut moottorilohkon reiän poraamista. Kierrosnopeus anturi päätettiin toteuttaa vaihtamalla traktoriin uusi laturi, jossa oli kytkentämahdollisuus kierrosnopeusanturille. Uusi laturi sovitettiin paikalleen ja kierrosnopeusanturin ulostulo kytkettiin ohjainyksikköön.

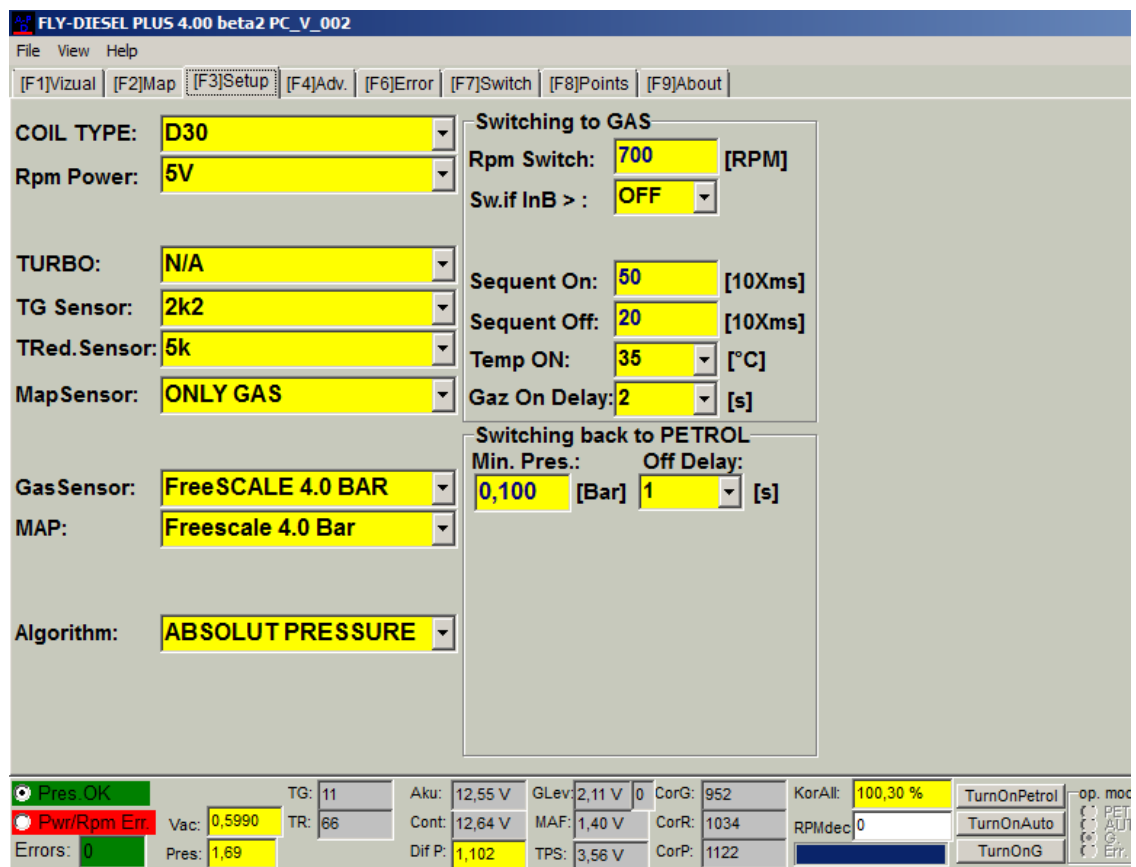
Imusarjaan asennettiin alipaineanturi. Anturin tehtävä on mitata imusarjassa vallitsevaa alipainetta moottorin käydessä. Moottorin imusarjaan luoma alipaine ei ole kovin suuri, mutta sen avulla moottori imee kaasun kaasusuuttimista. Kaasu sekoittuu imuilmaan imusarjassa ja näin sylintereihin imetään ilman lisäksi kaasupolttoainetta.

Muita tarvittavia kytkentöjä ohjainyksikköön oli ohjaamoon tuleva kaasupolttoaineen määrän ilmoittava mittari, jonka paineanturi kytkettiin paineenalennusventtiiliin. Kytkin, jolla kaasujärjestelmä saadaan päälle ja pois. Virtalukosta otettiin herätevirta ohjainyksikön käynnistämistä varten. Paineenalennusventtiiliin kytkettiin lämpötila-anturi, jotka kytkettiin ohjainyksikköön.

## 8 MOOTTORIN KÄYNNISTÄMINEN JA JÄRJESTELMÄN SÄÄTÖ

Kaikkien tarvittavien osien asentamisen ja kytkemisen jälkeen, järjestelmään voitiin kytkeä virta. Ohjainyksikkö kytkettiin tietokoneeseen USB-kaapelin avulla. Ohjainyksikön asetuksien säätämiseen käytetty ohjelma oli ”Fly-Diesel Plus 4.00 beta”. Kuvista 12 ja 13 on nähtävissä otteita ohjelman ulkoasusta ja päävälilehdet, joiden avulla järjestelmän asetusten säätö tapahtui.

Kuva 12 on otettu Setup-välilehdeltä. Tällä välilehdellä voitiin muokata antureiden asetuksia ja säätää dual fuel -asetuksen automaattista päälle kytkeytymistä.



Kuva 12 Fly-Diesel plus 4.00 beta Setup.



Kuva 13 on otettu Map-välilehdeeltä, tällä välilehdellä voitiin säädellä kaasunostelijan toimintaa vaihtamalla taulukkoarvoja. Kaasukartaksi valittiin alipaineanturin ja kaasunasennontunnistimen yhdistelmä. Taulukon ensimmäinen rivi kuvaa alipainearvoa ja ensimmäinen vaakarivi sähköiseltä kaasupolkimelta tulevaa signaalia.

**FLY-DIESEL PLUS 4.00 beta2 PC\_V\_002**

File View Help

[F1]Vizual [F2]Map [F3]Setup [F4]Adv. [F6]Error [F7]Switch [F8]Points [F9]About

	3,7000	3,8000	3,9000	4,0000	4,2000	4,3000	4,5000	4,6000
0	3,7000	3,8000	3,9000	4,0000	4,2000	4,3000	4,5000	4,6000
0,8	0	+51	+102	+101	+152	+157	+203	+203
0,9	0	+51	+103	+103	+153	+156	+203	+203
1,0	0	+51	+104	+105	+154	+156	+203	+203
1,1	0	+51	+104	+106	+155	+156	+202	+202
1,2	0	+51	+105	+107	+156	+157	+203	+203
1,3	0	+51	+106	+108	+157	+157	+203	+203
1,4	0	+51	+107	+109	+158	+155	+201	+202
1,5	0	+51	+106	+101	+157	+155	+201	+202
1,6	0	+51	+103	+105	+155	+155	+201	+202
1,7	0	+51	+101	+103	+153	+155	+201	+202
1,8	0	+51	+104	+105	+151	+151	+201	+201
1,9	0	+51	+102	+103	+151	+151	+200	+201
2,0	0	+51	+99	+100	+149	+150	+200	+201
2,1	0	+51	+101	+102	+149	+150	+199	+200
2,2	0	+50	+100	+100	+148	+149	+199	+200
2,3	0	+50	+99	+99	+149	+149	+198	+199

**[Bar]** BAR: 0.9-1.4 0 Tank + Filter Valv  
 InternalPower 0 Regulator Valv  
 Mod.Char. Poin: ValvDiesel

MAP TYPE: 3: VACUM/TPS

Volts: 12.54 V, 12.64 V, 12.57 V  
 CorG: 952, CorR: 1034, CorP: 1120  
 TG: 11, TR: 65, Dif P: 1,109, TPS: 3,57 V  
 Vac: 0,5930, Pres: 1,70  
 RPMdec: 0, KorAll: 100,10 %

Regulator Allways ON  
 DieselEcoValve Invert  
 CDi EMULATOR ON  
 CDi Mode 0

Bar gauge: 0,0 to 3,0 Bar

Kuva 13 Fly-Diesel plus 4.00 beta Map.

Karkean asetusten säädön jälkeen moottori voitiin käynnistää. Ruiskutuspumun säätöruuvia ei ollut tarve säätää ennen kuin kaasujärjestelmän toiminta saataisiin siihen pisteeseen, että kierroksien nostaminen tapahtuisi ainoastaan kaasupolttoaineella. Ohjainyksikön asetuksia oli mahdollista säätää moottorin käydessä. Moottori käynnistyi ilman ongelmia.

## 9 DUAL FUEL -MUUTOKSEN LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT

Taulukko 4 kuvaa käytännön työn suorituksen onnistumista ja kuinka traktori saatiin vastaamaan kaasunsyöttöön. Tulokset on saatu Fly-Diesel Plus 4.00 beta -ohjelman ja ohjainyksikköön työssä kytkettyjen antureiden sekä laitteiden avulla. Moottoria käytettiin ilman kuormaa ja kaasupolttoaineena käytettiin 95 %:n metaanipitoisuudeltaan olevaa liikennekaasua.

Diesel RPM	Annostelijan asento %		
	30 %	65 %	100 %
750 RPM	800 RPM	850 RPM	850 RPM
1000 RPM	1050 RPM	1200 RPM	1200 RPM
1250 RPM	1350 RPM	1500 RPM	1650 RPM
1500 RPM	1650 RPM	1850 RPM	2150 RPM

Taulukko 4 Valmet 502 dual fuel, kaasulla saavutettu pyörimisnopeus.

Taulukon ensimmäinen rivi kertoo diesel-polttoaineella tuotetun kierrosnopeuden ja vaakarivi annostelijan asennon. Taulukosta nähdään, että moottori vastasi imusarjaan syötettyyn kaasuun. Annostelijan asentoa ohjattiin traktoriin asennetun sähköisen kaasupoltimen avulla. Tulokset ovat hyvin karkeita, mutta suuntaa antavia. Taulukosta voidaan kuitenkin selvästi nähdä moottorin pyörimisnopeuden muutos ja vaste annostelijan asentoon.

Tuloksista huomataan myös, että suurempi dieselpolttoaineella tuotettu alku pyörimisnopeus paransi moottorin vastetta kaasun syöttöön. Tämän voidaan olettaa johtuvan suuremmasta imuilman virtausnopeudesta ja määrästä, mikä oletettavasti aiheuttaa suuremman alipaineen imusarjaan. Suuremman alipaineen ja ilamnvirtauksen avulla kaasun sekoittuminen kaasusuuttimista imusarjaan on paremmin hallittavissa ja sen määrää on helpompi annostella. Onnistuttaessa saamaan moottoriin korkeahko pyörimisnopeus, suuremmalla dieselpolttoaineen ja kaasun määrällä, moottori onnistui ylläpitämään sitä, vaikka dieselpolttoaineen määrää vähennettiin.

Vastenopeus kaasunannostelijan asennon muutokseen oli myös nopeampi korkeammalla pyörimisnopeudella. Matalammilla pyörimisnopeuksilla moottori vastasi todella hitaasti annostelijan muutoksiin. Tämä on selkeä viittaus siihen, että annostelijan ja kaasusuuttimien etäisyyttä tulisi saada lähemmäs moottoria imusarjassa, kuitenkin säilyttäen kaasun hyvä sekoittuminen ilman kanssa.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön käytännön osan tavoitteena oli saada tuotettua Maaseutuoppilaitos Liivialle dual fuel -toiminen biokaasu traktori. Vaatimustasona oli saada traktori käymään diesel-polttoaineella ja nostamaan kierroksia imusarjaan syötetyn kaasupolttoaineen avulla. Käytännön työn osuus ei kattanut järjestelmän suurempaa säätämistä vaan, vaatimustaso täyttyi järjestelmän asennuksesta ja sen toiminnan varmistamisesta.

Työhössä käytettyyn Valmet 502 -traktoriin asennettiin Fly-Diesel Plus –kaasuasennussarja, jonka avulla moottori muutettiin dual fuel toimiseksi. Traktoriin asennettiin kaasuasennussarjan lisäksi myös sähköinen kaasupoljin ja kierrosnopeusanturilla varustettu laturi. Alkuperäiseen polttoaineen syöttöjärjestelmään tehtiin tarvittavia muutoksia kuitenkin poistamatta pelkän diesel-polttoaineen käyttömahdollisuutta.

Lopputuloksena on onnistuttu tuottamaan dual fuel –traktori, joka saatiin vastaamaan imusarjaan syötettyyn kaasupolttoaineeseen, nostamalla pyörimisnopeutta. Kaasupolttoaineen määrä on säädeltävissä sähköisen kaasupolkimen ja alipaine anturin avulla. Traktorilla on mahdollista ajaa myös pelkällä diesel-polttoaineella, mikä tuo joustavuutta traktorin käyttöön.

## LÄHTEET

Motiva 2015. Biokaasu. Viitattu 1.6.2016 [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bio-energia/energiaa\\_pelloilta/biokaasu](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bio-energia/energiaa_pelloilta/biokaasu)

Motiva 2010, 2. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. Viitattu 1.6.2016 [http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energianhinnat\\_19042010.pdf](http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf)

Gasum 2016. Kaasun koostumus. Viitattu 1.6.2016 <http://www.gasum.fi/Siirtoportaali/Suomen-Kaasuverkosto/Kaasun-koostumus/>

Lauren, M. 2015. Polttomootoritekniikan luennot. Turun Ammattikorkeakoulu

Wärtsilä 2015. Koulutus. Turku

Hannukainen, P. 2013. Biokaasu traktori on jo teknisesti mahdollinen maatalolle. Viitattu 1.6.2016 <http://www.biokaasufoorumi.fi/GetItem.asp?item=digistorefile;403231;2796&params=open;gallery>

Pilvivene 2016. 1.4. Erilaisia vastuksia: teksti ja kuvia. Viitattu 1.6.2016 <http://www.pilvivene.com/matsku/index.php/fysiikka/fy6-saehkoe/433-1-4-erilaisia-vastuksia-teksti>

Gazeo 2012. Autogas Dual System Fly Diesel Plus. Viitattu 1.6.2016 <http://gazeo.com/automotive/technology/A-self-sufficient-market,article,6520.html>

Valtra 2016. Tietoa Valtrasta. Viitattu 03.06.2016 <http://www.valtra.fi/tietoa-valtrasta.aspx>

AGCO 2016. AGCO Suomi Oy. Viitattu 03.06.2016 <http://www.agcosuomi.fi/Agcosuomi.asp>

Kempainen, J. 2014. Biokaasulla toimiva traktori. Viitattu 3.6.2016 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74601/Kempainen\\_Jaakko.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74601/Kempainen_Jaakko.pdf?sequence=1)

Autoteknillinen opetuskuvassto 1952. Werner Söderström Oy. WSOY Porvoo.

Bosch 2016. Common rail. Viitattu 3.6.2016 [https://fi.bosch-automotive.com/fi/parts\\_and\\_accessories\\_5/engine\\_systems\\_4/diesel\\_3/common\\_rail\\_injection\\_3/common\\_rail\\_diesel\\_motor\\_sys\\_parts](https://fi.bosch-automotive.com/fi/parts_and_accessories_5/engine_systems_4/diesel_3/common_rail_injection_3/common_rail_diesel_motor_sys_parts)

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. Viitattu 1.6.2016 [https://is-suu.com/hamkuas/docs/hamk\\_biokaasun\\_tuotanto\\_2015\\_ekirja](https://is-suu.com/hamkuas/docs/hamk_biokaasun_tuotanto_2015_ekirja)

## LIITE 1: VALMET 502 TEKNINEN ERITTELY

### MITAT JA PAINOT

Suurin pituus.....	3548 mm
Suurin leveys (pienimmällä raidevälillä) .....	1892 mm
Korkeus (pakoputken kohdalla) .....	2680 mm
Korkeus (ohjaamon kohdalla) .....	2470 mm
Maavara.....	420 mm
Kokonaispaino .....	2650 kg
Etuakselipaino .....	990kg
Taka-akselipaino.....	1660 kg
Akseliväli.....	2112 mm
Kääntösäde .....	3500 mm
Kääntösäde (ohj. jarruilla) .....	3000 mm
Raidevälit edessä (mm).....	Renkailla 7.50 - 18 ja 7.50 - 16
Renkaan keskeltä mitattuna .....	1400-1500-1600-1700
Renkaan ulkoreunasta mitattuna .....	1602-1702-1802-1902
Raidevälit takana (mm) renkailla .....	14.9/13-30
-renkaan keskeltä mitattuna .....	1514-1650-1760-1800-1914
-renkaan ulkoreunasta mitattuna.....	1892 . . . 2292

### TÄYTÖKSET (UUSI TRAKTORI)

Polttonestesäiliö .....	65 l
Jäähdytysjärjestelmä.....	10 l
Moottori .....	7,5 l
Ruiskutuspumppu .....	0,30 l
Vaihteisto .....	12,5 l
Hydrauliikka.....	20 l
Vetopyörästä .....	2 x 5,5 l

### MOOTTORI

Moottorin malli .....	Valmet 310 B
Moottorin laji .....	4-tahtinen suorasuihkutus diesel
Jäähdytys .....	neeste
Sylinteriluku.....	3
Sylinterien numerointi edestä .....	1-2-3
Sylinterien läpimitta .....	100 mm
Iskupituus .....	114 mm
Vääntömomentti .....	170 Nm/22 r/s DIN
.....	(17 kpm/1300 r/min)
Moottorin iskutilavuus.....	2,7 dm <sup>3</sup>
Puristussuhde.....	17
V.O. teho, nop.alueella 540 r/min	
(valmistajan ilmoittama, OECD-normia vastaava) .....	35 kW (48 hv)
Vastaava V.O. akselin pyörintänopeus .....	12 r/s (722 r/min)
Moottorin teho (valmistajan ilmoittama) .....	36 kW (49 hv) DIN
.....	normin 70020 mukaan (Ruotsi 41 kW/56hv)
Vastaava moottorin pyörintänopeus.....	38 r/s - (2300 r/min)
Joutokäyntipyörintänopeus .....	n. 11 r/s (650 r/min)

Suurin pyörintänopeus kuormittamattomalla moottorilla.....	n. 41 r/s (2450 r/min)
Imuventtiilin välys kylmänä ja kuumana .....	0,25
Pakuventtiilin välys kylmänä ja kuumana .....	0,25
Asetusmerkki vauhtipyörässä	
ylänäännekohta sylinteri n:o 1 .....	0° r
uiskutus alkaa sylinteristä n:o 1 .....	20°
Moottorin paino .....	n. 340 kg
Ilmanpuhd. suodin.....	kuiva paperikennosuodin
Varmuussuodin .....	kuiva paperikennosuodin
Esisuodin .....	syklooni

## POLTTONESTEJÄRJESTELMÄ

Polttoneste .....	kaasuöljy
Ruiskutuspumppu .....	rivipumppu
Siirtopumppu kalvotyypinen .....	AC "VP"
Ruiskutusjärjestys .....	1-2-3
Ruiskutusennakko .....	20°
Suutin .....	CAV
Suuttimen pidin .....	CAV
Ruiskutuspaino .....	20Mpa (200 kp/cm <sup>2</sup> )
Polttonestesuodin .....	CAV
Suodinpanos.....	paperikennosuodin
Vedenoerotin .....	AC
Kylmäkäynnistyslaite .....	Thermostart, imuilman esilämmitin

## VOITELUJÄRJESTELMÄ

Täysipainevoitelu hammaspyöräpumpun avulla päävirtasuotimen kautta.

Öljynsuodin .....	kertakäyttöinen suodinpanos
Öljynpaine lämpimässä moottorissa	
- joutokäynnillä vähintään .....	150 kPa (1,5 kp/cm <sup>2</sup> )
- käyntikiirroksilla .....	300-500 kPa (3-5 kp/cm <sup>2</sup> )

## JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Lämpötilan säätö .....	termostaatti, säädettävä
.....	kaihdin, keskipakipumpulla
.....	tehostettu jäähdytysnesteen
.....	kierto



**TUULETIN**

- siipiä..... 6
- halkaisija ..... 410 mm

**KYTKIN****Parikytkin**

- ajokytkin (halkaisija) ..... 280 mm (11")
- voimanottoytkin (halkaisija) ..... 280 mm (11")

**JARRUT**

- Tyyppi ..... hydraulisesti toimivat  
..... nelipintalevyjarrut
- Jarrupinta-ala yht. .... 1200 cm<sup>2</sup>
- Seisontajarru ..... ajojarruihin mekaanisesti  
..... vaikuttava