

Jere Jäkäläniemi

**BENSIINIKÄYTTÖISEN HENKILÖAUTON MUUTTAMINEN
BIOKAASUKÄYTTÖISEKSI**

BENSIINIKÄYTTÖISEN HENKILÖAUTON MUUTTAMINEN BIOKAASUKÄYTTÖISEKSI

Jere Jäkäläniemi
Opinnäytetyö
Syksy 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Jere Jäkäläniemi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Bensiinikäyttöisen henkilöauton muuttaminen biokaasukäyttöiseksi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Turning a petrol-powered car into biogas

Työn ohjaaja: Janne Ilomäki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2019

Sivumäärä: 41 + 0 liitettä

Työssä muutettiin bensiinikäyttöinen ajoneuvo käyttämään biokaasua. Biokaasumuunnos toteutettiin yleismallisella asennussarjalla, ja asennustyön valvonnan suoritti pätevytynyt henkilö. Muutoksen taustalla oli CircVol-hanke, jossa haluttiin selvittää biokaasun käyttämisen mahdollisuuksia tieliikenteessä.

Bensiinikäyttöisen ajoneuvon muutostyö biokaasukäyttöiseksi vaatii tutustumista E-säännöksiin n:o 110 ja 115, Traficomien ohjeistukseen sekä turvallisuus- ja kemikaaliviraston säädöksiin. Työssä esitellään komponentit, joita asennustyössä on käytetty, ja asennustyön esittely tehdään selkeästi vaiheittain. Asennustyössä käytettiin valmista muutossarjaa, joka sisälsi ohjainlaitteen, johtosarjan, kaasusuuttimet, kaasuputken, paineensäätimen, pulloventtiilin, tankkausliittimen, kaasupullon ja tarvittavat kiinnitystarvikkeet. Muutossarjalla varustettu ajoneuvo vaatii muutostyön, joten katsastuksessa on huomioitava, että laitteistolle löytyy hyväksyntätodistus, asennustodistus ja että ajoneuvo täyttää katsastukselle asetetut vaatimukset.

Biokaasun käyttö on Suomessa suuressa kehityksessä omavaraisen tuotannon ansiosta. Kaasun jakeluverkosto on laajentunut ja tietoisuus vaihtoehtoisesta polttoaineesta on saavuttanut kuluttajat. Opinnäytetyöllä saatiin kuluttajille tietoa muutostyöhön liittyvästä lainsäädännöstä, asennukseen tarvittavista komponenteista, muutostyön vaatimuksista ja muutostyön kustannuksista. Työtä voidaan käyttää yleispäteväenä työohjeena muutostyössä.

Asiasanat: biokaasu, Gasum, muutossarja

ALKULAUSE

Haluan kiittää mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta konetekniikan lehtori Janne Ilomäkeä ja CircVol-hankkeen vetäjää, projektikoordinaattori Ritva Imppolaa. Kiitokset myös Haukiputaan ammattikoululle asennustiloista ja autopuolen opettajille Jari Tajakalle, Jussi Hiivalalle sekä Tapio Kyngäkselle teknisestä tuesta asennuksessa. Erityiskiitos myös projektin vastuuhenkilölle diplomi-insinöörille Timo Heusalalle kaasuasennuksien tekemisestä.

Opinnäytetyön takana toimi CircVol-hanke. Hankkeen tarkoituksena oli tuoda tietoutta jälkiasenteisen kaasumuutossarjan asennuksesta tieliikenteessä käytettävään henkilöautoon.

Oulussa 19.12.2019

Jere Jäkäläniemi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 BIOKAASU	8
2.1 Biokaasun valmistus	8
2.2 Biokaasun jakeluverkosto	9
2.3 Biokaasun tulevaisuus	9
3 BI-FUELIN KONVERSIO	10
3.1 Lainsäädäntö	10
3.2 Muutoskatsastus	10
4 BIOKAASUJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT	12
4.1 Kaasujärjestelmän ohjainlaite eli ECU	12
4.2 Jakotukki ja kaasusuuttimet	13
4.3 Paineensäädin	14
4.4 Kaasusuodatin	15
4.5 Imusarjan painetunnistin, matalapainetunnistin ja lämpötila-anturi	15
4.6 Kaasuputket ja liittimet	15
4.7 Säiliöventtiili	17
4.8 Kaasusäiliö	17
4.9 Tankkausventtiili	18
4.10 Polttoaineen valintakytkin ja painemittari	19
5 BIOKAASUMUUTOKSEN TOTEUTUS	21
5.1.1 Asennuksen suunnittelu	21
5.1.2 Kaasusäiliön asennus	22
5.1.3 Säiliöventtiilin asennus	24
5.1.4 Tankkausventtiilin ja läpivientien asennus	25
5.1.5 Kaasuputkien asennus tavaratilasta konehuoneeseen	26
5.1.6 Paineensäätimen asennus	28
5.1.7 Kaasujärjestelmän matalapainepuolen asennus	29
5.1.8 Kaasujärjestelmän ohjainlaitteen asennus	31

6 KAASUJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖNOTTO	33
7 KATSASTUS	36
8 LOPPUTULOKSET	37
9 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Työssä toteutetaan ottomoottorilla varustetun henkilöauton käyttövoiman muutos biokaasua käyttäväksi. Bensiinillä ja kaasulle käytettävää moottoria kutsutaan bi-fuel-termillä, kun vastaavasti diesel- ja kaasukäyttöistä kutsutaan dual-fuel-nimityksellä. Käytössä on myös mono-fuel-termi, jos moottorissa käytetään vain yhtä polttoainetta (1). Muutostyön kohteena on Hyundai Santa Fe -merkkinen, vapaasti hengittävällä bensiinimoottorilla varustettu ajoneuvo, joka on valmistettu vuonna 2002. Kaasumuutos toteutetaan valmiilla muutossarjalla ja siihen lisätyillä tarvittavilla komponenteilla, jotka ajoneuvon omistaja on hankkinut suomalaisen verkkokaupan CNG House Oy:n valikoimasta.

Työssä suunnitellaan yhteistyöhenkilöiden kanssa kaasumuutoksen toteutus ja laitteiden sijoittelu autoon. Asennustyön aluksi täytyi myös ottaa selvää kaasulaitteiden jälkiasennuksista ja ECE R110- sekä R115-säännöksistä, jotka määrittävät laitteiston ja asennuksen vaatimukset. Työssä selvitetään Traficomien asettamat vaatimukset muutoskatsastusta varten (2). Laitteiston asennuksesta vastaa kaasuasennusluvalla omaava vastuhenkilö Timo Heusala yhteistyössä Oulun seudun ammattiopiston (OSAO) ajoneuvo-tekniikan kanssa.

Kaasumuunnos on osana CircVol-hanketta, joka käsittelee biometaanin liikennekäytön kehittämistä (3). Työn tavoitteena on tuoda tietoa mahdollisuuksista muuttaa ajoneuvo käyttämään biokaasua polttoaineena ja tätä kautta vähentää liikenteessä päivittäin syntyviä hiilidioksidipäästöjä.

2 BIOKAASU

Biokaasu on uusiutuvaa bioenergiaa, jota voidaan käyttää raakakaasuna lämmön- ja sähköntuotannossa sekä jalostettuna liikenteen polttoaineena. Biokaasu on nimensä mukaisesti kaasuseos, jota syntyy, kun mikro-organismit alkavat hajottaa orgaanista ainetta hapettomassa tilassa eli anaerobisesti mädättämällä. Kaasuseos sisältää noin 60 - 65 % metaania (CH₄) ja noin 30 - 35 % hiilidioksidia. Biokaasu sisältää myös pieniä määriä vettä (H₂O), typpeä (N₂), happea (O₂), vetyä (H₂), ammoniakkia (NH₃) ja rikkivetyä (H₂S) valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden mukaan. Jotta biokaasua voidaan käyttää liikennepolttoaineena, on se jalostettava, jolloin hiilidioksidi ja muut epäpuhtaudet poistetaan lähes kokonaan ja saadaan maakaasun veroista kaasua. Molemmat kaasut ovat kemiallisesti lähes samankaltaisia, sillä pääyhdisteenä molemmissa on metaani (CH₄). Kaasut ovat sekoitettavissa keskenään. (4; 5.)

2.1 Biokaasun valmistus

Biokaasun tuotantoon soveltuvia materiaaleja on monenlaisia, kuten peltobiomassa, joka sisältää energiakasvit ja oljet, kotieläintuotanto, josta saadaan lantaa ja teurasjätettä, sekä biojätteet, joita tulee kotitalouksista ja teollisuudesta. Suurin energiapotentiaali Suomessa on peltobiomassassa. (6.)

Biokaasua tuotetaan biokaasureaktoreissa, joissa mikrobit hajottavat eloperäistä ainetta hapettomassa tilassa. Prosessia kutsutaan anaerobiseksi mädättämiseksi. Hajotuksen tuloksena syntyy runsaasti metaania sisältävää raakabiokaasua ja käsittelyjäännöstä, joita voidaan käyttää hyödyksi lannoitteena suuren ravinnepitoisuutensa vuoksi. Raakabiokaasu on 60 - 65 % metaania, ja sitä voidaan käyttää sellaisenaan sähkön- ja lämmöntuotantolaitoksissa. (7.)

Jotta biokaasu voidaan käyttää liikennepolttoaineena, tulee se jalostaa. Jalostuksessa biokaasusta erotetaan hiilidioksidia ja muita epäpuhtauksia, kuten rikkivetyä, vettä ja piiyhdisteitä. Jalostuksen tuotteena syntyy biometaania, joka on 90 - 95 % metaania. Biometaania voidaan käyttää liikennepolttoaineena ja syöttää myös maakaasun jakeluverkkoon. (6, s. 17.)

2.2 Biokaasun jakeluverkosto

Biokaasun jakeluverkosto on Suomessa vielä kehitysvaiheessa, mutta näkymät ovat hyvät ja verkosto on kasvamassa. Suomessa biokaasun suurimpana jakelijana toimiva Gasum on arvioinut avaavansa useita jakeluasemia lähivuosina. Gasumilla on Suomessa 33 omaa jakeluasemaa ja lisäksi on 14 yksityistä jakeluasemaa. Tankkausasemat ovat keskittyneet tällä hetkellä eteläiseen Suomeen ja Jyväskylän korkeudelle saakka jakeluverkosto on jo laajentunut hyvin. Jyväskylän pohjoispuolella on tällä hetkellä vain viisi jakeluasemaa: Vaasassa, Uusikaarlepyyssä, Seinäjoella ja pohjoisimmat Oulussa. Oulussa toimii myös biokaasun tuotantolaitos. (8.)

Tankkausasemilla biokaasu on lämpötilakompensoitu 200 bar:n paineeseen 15 °C:n lämpötilassa ja varastoitu tankkeihin, joista se tankataan suoraan ajoneuvoon (9). Henkilöautoissa kaasu varastoidaan samaan paineeseen sille varattuun kaasusäiliöön. Biokaasua myydään tankkausasemilla kiloittain ja se maksaa Gasumin tankkausasemilla 1,46 €/kg. Bensiinin litrahintaan suhteutettuna kaasu maksaa 0,936 €/litra.

2.3 Biokaasun tulevaisuus

Kiristyneet päästövaatimukset pakottavat autoilijoita vähitellen siirtymään hybrideihin, sähköautoihin ja kaasuautoihin. Suomessa biokaasun liikennekäytöllä on hyvät näkymät, sillä tuotantolaitoksia on jo olemassa ja raaka-ainetta kaasun valmistukseen saadaan kotimaasta. Biokaasun tuotantopotentialista on käytössä Suomessa tällä hetkellä vain noin 4 %. Suomessa olisi potentiaalia kasvattaa biokaasun tuotantoa siten, että se riittäisi miljoonan henkilöauton vuotuisen käyttötarpeeseen. (10.)

Jakeluverkoston kehittyminen tuo tulevaisuudessa myös Pohjois-Suomen asukkaille mahdollisuuden harkita kaasuautoon siirtymistä. Nykyisissä uusissa markkinoilla olevissa henkilöautoissa toimintasäde on kaasulla 300 - 510 km, jota voidaan pitää monelle riittävänä. Myös jälkiasennettavilla kaasulaitteilla voidaan päästä satoja kilometrejä moottorin litratilavuuden ja kaasusäiliön tilavuuden mukaisesti.

3 BI-FUELIN KONVERSIO

Työssä on tavoitteena muuttaa bensiinikäyttöinen henkilöauto käyttämään polttoaineena myös liikennekaasua eli tässä tapauksessa biokaasua. Lainsäädäntö mahdollistaa ajoneuvon muutoksen ja laitteistojakin on ollut saatavilla Suomessa jo lähes 10 vuoden ajan. Biokaasun jakeluverkosto laajenee ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen liikenteessä on kasvamassa. Biokaasu on lähes päästötöntä luonnon raaka-aineista tuotettua Suomessa valmistettua polttoainetta, jonka raaka-ainetta saadaan ympäri Suomea. Laitteiston komponenteille on määritetty tarkat vaatimukset Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission toimesta ja asennus tulee tapahtua kaasuasennusluvan omaavan henkilön tekemänä. Laitteistolla varustettu ajoneuvo tulee myös muutoskatsastaa, jotta se olisi tieliikenteeseen hyväksytty. Hyväksynnän tieliikenteeseen suorittaa paikallinen katsastusasema. (2.)

3.1 Lainsäädäntö

Ajoneuvon kaasumuutosta ohjaavat säännökset E: n:o 110 ja 115, liikenteen turvallisuusviraston Traficomien antama ohjeistus sekä Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. E-säännökset määräävät vaatimukset asennuksessa käytetyille komponenteille ja asennusten vähimmäisvaatimukset. Liikenteen turvallisuusvirasto valvoo laitteiston muutoskatsastukseen vaadittavien dokumenttien olemassaolon ja hyväksyy ajoneuvon muutokset tieliikenteeseen soveltuviksi. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto valvoo Suomessa kaasulaitteiden vaatimuksenmukaisuutta ja lainsäädäntöä sekä järjestää koulutuksia kaasuasennuksiin. Laitteiston asennuksen ja huoltotoimenpiteet saa suorittaa vähintään P-luvat suorittanut, Turvallisuus- ja kemikaaliviraston valvoman koulutuksen läpäissyt henkilö. (2; 11.)

3.2 Muutoskatsastus

Ajoneuvo on muutosten jälkeen muutoskatsastettava, jotta sitä saa tieliikenteessä laillisesti käyttää. Liikenteen turvallisuusvirasto Traficom on antanut ohjeistuksen muutoskatsastuksen vaatimuksista. Asennetusta laitteistosta täytyy esittää kaasuasennusluvat omaavan asentajan kirjoittama todistus, jotta laitteisto on vaatimustenmukaisesti asennettu. Myös käytetyistä komponenteista vaaditaan ECE 110R -vaatimustenmukaisuusto-

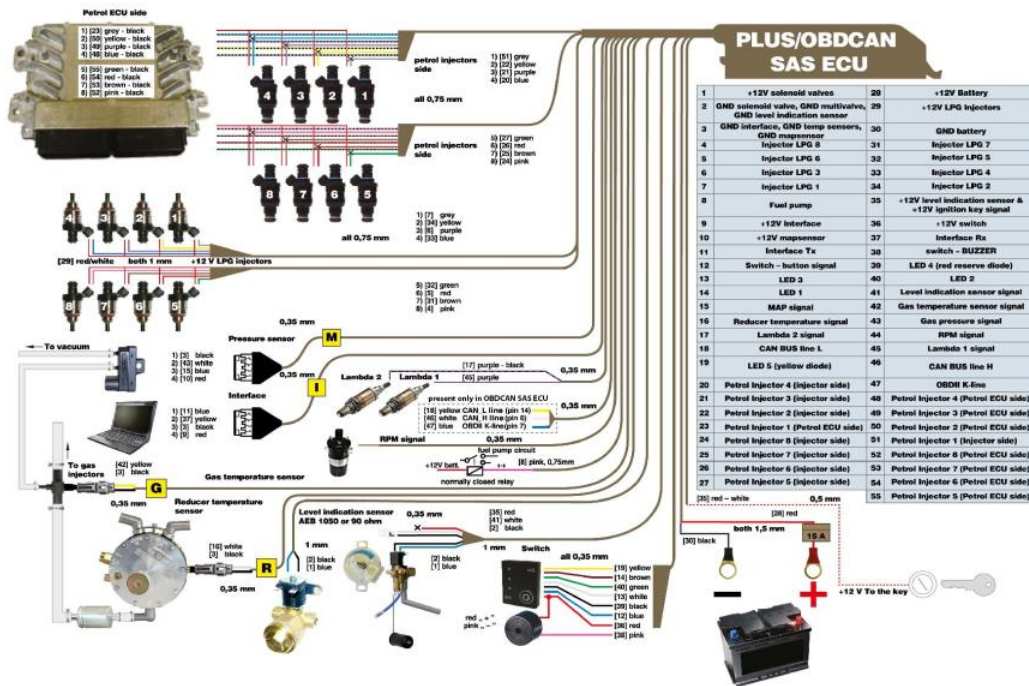
distus sekä muutossarjasta ECE 115R -vaatimustenmukaisuustodistus. Katsastusasemalla laitteiston korkeapaineliitokset tarkastetaan erillisellä vuotomittarilla, jotta nähdään, ettei kaasuvuotoja esiinny ja komponenttien kiinnitys ja sijoittelu tarkastetaan. (2.)

Ajoneuvosta mitataan muutoksen jälkeen pakokaasupäästöt käyttäen kaasua, ja niiden täytyy pysyä käyttöönottoajankohdan määrittelemissä raja-arvoissa. Pakokaasupäästöille ei ole erillisiä vaatimuksia käytettäessä kaasua polttoaineena, vaan käytetään samoja raja-arvoja kuin bensiinillä. Katsastusasemalla mitataan päästöt kaasuautosta samalla nelikaasuanalysointilaitteella kuin bensiiniautosta. Pakokaasumittauslaitteen ei tämänhetkisten vaatimusten mukaan tarvitse olla erikseen kalibroitu kaasuauton päästöjen mittaukseseen. 1.1.2001 jälkeen käyttöönotettujen ajoneuvojen on myös läpäistävä OBD-testi hyväksytysti. (2.)

Hyväksytyssä muutokatsastuksessa ajoneuvon rekisteritietoihin tehdään merkintä vaihtoehtoisesta polttoaineesta ja ajoneuvolle määrätään maksettavaksi lisäksi vuotuinen käyttövoimaveron. Käyttövoimaveron suuruuden määrittää Liikenteen turvallisuusvirasto ja se määräytyy ajoneuvon kokonaismassan perusteella. Käyttövoimaveron määrä on tällä hetkellä metaanitoimisilla ajoneuvoilla 0,031 €/ päivä/ alkava 100 kg ajoneuvon kokonaismassaa. Muutostyön kohteena olevassa ajoneuvossa tämä tarkoittaa 264,87 €:n suuruista käyttövoimaveron vuosittain.

4 BIOKAASUJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

Kaasujärjestelmän rakenne on pitkälti lähes samankaltainen kuin bensiiniauton polttoainejärjestelmä (kuva 1). Laitteistossa on bensiiniauton tapaan tankkausliitin, polttoainesäiliö, polttoaineen siirtolinjat, suuttimet ja ohjainlaite. Merkittävimmät erot syntyvät kaasujärjestelmässä olevasta korkeapaineesta, joka asettaa komponenteille omat vaatimuksensa. Järjestelmässä oleva 200 bar:n korkeapaine täytyy alentaa paineensäätimen avulla moottorille soveltuvaan 1 - 4 bar:n paineeseen. Kaasulaitteiston asennuksessa ja huoltamisessa on kuitenkin otettava huomioon vallitsevat määräykset kaasulaiteasennuksista.

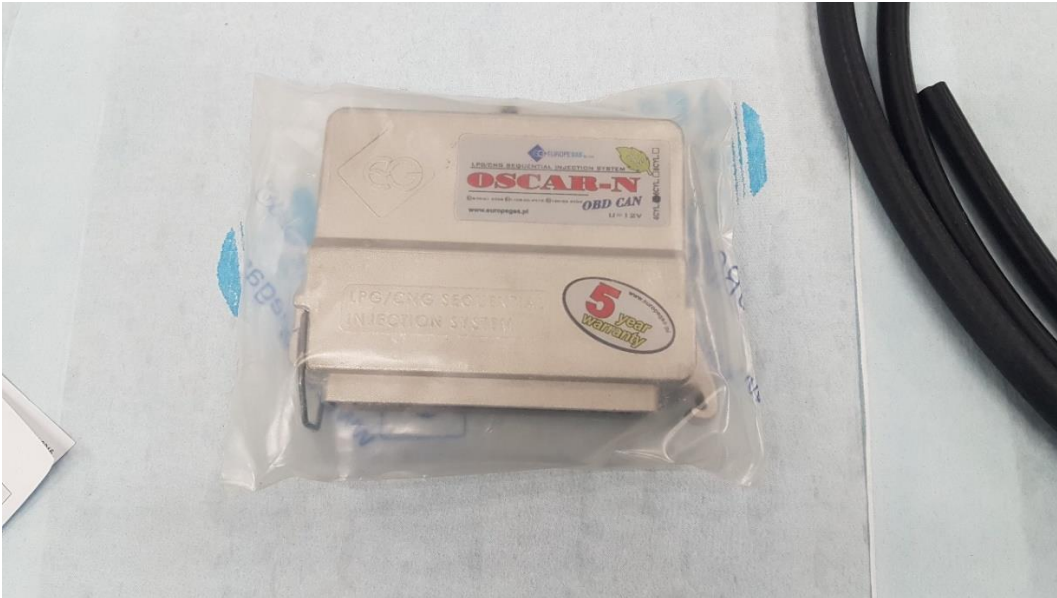


KUVA 1. Kaasujärjestelmän kaaviokuva

4.1 Kaasujärjestelmän ohjainlaite eli ECU

Ohjainlaite toimii ajoneuvon oman moottorinohjainlaitteen rinnalla ja hyödyntää moottorin antureiden välittämää tietoa toiminnassaan. Ohjainlaitteen mukana seuraa johtosarja ja asennusohjeet sen kytkemiseksi. Ajoneuvon omista antureista hyödynnetään kierroslukutietoa sytytyspuolalta ja lambda-anturin antamaa tietoa. Kaasujärjestelmästä saadaan erillisen anturin avulla kaasun painetieto ja lämpötila sekä moottorin imusarjan paine.

Kaasusuuttimet kytketään rinnan bensiinisuuttimien kanssa, joten ohjainlaite haistelee bensiinisuuttimien toimintaa ja ohjaa kaasusuuttimia samalla pulssilla. Ohjainlaite myös valvoo paineensäätimen toimintaa (kuva 2).



KUVA 2. Kaasujärjestelmän ohjainlaite

Ohjainlaitteen mukana tulee asennuslevy, jossa ovat laitteiston käyttöönottoon englanninkieliset ohjeet sekä myös opastusvideoita. Levyllä on myös ohjainlaitteen asetusten ja säätöjen tekemiseen vaadittava ohjelmisto. Ohjelmiston asentamisen jälkeen se kannattaa päivittää, sillä levyllä oleva versio on jo vanha.

4.2 Jakotukki ja kaasusuuttimet

Kaasujärjestelmään kuuluu myös bensiiniruiskutusjärjestelmän kaltainen suihkutussuuttimien järjestelmä, joka koostuu injektoreista, joissa on vaihdettavat suuttimet halutun kaasumäärän mukaan. Injektorit ovat magneettiventtiileitä, jotka vapauttavat kaasua suutinputkeen. Kaasusuuttimien koko valitaan moottorin huipputehon mukaan, jotta riittävä määrä kaasua pääsee virtaamaan sylinteriin. Kaasua ei olomuotonsa vuoksi tarvitse bensiinin tavoin saada ruiskutushetkellä hienoksi sumuksi, joten kaasusuuttimet voivat olla imusarjassa etäämmällä bensiinisuuttimista. Injektorit kytketään bensiinimoottorissa bensiinisuuttimien johtosarjaan rinnankytkennällä ja jokaista sylinteriä kohden on oma injektorit ja suu-

tin. Kaasusuihkutus toimii sekventiaalisesti, eli injektorit päästää kaasua vain yhteen sylinteriin kerrallaan ja se erottaa sen normaalista bensiinin monipistesuihkutuksesta, jossa polttoainetta menee suihkutushetkellä useampaan sylinteriin (kuva 3).



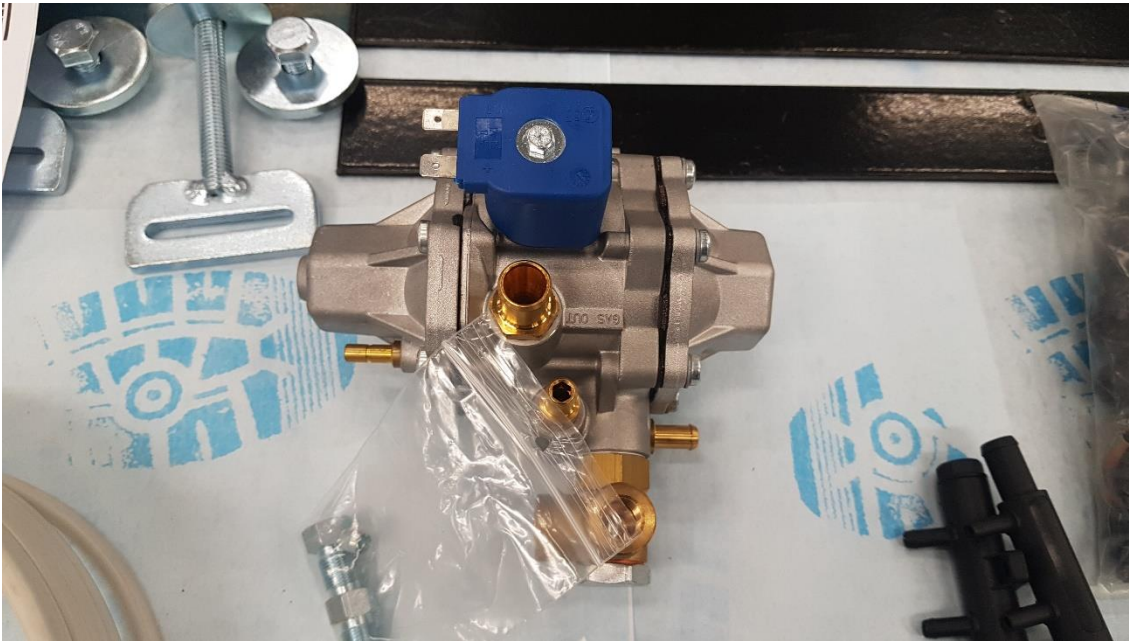
KUVA 3. Kaasun jakotukki ja kaasusuuttimet

4.3 Paineensäädin

Paineensäätimen on tarkoitus laskea säiliöstä tuleva korkeapaineinen kaasu moottorille paremmin soveltuvaksi. Säädin laskee 200 bar:n korkeapaineen 2 - 4 bar:n paineeseen ja se kuljetetaan kumiputkella injektoreille. Nopea paineen ja virtauksen muutos voi aiheuttaa säätimelle jäätymistä, joka on poistettu tekemällä säätimen runkoon liitännät moottorin jäähdytinnestekierrolle. Paineensäädin sulkee itsensä, jos se havaitsee venttiilin jäätyneen.

Paineensäätimen toiminta perustuu kalvoon, jonka toisella puolella on vaikuttamassa jousivoima ja toisella puolella kaasunpaine. Jousen tehtävä on vastustaa venttiilin sulkeutumista, kun kaasunpaine sitä pyrkii sulkemaan. Jousen esijännitystä säätämällä voidaan

vaikuttaa läpivirtaavan kaasun paineeseen. Paineen säätö tehdään ruuvilla säätimen ulkopuolelta (kuva 4).



KUVA 4. Paineensäädin

4.4 Kaasusuodatin

Kaasusuodatin asennetaan ajoneuvoon matalapaineosaan, paineensäädinventtiin jälkeen. Suodattimen tehtävä on poistaa kaasusta mahdolliset epäpuhtaudet, jotta injektorien ja suuttimien toiminta ei heikentyisi.

4.5 Imusarjan painetunnistin, matalapainetunnistin ja lämpötila-anturi

Kaasujärjestelmän ohjainlaitteen on saatava tietoa kaasun paineesta ja lämpötilasta sekä moottorin imusarjan paineesta. Kaiken tämän tiedon kaasujärjestelmän ohjainlaite saa yhdestä anturipaketista. Ohjainlaite tiedostaa anturin avulla moottorin kuormitustason ja tunnistaa virtaavan kaasun paineen. Näiden tietojen ja lämpötilan avulla järjestelmä osaa säätää kaasun suihkutusta eri tilanteissa.

4.6 Kaasuputket ja liittimet

Ajoneuvojen kaasuasennuksissa saa korkeapainepuolella käyttää vain teräksistä, muovitettua, putkea. Putken tulee täyttää ECE 110R:n vaatimukset ja se on oltava merkittynä putkeen (kuva 5).



KUVA 5. Kaasuputki

Kaasuputkien liitokset toteutetaan helmiliitoksin (kuva 6) ja korkeapainepuolella liitosten määrä tulee pitää mahdollisimman pienenä kasvavan vuotoriskin takia. Kaikkien liitosten on oltava jollain tavalla yhteydessä ulkoilmaan, jotta vuotanut kaasu ei kerääny ajoneuvon sisälle. (4.)



KUVA 6. Kaasuputken helmiliitos

4.7 Säiliöventtiili

Säiliöventtiilin kautta kaasua saadaan säiliöön ja säiliöstä moottorille (kuva 6). Venttiili kiinnitetään säiliöön kierrelliitoksella ja tulevat sekä lähtevät kaasulinjat suojataan putkilla, jotka ovat ohjattuna ulkoilmaan. Venttiilissä on käsikäyttöinen sulkuventtiili huoltotöitä varten ja magneettiventtiili, jota ohjaa ECU. Magneettiventtiiliä ohjataan 12 V:n jännitteellä. Turvallisuutta lisää ylipaineventtiili, joka ohjaa paineen suojaputken kautta ulos, kun paine kohoaa arvoon $34 \text{ Mpa} \pm 10\%$, ja lämpösuojavahti, joka päästää kaasun suojaputken kautta ulkoilmaan, kun lämpötila venttiilillä kohoaa $+108 \text{ °C} \pm 6 \text{ °C}$. Lisäksi venttiili sulkeutuu itsestään, jos kaasun virtaus kasvaa äkillisesti (kuva 7). (6.)



KUVA 7. Säiliöventtiili

4.8 Kaasusäiliö

Säiliöön varastoidaan ajoneuvossa käytettävä biokaasu. Jälkiasenteisissa järjestelmissä toimintasäteeseen ja kustannuksiin voi vaikuttaa säiliön koolla ja niitä on saatavilla useita kokoja sekä niiden yhdistäminen on mahdollista. Ajoneuvoissa käytettävät säiliöt ovat sylinterityyppisiä korkean sisäisen paineen vuoksi. Kaikille hyväksytyille säiliöille on määrätty käyttöikä, joka on merkitty näkyvästi säiliön kylkeen. Käyttöikä tultua täyteen on säiliö poistettava käytöstä. Jos säiliössä ei ole merkintää viimeisestä käyttöpäivästä, sitä ei saa ottaa käyttöön (kuva 8).



KUVA 8. Kaasusäiliö, luokka CNG-2

Kaasusäiliöt on jaoteltu neljään luokkaan:

1. CNG-1: metalli
2. CNG-2: metallivuoraus, joka on vahvennettu hartsikyllästetyillä jatkuvilla filamenttikuiduilla, lieriöosa päällystetty
3. CNG-3: metallivuoraus, joka on vahvennettu hartsikyllästetyillä jatkuvilla filamenttikuiduilla, kokonaan päällystetty
4. CNG-4: hartsikyllästetyistä jatkuvista filamenttikuiduista tehty päällyste, jossa vuoraus on muuta ainetta kuin metallia eli kokonaan komposiittimateriaalia. (13.)

4.9 Tankkausventtiili

Kaasuautojen tankkaus suoritetaan tankkausventtiilin kautta. Tankkausletku kiinnitetään pikalukituksella liittimeen ja tankkaus voidaan suorittaa, kun jakeluaseman järjestelmä tunnistaa täyttöletkun olevan kiinni. Kaasuntäyttöventtiiliä ei ole standardisoitu, mutta Suomessa on yleisesti käytössä NGV1 P30 -standardin mukaiset täyttöventtiilit. Tankkausventtiili voidaan ajoneuvossa asentaa konehuoneeseen, tankkausluukun alle tai ulkopuolelle ajoneuvon takaosaan (kuva 9).



KUVA 9. Tankkausventtiili

4.10 Polttoaineen valintakytkin ja painemittari

Kaasujärjestelmässä korkeapainepuolelle on liitettyä myös painemittari (kuva 10). Mittari on rakenteeltaan mekaaninen mutta siihen on liitetty optinen anturi, jotta painetieto saadaan välitettyä ohjainlaitteelle. Painetiedon avulla polttoaineen valintakytkimessä näkyy säiliön täyttöaste ja ohjainlaite osaa kaasun loputtua vaihtaa polttoaineen automaattisesti jälleen bensiiniksi.



KUVA 10. Painemittari

Polttoaineen valintakytkimellä voidaan valita kaasukäyttö tai vaihtaa takaisin bensiinille tarvittaessa. Valintakytkin näyttää neliportaisella asteikolla kaasun määrän ja kytkimessä palaa valo käytössä olevan polttoaineen kohdalla. Kytkin on varustettu myös äänisummerilla.

5 BIOKAASUMUUTOKSEN TOTEUTUS

Muutos suunniteltiin toteutettavaksi Hyundai SantaFe -malliseen henkilöautoon. Ajoneuvo on bensiinikäyttöinen citymaasturi, jonka omistaja halusi muutettavan kaasukäyttöiseksi. Ajoneuvo on valmistettu vuonna 2002, ja siinä on kohtuullisen hyvin tilaa asentaa muutossarjan komponentit. Muutostyön jälkeen on huomioitava, että ajoneuvon päästöt eivät saa ylittää valmistusvuodelle määritettyjä raja-arvoja, jotta ajoneuvo voidaan muutoskatsastaa. Kyseisen ajoneuvon tulee määräaikaikatsastuksessa läpäistä OBD-järjestelmän kaikki osatetit ja läpäistä pakokaasumittaus. Pakokaasumittaus suoritetaan vähintään 2 000 rpm pyörintänopeudella käyttäen kaasua. Lambda-arvon on oltava mittauksessa 0,97 - 1,03 välillä, hiilimonoksidin CO [%] raja-arvo on 0,2 ja hiilivedyn HC [ppm] saa olla enintään 100.

5.1.1 Asennuksen suunnittelu

Asennustyön suunnittelu aloitettiin kutsumalla kaikki projektin osalliset koolle, jolloin tutkimme laitteistoa ja ajoneuvoa. Ajoneuvo ajettiin Haukiputaalle, Oulun seudun ammattiotistolle, missä apuna käytettiin ajoneuvonostinta auton alapuoliseen tarkasteluun.

Kaasupullon paikaksi valikoitui suuren koon vuoksi tavaratila, josta saadaan helposti tehtyä tarvittavat läpiviennit tankkauslinjalle ja kaasulinjalle konehuoneeseen. Kaasulinjat suunniteltiin asennettavaksi ajoneuvon oman polttoainelinjan viereen, auton alustaan. Moottoritilassa paineensäätimen paikka löytyi oikeanpuoleisen iskunvaimennintornin vierestä ja painetunnistin sekä kaasusuodatin suunniteltiin asennettavaksi rintapeltiin. Paineensäätimelle tuleva nestekierto suunniteltiin otettavan ajoneuvon lämmityslaitteen kenolle menevistä vesiputkista. Imusarjan ympäristössä oli hyvin tilaa asentaa kaasuinjektorit ja jakotukki, jotta injektorit saataisiin kytkettyä bensiinisuuttimien kanssa rinnan. Kaasujärjestelmää ohjaava ohjainlaite suunniteltiin sijoitettavaksi moottoritilaan mahdollisimman suojaamaan paikkaan, polttoaineen valintakytkin ajoneuvon kojelautaan ja tankkausliitin alkuperäisen tankkausluukun vierelle.

5.1.2 Kaasusäiliön asennus

Kaasusäiliön asennus lähti liikkeelle tavaratilan verhoilujen purkamisella. Tavaratilassa oli välipohja ja toivottiin, että säiliö voitaisiin asentaa mahdollisimman alas. Verhoilujen alta paljastui poikittainen tukipalkki, joka hankaloitti säiliön sijoittamista (kuva 11).



KUVA 11. Tavaratilan pohja

Ajoneuvon rakenteita ei voi lähteä muuttamaan, joten säiliölle suunniteltiin asennuskehto, joka kiinnitetään tavaratilan pohjaan (kuva 12). Kaasusäiliölle tulee ohjeen mukaan jättää 10 cm tyhjää tilaa sivuille. (13.)



KUVA 12. Kaasusäiliön asennuskehto

Säiliön asennuskourut tehtiin 3 mm paksusta rautalevystä, joka taivutettiin säiliön muotoiseksi ja halkaistiin. Kourujen alle tehtiin neliömäisestä rautaputkesta poikittaistuet, jotka kiinnitettiin hitsaamalla tavaratilan pohjaan. Kourut hitsattiin tukirautoihin ja saatiin säiliölle asennuskehto. Tavaratilan muodon vuoksi säiliön takareunaan tehtiin tueksi pystykannakkeet (kuva 13).



KUVA 13. Asennuskehdon tukijalat

Kaasusäiliö tulee kiinnittää ajoneuvoon vaatimusten mukaisesti sopivilla kiinnitystarvikkeilla ja se on kiinnitettävä metallisilla pannoilla ajoneuvon rakenteisiin (13). Säiliön etuosan kiinnityspiste tehtiin hitsaamalla tavaratilan poikittaistukipalkkiin vahvikelevy, johon on tehty kierre pinnan kiinnityspultille. Kiinnityspannat kiristettiin kiristyslenkeillä, jotka kiinnitettiin tavaratilan pohjapeltiin. Pannat asetettiin kiinnikkeiden lävitse ja taivutettiin 180 astetta säiliön suuntaisesti ja kiristettiin kiinnikkeen mutteria kiristämällä (kuva 14).



KUVA 14. Säiliön kiinnityspannan kiristin

5.1.3 Säiliöventtiilin asennus

Säiliöventtiilin kautta saadaan kaasua säiliöön ja sieltä pois. Venttiili kiinnitettiin kaasusäiliöön kierrelliitoksella ja on tärkeää muistaa, että kierreosassa käytetään tiivistenauhaa, jotta vuotoriski saadaan minimoitua. Venttiilin kiinnityksessä käytettiin erikoistyökalua ja kiristäminen tehtiin momenttiavaimella. Valmistaja on antanut venttiilin kiristystiukkuudeksi 200 Nm ja sitä tulee noudattaa (kuva 15).



KUVA 15. Säiliöventtiili asennettuna.

5.1.4 Tankkausventtiilin ja läpivientien asennus

Ajoneuvon tankkaus suoritetaan erillisen tankkausventtiilin kautta. Tankkausventtiili asennettiin ajoneuvon oman tankkausaukon vierelle, jotta se olisi helposti käsillä. Tankkausventtiilille tehtiin reikä takalokasuojaan ja asennuskehyksessä oleva tankkausliitin asennettiin paikoilleen. Tankkausventtiili on suojassa kierrettävän korkin alla (kuva 16).



KUVA 16. Tankkausliitin asennettuna

Tankkausventtiin kehykseen liitettiin myös kaasulinjalle suoja-putki, joka ohjaa mahdollisesti vuotaneen kaasun pois ajoneuvon sisältä. Kaasulinja tankkausliittimeltä säiliölle kulkee suoja-putken sisällä ja liitokset on tehty helmiliittimillä (kuva 17).



KUVA 17. Tankkausliittimen ja pulloventtiin välinen korkeapainelinja

5.1.5 Kaasuputkien asennus tavaratilasta konehuoneeseen

Kaasuputkien asennuksen suunnittelussa otettiin huomioon ajoneuvon alustarakenne, sillä kyseessä on nelivetoinen ajoneuvo. Taka-akselin kohdalta auton alustaan vedetty kaasulinja täytyi kiinnittää siten, ettei se kosketa akselistorakennetta. Kaasulinja asennettiin ajoneuvon alustaan vasemmalle puolelle, ajoneuvon omien polttoaine- ja jarrulinjojen vierelle. Kiinnitys tehtiin metallisilla kiinnikkeillä tukevasti ajoneuvon alustaan (kuva 18).



KUVA 18. Kaasun korkeapainelinja auton alustassa

Tavaratilan lattiaan asennettiin läpivientiholkki, johon kiinnittyy säiliöventtiilin toinen suo-
japutki. Läpiviennin kautta poistuu mahdollinen vuotanut kaasu (kuva 19). Kaasulinja
nousi moottoritilaan ajoneuvon rintapellin vierustaa ja linja kytkettiin moottoritilassa oike-
alla puolella olevaan paineensäätimeen. Korkeapainelinjan liitokset on tehty helmiliitok-
sin.



*KUVA 19. Auton alle menevän korkeapaineputken suo-
japutki*

5.1.6 Paineensäätimen asennus

Paineensäädin muuttaa korkeapaineisen kaasun matalapaineiseksi, jotta sitä voidaan syöttää moottoriin (kuva 20). Säädin sijoitettiin moottoritilaan, sillä siellä sille oli hyvin tilaa ja saatiin säätimelle lämmitysvedenkierto helpommin. Lämmitystä tarvitaan, sillä nopea paineenmuutos voi aiheuttaa säätimen jäätyksen. Sopiva sijoituspaikka säätimelle oli oikean iskunvaimennintornin vierellä, sillä jäähdynneste kierto oli helppo liittää ajoneuvon oman lämmityslaitteen linjoihin ja matalapainelinja oli helppo kuljettaa imusarjan päällä olevalle kaasunjakotukille.



KUVA 20. Paineensäädin

Säädin kiinnitettiin tukevaan tukilevyyn, joka kiinnitettiin pulteilla iskunvaimennintorniin. Lämmityslaitteen letkut kulkivat imusarjan takaa ajoneuvon sisälle, joten nesteen kierto-suunta tarkastettiin ja haaroitusliittimet asennettiin vesiletkuihin (kuva 21).



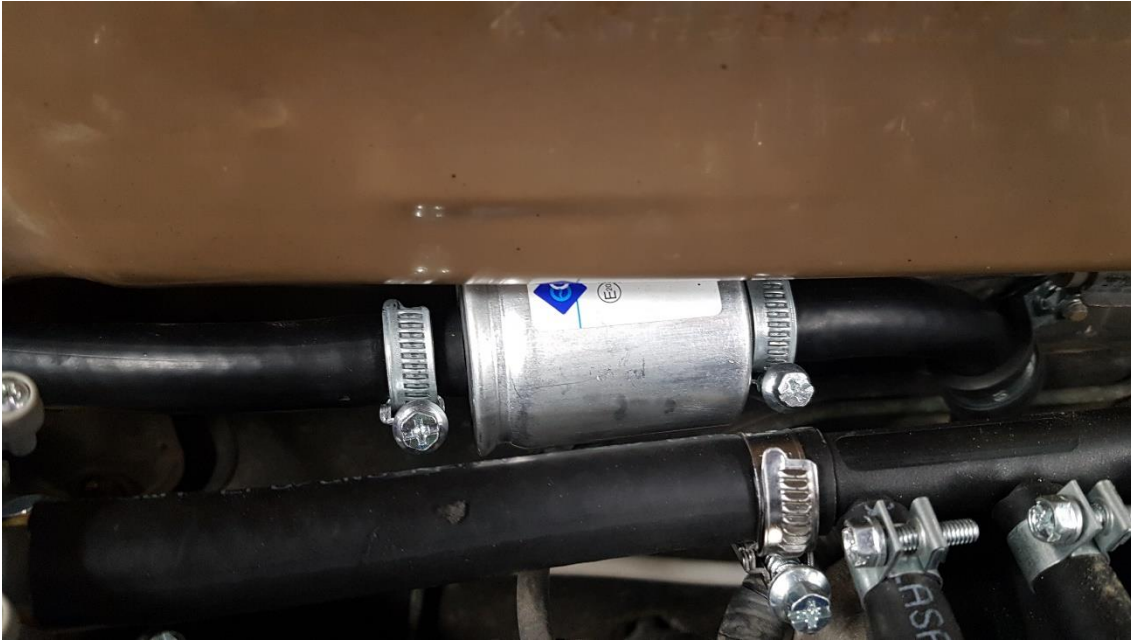
KUVA 21. Jäähdytysnestekierron haaroitusliitännät

5.1.7 Kaasujärjestelmän matalapainepuolen asennus

Kaasujärjestelmän matalapainekomponentit tulisi asentaa mahdollisimman lähelle ajoneuvon imusarjaa ja suuttimia, jotta kaasulinjat eivät olisi kovin pitkiä. Ajoneuvon imusarjan päälle asennettiin ensiksi jakotukki, josta kaasu jaetaan neljälle injektorille. Jakotukille vedettiin kaasulinja paineensäätimeltä ja kaasuletkun väliin asennettiin kaasusuodatin sekä painetunnistin (kuva 22; 23).



KUVA 22. Yhdistetty paine- ja lämpötilatunnistin



KUVA 23. Kaasusuodatin

Kaasuinjektoreille löydettiin paikka imusarjan etuosalta, johon mietittiin erilaisia kiinnitystapoja. Kiinnitykseen valikoitui sattumalta hydraulikkaputkille tarkoitetut muoviset kiinnityskaulukset, joihin ei tarvinnut tehdä muutoksia. Kiinnikkeet asennettiin pultiliitoksella asennustelineeseen ja jakotukilta tuotiin kaasulinjat jokaiselle injektorille (kuva 24).



KUVA 24. Kaasuinjektorit ja jakotukki asennettuna paikalleen

Kaasulinjat tulee ohjata jokaiselle sylinterille erikseen, joten suutinnippojen kiinnitystä varten jouduttiin poraamaan alumiiniseen imusarjaan reiät ja kierteyttämään ne. Suutinnipoille asennettiin kaasulinjat injektoreilta ja kaikki matalapainepuolen letkuliitokset kiinnitettiin normaaleilla letkuklemmareilla.

5.1.8 Kaasujärjestelmän ohjainlaitteen asennus

Kaasujärjestelmän ohjainlaitteen asennuspaikaksi valikoitui ajoneuvon konehuone. Ohjainlaite sijoitettiin sopivaksi katsomaamme paikkaan konehuoneen oikeaan reunaan. Sijoituspaikkaa ohjasi tarvittavien johtosarjaliitosten tekeminen, jotta valmiin johtosarjan johtimia ei tarvitsisi jatkaa. Ohjainlaite kiinnitettiin ruuviliitoksilla asennusrautaan ja tarvittavat johtosarjan liitokset tehtiin (kuva 25).



KUVA 25. Kaasujärjestelmän ohjainlaite ja johtosarja asennettuna

Kaasuohjainlaitteen mukana tuli kohtalaisen selkeä yleisasennusohje (kuva 1), jonka mukaan tehtiin tarvittavat liitännät. Johtosarjasta vietiin kaksi johtoliitintä auton sisäpuolelle, toinen tavaratilaan pulloventtiilin solenoidille ja toinen kojelautaan kaasukäytön valintakytkimelle. Konehuoneen puolella johtosarja kytkettiin kaasun paine ja lämpötila-anturille,

paineensäätimelle ja ohjainlaitteelle kytkettiin jännitesyöttö akulta. Ohjainlaitteen jännitesyöttö varustettiin sulakkeella. Lisäksi ryöstettiin lambdasignaali ajoneuvon lambdasta, kierroslukutieto sytytyspuolalta ja bensiinisuuttimien signaali kaasuinjektoreille. Lambdan ja kierroslukutiedon saaminen vaatii ajoneuvokohtaista perehtymistä ajoneuvon sähkökytkentäkaavioon, jotta johtimet liitetään oikein. Ohjainlaitteen asennuksen jälkeen suoritettiin ensimmäinen yhteydenotto, jotta nähtiin että ohjainlaite käynnistyy ja ohjelmistolla voi sitä kontrolloida (kuva 26).



KUVA 26. Ensimmäinen yhteydenmuodostus ohjainlaitteeseen

6 KAASUJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Järjestelmän komponenttien ollessa paikoillaan tehtiin ensimmäinen tiiveyskoe. Kaasu-asennuksista vastaava Timo Heusala suoritti järjestelmän ensimmäisen paineistuksen paineilmalla. Säiliöön johdettiin tankkausliittimen kautta paineilmaa ja paine säiliössä saatiin noin 8 bar:iin. Korkeapainelinjan helmiliitoksille tehtiin tiiveystarkastusta vuodonilmaisaineella ja pieniä vuotoja havaittiin. Kaikki helmiliitokset tarkastettiin ja kiristettiin. Paineensäätimen liitoskohta jouduttiin avaamaan ja tekemään liitos uudelleen vuodon vuoksi. Uudella helmellä vuotoa ei enää esiintynyt.

Seuraavana vuorossa oli ajoneuvon tankkaaminen oikealla kaasulla ja se tapahtui Oulussa Gasumin jakeluasemalla. Tankkaus suoritetaan liittämällä tankkausletku auton tankkausliittimeen. Letku painetaan liittimeen ja kierretään vipua lukitsemaan tankkausletku paikoilleen. Tankkaus alkaa, kun painetaan täyttölaitteen nappia ja tankkaus täyteen kestää muutamia minuutteja. Ensimmäinen tankkaus sujui Heusalan suorittamana ongelmitta ja säiliö saatiin täyteen. Tankkauksen alussa kuuluu suurempaa ääntä, kun säiliö alkaa täytyä mutta se ei ole vaarallista. Korkeapaineliitoksille tehtiin tiiveystarkastukset uudelleen tankkauksen jälkeen ja vuotoja ei havaittu.

Kaasujärjestelmän ohjainlaite liitettiin tietokoneeseen ja muodostettiin yhteys mukana tulleen ohjelmiston avulla. Ensimmäinen vaihe oli valita oikeat alkuasetukset valikoista, joissa määritettiin sylinterien lukumäärä, käytettävä polttoaine, suuttimien tyyppi ja lambdan signaalin jännite. Alkuasetusten määrittäminen oli tehty ohjelmistossa helpoksi ja kaikki valikot olivat selkeitä. Käyttökielenä ei löydy suomen kieltä, mutta englannin kieli on oletuksena. Ohjelmistossa alkuasetusten jälkeen tarkastettiin, että kaikki tarvittava tieto käytettäviltä antureilta näkyy oikein. Painetiedot näkyivät korkea- ja matalapainepuolelta, lämpötilatiedot paineensäätimeltä ja matalapainelinjasta. Myös ajoneuvon lambda ja kierroslukusignaali näkyi (kuva 27).



KUVA 27. Ohjainlaitteen säätöohjelma

Käyttöönotto suoritettiin tekemällä ohjelmistolla automaattinen kalibrointi. Auto käynnistettiin ja valittiin kaasukäyttö automaattiseksi. Valikosta valittiin kalibrointi, jolloin ohjelmisto alkoi tekemään säätöä tyhjäkäynnillä, käyttäen kaasua pois ja päällä suutin kerrallaan. Kalibroinnin päätyttyä ohjelmisto laski suuttimille korjausarvon, jotta kaasun suihkutusta mukailisi bensiinin suihkutusta.

Kalibroinnin jälkeen autolla piti ajaa, jotta saatiin suihkutuskartat määritettyä. Ohjelmalla nollattiin kalibroinnin aikana osittain muodostuneet polttoainekartat ja aloitettiin niiden määrittäminen. Kaasujärjestelmä kytkettiin pois ja ajettiin bensiinillä eri kuormitusalueilla ohjelman näyttämän mukaan. Kun bensiinikartta oli 100-prosenttisesti valmis, vaihdettiin kaasukäytölle. Kaasulla ajettiin polttoainekartat samoin kuin bensiinillä. Karttojen ajamisen jälkeen valikosta kytkettiin päälle "calculate multiplier", ja ohjainlaite laski bensiini- ja kaasukartan välisen korjauksen suihkutukselle, jolloin se tallentui ohjainlaitteelle. Kaasu- ja bensiinikartan tulee olla suhteellisen samankaltainen, jotta toiminta olisi normaalia. Kalibrointi oli suoritettu. Auto oli nyt ajokuntoinen ja pikaisella koeajolla toimi hyvin, eikä mitään ongelmia havaittu.

Järjestelmän onnistuneen käyttöönoton päätteeksi, ajoneuvosta mitattiin pakokaasupäästöt, jotta ne pysyvät sallituissa rajoissa muutoskatsastusta ajatellen (kuva 28). Heusala kirjoitti lopuksi asennustodistuksen, joka vaaditaan esitettäväksi katsastusasemalla muutoskatsastuksen yhteydessä.

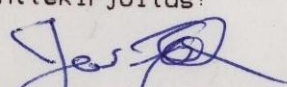
Pakokaasupäästöissä on hieman eroavaisuuksia, kun käytetään kaasua bensiinin sijasta. Kuvassa 28 näkyy vasemmanpuoleisessa mittausdokumentissa kaasulla mitatut päästölukemat.

Päästöihin vaikuttavien vikojen määrä: 0 o.k.	
OBD-merkkivalo	
Silmäm. tark. : o.k#	
Ohjaus : o.k#	
Tila : o.k.	

Korotettu joutokäynti	
Pyörintänopeus 2109 /min	
Lambda 1.008	
CO 0.016 % til	
CO2 11.48 % til	
HC 46 ppm til	
O2 0.19 % til	
COcor 0.021 % til	

TULOKSET	
Korotettu joutokäynti:	
Pyörintänopeus (2000-)	
CO (0.20) o.k.	
HC (100) o.k.	
Lambda (0.97-1.03) o.k.	

Testi hyväksytty	

# manuaali syöttö	
Allekirjoitus:	
	

KUVA 28. Pakokaasupäästöt kaasulla ja bensiinillä

7 KATSASTUS

Kaasumuutossarjan asennustyön ja onnistuneen käyttöönoton jälkeen ajoneuvo tuli muutokatsastaa, jotta se olisi tieliikennekelpoinen. Ajoneuvo vietiin muutokatsastukseen paikalliselle katsastusasemalle ja prosessi lähti käyntiin. Katsastuksen aluksi tarkastettiin, että esillä ovat vaaditut dokumentit, eli asennustodistus ja kaasujärjestelmän komponenttien hyväksyntätodistus. Ajoneuvo ajettiin katsastushalliin, jossa tarkastettiin OBD-järjestelmän toimivuus ja pakokaasupäästöt kierroksilla käyttäen kaasua polttoaineena. Päästöjen on pysyttävä valmistusvuoden määrittämässä tasoissa ja OBD-järjestelmän osatesien on oltava hyväksytyjä. Mittausten jälkeen tehtiin silmämääräinen tarkastus laitteiston asennuksista ja korkeapainelinjan liitokset tarkastettiin erillisellä vuotomittarilla, jotta varmistetaan, ettei esiinny kaasuvuotoja.

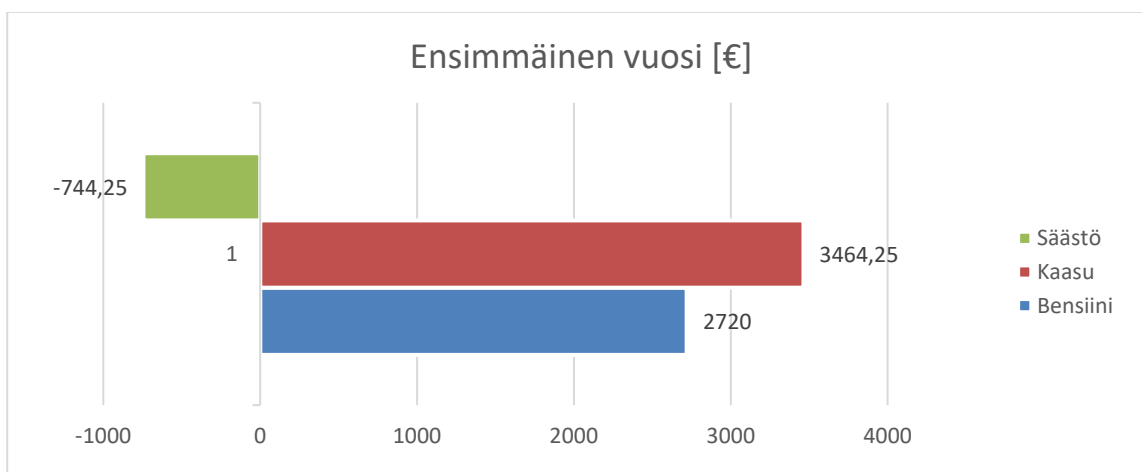
Hyväksytyyn muutokatsastuksen päätteeksi tehtiin tarvittavat paperityöt ja ajoneuvo sai rekisteritodistukseen merkinnän vaihtoehtoisesta polttoaineesta sekä ajoneuvolle määrättiin maksettavaksi vuosittainen käyttövoimavero. Ajoneuvon omistaja voi nyt hakea Traficomilta itselleen 1 000 €:n muutostukea muutostyön kustannusten pienentämiseksi.

Ajoneuvon tulevissa määräaikaiskatsastuksissa pakokaasumittaus voidaan suorittaa joko bensiinillä tai kaasulla. Päästöjä ei mitata molemmilla polttoaineilla erikseen. Katsastuksissa tarkastellaan auton kunnon lisäksi myös kaasulaitteiston kuntoa silmämääräisesti.

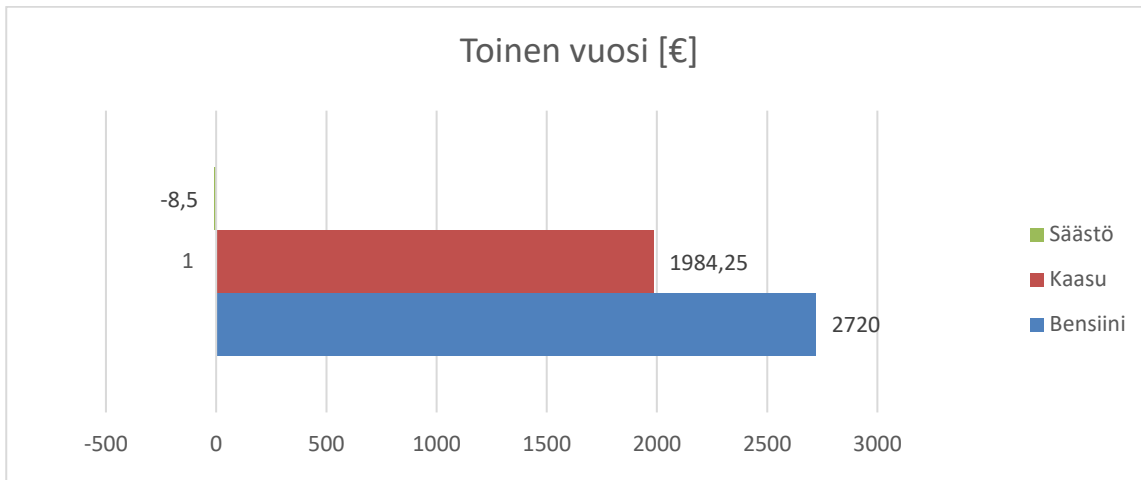
8 LOPPUTULOKSET

Kaasumuutoksen tekeminen henkilöautoon vaatii aluksi suuren investoinnin, joka muodostuu laitteistosta, asennustyöstä ja muutoskatsastuksesta. Kaasumuutosta tarjoavien asennusliikkeiden hinnastot ovat alkaen 2 000 €, ja asennustyön lopullinen hinta muodostuu aina ajoneuvokohtaisesti. Tässä työssä käytetyn laitteiston on hankkinut ajoneuvon omistaja itse jo vuonna 2015, mutta laitteiston hinnat ovat pysyneet lähes samansuuruisina. Muutostyöhön vaaditut osat ovat maksaneet tässä työssä 1 316 €, johon lisätään asennustyön kulut 1 080 € sekä muutoskatsastusmaksu 80 €. Hyväksytyän muutoskatsastuksen jälkeen ajoneuvon omistaja voi hakea Traficomilta 1 000 €:n suuruisia muuntotukea, joka pienentää kustannuksia huomattavasti.

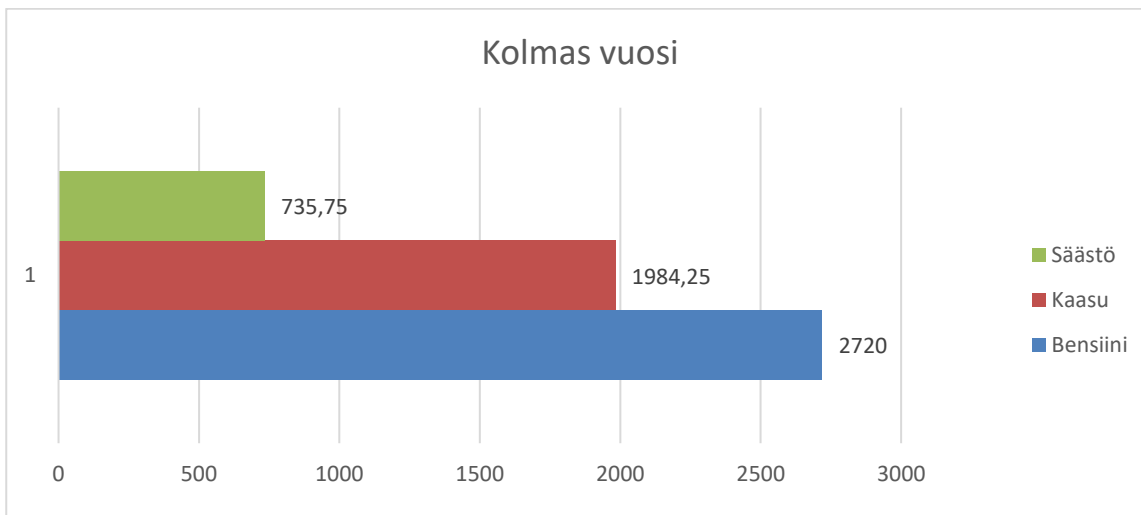
Kuvissa 29 - 31 on tuotu esille vuotuiset kustannukset kolmen vuoden ajalta, kun ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa ja huomioidaan kaasumuutoksen tuomat laitteistokustannukset sekä ajoneuville määrätty vuotuinen käyttövoimavero 265 €. Vertailulaskennassa nähdään, mitkä ovat kustannukset kaasulla ajettaessa, kun keskkulutus on noin 6 kg/100 km, ja mitä se vastaavasti on, kun käytetään 98 oktaanista bensiiniä ja keskkulutus on noin 9,7 litraa/100 km. Tuloksista voi helposti huomata, että kaasumuutos alkaa säästää rahaa nopeasti ja muutostyön kulut on katettu toisen vuoden kohdalla, jos ajomäärä on samaa luokkaa kuin laskennassa.



KUVA 29. Ensimmäisen vuoden kustannukset



KUVA 30. Toisen vuoden kustannukset



KUVA 31. Kolmannen vuoden kustannukset

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli muuttaa bensiinikäyttöinen ajoneuvo käyttämään biokaasua polttoaineena. Muutokseen käytettiin yleismallista, valmista asennussarjaa, jonka asennustyö suoritettiin yhteistyössä oppilaitoksen ja pätevidyn valvojan kanssa. Muutostyön suunnittelu ja toteutus oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen projekti, ja se avasi uusia näkökulmia vähentää hiilidioksidipäästöjä omilla valinnoilla.

Työ oli osana projektia, jossa tutkitaan mahdollisia kehitysmahdollisuuksia biokaasun käyttöön liikenteessä. Suomessa biokaasun käyttö on alkanut yleistyä myös tieliikenteessä, kun jakeluverkosto on laajentunut. Biokaasun valmistus on Suomessa täysin omavaraista, ja se on tulevaisuuden kannalta hyvä asia.

Työn tuloksina saatiin kuluttajille tuotua tietoon muutostyöhön vaaditut komponentit, kustannukset ja lainsäädäntö. Tavoitteena olisi, että autoilevat ihmiset miettisivät omakohtaisesti biokaasulaitteiston mahdollista asentamisesta omaan autoonsa. Muutostyön kohteena olleen ajoneuvon pitkäaikaiset kustannukset kaasukäytöllä jäävät tässä työssä selvittämättä, kuten myös tarkempi perehtyminen kaasujärjestelmän säätämiseen ja sen seurauksena todellisen kulutuksen selvittäminen.

LÄHTEET

1. Biokaasun liikennekäyttö. 2017. Ravinne ja energiatehokas maatila. Saatavissa: <http://ravinnejaenergia.fi/fi/biokaasun-liikennekaytto/>. Hakupäivä 15.12.2019
2. Tukimateriaali. 2018. Traficom. Saatavissa: <https://extidp.trafi.fi/pkmslogin.form>. Vaatii kirjautumisen. Hakupäivä 11.2.2019
3. 6Aika: CircVol Suurivolyymisten sivuvirtojen ja maamassojen hyödyntäminen kaupungeissa. 2019. OAMK. Saatavissa: https://www.oamk.fi/hankkeet/kotimaiset_kaynnissa/?hanke_id=1874. Hakupäivä 16.12.2019
4. Biokaasu. 2014. Bioste Oy. Saatavissa: <http://bioste.fi/bioenergia/biokaasu/>. Hakupäivä 11.2.2019.
5. Biokaasu. 2019. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Biokaasu>. Hakupäivä 16.12.2019
6. Kymäläinen, Maritta – Pakarinen, Outi (toim.) 2015. Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 18.12.2019
7. Biokaasun valmistus. 2019. Biokaasuauto.fi. Saatavissa: <https://www.biokaasuauto.fi/biokaasun-valmistus>. Hakupäivä 16.12.2019
8. Kaasutankkausasemat Suomessa. 2019. Gasum Oy. Saatavissa: <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>. Hakupäivä 11.2.2019.
9. Biokaasutankkausasema. 2019. Envor Group. Saatavissa: <https://envor.fi/biokaasutankkausasema/>. Hakupäivä 16.12.2019
10. Biokaasu. 2019. Gasum. Saatavissa: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>. Hakupäivä 16.12.2019

11. Valtioneuvoston asetus maakaasu-, nestekaasu- ja öljylämmityslaitteistojen asennus- ja huoltotoimintaa sekä maanalaisten öljysäiliöiden tarkastusta harjoittavien hyväksymisestä 18.10.2012/558. 2018. Edilex. Saatavissa: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lain-saadanto/20120558>. Hakupäivä 18.12.2019
12. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 110. 2015. EUR-Lex. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A42015X0630%2801%29>. Hakupäivä 17.2.2019
13. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) sääntö N:o 115. 2014. EUR-Lex. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A42014X1107%2802%29>. Hakupäivä 17.2.2019
14. CNG Store. 2018. CNG House Oy. Saatavilla: <http://www.cnghouse.fi/cng-store/>. Hakupäivä 13.12.2018