

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Niska Tarmo

**Vaihtoehtoiset polttoaineet -
Biokaasun käyttö auton polttoaineena
ja tarvittavat tekniset muutostyöt**

Tekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Kemi 2010

ALKUSANAT

Haluan lämpimästi kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön opettajaa Lauri Kantolaa. Hän on opastanut ja kannustanut minua työni eri vaiheissa.

Lisäksi halua kiittää Ammattiopisto Lappiaa ja erityisesti Jarmo Saariniemeä biokaasuauton rakentamiseen tarvittavan rahoituksen järjestymisestä.

Torniossa 10.10.2010

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tarmo Niska
Opinnäytetyön nimi	Vaihtoehtoiset polttoaineet - Biokaasun käyttö polttoaineena ja tarvittavat tekniset muutostyöt
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	10.10.2010
sivumäärä	31 + 7 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Yliopettaja Kantola Lauri
Yritys	Ammattiopisto Lappia

Nykyajan autoissa käytetään enimmäkseen fossiilisia polttoaineita. Raakaöljyn markkinahinta maailmalla vaihtelee paljon ja sen saatavuus on kyseenalaista tulevaisuudessa. Lisäksi fossiiliset polttoaineet ovat miltei uusiutumattomia. Globaali ilmastonmuutos on vakava ongelma, ja autoissa käytetyt fossiiliset polttoaineet kiihdyttävät ilmaston lämpenemistä. Tämä tosiasia velvoittaa autotehtaat kehittämään vaihtoehtoisille polttoaineille sovellettavaa uutta tekniikkaa. Tulevaisuudessa autoihin voidaan tankata vaihtoehtoisia polttoaineita olemassa olevilta jakoasemilta. Tämä jakelutekniikka on Suomessa vasta aluillaan, mutta maailmalta löytyy jo useita mielenkiintoisia malleja esimerkiksi kaasun ja etanolin asemajakelusta.

Aiheen laajuuden vuoksi opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin biokaasun tuotantoon sekä tutkitaan sitä, miten käytössä olevia ajoneuvoja voidaan muuttaa kaasukäyttöisiksi. Työn tavoitteena oli rakentaa kaasukäyttöinen auto Koulutuskuntayhtymä Lappialle. Auto muutettiin kaasukäyttöiseksi yhteistyössä Oragas Oy:n kanssa. Työssä kuvataan auton valintaa edeten eri osajärjestelmien kokoamisesta vaihe vaiheelta valmiiseen tieliikenteeseen katsastettuun kaasu- ja bensiinikäyttöiseen autoon. Tehodynamometrillä tehdyissä testauksessa havaittiin, että kaasulla ajettaessa auton tehot olivat 25 hv matalammat kuin bensiinillä ajettaessa. Kaasukäyttöisen auton moottorin teho kasvoi, kun autoon asennettiin sytytyksen ennakkosäätöyksikkö. Kaasukäyttöisen auton hyödyntäminen mahdollistuu, kun Louen opetusmaatilán yhteyteen rakennetaan biokaasulaitos. Laitoksessa tuotetaan käyttösähköä maatilalle ja polttoainetta kaasukäyttöiseen autoon. Biokaasulaitos valmistunee vuoden 2011 loppuun mennessä. Tavoitteena oli lisäksi saada henkilökohtaisesti riittävä asiantuntemus ja koulutus kaasuasennuslupia varten.

Kaasukäyttöisiä ajoneuvoja on Euroopassa noin miljoona. Suomessa ei kuitenkaan ole kuin yksi muutostöitä suorittava yritys (Oragas Oy). Kaasukäyttöisiä ajoneuvoja on noin 500, jotka kaikki ovat Etelä-Suomessa. Louen auton avulla voidaan saada kokemuksia siitä, kuinka biokaasuauto toimii Lapin vaihtelevissa ilmasto-oloissa.

Asiasanat: biopolttoaine, biokaasulaitos, vaihtoehtoiset polttoaineet

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical Production Engineering
Name	Niska Tarmo
Title	Alternative Use of Biogas and Necessary Technical Modifications
Type of Study	Bachelor`s Thesis
Date	10 October 2010
Pages	31 + 7 appendixes
Instructor	Senior Lecturer Kantola Lauri
Company	Vocational College Lappia
Contact Person/ Supervisor from Company	

Today's cars mainly run on fossil fuels. The price of crude oil varies much in the world, and its availability is questionable in the future. In addition, fossil fuels are almost non-renewable. Global climate change is a serious problem and automotive combustion of fossil fuels accelerates global warming. This on the other hand forces car manufacturers to develop alternative fuels applicable to new technology. In the future, cars may be refuelled at existing distribution stations with alternative fuels. This distribution technology in Finland is in its infancy, but there are a number of interesting models in the world, such as ethanol and gas station distribution.

The thesis focuses on biogas production and examines how existing vehicles can be converted on gas. The goal was to build a gas-fueled car for Kemi-Tornionlaakso Municipal Education and Training Consortium Lappia. The car was converted on gas was carried out in collaboration with Oragas Oy. The thesis describes the car's choice proceeding from various sub-assemblies step by step to a roadworthy gas- and petrol-fuelled car. Power dynamometer testing showed that when driving a car on gas the power was 25 hp lower than on petrol. The power of the gas-fuelled engine increased when a pre-adjustment unit was installed on the car. The utilization of the gas-fuelled car will become possible when a biogas plant is built at Loue training farm. The Biogas plant will be completed by the end of 2011. The aim was also to obtain sufficient personal knowledge about the matter and training to gain the permit of gas installations.

There are about one million gas-fuelled cars in Europa. In Finland there is only one firm (Oragas Oy) which converts cars to run on gas. There are about 500 gas-fuelled cars, all of which are in southern Finland. So it is time to test how the car on works biogas in Lapland in varying climatic conditions.

Keywords: bio-fuels, biogas, alternative fuels

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. RAAKAÖLJYN RIITTÄVYYS	2
3. TULEVAISUUDEN POLTTOAINEET	4
3.1. Biodiesel	4
3.2. Etanoli ja bioetanoli	5
3.3. Metanoli ja biometanoli	7
3.4. Vety	7
3.5. Kasviöljyt	8
3.6. Kaasut	8
4. BIOKAASU	9
5. BIOKAASUN KÄYTTÖ AJONEUVOISSA	12
6. MAAKAASUAJONEUVOT JA TANKKAUSPISTEVERKOSTO	15
6.1. Maakaasujoneuvot maittain vuonna 2006	15
6.2. Tankkauspiesteverkosto Euroopassa vuonna 2006	16
7. BENSIINIKÄYTTÖISEN AJONEUVON MUUTTAMINEN KAASUKÄYTTÖISEKSI	17
7.1. Auton valinta	17
7.2. Auton muuttaminen kaasukäyttöiseksi	17
8. ASENNUSTÖIDEN ALOITUS	19
8.1. Pullojen valinta	19
8.2. Maakaasusäiliön merkinnät	19
8.3. Kaasun määrä neljässä kaasupullossa	20
8.4. Kaasupullot ajoneuvossa	21
8.5. Kaasuputkien asennus	22
8.6. Kaasusuuttimien asennus	22
8.7. Painealentimen asennus	23
8.8. Moottorin ohjausyksikön asennus	24
8.9. Sähkökytkentäkaavio	25
8.10. Biokaasulaitteiston säätö	25
8.11. Ensimmäinen tankkaus	26
8.12. Katsastuksessa tarvittavat todistukset ja pöytäkirjat	27
9. POHDINTA	28
10. YHTEENVETO	29
11. LÄHDELUETTELO	30
12. LIITELUETTELO	31

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

NExBTL	Biodiesel
UV	Ultraviolettisäteily
Bar	Paineen yksikkö
Bifuel	Kaksi polttonestejärjestelmä
EC	Iso 3166-1-koodi =valtio tai muu maantieteellinen alue
EU	Euroopan unioni
Nm	Momentin yksikkö
OBD	On- Board Diagnostcs =ajoneuvon itsediagnostiikkapistoke
CNG	Maakaasu / Biokaasukäyttö

1. JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään fossiilisten polttoaineiden ja vaihtoehtoisten polttoaineiden tulevaisuudennäkymiä. Kuinka pitkään maailmalta löydetty raakaöljyvarannot riittävät? Öljynjalostuskapasiteetti ja kulutuskysyntä kasvavat rinta rinnan. Tästä suhteesta seuraa ongelmia globaalissa maailmassa, koska pienetkin häiriöt öljyntuotannossa johtavat kysynnän ja tarjonnan epätasapainoon. Öljyn hinta heilahtelee herkästi heijastuen maailmantalouteen ja kuluttajien arkeen.

Lisäksi työssä kuvataan polttomoottoriauton muuttaminen kaasukäyttöiseksi autoksi. Työssä selvitetään se, mitä muutoksia ja lisälaitteita bensiinikäyttöinen auto tarvitsee toimiakseen kaasulla tai biokaasulla. Työssä kuvataan muutosprosessin kulkua tavallisesta autosta katsastetuksi kaasu-bensiiniautoksi. Auto tulee koulutus kuntayhtymä Lappian Louella sijaitsevan koulutusmaatilalla käyttöön. Auto saa polttoaineena käyttämänsä biokaasun maatilalle rakennettavasta biokaasulaitoksesta, joka valmistunee vuonna 2012.

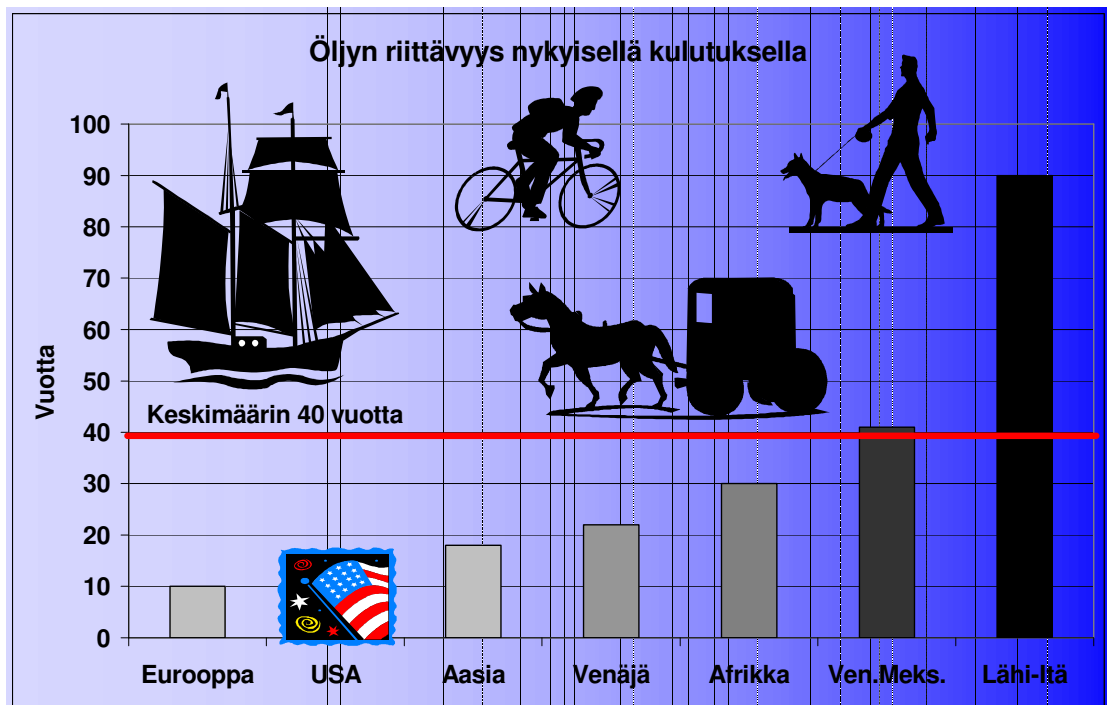
Tulevaisuuden polttoaineista biodieselin valmistus lisääntyy kovaa vauhtia. Suomi on tässä kehitysprosessissa maailman kärkimaita. Biodieseliä valmistetaan erilaisista luonnonraaka-aineista kuten mäntyöljystä, jota Suomessa on runsaasti. Mäntyöljyä syntyy metsäteollisuudessa sellunvalmistuksen sivutuotteena. Neste on kehittänyt NExBTL-biodieselin, jonka tuotanto on alkanut Porvoossa vuonna 2007. Se on laadultaan huippuluokkaa. NExBTL-biodiesel on ominaisuuksiltaan dieselpolttonesteen kaltainen aine, mutta se tuottaa huomattavasti vähemmän pakokaasupäästöjä.

Maailmalla käytetään myös muita vaihtoehtoisia polttoaineita: etanolia, bioetanolia, metanolia, vetyä ja erilaisia kaasuja. Näistä etanolin käyttö on laajamittaisinta. Ruotsi on rakentanut etanolin jakelun maan kattavaksi verkostoksi. St1-ketju suunnittelee etanolin jakeluverkoston kehittämistä Suomeen ja muutamia jakelupisteitä löytyy jo Etelä-Suomesta. Ongelmatonta etanolin käyttö ei kuitenkaan ole, koska etanolia käyttävään ajoneuvokalustoon pitää tehdä muutoksia. Etanolin lämpöarvo ei ole yhtä korkea kuin bensiinin ja näin ollen sen kulutus on bensiinin kulutusta suurempaa. Yleisesti käydään arvokeskustelua siitä, onko ruoka, josta on pulaa köyhimmillä alueilla, oikea raaka-aine polttonesteiden tuottamiseen.

Biokaasun tuottaminen metaaniksi hajoavista luonnonmateriaaleista säästää ympäristöä kasvihuonekaasujen osalta. Saadulla kaasulla voidaan tuottaa sähköä. Puhdistettua kaasua voidaan käyttää polttomoottoreissa. Autossa käytettynä biokaasu lasketaan hiilidioksidipäästöltään neutraaliksi. Noin 60 kg:a tavallista ruokajätettä riittää tuottamaan kaasua noin 100 km:n ajomatalle. Yhden lehmän tuottama vuotuinen lantamäärä riittää polttonesteeksi noin 4 000 km:n ajomatalle.

2. RAAKAÖLJYN RIITTÄVYYS

Fossiiliset polttoaineet riittävät nykyisellä kulutusvauhdilla vain muutaman kymmenen vuotta. Toisaalta öljyä etsitään jatkuvasti ja etsintätekniikat paranevat entisestään. Fossiilisia polttoaineita voidaan löytää aikaisempaa vaikeimmista paikoista kuten meren syvyyksistä. Vaikka autot kuluttavat entistä vähemmän polttoainetta, niiden määrä kuitenkin kasvaa. Kiina ja Intia autoistuvat kovaa vauhtia. Nämä seikat yhdessä nostavat raakaöljyn hintaa, joka puolestaan koskettaa jokaista kuluttajaa. Kuvasta 1 voidaan havaita, miksi vaihtoehtoisia polttoaineita on välttämätöntä kehittää.

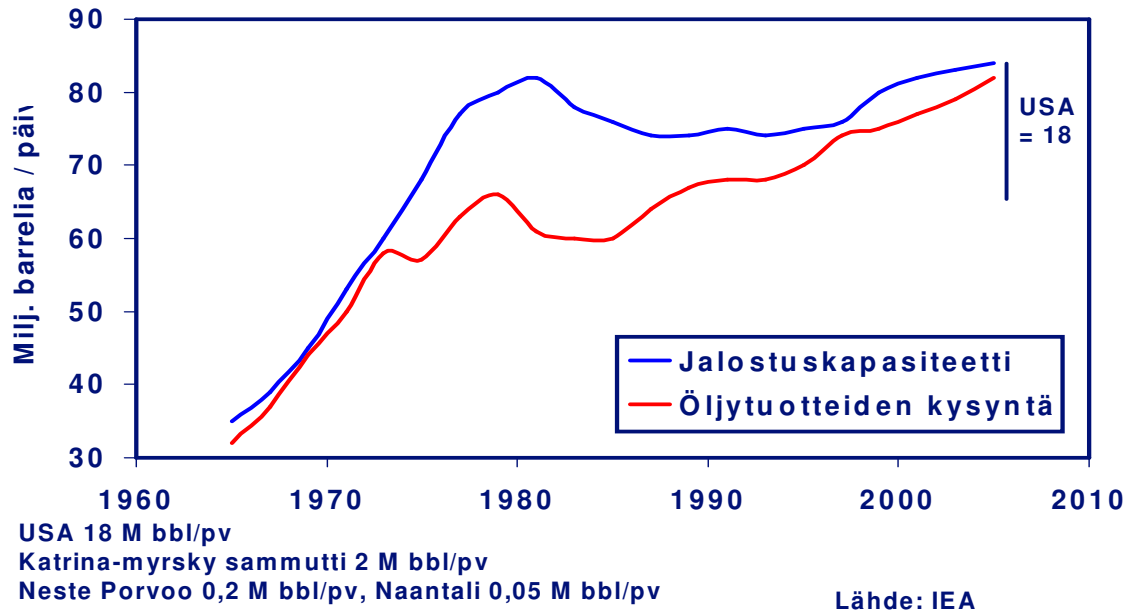


Kuva 1. Raakaöljyn kysyntä /1/

2.1. Öljynjalostus ja kysyntä

Tämän hetkinen öljynjalostuskapasiteetti ja öljytuotteiden kysyntä lähenevät toisiaan (Kuva 2). Tästä syystä jalostettujen polttoaineiden hinta on noussut roimasti muutamassa vuodessa ja hintojen vaihtelu on rajua. Hinta vaihtelee 70 - 150 dollaria tynnyriltä. Pienetkin mullistukset maailmalla vaikuttavat heti polttonesteiden hintaan (esim. myrskyt öljyntuotantoalueilla). Tämä tosiasia velvoittaa valtioiden johtoa miettimään vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttömahdollisuuksia.

Öljynjalostus ja kysyntä, koko maailma



Kuva 2. Öljynjalostus ja kysyntä /1/

3. TULEVAISUUDEN POLTTOAINEET

3.1. Biodiesel

Biodiesel on uusiutuvista luonnonraaka-aineista jalostettua dieseliä vastaava polttoaine. Biodiesel on yleisnimitys kaikille dieselpolttoainetta vastaavan setaaniluvun omaaville eloperäisille polttoaineille. Biodieselin raaka-aineiksi käyvät esimerkiksi rypsi, rapsi, vehnä, maissi, soijapapu, peruna, sokerijuurikas, kierrätysöljy ja mäntyöljy. Kierrätysöljyä saadaan ravintolan paistorasvoista, ja mäntyöljy on selluteollisuuden sivutuote. Tulevaisuudessa mäntyöljy on merkittävä biodieselin raaka-aine, koska suuret metsäyhtiöt etsivät uusia tuotantohaaroja sellu- ja paperituotannon tueksi. Kemiin puunjalostustehtaiden yhteyteen voi jossain vaiheessa tulla biodieseltuotantoa. Myös merilevä voi olla biodieselin valmistukseen käytettävä raaka-aine.

Biodieselin valmistus rypsiöljystä (kuva 3) on nykyään kannattavampaa kuin ennen, koska öljyn hinta nousee kaiken aikaa. Rypsiöljyn hinta on noussut kasvaneen kulutuksen myötä. Ensimmäisen vaiheen biodieselin pakkaskestävyys ei ole kovinkaan hyvä. Tähän voidaan vaikuttaa erilaisilla lisäaineilla tai seossuhteilla. /10/

Biodieselin valmistus

Rypsi tuottaa n.1500 kg/ha (Suomi)



Kylmäpuristus

Öljyä 500 kg → Rouhetta 1000 kg →



Esteröinti 50°C

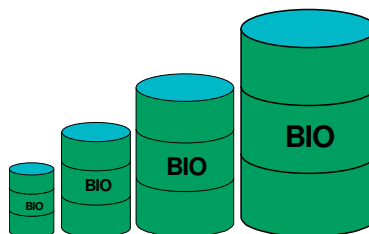
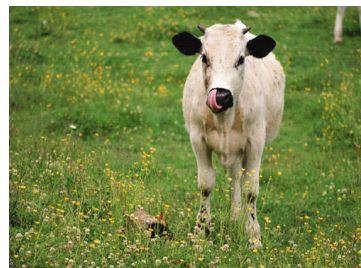
Etanoli+katalyytti 100 kg



Erottuminen

Biodiesel 500 kg

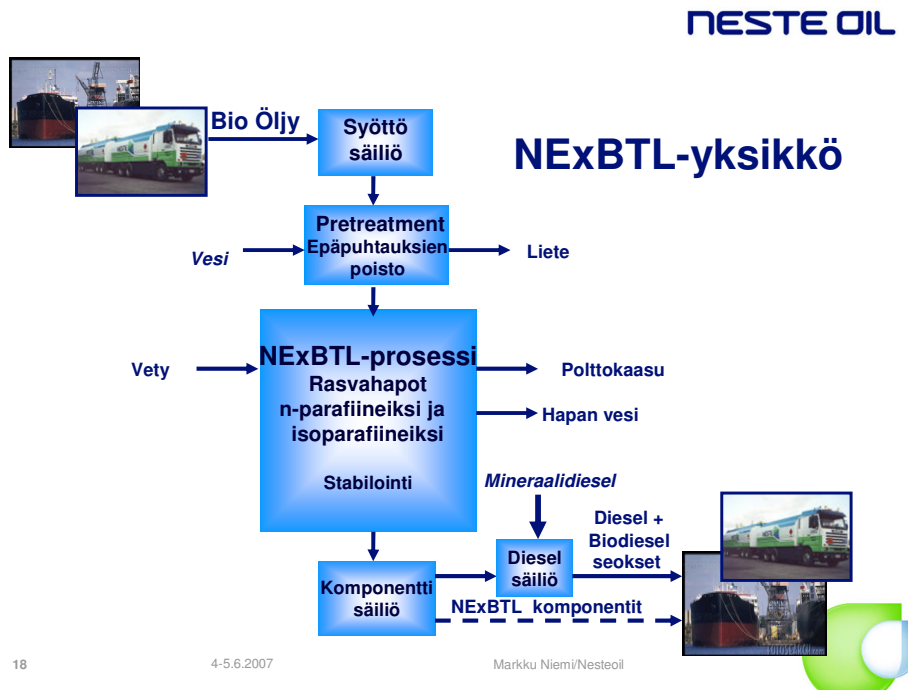
Glyseroli 100 kg



Kuva 3. Biodiesel valmistus /1/

Neste Oilin kehittämä NExBTL-tekniologialla (kuva 4) voidaan valmistaa kasvisöljystä ja eläinrasvoista dieseliä, jolla on korkea setaaniluku. Se on myös rikitön, hapeton, typtön ja aromaattivapaa diesel. NExBTL-dieselin tuotantovaiheessa sen

kylmäominaisuudet voidaan säätää -5 ja +30 °C: n välille. Sen säilyvyys on hyvä ja vesiliukoisuus on matala. Sitä voidaan sekoittaa normaalin dieselin joukkoon, eikä NExBTL:n ja dieselin sekoittaminen vaikuta polttoaineen kulutukseen. Se vähentää auton pakokaasupäästöjä ja vastaa tiukimpiakin autonvalmistajien vaatimuksia. /8/



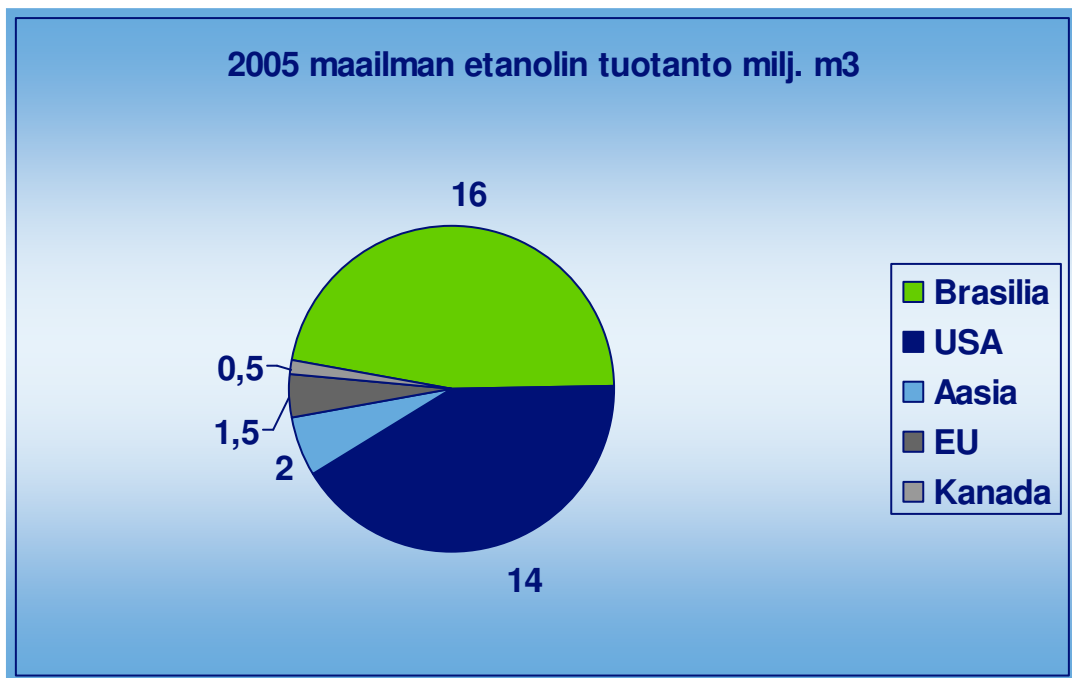
Kuva 4. NExBTL:n tuotantoprosessi /1/

3.2. Etanoli ja bioetanoli

Etanoli eli etyylialkoholi on ns. ”tavallista viinaa”. Se on huoneenlämmössä ja normaaliolosuhteissa väritön neste. Etanolin oktaaniluku ja puristuskestävyys on paljon parempi kuin bensiinin. Etanolia käytettäessä moottorin puristussuhdekerroin voidaan nostaa yli kahdentoista, mikä parantaa moottorin hyötysuhdetta. Nykyisissä bensiinikäyttöisissä moottoreissa puristussuhde on noin 10. Etanolin lämpöarvo on noin 40 %:a alhaisempi kuin bensiinillä, joten polttonesteen kulutus kasvaa noin 25 %:a. Etanolia voidaan lisätä bensiinin sekaan ja mm. 98-oktaanisessa bensiinissä on tällä hetkellä 4 % etanolia. Vuoden 2011 alussa perusbensiinilaatuihin tulee muutos, markkinoille tulee uudet bensiinilaadut 95E10 ja 98E5. Näiden bensiinilaatujen etanolipitoisuus on 10 %:a ja 5 %:a. Etanolia voi käyttää sellaisenaan polttoaineena. Ruotsissa on etanolin jakeluasemia 700 kappaletta ja jakeluverkosto kattaa koko maan. Suomessa on seitsemän asemaa ja kaikki sijaitsevat Etelä-Suomessa. Tankkauspumpulla näkyvä luku 85 ei tarkoita polttoaineen oktaanilukua, vaan etanolin joukkoon on lisätty 15 %:a bensiiniä. Moottoriin ei tarvitse tehdä paljon muutoksia, mutta kylmäkäynnistys vaikeutuu huomattavasti, koska etanoli tarvitsee korkean höyrystyslämmön. Etanoli

on voitelukyvyltään huonompi, minkä johdosta polttoaineen siirtoon tarkoitettut laitteet tulisi vaihtaa etanolille sopivaksi. Etanolin tekninen valmistus käymisprosessin avulla on helppoa esim. sokerijuurikkaasta.

Bioetanolia valmistetaan mm. kotitalouksien bioroskista, panimoiden jätteistä, oljista, tärkkelys-, selluloosa- ja sokeripitoisista kasveista. Suurin osa raaka-aineista ovat uusiutuvia. On tietysti järkevämpää tehdä bioroskista ja mahdollisista muista jätteistä etanolia, kuin saattaa ne luontoon hajoamaan. On kuitenkin toisaalta kyseenalaista, onko nykyinen riistotuotanto esim. sokeriruodon osalta järkevää. Bioetanolin valmistus on aloitettu jo 1970-luvulla Brasiliassa sokeriruodosta ja Yhdysvalloissa maissista. Brasilia on maailman suurin sokeriruokoetanolin valmistaja ja se vie tuotetta ympäri maailmaa. Suurin osa Ruotsissa myydyistä etanolista tulee Brasiliasta. Ympäri maailmaa on nälänhätään ja ruokaa käytetään polttonesteen valmistukseen. On kuitenkin arvioitu, että etanolin kysyntä kasvaa kaksinkertaiseksi viidessä vuodessa (kuva 5). /10/



Kuva 5. Etanolin tuotanto /1/

3.3. Metanoli ja biometanoli

Metanoli eli metyylialkoholi on myrkyllinen alkoholi. Se on normaaliolosuhteissa väritön neste. Ihmisen kehossa metanoli hapettuu myrkylliseksi formaldehydiksi ja muurahaishapoksi. Näitä metanolin aiheuttamia kuolemia uutisoidaan meillä Suomessakin säännöllisesti, eli joku myy ”vaarallista viinaa”. Metanoli palaa värittömällä liekillä, jolloin lämpötila nousee hyvin korkeaksi. Tästä voi tulla ongelmia mm. liikenneonnettomuuksissa. Metanolia käytetään autojen jarru- ja pakkasnesteisissä. Jos aineita joutuu ihmiskehoon, se aiheuttaa myrkytyksen ja jopa kuoleman. Helpon metanolia voidaan valmistaa antamalla vedyn reagoida hiilimonoksidin eli (hään) kanssa. /10/

3.4. Vety

Vetyä käytetään polttokennoautoissa eli vetyautoissa. Polttokenno muuttaa vedystä ja hapestaan saamansa energian sähköenergiaksi. Vetyä saadaan valmistettua mm. vedestä sähköä avulla. Vety paineistetaan kompressorin avulla ja säilötään tankkeihin ja tarvittava happi saadaan ilmasta. Polttokenno tuottaa sähköenergiaa, joka varastoidaan auton akkuihin, joista se sitten johdetaan moottorille. Auto toimii sähköauton tavoin. /10/

Vetyauto ei saastuta ajettaessa ollenkaan, koska vety muuttuu polttokennossa palaessaan vedeksi. Kuitenkin sähköenergia, jota tarvitaan vedyn tuottamiseksi, täytyy tuottaa jollakin tavalla. Se voidaan tuottaa esim. ydinvoimalla, joka tuo omat ongelmansa.

Polttokennoautot ovat toistaiseksi kalliita ja niiden kanssa on ongelmia pakkassäällä. Huoltoasemaverkoston rakentaminen tuo myös uusia haasteita, eikä vedyn varastointi autoon ole myöskään mutkatonta. Tällä hetkellä useilla automerkeillä on prototyypit vetyautosta, ja autojen kehitykseen käytetään paljon rahaa.

Vedyn palaessa ei synny lainkaan häkää, hiilidioksidia tai hiilivetyjä. Herkän syttyvyyden vuoksi sitä ei voida käyttää normaalissa polttomoottorissa. Vety on ilmaa kevyempää ja vuotaessaan se nousee ylöspäin. Vetyä voidaan varastoida kolmella tavalla: paineistettuna kaasuna 200 – 350 barissa, nesteytettynä -235 °C tai metallihybrideinä. /7/

3.5. Kasviöljy

Puhdasta kasviöljyä saadaan öljykasveista puristamalla tai uuttamalla. Se saa olla jalostettua tai jalostamatonta, mutta kasviöljyä ei saa kemiallisesti muunnella. Sitä voi käyttää pieniä määriä dieselmootoreissa, mutta isompi määrä vaatii muunnossarjan auton polttonestejärjestelmään. /10/

Kasviöljyissä on ongelmana polttoaineen glyseroli, koska sen viskositeetti on alhaisempi kuin muissa kasviöljyn aineksissa. Kasviöljyllä on myös korkeampi syttymislämpötila, jolloin kylmänä moottoriin suihkutettava kasviöljy ei sumuunnu kunnolla eikä pala täydellisesti. Palamaton öljy joutuu mäntien ohi kampikammioon ja takertuu sylinterikanteen, männänrenkaisiin, suuttimiin ja venttiileihin. Kasviöljyn viskositeetti ja syttymisherkyys vastaa dieselpolttonesteen ominaisuuksia vasta 130 °C:n lämpötilassa. Maanviljelijät puristavat jonkin verran rypsiöljyä ja käyttävät sitä maatilan traktoreissa. /9/

3.6. Kaasut

Autojen polttoaineena voidaan käyttää maakaasua, nestekaasua ja biokaasua. Kaasujen käyttö vähentää pakokaasupäästöjä, koska kaasu palaa puhtaammin kuin öljytuotteet. Nykyiset bensiiniä käyttävät autot voidaan muuttaa maakaasua hyödyntäviksi autoiksi. Maakaasu syntyy, kun orgaaniset ainekset hajoavat anaerobisesti. Maakaasua saadaan öljykentiltä ja soilta. Kaasu on pääsääntöisesti metaania. Maakaasun hiilidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöt ovat matalat. /10/

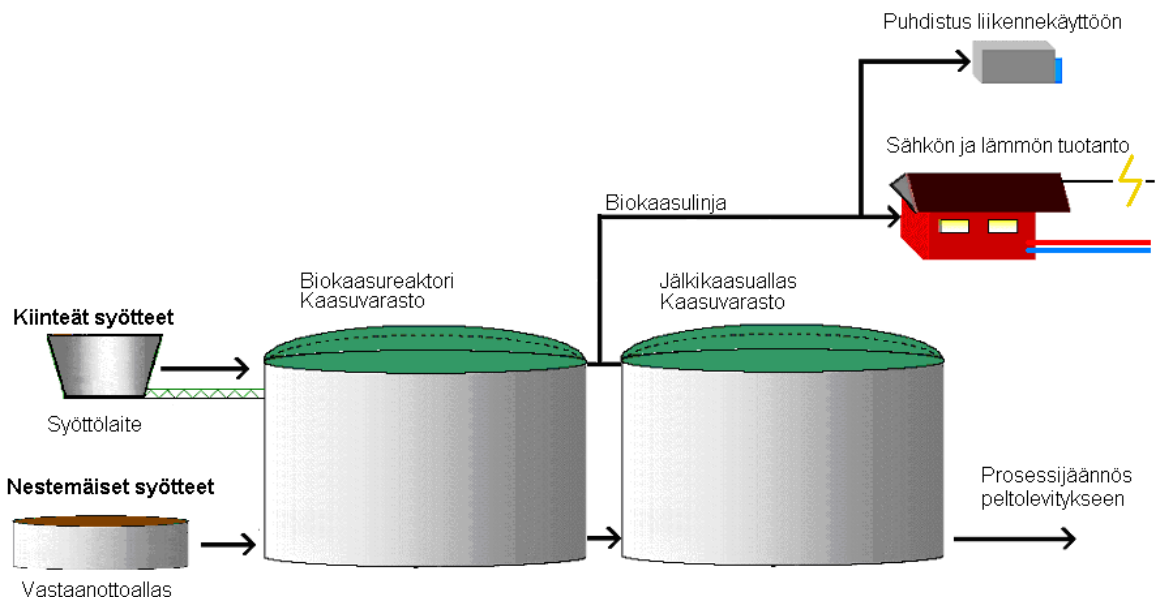
Nestekaasu on öljynjalostuksessa syntyvä aineosa. Nestekaasu on propaania ja butaania ja se on helppo varastoida, koska se ei tarvitse yhtä korkeaa painetta kuin maakaasu. Nestekaasua siirretään tarkoitusta varten valmistetuissa painesäiliöissä (< 2,5 MPa) säiliölaivoilla, rautateillä ja maantiekuljetuksena. Pienkulutusasiakkaille nestekaasu toimitetaan teräs-, alumiini ja komposiittisäiliöissä. Nestekaasuautoissa käytetään kiinteitä polttonestesäiliöitä ja kaasu tankataan varastosäiliöstä ajoneuvoon./6/

Nestekaasu sopii erittäin hyvin ottomoottoripolttoaineeksi, mutta suuren puristuskestävyyden takia ei dieselprosessiin. Raskaat nestekaasumoottorit ovatkin yleensä dieselistä kipinäsytytteiseksi muutettuja. Muutettaessa bensiinimoottoria toimimaan nestekaasulla selvittää yleensä melko vähäisin muutoksin. Ajoneuvoon asennetaan kaasunjakolaitteisto ja nestekaasusäiliö. Useimmat nestekaasusäiliöt ovat lieriön muotoisia ja sijaitsevat tavaratilassa tai rungossa. Vaihtoehtona on säiliö, joka mahtuu auton vararenkään paikalle./6/

4. BIOKAASU

Biokaasu on metaania ja hiilidioksidia. Biokaasua tuotetaan vesilaitosten ja kaatopaikkojen kaasuista, maatalouden biojätteistä ja vihreästä biomassasta. Lämpöeristetyssä reaktorissa metaanibakteerit aiheuttavat mätänemistä, jolloin syntyy kaasua. /10/

Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen toimintaperiaate sekä aine- ja energiavirrat esitetään kuvassa 6. Eläinsuojan lietekanavista purkautuva lietelanta varastoidaan pieneen puskurivarastoon, johon otetaan vastaan myös muut nestemäiset lisäsyöttömateriaalit. Kiinteät materiaalit murskataan ja lisätään suoraan reaktoriin erillisellä syöttimellä. Tällöin vältetään väkevien orgaanisten aineiden käymisen aiheuttamilta hajuhaitoilta sekä kuiva-ainepitoisuudeltaan korkeiden materiaalien pumppausongelmilta. /5/



Kuva 6. Biokaasulaitoksen toimintaperiaate /5/

Biokaasureaktori on täyssekoitteinen ja lietetilan lämpötila pidetään lämmitysputkistolla joko 35 °C:ssa, 40 °C:ssa (mesofiilinen prosessi) tai 55 °C:ssa (termofiilinen). Biokaasulaitoksessa mesofiilinen prosessi kuluttaa vähemmän lämpöenergiaa, kun taas termofiilisestä käsittelystä käsittelyaika on yleensä kolmanneksen lyhyempi ja käsiteltävän materiaalin hygienisoituminen on täydellisempää. Materiaalin viipymä reaktorissa on 14 - 100 päivää riippuen käsiteltävistä materiaaleista ja prosessin suunnittelusta. /5/

Biokaasu syntyy pääosin biokaasureaktorissa, josta se johdetaan kaasuvarastoon ja sieltä edelleen käyttöön. Kaasun käyttölaitteille vahinkoa aiheuttavien rikkiyhdisteiden pitoisuutta vähennetään noin 80 %:a hapettamalla rikkiyhdisteet biologisesti alkuainerikiksi ja syöttämällä pienellä virtaamalla ilmaa reaktorin yläosaan. /5/

Biokaasu johdetaan kaasuvälikäytöstä kaasun käyttöä varten tekniseen tilaan, jossa sijaitsevat käyttölaitteet ja kaasun mittaus. Tuotettu lämpö siirretään lämmönvaihtajan kautta hyödynnettäväksi. Reaktorin lämmitys toteutetaan erillisen piiriin kautta reaktorin sisäisten lämmönvaihtimien avulla. Generaattorien tuottama sähkö myydään verkkoon ja käytetään biokaasulaitoksen ja tilan oman tarpeen kattamiseen. Liikennepolttoainevaihtoehdossa biokaasu puhdistetaan ja paineistetaan myytäväksi henkilö-, paketti- tai kuorma-autoihin. Tankkausasema on puhdistimen yhteydessä. /5/

Biokaasureaktorissa käsitelty materiaali poistuu uuden materiaalin syöttämisen yhteydessä katettuun jälkikaasualtaaseen. Jälkikaasuallas ja reaktori katetaan kaksoiskalvolla, jossa sisempi kalvo toimii biokaasuvälikäytöstä ja ulompi suojaa kaasukalvoa säältä ja UV-säteilyltä. Kalvorakenne on paineistettu kalvojen välistä pienellä ylipaineella, joka antaa prosessipaineen kaasun siirtämiseen. Biokaasuvälikäyttö tasaa eroja kulutuksen ja käytön välillä ja siten laitosta ei tarvitse ajaa alas esim. aggregaattihuoltokatkosten takia. /5/

Jälkikaasuallasta käytettäessä käsiteltävän materiaalin biokaasuntuottopotentiaali tulee tarkemmin hyödynnettyä verrattuna tilanteeseen, jossa jälkikaasuallasta ei ole. Jälkikaasualtaan osuus on yleensä noin 15 - 20 %:a koko laitoksen biokaasuntuotannosta. Lisäksi jälkikaasuallas vähentää lämpimän ja biologisesti aktiivisen käsitellyn lietteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä, hajuhaittoja ja ammoniakkin haihtumisen aiheuttamaa ravinnepäästöä. Lietteiden lämpötila ja biologinen aktiivisuus laskee jälkikaasuvälikäytön aikana, jolloin jälkivälikäytön ja levityksen aikana vältetään mainituilta ongelmilta. /5/

Käytettäessä muuta ulkopuolista lisämateriaalia kuin kasviperäistä peltobiomassaa on huomioitava hygienisoimisen aiheuttamat vaatimukset prosessille. Suomessa Elintarviketurvallisuusvirasto Evira antaa hyväksynnän biokaasulaitoksille, jotka käsittelevät hygienisoitavia materiaaleja. Eviran hyväksynnän saamiseksi käsitellyn lietteen on täytettävä mikrobiologiset vaatimukset, jotka ovat seuraavat: ei salmonellaa, enterobakteerien määrä alle 1000 pmy / g neljässä näytteessä ja alle 5000 pmy / g yhdessä näytteessä. Lisäksi eläinperäisiä sivutuotteita käsiteltäessä sivutuoteasetus (1774/2002/EY) edellyttää hygienisointisäiliön rakentamista, jossa viipymä on vähintään 1 tunti 70 °C:ssa. /5/

Edellä esitetyssä biokaasulaitoskonseptissa kaikki rakenteet ovat joko ilmatiiviitä (reaktori ja jälkikaasuvälikäytös) tai katettuja (syöttö- ja välikäytös), ja siten biokaasuvälikäytön hajuhaitat (mm. ammoniakista, rikkivedyistä ja haihtuvista orgaanisista yhdisteistä johtuvat) voidaan minimoida. /5/

Lietteiden biokaasuvälikäytön yhteydessä ei muodostu vesistö-päästöjä, koska lietteet ovat suljetuissa altaissa. Huomattava osa lietteiden kiintoaineen sisältämästä orgaanisesta tyypeistä hydrolysoituu ja liukoistuu ammoniumtyypeiksi, joka on kasvinviljelyssä kasvien hyödynnettävissä joko suoraan ammoniumioneina tai nitrifikaation kautta nitraattina. Siten loppumateriaalin lannoitekäytössä typen huuhtoutuminen vesistöihin vähenee, ja levityksen yhteydessä orgaanisten yhdisteiden aiheuttamat hajuhaitat vähenevät. /5/

Syötemateriaalien alhainen kuiva-ainepitoisuus laskee tonnikohtaista metaanintuottoa ja lisää laitoksen tarvitsemaa lämpöenergian määrää, mikä laskee laitoksen hyötysuhdetta. Tämä tulee huomioida mm. navettojen vedenkäytössä ja säilönurmen korjuussa. Kuivemmat raaka-aineet edellyttävät myös vähemmän kuljetuksia energian tuottamiseen nähden. /5/

Biokaasureaktoria ohjataan mittaamalla tuotetun ja kulutetun biokaasun virtaamaa ja metaanipitoisuutta sekä reaktorin lämpötilaa. Lisäksi mitataan syöttö- ja jälkikaasualtaiden lietepinnan korkeuksia ja lämpötilaa sekä kaasuvälikamerasäiliön olevan biokaasun määrää. /5/

Pumppausmäärät ja -ajankohdat sekä reaktorin lämmönsäätö ja prosessiparametrien mittausta hoidetaan automaattitekniikalla. Häiriöraportti, esim. aggregaatin kytkeytyessä pois päältä tai biokaasuvuodon sattuessa, voidaan lähettää automaattisesti suoraan matkapuhelimeen. Biokaasulaitoksen toiminta edellyttää, että joku laitoksen käytön tunteva henkilö on jatkuvasti puhelinpäivystyksessä. /5/

Suomessa vuonna 2010 on vain yksi biokaasua ulkopuolisille myyvä toimipiste, Kalmarin maatila Laukalla (kuva 7).



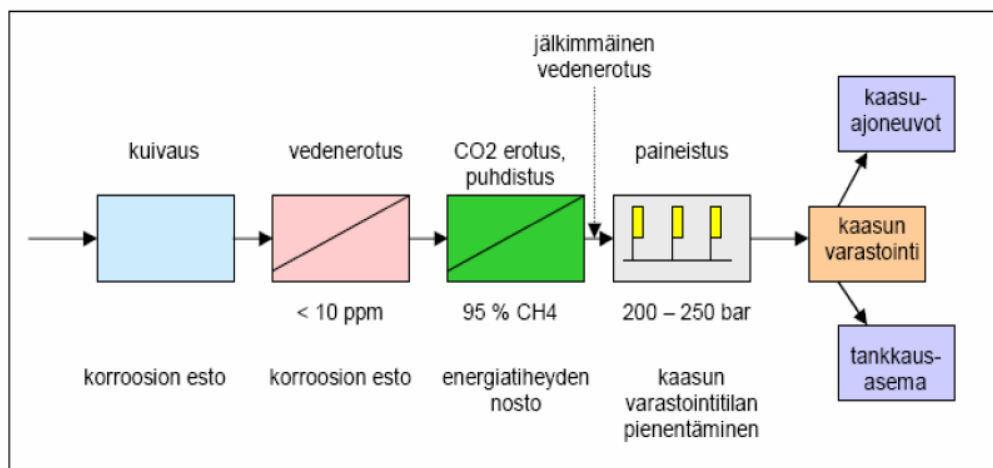
Kuva 7. Kalmarin maatilan tankkauspaikka

5. BIOKAASUN KÄYTTÖ AJONEUVOSSA

Kaasumaiset polttoaineet tarjoavat parhaimman saatavissa olevan hyötysuhteen kaikissa polttoprosesseissa johtuen polttoaineen ja polttoilman parhaasta mahdollisesta sekoittumisesta. Yleisimmät liikennekäytössä olevat moottorit, ottomoottorit, polttavat kaasuja. Nestemäiset polttoaineet pitää kaasuttaa ennen polttoa. Moottoriteknisesti siis ottomoottorit sopivat parhaiten kaasumaisille polttoaineille.

Biokaasunpolttoaineen käyttö säästää ympäristöä kasviuonekaasujen osalta. Biokaasuauto on nettopäästöiltään hiilidioksidineutraali ajoneuvo. Noin 60 kg tavallista ruokajätettä riittää tuottamaan kaasua noin 100 km:n ajomatkalle. Pakoputkesta tulee lähinnä vettä ja hiilidioksidia. Lisätuna biokaasun käytöstä on esimerkiksi riskialttiiden öljykuljetusten väheneminen. /11/

Jotta biokaasua voidaan käyttää autossa polttoaineena, niin se on puhdistettava. Kaasunpuhdistuksessa siitä poistetaan vesi, hiilidioksidi, rikkivety ja muut epäpuhtaudet. Biokaasun metaanipitoisuus nostetaan yli 97 %:iin. Kuvassa 8 esitetään biokaasun puhdistusketju auton polttoaineeksi. Kuvassa 9 näkyy Kalmarin maatilalla sijaitseva biokaasun puhdistuslaitteisto, jonka kaasua puhdistava elementti on vesi. Kuvassa 10 on paineistettu biokaasunvarasto.



Kuva 8. Biokaasun puhdistusketju auton polttoaineeksi /4/

**Kuva 9. Biokaasun puhdistuslaitteisto****Kuva 10. Biokaasuvarasto**

5.1. Bensiinimoottorin konvertointi

Bensiinimoottorin konvertointi on helppo toteuttaa joko pelkästään metaanikäytölle tai sekä metaani- ja bensiinikäyttöön pystyväksi bifuel-moottoriksi. Tämä on mahdollista ottomoottoreissa ja muissakin kipinäsytytteisissä moottoreissa (wankel). Maakaasukäytössä ottomoottorin puristussuhteen voi nostaa tasolle 15:1 johtuen metaanin korkeasta oktaaniluvusta (130). Bensiinin oktaaniluku ilmaisee sen nakutus- eli puristuskestävyyttä. Biokaasun oktaaniluku on maakaasua korkeampi (jopa 150 oktaania). Biokaasulla puristussuhteen voi nostaa tasolle 18:1, joka on tavallisen linja-auton dieselmootorin puristussuhde, ja siten dieselmootorista konvertoitaessa puristussuhteen alentaminen ei ole välttämätöntä. Tämä tarjoaa bensiinimoottoreita korkeamman hyötysuhteen, koska bensiinikäyttöisten moottoreiden tyypillinen puristussuhde on vain 10:1 ja korkein mahdollinen on 12:1. Moottorin käyttöään pidentämiseksi korkeimpia toimivia puristussuhteita ei yleensä käytetä, joten useimmissa ahtamattomissa moottoreissa arvona on 12 – 14:1. /3/

Dieselmoottori voidaan konvertoida korkeapuristeiseksi ottomoottoriksi tai dual-fuel dieselmootoriksi, jolloin moottorin sytytys tehdään nestemäisellä dieselpolttoaineella (kuten biodiesel ja kasviöljy) ja ilman sijaan puristetaan metaanin ja ilman seosta. Tällaisessa autossa korkeintaan 90 % energiasta saadaan metaanista ja loppu nestemäisestä polttoaineesta. /3/

Bifuel-ajoneuvoissa puristussuhde joudutaan jättämään bensiinin vaatimusten mukaiseksi. Metaani palaa hitaammin kuin bensiini, joten bifuel autoissa sytytystä säädetään aikaisemmaksi metaania käytettäessä.

Metaanin tankkaus tapahtuu joko hidas- (kuva11) tai nopeatankkausjärjestelmällä (kuva 12). Hidastankkauksessa kompressoidaan tankkauksen yhteydessä eli välivarasto on tarpeeton. Nopeatankkausjärjestelmässä käytetään korkeapaineista kaasuvarastoa (kuva 10), jonka paine on yleensä 250 – 400 baria. Kompressorikapasiteetti vaihtelee yleensä 3 - 600 Nm³ /h välillä. Metaanin tankkausjärjestelmät mittaavat joko tilavuutta (Nm³) tai massaa (kg). /3/



Kuva 11. Hidastankkausasema tuotto 5 Nm³/h



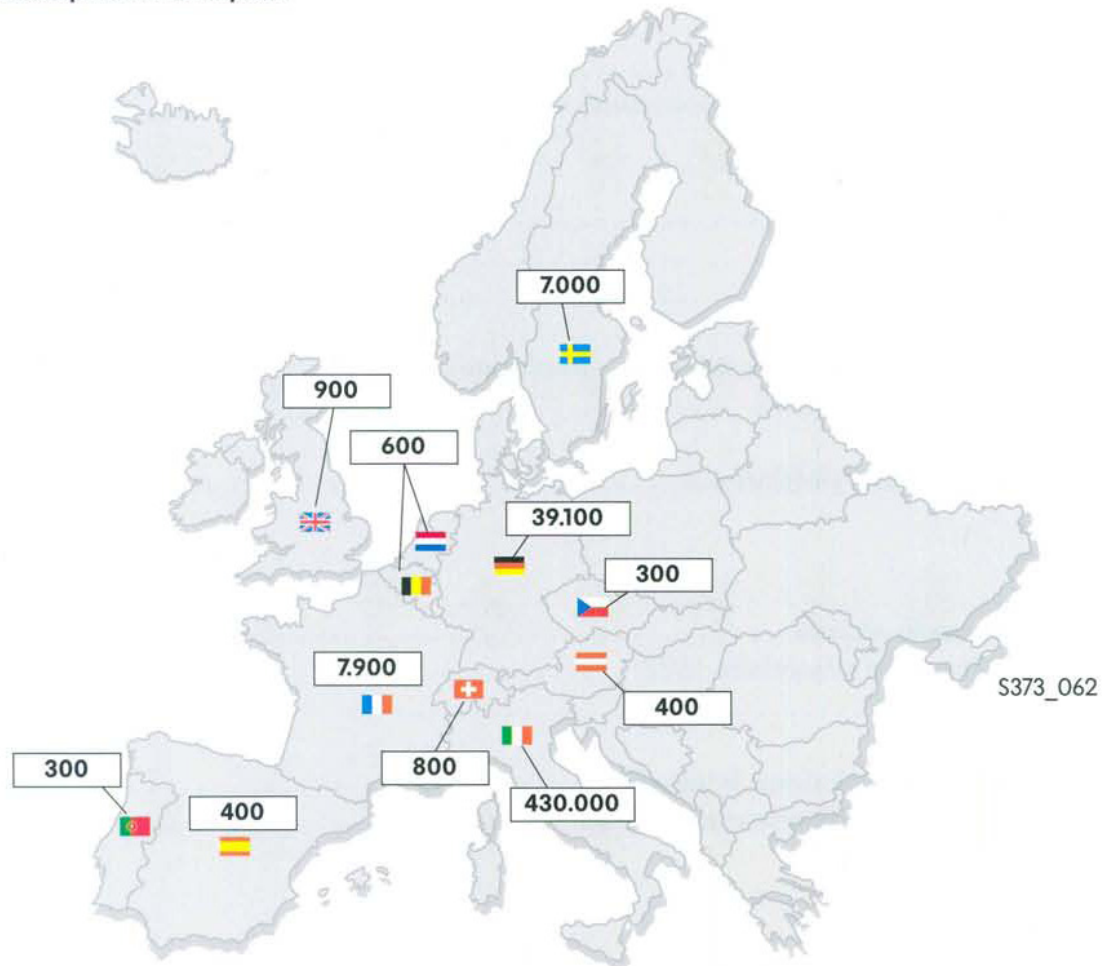
Kuva 12. Nopeatankkausasemia 20–600 Nm³/h

6. MAAKAASUAJONEVOT JA TANKKAUSPISTEVERKOSTO

6.1. Maakaasujoneuvot maittäin vuonna 2006

Euroopassa oli vuonna 2006 kaasukäyttöisiä ajoneuvoja noin puoli miljoonaa (kuva 13). Maailmassa on vuonna 2010 noin 10 miljoonaa kaasuautoa ja Euroopassa on noin miljoonaa maakaasujoneuvoa. Italiassa on yli 500 000 kaasuautoa, mutta Suomessa on vain noin 500 kaasukäyttöistä ajoneuvoa.

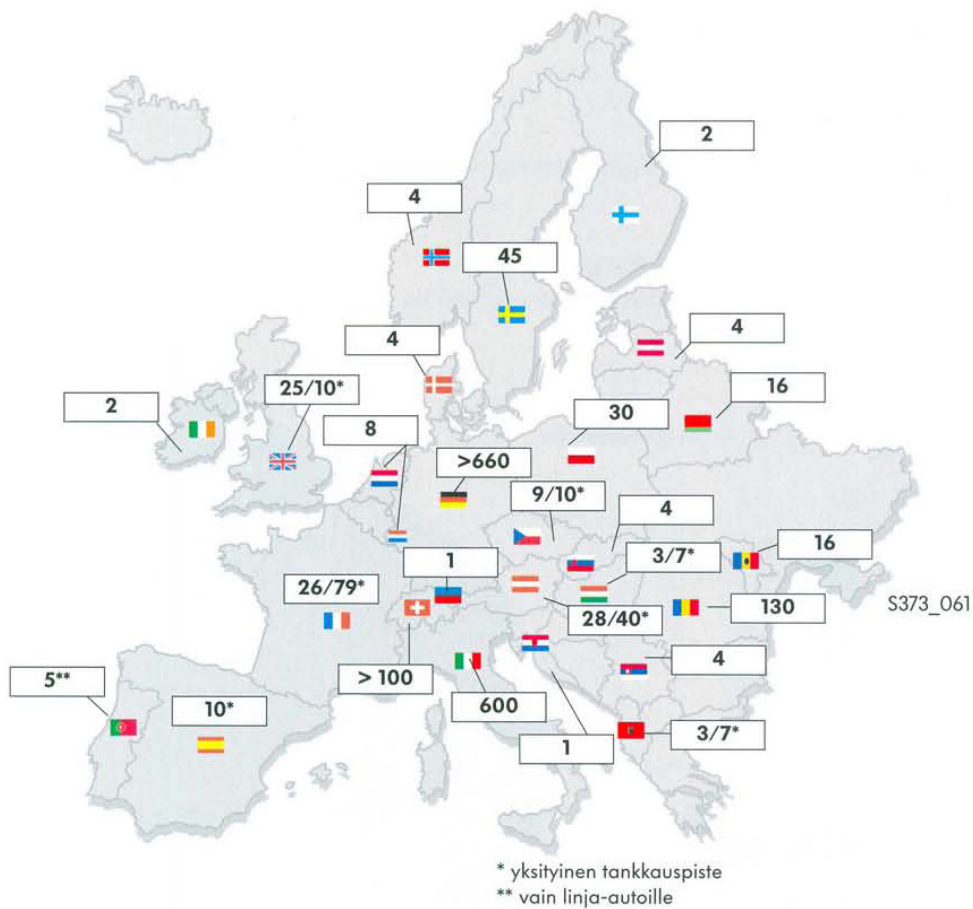
Maakaasujoneuvot Euroopassa



Kuva 13. Kaasukäyttöiset ajoneuvot maittäin vuonna 2006 /2/

6.2. Tankkauspisteverkosto Euroopassa vuonna 2006

Tankkauspisteverkosto vuonna 2006 (kuva 14) vaihtelee maittain. Italiassa, Sveitsissä ja Saksassa tankkaaminen on ongelmaton. Maakaasun tankkauspistettä etsivät autoilijat voivat löytää asemat erikoiskartoilta tai esimerkiksi Saksassa voi käyttää maanlaajuista tekstiviestipalvelua, joka ilmoittaa lähimmän maakaasun tankkauspisteen autoilijan sijainnin perusteella. Suomessa oli 13 maakaasun tankkauspistettä ja yksi biokaasun tankkausasema vuonna 2009. Ruotsissa tankkauspisteitä on läpi koko maan ja pohjoisin tankkauspiste sijaitsee Bodenissa.



Kuva 14. Tankkauspisteverkosto vuonna 2006 /2/

7. BENSIINIKÄYTYÖISEN AJONEUVON MUUTTAMINEN KAASUTOIMIMISEKSI

7.1. Auton valinta

Autoksi valittiin VOLKSWAGEN CADDY

- vuosimallia 2006
- moottorilavuus 1590 cc
- teho 75 KW.

Pakettiauto valittiin siksi, koska ajoneuvo sijoittuu Lappia Louen toimipisteeseen ja maatilalla tarvitaan pakettiautoa erinäisten tavaroiden kuljetukseen. Louelle on rakenteilla biokaasulaitos. Tuotantolaitos valmistunee vuonna 2011, jolloin biokaasukäyttöiseksi muutettu auto saa polttoaineen omalta tuotantolaitokselta.

Lisäksi auton valintaan vaikutti paikallinen yhteistyökumppani, autotalo Pörhö Oy. Kaasukäyttöiset autot lisääntyvät ja Volkswagenilla on merkittävä markkinaosuus Euroopassa. Tämän projektin osalta sain tietoa ja taitoa, jota voin opettaa oppilaille toimiessani Lappian auto-osaston opettajana ja näin tulevat ajoneuvoasentajat ovat enemmän valveutuneita kaasukäyttöisten sekä muiden vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien autojen osalta kuin nykyiset opiskelijat.

7.2. Auton muuttaminen kaasukäyttöiseksi

Vaikka kaasukäyttöiset ajoneuvot ovat muualla Euroopassa aika yleisiä, niitä ei Suomessa juurikaan ole. Suomessa on vain yksi biokaasua myyvä laitos, Kalmarin tila Laukaalla. Maakaasua saa 13 asemalta Etelä- Suomesta ja tankkausverkostoa kehitetään lähinnä Gasum yrityksen voimin.

Suomessa kaasulla toimivaksi moottoriajoneuvoksi muuttaminen vaatii Tukesin myöntämän toimiluvan. Suomessa vuonna 2010 toimii vain yksi luvanvarainen muutostöitä suorittava yritys Oragas Oy. Yhtiön toimipaikka on Vantaalla.

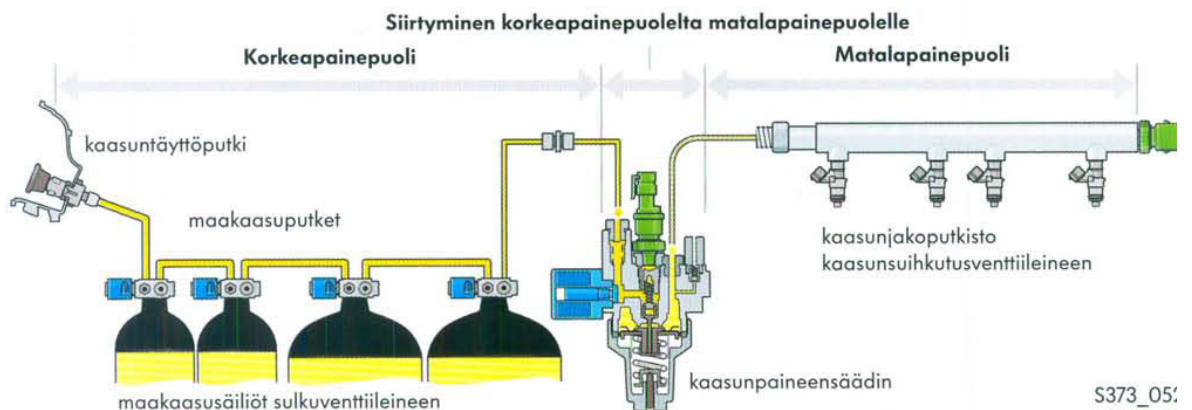
Suoritimme Volkswagen Caddyn muutostyön Davide D'Angelantonion johdolla Oragas Oy:ssä. Asennuksen yhteydessä sain koulutuksen muutostyöhön ja mahdollisuuden tenttiä asennusluvat Suomen Tukesilta. Asennusoikeus helpottaa jatkossa auton huoltoon liittyviä toimia ja mahdollistaa Lappian muidenkin ajoneuvojen muuttamisen kaasukäyttöiseksi paikanpäällä.

Volkswagen Caddyn asennettavat kaasulaitteet ovat italialaisen Tartarin valmistamat. Yhtiö valmistaa laitteita sekä maakaasulle että nestekaasulle. Suomessa mahdollistuu vain maakaasulaitteet (metaani), koska nestekaasun käyttö ei ole meillä kannattavaa sen huomattavan korkeamman verotuksen vuoksi. Muualla maailmalla nestekaasun käyttö auton polttoaineena on paljon yleisempää.

Jälkiasennuksessa auton oman bensiininsuihkutusjärjestelmän rinnalle asennettiin kaasujärjestelmä. Ajoneuvoon asennettiin kaasupainesäiliöt, tankkausventtiili, tarvittava kaasuputkisto, ohjausyksikkö, paineensäädin ja kaasunannosteluventtiilit jokaiselle sylinterille (kuva 15). Asennettava elektroniikka hoitaa kaasun annostelun säädön ja keskustelee auton oman moottorinohjauselektroniikan kanssa. Kaasulaitteiston valmistaja on testannut jokaisen automalliin tarkoitetun laitteiston päästöt. Volkswagen Caddyn kaasusarjan asennus neljällä kaasupullolla varustettuna maksaa 3500 euroa.

Kuvassa 15 kuvataan kaasulaitteiston perusrakennetta ja toimintaa. Järjestelmässä voidaan erottaa seuraavat osat:

- korkeapainepuoli
- siirtyminen korkeapainepuolelta matalapainepuolelle
- matalapainepuoli.



Kuva 15. Kaasunjakojärjestelmä /2/

8. ASENNUSTÖIDEN ALOITUS

8.1. Pullojen valinta

Kaasupullojen määräksi valittiin neljä (kuva 16). Valinnan määrittävät tekijät olivat pullojen halkaisija (300 mm) pituus (800 mm). Metaanikaasun määräksi saatiin 17,6 kg, joka vastaa noin 30 litraa bensiiniä. Lisäksi auton tavaratila pieneni korkeussuunnassa vain 33 cm ja tavarankuljetukseen tarkoitettuun ajoneuvoon jäi riittävän suuri tavaratila. Kaasupullot ovat EU-hyväksytyjä. Niistä on löydettävä sitä osoittama stanssi (kuva 17). Pullojen käyttöikä on 20 vuotta, ja iän täytyttyä ne on uusittava.



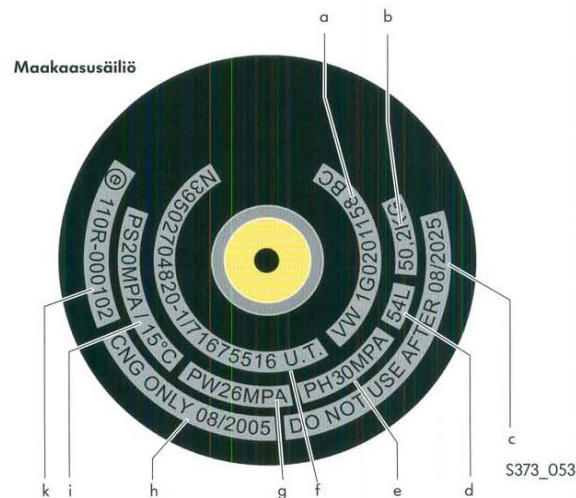
Kuva 16. Kaasupullot ajoneuvossa



Kuva 17. EU hyväksyntä

8.2. Maakaasusäilön merkinnät

Kaasusäiliöistä pitää löytyä seuraavanlaisia merkintöjä (kuva 18). Tärkeimpiä ovat pullon kokomerkintä, viimeinen käyttöpäivä ja EC-standardimerkintä, josta kuluttaja tietää pullon olevan EU-hyväksytty.



Stanssattujen merkintöjen selitys ja tarkoitus

a	VW 1G0201158 BC (esimerkki)	Tuotenumero
b	50,2kg	Tyhjäpaino
c	Do not use after 08/2025	Maakaasusäiliön käyttöikä (viimeinen käyttöpäivä)
d	54l	Täyttötilavuus
e	PH 30MPA	Koestuspaine 30 MPA (30 megapascalia = 30 000 000 Pascalia = 300 baaria)
f	71675516 U.T.	Koestusmerkintä
g	PW26MPA	Suurin täyttöpaine 26 MPa (260 baaria)
h	CNG only 08/2005	Täyttöohje ja valmistuspäivämäärä
i	PS 20MPA / 15°C	Käyttöpaine 20 MPa (200 baaria) lämpötilassa 15°C
k	(E) 110R-00102	ECE-standardi

Kuva 18. Kaasusäiliömerkinnät /2/

8.3. Kaasun määrä neljässä kaasupullossa

$$P \cdot V \cdot M = \underline{m} \cdot R \cdot T \quad (1)$$

missä

m on massa

M on 16 g / mol

R on 8,3145 J / mol Kelvin

T on absoluuttinen lämpötila Kelvin

P on paine 220 bar $220 \cdot 10^5$

V on tilavuus 120 litraa

$$m = \frac{P \cdot V \cdot M}{R \cdot T}$$

$$m = \frac{220 \cdot 10^5 \text{ Nm} \cdot 0,12 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg / mol}}{8,3145 \text{ J / mol K} \cdot 293 \text{ K}}$$

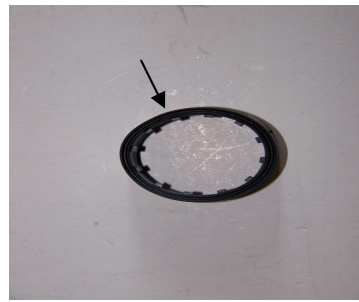
$$m = 17,6 \text{ kg}$$

8.4. Kaasupullot ajoneuvossa

Kaasupulloihin asennettiin automaattiventtiili, joka kiristettiin pulloon 27 Nm kireyteen (kuva 19). Venttiilin juureen asennettiin tiiviste (kuva 20), joka ohjaa mahdollisesti vuotavan metaanikaasun putkistoon, josta on ulkoilmayhteys (kuva 21). Jokainen venttiili sisälsi lisäksi takaiskuventtiilin (kuva 22), joka sallii kaasun virtauksen vain yhteen suuntaan. Venttiileissä oli turvallisuuden vuoksi tinatäytteinen varoventtiili (kuva 23), joka sulaa auki, kun lämpötila nousee 90 °C:een ja kaasu vapautuu pullosta ulkoilmaan (kuva 24).



Kuva 19. Automaattiventtiilin kiristys



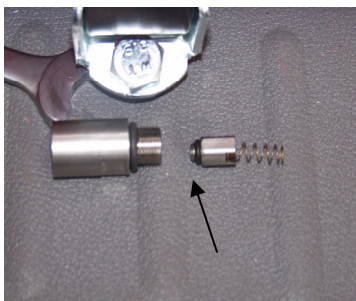
Kuva 20. Pullon ja venttiilin juuritiiviste, joka sallii mahdollisen vuotokaasun läpi kulkemisen



Kuva 21. Yhdysputki pullosta toiseen liitettynä ulkoilmayhteyteen



Kuva 23. Tinatäytteinen varoventtiili



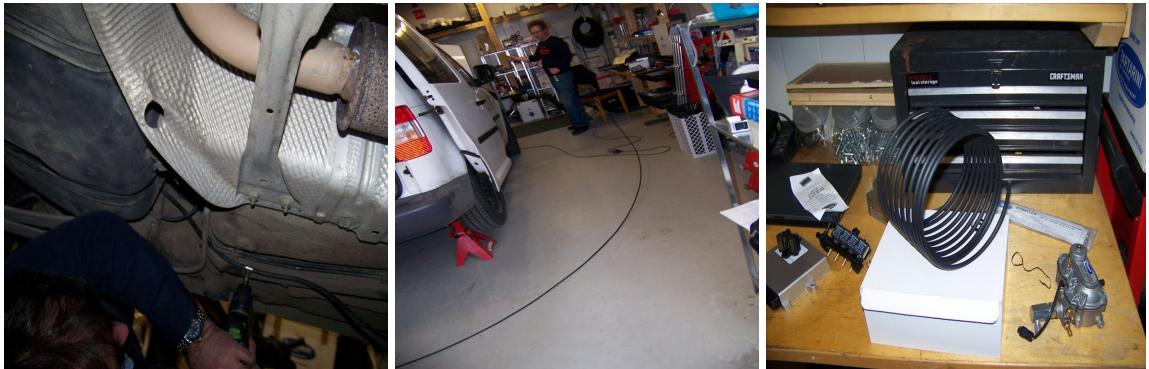
Kuva 22. Takaiskuventtiili



Kuva 24. Ulkoilmayhteys/ tankkausliittimen yhteysputki

8.5. Kaasuputkien asennus

Kaasuputket ovat materiaaliltaan terästä tai kuparia (kuva 26). Putki on joustavaa materiaalia, koska se muotoiltiin käsin alustan kiinnityspisteiden mukaan. Putken täytyy kestää korkea kaasupaine (1000 baria) sekä alustaan kiinnitettynä ulkopuolelta vaikuttava ulkoinen rasite kuten kiveniskut. Kaasuputket asennettiin alustaan ruuvikiinnittimillä (kuva 25). Ne yhdistävät kaasun täyttöputken ensimmäisen säiliön sulkuventtiilin, neljän säiliön sulkuventtiilit keskenään ja viimeisen venttiilin kaasunpainesäätimeen. Kaasuputki on halkaisijaltaan 8 mm, mikä mahdollistaa nopean ja äänettömän tankkauksen. Hyvän tiiveyden varmistamiseksi osat liitettiin helmiliitoksella.



Kuva 25. Kaasuputkiston asennus



Kuva 26. Kupari / teräs kaasuputki

8.6. Kaasusuuttimien asennus

Kaasusuuttimilta (kuva 28) lähteville kaasuputkille porattiin reikä imusarjaan (kuva 27). Reikään johdettiin suuttimilta putkea pitkin kaasua. Porattavan reiän pitää sijaita mahdollisimman lähellä moottoria, jolloin ruiskutettavalla kaasulla on mahdollisimman lyhyt matka sylinteriin.

Kaasusuuttimien avautumisajat riippuvat:

- moottorin kierrosluvusta
- moottorin kuormituksesta
- biokaasun / maakaasun laadusta
- maakaasun paineesta kaasunjakoputkistossa.

Jos yhdessä kaasusuuttimessa havaitaan toimintahäiriö, ohjainlaite vaihtaa moottorin bensiinikäytölle.



Kuva 27. Kaasusuuttimien asennusporaus **Kuva 28. Kaasusuuttimet**

8.7. Painealentimen asennus

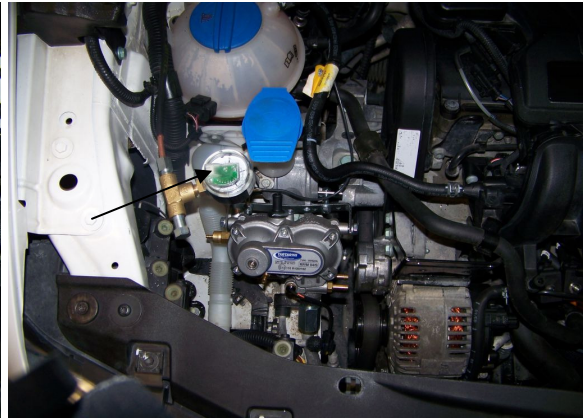
Kaasupaineensäädin asennettiin sisälokasuojaan (kuva 29), jotta tuleva kaasuputki, joka on runkoon kiinnitetty, liikkuisi samaan tahtiin. Näin liitoskohta ei murru. Kaasupaineensäätimen tehtävä on alentaa pulloista tuleva korkea kaasupaine noin kahden barin paineeseen. Kaasupainesäädin erottaa korkeapainepuolen ja matalapainepuolen toisistaan.

Kaasupaineensäätimeltä kahden barin paineinen kaasu johdettiin ruiskusuuttimille, joka ohjaa elektroniikka siitä edelleen imusarjaan ja moottoriin. Kaasupaineensäädin liitettiin moottorin jäähdytysjärjestelmään ja näin estettiin säätimen mahdollinen jäätyminen paineen alentumisesta johtuvasta kylmyydestä. Kun moottorin lämpötila on alle 60 °C:tta, kaasulaitteisto ei kytkeydy päälle, vaan ajo tapahtuu bensiinillä.

Kaasupaineensäätimen yhteyteen asennettiin painemittari (kuva 30), joka mittaa paineen. Paine ilmoitetaan valonäyttöisenä kuljettajalle. Kaasumäärän laskiessa alle 30 barin ajoneuvo siirtyy automaattisesti bensiinille.



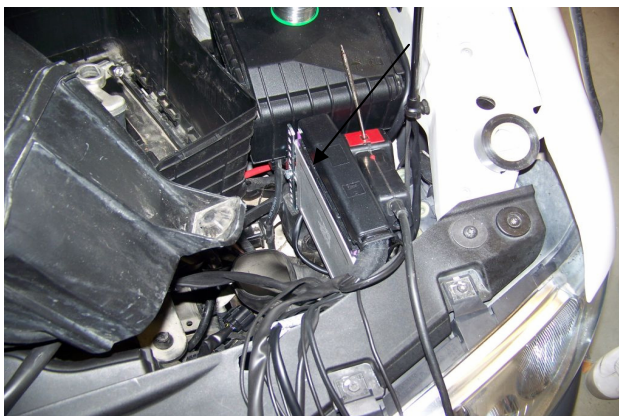
Kuva 29. Paineenlennin ajoneuvossa



Kuva 30. Painemittari

8.8. Moottorin ohjausyksikön asennus

Moottorin ohjainlaite ohjaa ainoastaan kaasujärjestelmää, joka sijoitettiin vasemmalle puolelle akun eteen (kuva 31). Kun moottorin lämpö ylittää $60\text{ }^{\circ}\text{C}$:tta ja kaasun paine on yli 30 barin, ohjainlaite sulkee bensiinin suihkutuksen ja siirtää moottorin kaasukäyttöiseksi. Ohjainlaite lukee moottorin kuormitustilaa imusarjan paineen avulla. Lisäksi lambda-anturilta saatava tieto vaikuttaa moottorinohjainlaitteen ohjaamaan virran määrään, jolla ohjataan suuttimen avautumisaikaa. Lisäksi autoon asennettiin sytytysennakkoa muuttava ohjainyksikkö (kuva 32). Auton tehoa ja vääntömomenttia mitattaessa huomattiin, että auton toimiessa kaasulla puuttui 25 hv verrattuna bensiinillä tuotettuun tehoon ja vääntömomenttiin. Tämä ilmiö johtui kaasun hitaammasta syttymisestä verrattuna bensiiniin. Kaasumäärän säätäminen ja sytytysennakon muuttaminen 15 astetta aikaisemmalle paransi tilannetta niin, että moottorin teho oli sama kaasulla tai bensiinillä ajettaessa.



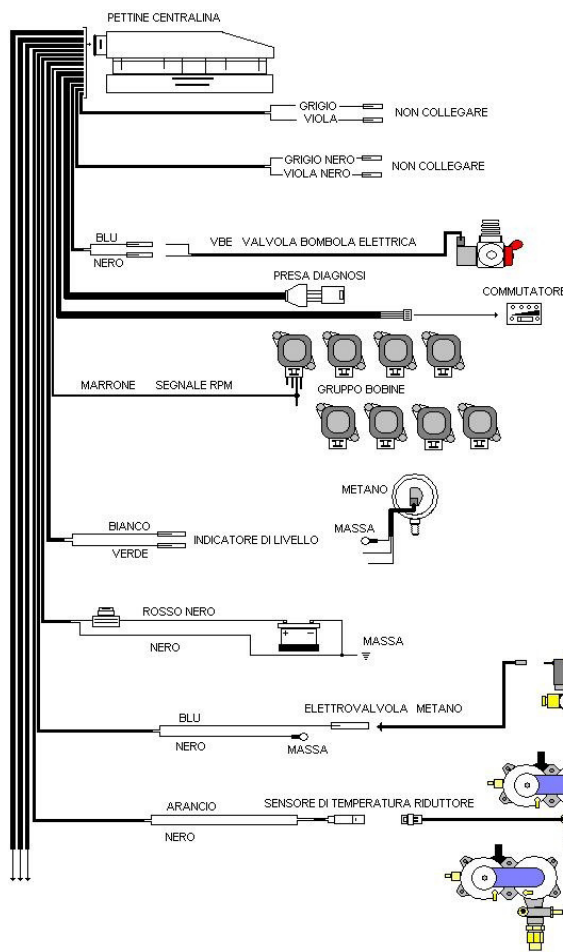
Kuva 31. Moottorin kaasuohtausyksikkö



Kuva 32. Sytytysennakon säätöyksikkö

8.9. Sähkökytkentäkaavio

Oheinen kuva esittää sähkökytkentäkaaviota. Kytkenäkaaviosta käy ilmi johtojen värit ja ohjeet siitä, mihin kaasujärjestelmän komponentteihin johdot tulee kytkeä. Ilman laitevalmistajan tekemää kytkentäkaaviota on mahdotonta saada laitteisto toimimaan moitteettomasti. Virheellisellä kytkennällä voidaan pahimmassa tapauksessa aiheuttaa laitteen rikkoutuminen.



pettine centralina = monitoimikampa ohjausyksikkö

- valvola bombola elettrica = sähköinen ohjaus pulloventtiili

- presa diagnosi = diagnostiikkaliitin

- commutatore = ohjaus kytkin

- segnale rpm = kierrosluku signaali

- gruppo bobine = Sytyskela ryhmä

- indicatore di livello = kaasumittari

- elettrovalvola metano = CNG

solenoidiventtiili metaani

- sensore di temperatura riduttore = lämpötila-anturi

- Grigio = harmaa

- Viola = violetti

- Grigio nero = harmaa musta

- Viola nero = violetti musta

- Blu = sininen

- Nero = musta

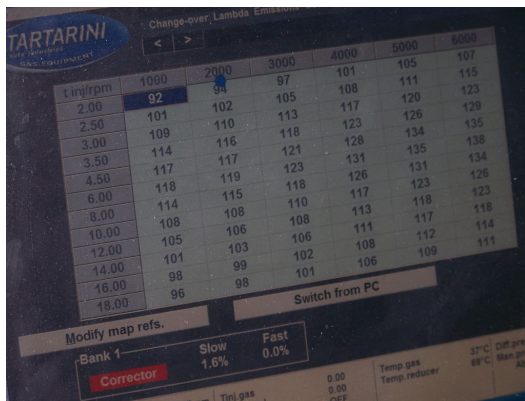
- Marrone = ruskea

- Bianco = valkoinen

- Arancio = oranssi

8.10. Biokaasulaitteiston säätö

Ohjausyksikön säätö tapahtui ajon aikana. Tartarin laitteiston valmistajalla oli oma säätöohjelma (kuva 33), mikä liitettiin OBD-pistokkeeseen. Pistokkeeseen liitettiin lisäksi kaasujärjestelmän ohjausyksiköstä yhdyskaapeli. Kaasumäärän säätö perustui lähinnä lambda-tunnistimelta tulevaan signaaliin. Eri ajo-olosuhteissa (tasainen kaasu tai kiihdytys), kerätään lambda:n antamaa tietoa ja kaasumäärää säädettiin niin, että auto toimii moitteettomasti.



Kuva 33. Tartarin säätöohjelmisto

8.11. Ensimmäinen tankkaus

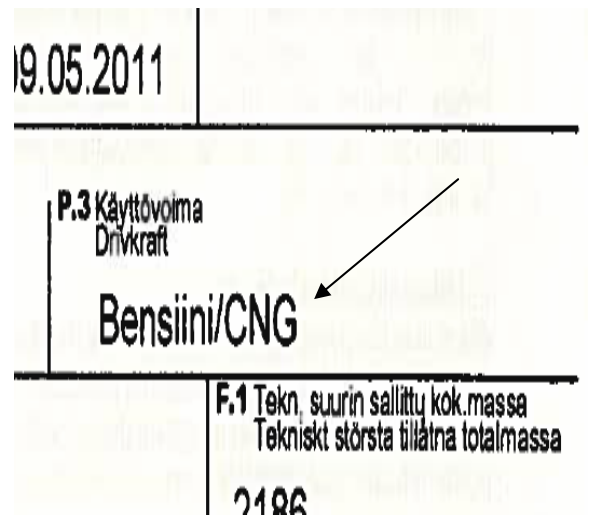
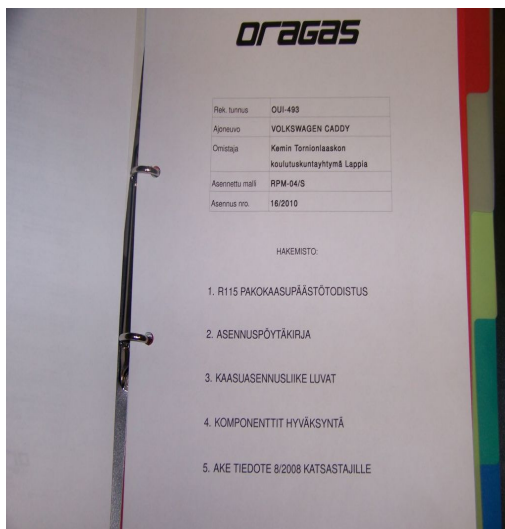
Kaasuauton ensimmäinen tankkaus suoritettiin Vantaalla sijaitsevalla Gasum Oy:n korttitankkausasemalla (kuva 34). Kaasutankkaus voitiin suorittaa vain etukäteen hankitulla automaattikortilla. Tankkausaseman tankeissa oli metaanikaasua, joka korkealla paineella virtasi tankkeihin. Tankkaustapahtuma kesti noin viisi minuuttia ja tankkauksen jälkeen kaasupullot lämpenivät huomattavasti. Arvelisin niiden olleen noin 40 – 50 °C:ta. Suomessa kaasua myydään kiloittain ja kilohinta oli tankkaushetkellä 1.09 € / kilo. Ruotsissa myydään kaasua kr/Nm³. Mielestäni auton tankkaaminen ei ollut sen vaikeampaa eikä aikaa vievämpi toimenpide kuin olisin tankannut bensiiniä tai dieseliä.



Kuva 34. Maakaasun tankkausasema Vantaalla

8.12. Katsastukseen tarvittavat todistukset ja pöytäkirjat

Auton valmistuttua se on katsastettava kaasukäyttöiseksi. Katsastusviranomaiset vaativat todistukset asennetuista komponenteista, joiden täytyy olla EU-hyväksytyjä. Ajoneuvon mukaan liitettiin kansio (kuva 35), josta löytyi kaikki tarvittavat asennus- ja komponentti todistukset (liite nro:1). Rekisteriotteeseen tulee merkintä kaasukäytöstä CNG (kuva 36). Katsastuksessa ei ilmennyt mitään ongelmia. Se sujui n. 20 minuutissa. Auton rekisteriotteeseen tuli merkintä kaasukäytöstä tässä kyseisessä ajoneuvossa. Toistaiseksi valtio ei verota erillisesti kaasukäyttöisiä autoja, mutta suunnitelmissa on että syksyllä 2010 tällainen ajoneuvovero säädetään lailla.



Kuva 35. Katsastukseen tarvittavat todistukset Kuva 36. Rekisteriote merkintä

9. POHDINTAA

Biopolttoaineiden käyttö lisääntyy väistämättä, koska eurooppalainen lainsäädäntö määrää, että eri valtioiden täytyy käyttää tietty määrä vaihtoehtoisia energiamuotoja. On kyseenalaista, kuinka paljon niiden käyttö vähentää pakokaasupäästöjä, koska autojen määrä lisääntyy koko ajan ja alikehittyneet maat eivät voi ottaa kallista tekniikkaa käyttöönsä. On päinvastaisia esimerkkejä maailmalta muun muassa Brasilia, jonka autoista 70 %:a käyttää etanolia tai kaasua. Brasilia on omavarainen fossiilisten polttoaineiden suhteen, ja se on maailman suurin etanolin tuottaja. Jokaisella huoltoasemalla on valittavana useita polttoainevaihtoehtoja. Asiakas tankkaa joko bensiiniä, dieselpolttoainetta, kaasua tai etanolia. (kuva 37).



Kuva 37. Kaasutankki Brasiliassa

Tutkijat sanovat, että Suomi on ”Euroopan arabimaa”, kun huomioidaan suuret suovarot. Toisaalta on kiistelty siitä, ovatko suot uusiutuvia vai ei. Joka tapauksessa Suomi tulee olemaan tulevaisuudessa merkittävä biopolttoaineiden tuottaja maailmassa hyödyntäen metsä- ja suvaroja. Se, mikä vaihtoehtoinen polttoaine on autojen käyttövoimana joskus tulevaisuudessa, on suuri kysymysmerkki. Joka tapauksessa raakaöljypohjaisten polttoaineiden käyttö autoissa vähenee huomattavasti ja jonkin ajan kuluessa mahdollisesti loppuu kokonaan.

10. YHTEENVETO

Kokemukseni biokaasuauton valmistusprosessista ja biokaasuautolla ajamisesta ovat todella positiivisia. Tavanomainen ajaminen liikenteessä ei poikennut moottorin suorituskyvyn kannalta lainkaan. Mielestäni Suomessa on järkevää rakentaa kaasuautoksi muulla polttoainejärjestelmällä varustettu liikenteessä oleva auto. Näin ollen olemassa olevia polttoainejärjestelmiä ei pureta ja kaasujärjestelmä säiliöineen rakennetaan rinnalle. Tuolloin autolla voidaan ajaa paikoissa, joissa mahdollisesti ei ole saatavana kaasua.

Tätä työtä tehdessä on mielenkiintoni ja käsitykseni muuttunut vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttömahdollisuuksista. Toimin Lappian auto-osaston opettajana, joten voin jakaa lisääntyntä tietoa ja taitoa eteenpäin.

Biokaasuauton ja biokaasun valmistus sekä tekniikka niiden ympärillä hahmottuivat minulle ja varsinkin biokaasuauton rakentaminen Oragas Oy:llä oli mielenkiintoinen kokemus. Tarkoitukseni on saada lupa kaasuautojen rakentamiseen ja huoltamiseen.

Kaasukäyttöön soveltuva auto on nähtävissä Lappian Louen koulutusmaatilalla (kuva 38).



Kuva 38. Biokaasuauto

Rakentamamme kaasuauton testaukset ja niihin liittyvät tulokset ja kommentit ovat Harri Viholaisen lopputyöaiheena. Harri Viholaisen opinnäytetyö on myös tehty Kemi-Tornion ammattikorkeakoululle.

11. LÄHDELUETTELO

- /1/ Autoalan Koulutuskeskus Oy, SATL, kurssimateriaali, 9/2007.
- /2/ EcoFuel -maakaasukäyttö Volkswagen Touranissa ja Caddyssä, Rakenne ja toiminta, Itseopiskeluohjelma s. 4, 5, 12.
- /3/ Lampinen, Ari, Uusiutuvan liikenne-energian tiekartta, Pohjoiskarjalan ammattikorkeakoulu, Joensuu, 2009 s.236.
- /4/ Lappeenranta University of Technology, [www-dokumentti]
<http://www.lut.fi/fi/yliopisto_lyhyesti/alueyksiköt/mikkelin_yksikkö/bioenergiatekniikka/EN%20B-171.pdf> 25.5.2010.
- /5/ Maatilatason biokaasulaitoksen toteutusselvitys, Koivikon opetustila, OAMK, Metener Oy, 1.3.2010 s. 5-7.
- /6/ Motiva Oy, [WWW-dokumentti]
<http://www.motiva.fi/files/2131/vaihtoehtoiset_polttoaineet_ja_ajoneuvot.pdf> 28.9.2010.
- /7/ Motiva Oy, [WWW-dokumentti]
<www.motiva.fi/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/vety.html> 22.4.2010.
- /8/ Neste Oilin verkkosivut, <<http://www.nesteoil.fi>> 28.09.2010.
- /9/ Rypsienergia, [WWW-dokumentti]
<www.rypsienergia.fi/kolmas.html> 28.9.2010.
- /10/ Wikipedia,
<<http://www.wikipedia.fi>> 28.09.2010.
- /11/ Wikipedia, [www-dokumentti]
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ajoneuvon_vaihtoehtoiset_polttoaineet> 28.9.2010.

12. LIITELUETTELO

Liite 1 Asennuspöytäkirja

E/ECE/324 Rev.2/Add.114/Corr.1 (16/10/2006)
 E/ECE/TRANS/505
 Regulation No. 115
 Annex 3B

R115 ASENNUSPÖYTÄKIRJA

LISTA TYYPIHYVÄKSYTYISTÄ MAAKAASULAITTEISTON OSISTA

Ajoneuvon tiedot:

1.1 Valmistaja	VOLKSWAGEN
1.2 Ajoneuvoluokka ja malli	M1 / CADDY
1.3 Valmistenumero	WV2ZZZ2KZ6X065228
1.4 Tyypinhyväksyntänumero	e1*01/116*0252*08
1.5 Moottorin tyyppi	1590cc 75kw

1.5.1 Alkuperäinen polttoaine	1.5.2 Vapaasti hengittävä tai ahdettu	1.5.3 kuutiolavuus	1.5.4 katalysaattorin tyyppi	1.5.5 sytytysjärjestelmä
Bensiini	Ei turbo	1590	Kolmetoimi katalysaattori	BOSCH

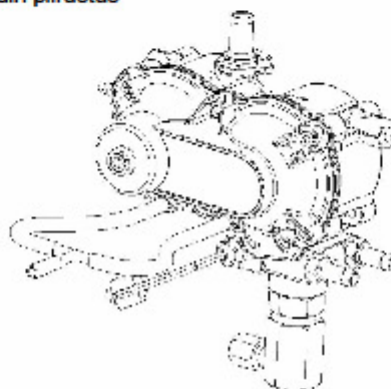


Kuvaus maakaasu jälkiasennus järjestelmästä

- 2.1.- Valmistaja: Tartarini
- 2.2.- Malli: RP/M04/S-EVO08-4CIL-OB
- 2.3.- Asennus Kuvaus: (Viimeinen sivu)
- 2.4.- Alkuperäinen polttoainejärjestelmä toiminnassa: kyllä ei
- 2.5.- "Master-Slave" järjestelmä: kyllä ei

2.6.- Paineen säädin				
2.6.1. Valmistaja	2.6.2. Malli	2.6.3. Tyyppihyväksyntä numero	2.6.4. Tunniste	2.6.6. Peruspaineen säätö pisteet
Tartarini	RP/M 04/S	e13*110R00*010 2*00	e13	1
2.6.7. Peruspaineen säätö muoto	2.6.8. Tyhjäkäynti paineen säätö pisteet	2.6.9. Tyhjäkäynti paineen säätö muoto	2.6.10. Muut säätö mahdollisuudet	2.6.11. Käyttöpaine ²
Mekaaninen ruuvi	—	—	—	20000 kPa

2.6.5.- Paineen säädin piirustus



2.7.- Kaasuunsyöttö sovitin (kaasutin moottorit) ¹ : kyllä ei				
2.7.1.- Monta: ___				
2.7.2. Valmistaja	2.7.3. Malli	2.7.5. Asennus paikka	2.7.6. Säätö mahdollisuudet	2.7.7. Käyttöpaine ²
—	—	—	—	—kPa

2.7.4.- Kaasuunsyöttö sovitin piirustus: —

2.8.- Kaasun määrän säätöventtiili ¹ : kyllä ei				
2.8.1.- Monta: ___				
2.8.2. Valmistaja	2.8.3. Malli	2.8.5. Asennus paikka	2.8.6. Säätö mahdollisuudet	2.8.7. Käyttöpaine ²
—	—	—	—	—kPa

2.8.4.- Kaasun määrän säätöventtiilin piirustus: —

E/ECE/324 Rev.2/Add.114/Corr.1 (16/10/2006)
 E/ECE/TRANS/505
 Regulation No. 115
 Annex 3B

R115 ASENNUSPÖYTÄKIRJA

LISTA TYYPPIHVÄKSYTYISTÄ MAAKAASULAITTEISTON OSISTA

Ajoneuvon tiedot:

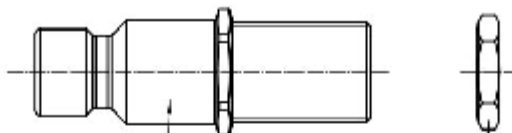
1.1 Valmistaja	VOLKSWAGEN
1.2 Ajoneuvoluokka ja malli	M1 / CADDY
1.3 Valmistenumero	WV2ZZZ2KZ6X065228
1.4 Tyyppihväsytännumero	e1*01/116*0252*08
1.5 Moottorin tyyppi	1590cc 75kw

1.5.1 Alkuperäinen poltoaine	1.5.2 Vapaasti hengittävä tai ahdettu	1.5.3 kuutiolavuus	1.5.4 katalysaattorin tyyppi	1.5.5 sytytysjärjestelmä
Bensiini	Ei turbo	1590	Kolmetoimi katalysaattori	BOSCH



Kuvaus maakaasu jälkiasennus järjestelmästä

- 2.1.- Valmistaja: Tartarini
- 2.2.- Malli: RP/M04/S-EVO08-4CIL-OBd
- 2.3.- Asennus Kuvaus: (Viimeinen sivu)
- 2.4.- Alkuperäinen polttoainejärjestelmä toiminnassa: kyllä ei
- 2.5.- "Master-Slave" järjestelmä: kyllä ei



2.15. Kaasuputket			
2.15.1 Valmistaja	2.15.2 Malli	2.15.3. Kuvaus	2.15.4. Käyttöpaine ²
Emer	Saumaton teräsputki 6x1 (TUBO04033)	Teräsputki muovipinnoitella	20000 kPa

2.16. Paine ja lämpötila anturit ¹			
2.16.1 Valmistaja	2.16.2. Malli	2.16.3. Kuvaus	2.16.4. Käyttöpaine ²
AEB	Tem7	Elementti anturi	185kPa

2.17. Kaasusuodatin ¹			
2.17.1 Valmistaja	2.17.2. Malli	2.17.3. Kuvaus	2.17.4. Käyttöpaine ²
Emer	Sisäänrakennettu painesäätimeen	Metalliverkko	20000 kPa

2.18. ~~Vetokoukko~~ (Yhdellä polttoaineella toimiva ajoneuvo ilman varajärjestelmää):

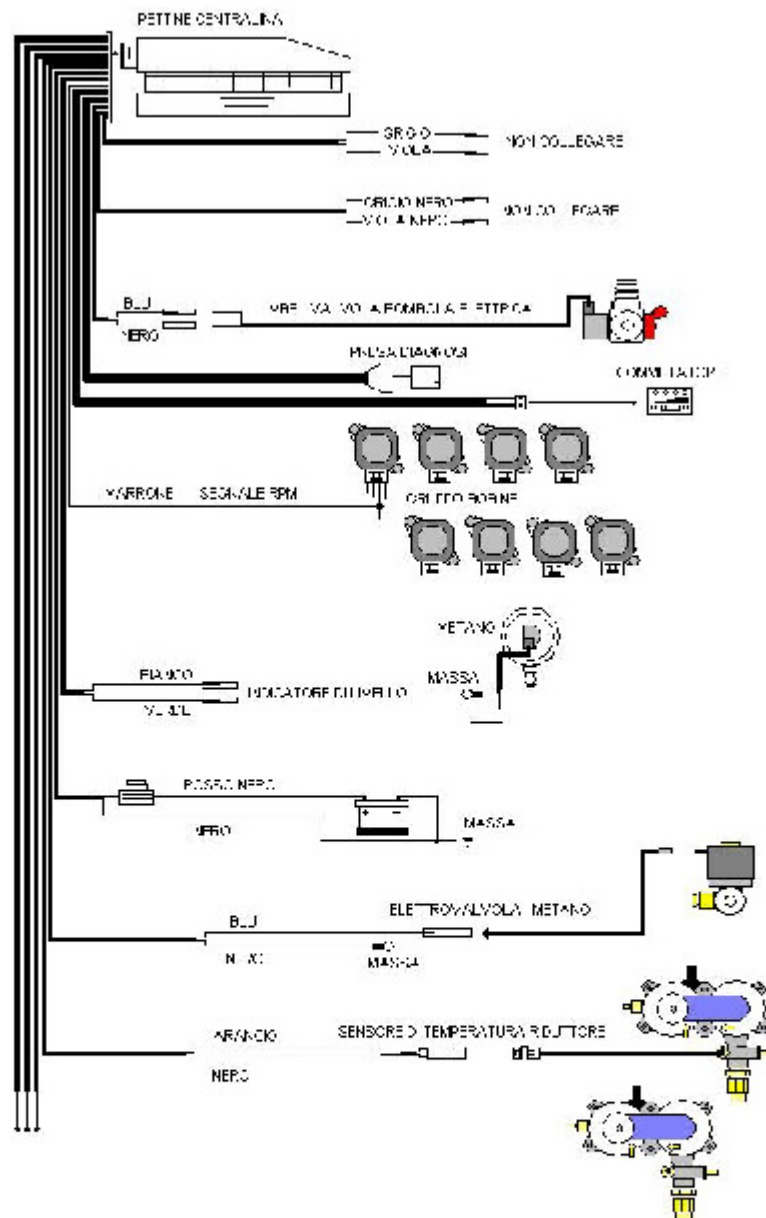
- 2.18.1. Valmistaja
- 2.18.2. Malli
- 2.18.3. Selvitys ja asennus kaaviot

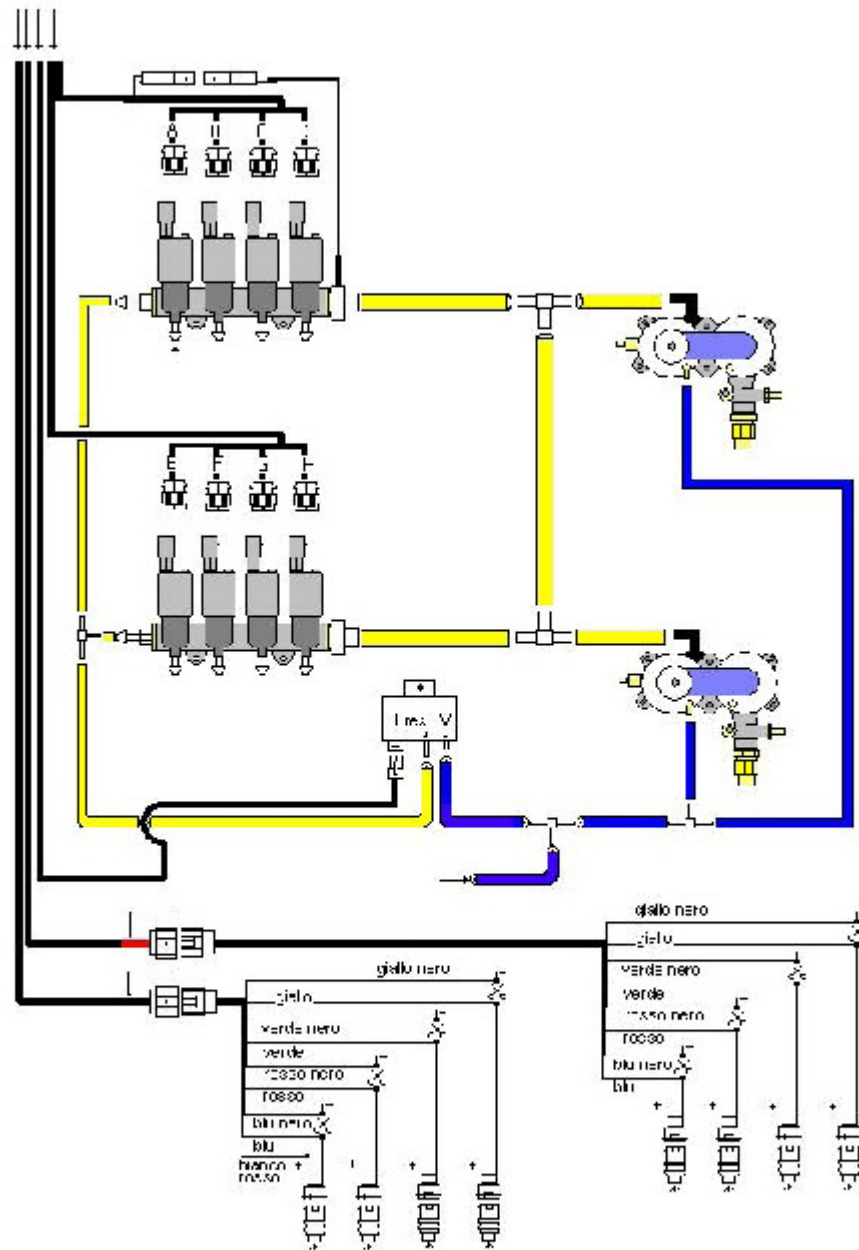
2.19. Lisälämmitys järjestelmän liitos maakaasu järjestelmään (sallittu vain M₂ ja M₃):
kyllä ei

- 2.19.1. Valmistaja
- 2.19.2. Malli
- 2.19.3. Selvitys ja asennus kaaviot

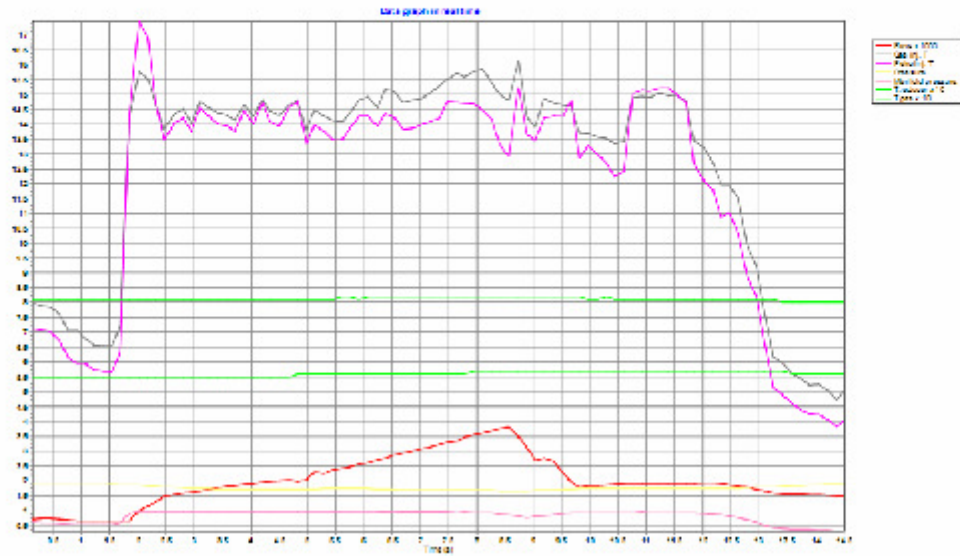
2.20. Lisätiedot

- 2.20.1. Maakaasu järjestelmän turvalaiteet katalysattoria varten (polttoaineen vaihdossa): Lambda anturin tieto maakaasu järjestelmän ECUlle
- 2.20.2. Asennus kaavio (sähkö liitokset, imusarjan liitokset, yms.):





2.20.3. Symbolien selitykset
2.20.4. Säätö tiedot



2.21. Jäähdytys: (neste/ilma)¹
2.21.1. Järjestelmän kuvaus/maakaasulaitteiden kaavio

¹ Yliviivaa jos ei liity.
² Mekiitse toleranssi.

R115 rev.2 add.114 corr. 1 (16.10.2006)

Paivämäärä: 11.05.2010
Valtuutettu asentaja: ORAGAS OY
TUKES Nro. 2030/343/2009
Vastuhenkilö: Davide D'Angelantonio

Allekirjoitus: _____