

Samu Vuohelainen

Etanoli henkilöauton polttoaineena

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööryö

22.11.2015

Tekijä(t) Otsikko	Samu Vuohelainen Etanoli henkilöauton polttoaineena
Sivumäärä Aika	22 sivua + 1 liite 22.11.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Jälkimarkkinointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Heikki Parviainen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli perehtyä polttoaine-etanolin ominaisuuksiin ja käyttöön henkilöautoissa. Tarkoituksena oli luoda kokonaisvaltainen tietopaketti etanolin historiasta, käytöstä ja ominaisuuksista. Työ on tehty kirjallisuustutkimuksena.</p> <p>Aihe on hyvin ajankohtainen, koska fossiilisten polttoaineiden aiheuttamia päästöjä pyritään jatkuvasti pienentämään erinäisillä säädöksillä. Ilmastonmuutoksesta on tullut viime vuosikymmeninä globaalisti puhuttava ilmiö, jonka pysäyttämiseen pyritään jatkuvasti luomaan uusia energialähteitä. Samalla kun keskitytään uusien energialähteiden käytön lisäämiseen, unohdetaan jo valmiit hyvät ratkaisut. Tutkimusten perusteella etanolia käyttämällä vähennettäisiin merkittävästi fossiilisten polttoaineiden aiheuttamia päästöjä, sekä vähennettäisiin työttömyyttä. Työttömyys vähenisi juuri niissä kunnissa, joissa se on viimeaikoina lisääntynyt. Lisäksi polttoainetta voitaisiin tuottaa jätteestä, jonka myötä jätteen käsittelykustannuksetkin vähenisivät. Etanoli on yksi ainoista tämänhetkisesti helposti hyödynnettävistä uusiutuvan energian lähteistä.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi kattava tietopaketti etanolista polttoaineena. Tietopaketin avulla asiaan perehtymätön saa yhdestä lähteestä selville kaiken polttoaine etanolin liittyvän tarpeellisen tiedon. Tietojen avulla lukija pystyy päättämään, kannattaako hänen valita etanoli henkilöauton polttoaineeksi.</p>	
Avainsanat	Etanoli, Re85, FFV, Flexfuel, Polttoaine

Author(s) Title	Samu Vuohelainen Using ethanol as passenger vehicle fuel
Number of Pages Date	22 pages + 1 appendix 22 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	After Sales Engineering
Instructor(s)	Lecturer Heikki Parviainen
<p>The purpose of this thesis was to dive deeper into ethanol fuel production and features. The aim was to create thesis that provides all the information you need about ethanol as vehicle fuel.</p> <p>While people try to find new solutions to stop green house effect, they forget about already existing solutions that are on offer. New legislation is created all the time to control emissions produced by fossil fuels. At the same time unemployment is rising. Green house effect has been on the news a lot during last few decades. Moving to use of ethanol fuel might solve these both problems. Seems like ignorance is the only reason why ethanol fuel is still so unknown to most people. This thesis was created to offer one place where you can find everything you need to know about ethanol fuel. Ethanol is one of the easiest forms of renewable energy to use with current technology.</p> <p>As a result of this thesis you can find important information about ethanol fuel in one place. This information educates people that are unknown to ethanol fuel. Through this thesis those people can get valuable information regarding their choice of fuel to use.</p>	
Keywords	Ethanol, fuel, Re85, FFV, Flexfuel

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Etanoli polttoaineena	1
2.1	Bioetanolin valmistus	1
2.2	Etanolin hyödyt	2
2.3	Etanolin haitat	4
2.4	Käyttökohteet	5
2.5	Etanolin historia	7
3	Pohdintaa etanolin käytöstä henkilöauton polttoaineena	11
3.1	Miksi etanolin käyttö on edelleen niin vähäistä henkilöautoliikenteessä?	11
3.2	Voidaanko etanolia hyödyntää paremmin polttoaineena?	12
4	Polttoaine-etanolin tulevaisuuden näkymät	13
5	Moottori-lehden käyttövoimavertailu	13
6	Yleiset etanolipolttoaineen trendit	17
7	Bensiinikäyttöisen auton muuttaminen etanolikäyttöiseksi	17
7.1	Etanolikäyttöön vaadittavat muutokset	17
7.2	Flexfuel-anturi	18
8	Yhteenveto	19

Liitteet

Liite 1. Käyttövoimavertailun tulokset

Lyhenteet

AFR	Air Fuel Ratio. Ilman ja polttoaineen välinen seossuhde.
FFV	Flexible Fuel Vehicle. Ajoneuvo, jossa voidaan käyttää polttoaineena bensiiniä ja etanolia vapaassa suhteessa toisiinsa.
RON	Research Octane Number. Mittaus menetelmä, jossa Polttoaineen nautuskestävyys testataan standardiolosuhteissa.
MTBE	Metyylitertiääributyylieetteri. Polttoaineen lisäaine.
RFS	Renewable Fuels Standars. Direktiivi, jonka tarkoituksena on lisätä uusiutuvien polttoaineiden käyttöä.

1 Johdanto

Maailmassa pyritään jatkuvasti kehittämään uusia ekologisempia ratkaisuja, ja unohdetaan usein jo olemassa olevat vaihtoehdot. Ostin vuonna 2014 turboahdetun auton, jonka polttoaineeksi kävi vain 98 oktaaninen bensiini. Näihin aikoihin bensiinin ja etanolin hinnoissa oli suuri ero, joten aloin tutkia tarkemmin tätä yleisesti vielä melko tuntematonta polttoainetta.

Insinööri työ on toteutettu kevään ja kesän 2015 aikana. Työn tavoitteena on kerätä monipuolinen tietopaketti etanolista ja sen ominaisuuksista. Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena.

2 Etanoli polttoaineena

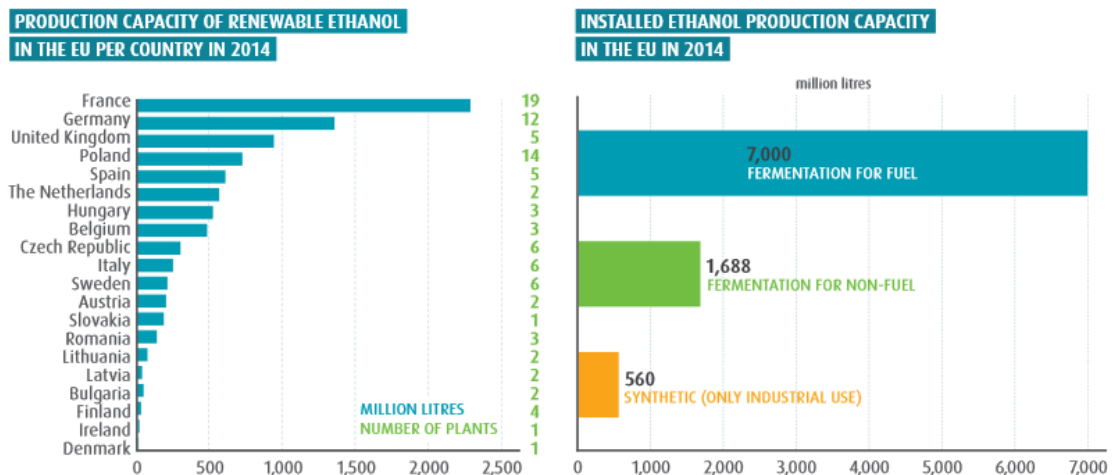
2.1 Bioetanolin valmistus

Bioetanolia valmistetaan pääasiassa fermentoimalla sokereita hiivan avulla, jolloin syntyy alkoholia. Enimmäkseen valmistuksessa käytetään sakkaroosipitoisia viljelykasveja, kuten sokerijuurikasta ja sokeriruokoa. Loput etanolista valmistetaan tärkkelyspitoisista aineksista, kuten maissista ja vehnästä. Maailman polttoaine-etanolista 70 % tuotetaan Brasiliassa ja Yhdysvalloissa. [1]

Bioetanolia voidaan siis valmistaa muun muassa viljelysätteestä. Näin ollen jätekin voidaan hyödyntää. Bioetanolin hyödyt eivät siis rajoitu pelkästään hiilidioksidipäästöjen ja fossiilisten energialähteiden käytön vähentämiseen, vaan sillä on useita johdannollisia vaikutuksia. Biopolttoaineiden avulla saataisiin pienennettyä maailman suurta jätemäärää, ja samalla luonnonvarat säästyisivät. Maailmassa pyritään kierrättämään lähes kaikkea, koska tällöin säästetään usein merkittävästi valmistuskustannuksissa. Samalla luontoon kertyy vähemmän jätettä, ja se kuormittuu vähemmän, kun ei jouduta jatkuvasti hankkimaan lisää raaka-aineita luonnosta.

Suomessa bioetanolia valmistaa ja jakelee henkilöautokäyttöön pääasiassa St1- ja ABC-huoltoasemaketjut. Suomalainen bioetanoli valmistetaan suurimmaksi osaksi suomalaisen elintarviketeollisuuden biojätteestä. Tuotanto pyritään suorittamaan jätteen syntysijoilla, jolloin logistiikan osuus prosessista pienenee. Re85-polttoaineessa on maksimissaan 85 % etanolia, ja loput polttoaineesta on bensiiniä. [2]

Vuonna 2014 bioetanolia tuotettiin Yhdysvalloissa 50 miljardia litraa, ja Brasiliassa 23 miljardia litraa. Euroopassa tuotettiin samana vuonna vain 6,7 miljardia litraa bioetanolia. Kuvan 1 mukaan bioetanolin tuotantokapasiteetti on merkittävästi tuotettua määrää suurempi Euroopassa. Euroopalla on siis reilusti varaa kasvaa bioetanolin tuottajana verrattuna maailman kahteen suurimpaan bioetanolin tuottajaan, Yhdysvaltoihin ja Brasiliaan. [3]



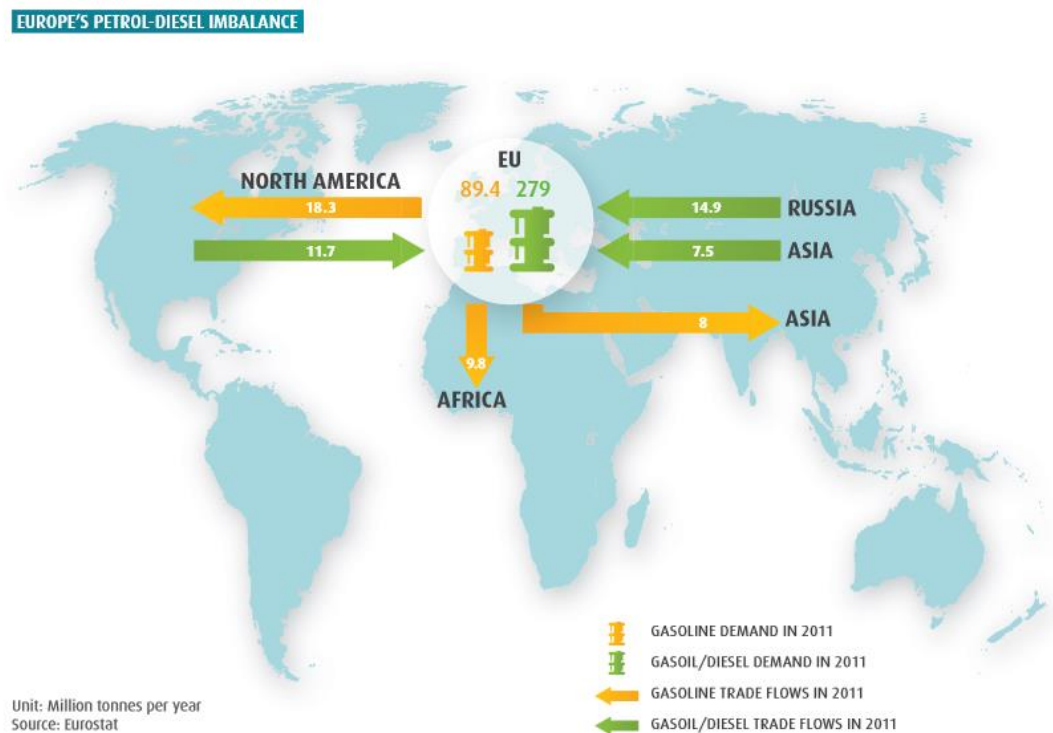
Kuva 1. Bioetanolin tuotanto, ja tuotantokapasiteetti vuonna 2014 Euroopan unionissa [3].

2.2 Etanolin hyödyt

Merkittävin bioetanolin hyöty verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin syntyy sen valmistusmateriaalista. Bioetanoliin käytettävät materiaalit ovat uusiutuvaa energiaa, ja niitä myös valmistetaan usein niin sanotusta jätteestä. Jätteestä tuottaessa bioetanolin elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt jäävät erityisen pieniksi. Näin ollen bioetanolin kasvihuonepäästöt ovat jopa 80 prosenttia alhaisemmat kuin tavallisen bensiinin. Jätteistä valmistettu bioetanoli on myös lähes hiilineutraalia, sillä vapautuvat hiilidioksidipäästöt ovat osa luonnon omaa normaalia hiilikiertoa. [4]

Bioetanolin hyödyt eivät kuitenkaan suinkaan rajoitu pelkästään kasvihuonepäästöjen pienenemiseen. Yleisesti polttainekäyttöön tarkoitettu bioetanol on korkeaseosetanolia, jonka puristuskestävyys on selvästi suurempi kuin perinteisessä RON 98-oktaanisessa bensiinissä. Normaalisti korkeaseosetanolin oktaaniluku on RON mitassa 104–106 oktaania, joka mahdollistaa moottorin suuremman sytytysennakon ja puristussuhteen. Etanol sisältää myös bensiiniä enemmän hapen molekyyliä, jolloin sitä pystytään polttamaan rikkaammalla seoksella. Bioetanolin hyödyksi voidaan myös laskea sen selvästi bensiiniä edullisempi hinta, joka johtuu kuitenkin suurimmaksi osaksi sen saamista polttoaineverohelpotuksista. Bioetanolin hinta on myös vakaampi maailmanmarkkinoilla, koska sen saatavuuteen eivät vaikuta merkittävästi kansainväliset kriisit. [4]

Siirtymällä fossiilisista polttoaineista biopolttoaineisiin pystyttäisiin kuvan 2 mukaan vähentämään selvästi fossiilisten polttoaineiden tuontia muualta maailmasta, jolloin Eurooppaan syntyisi paljon uusia työpaikkoja ja omavaraisuusaste paranisi.



Kuva 2. Fossiilisten polttoaineiden Euroopan vienti ja tuonti vuonna 2011 [3].

On tutkittu, että jokaista 100 miljoonaa litraa paikallisesti tuotettua bioetanolia kohden syntyy alueelle arviolta 1500 pitkäaikaista työpaikkaa. Siirtymällä bioetanolin käyttöön pystyttäisiin siis parantamaan työllistymistä Suomessa, ja erityisesti alueilla, joissa työttömyys on korkealla muun teollisuuden siirryttyä halvemmän työvoiman alueille. Monilla paikkakunnilla tyhjänä ammottavat teollisuuslaitokset pystyttäisiin samalla valjastamaan bioetanolin tuotantoon, mikä vähentäisi merkittävästi tuotannon aloituksen kustannuksia. [3]

2.3 Etanolin haitat

Suurimmaksi etanolin haitaksi voidaan lukea sen bensiiniä pienempi energiasisältö. Bensiinin lämpöarvo on 43 Mj/kg kun etanolin on ainoastaan 26,4 kj/kg. Taulukosta 1 ilmi käyvästä Etanolin alhaisemmasta energiasisällöstä johtuen sen kulutus bensiiniin verrattuna on noin 30 prosenttia suurempi. Suuremmasta kulutuksesta johtuen suurimassa osassa autoista joudutaan tekemään moottorinohjauksen säätöjen lisäksi fyysisiä muutoksia polttoainejärjestelmään etanolin käytön mahdollistamiseksi polttoaineena. [5]

Taulukko 1. Liikenteen polttoaineiden energiasisältö kilojoulea litraa kohden [7].

Fuel	Energy Content (kJ per litre)
Petrol	32 389
Diesel	35 952
Ethanol	21 283
E85	22 950

Etanolin korkeasta leimahduspisteestä johtuen sen kylmäkäynnistysominaisuudet ovat huonot. Etanoliin lisätäänkin tämän takia vähintään 15 prosenttia bensiiniä. Talvisin bensiinin määrä etanolissa voidaan nostaa jopa 30 prosenttiin. Bensiinillä myös denaturoidaan etanoli sekä lisätään sen liekin näkyvyyttä turvallisuussyistä. Moottorin esilämmityksellä pystytään välttämään täysin mahdolliset kylmäkäynnistysongelmat.

Etanoli on korrodoiva aine. Etanolin pHe eli happamuuslukema on alle 6,5, joka tarkoittaa Reynoldsin asteikolla kasvanutta polttoainepumpun ja -suuttimien vaurioriskiä. Mikäli etanolin joukossa on suuri määrä metanolia, se aiheuttaa riskin muoviosille. Tällöin pitää pHe-luvun olla kuitenkin yli 9. Etanoli on polaarinen yhdiste, joten se sekoittuu helposti veden kanssa. Suurin ongelma syntyy, kun etanoli ja sen seassa oleva vesi pääsevät

erkanemaan omiksi faaseikseen. [6] Taulukosta 2 käy ilmi bensiinin ja etanolin merkittävimmät erot.

Taulukko 2. Etanolin ja bensiinin tyypillisiä ominaisuuksia [6].

	Etanoli	Bensiini
Tiheys (g/l)	794	n. 740
C/H/o, p-%	52/13/35	85-88/12-15
Kiehumispiste (o)	78	30-190
Höyrystymislämpö (Mj/kg)	0.913	0.304
Tehollinen lämpöarvo (Mj/kg)	26,7	n. 43
Höyrynpaine / 38 °C (kPa)	16.0	45-90
Alempi syttymisraja (t-%)	3.300	1.300
Ylempi syttymisraja (t-%)	19.0	7.100
Stokiometrinen ilma/polttoaineseos	9	14,7
Leimahduspiste (°C)	13	n. -41

Euroopassa biopolttoaineiden käyttöä säädellään uusiutuvan energian direktiivin avulla. Biopolttoaineiden käyttöä on lisätty Euroopan alueella merkittävästi viime vuosien aikana lähtien vuodesta 2007. Euroopan unionin tavoite on lisätä EU-alueella uusiutuvan energian käyttöä vuoteen 2020 mennessä 20 prosenttiin kaikesta kulutuksesta. Suomelle asetettu tavoite on 38 prosenttia. Samassa direktiivissä on asetettu tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä biopolttoaineiden liikennekäytön lisääminen 10 prosenttiin kaikesta kulutuksesta. Suomi on kuitenkin asettanut itselleen tavoitteen lisätä biopolttoaineiden käyttöä liikenteessä 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä.

2.4 Käyttökohteet

Bioetanolia käytetään pääasiassa eri polttoaineiden seosaineena. Esimerkiksi tällä hetkellä käytetyssä 95E10-polttoaineessa on bensiinin seassa 10 prosenttia etanolia kasvi-huonepäästöjen vähentämiseksi.

Bioetanolin valmistuksessa syntyy sivutuotteena myös useita eri kemikaaleja, joita käytetään laajasti kuvan 3 mukaan muun muassa lääketieteellisyydessä, kosmetiikassa ja elintarviketeollisuudessa. [7]



tetään laajasti kuvan 3 mukaan muun muassa lääketieteellisyydessä, kosmetiikassa ja elintarviketeollisuudessa. [7]

Kuva 3. Etanolin käyttökohteet teollisuudessa [3].

2.5 Etanolin historia

Etanolia on käytetty polttomoottoreiden polttoaineena jo 1800-luvulta lähtien. Ensimmäisen etanolilla toimivan moottorin kehitti Samuel Morey vuonna 1826. Kyseinen moottori oli 2-sylinterinen kaasutinmoottori. Moottori käytti polttoaineena etanolia ja tärpähtiä. Moottori hyödynsi nykypäivän kaltaista nokka-akselia ja venttiiliä. Se ei kuitenkaan tuottanut energiaansa suoraan palamisreaktion kautta. Moottorissa lämmöstä laajeneva ilma ohjattiin yksisuuntaisen venttiilin läpi, jonka jälkeen ilma viilennettiin veden avulla. Reaktiosta syntyvä vesihöyry loi sylinteriin tyhjiön, jolloin ilmakehän paine liikutti mäntää. Kyseinen moottori oli Amerikassa ensimmäinen autoa liikuttanut moottori. Moreyn auton julkistamistilaisuus kuitenkin päättyi harmillisesti Moreyn pudotessa autosta käynnistämisen jälkeen, jolloin auto ajautui ojaan. [8]

Vuonna 1860 Nikolaus August Otto, nelitahtipolttomoottorin kehittäjä, käytti yhdessä ensimmäisistä ottomoottoreistaan alkoholia polttoaineena. Nikolaus päätyi käyttämään alkoholia polttoaineena, koska sitä käytettiin lampuissa. Näin ollen kyseisellä alkoholilla oli hyvä saatavuus eikä sitä verotettu mitenkään. Tämä oli ensimmäinen nykypäivän polttomoottoria muistuttava moottori, jossa käytettiin polttoaineena alkoholia. [9]

Vuonna 1862 Yhdysvalloissa asetettiin teolliselle alkoholille korkea vero. Tällä kerättiin rahaa sisällissotien rahoittamiseen. Vero oli 2 dollaria alkoholigallonaa kohden. Sen myötä polttomoottoreissa siirryttiin käyttämään bensiiniä, koska bensiinistä kehitetyn kerosiinin vero oli vain 10 senttiä gallonalta. Teollisen alkoholin vero säilyi ennallaan vuoteen 1902 asti. [10]

Vuonna 1896 Henry Ford rakensi ensimmäisen autonsa, jonka polttomoottori suunniteltiin käymään puhtaalla etanolilla. Myöhemmin 1908 kehitetty Ford Model-T suunniteltiin myöskin etanolipolttoainetta silmällä pitäen. Model-T oli ensimmäinen merkittävä sarjatuotantoinen FFV. [10] Euroopassa pelättiin vuosien 1890–1914 välillä fossiilisten polttoaineiden loppumista. Pelkoa lisäsi aikaa vaivanneet maailmanlaajuiset sodat, sekä Euroopan omien öljyporausten puuttuminen. Pelosta johtuen Euroopassa alettiin suosimaan vaihtoehtoisia energianlähteitä. [10] Kuvassa 4 on kyseiseltä aikakaudelta peräisin oleva polttoaine-alkoholin mainos, jolla pyrittiin ohjaamaan ihmisiä käyttämään alkoholia polttoaineena.

Motorfahrzeug- u. Motorenfabrik Berlin
Aktien-Gesellschaft
Marienfelde bei Berlin.
18 Minuten vom Potsdamer Vororts-Bahnhof.

Specialität:

**Spiritus - Lokomobilen
und -Motore.**

Beste und billigste Betriebskraft für die Landwirtschaft.

Kataloge gratis und franko.  Kataloge gratis und franko.

Günstige Zahlungsbedingungen. Günstige Zahlungsbedingungen.

Kompl. Dreschsätze zu Kauf und Miete.

Während der Landwirtschaftswoche sind 16 unserer Spiritus-Lokomobilen und Motore dauernd in Betrieb.

Man wende sich an unseren Ausstellungs-Vertreter wegen eingehender Auskunft. (29)

Besuch unserer Fabrik empfohlen.
18 Minuten vom Potsdamer Vororts-Bahnhof.

Kuva 4. Polttoainealkoholin mainos Euroopassa vuonna 1890 [10].

1900-luvun alussa ensimmäiset etanolin palamisen puhtauteen liittyvät testit tulivat ilmi. Testien tulokset etanolin paremmuudesta fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna kasvattivat ihmisten tietoisuutta. Testit toteutettiin pakokaasujen näkyvän savun ja hajujen perusteella. Myös tiedemies Alexander Graham Bell totesi vuonna 1917, ettei polttoaineen loppumisesta ole huolta niin kauan kuin pystytään tuottamaan viljaa alkoholia varten. [11]

Vuonna 1919 Yhdysvalloissa astui voimaan kielto laki, joka kielsi kokonaan alkoholin valmistuksen, myynnin ja kuljetuksen. Näin ollen jo valmistettuja FFV-ajoneuvoja alettiin käyttämään bensiinin ja etanolin sekoituksella, koska yhteen sekoitettuna pystyttiin kiertämään lakia. Kielto laki pysyi voimassa vuoteen 1933 asti. [10]

1920-luvulla ensimmäisen maailmansodan jälkeen siirryttiin käyttämään bensiiniä autojen polttoaineena johtuen sen edullisemmasta markkinahinnasta. Hintaa ajoivat alas

saatavuuden parantuminen ja uudet öljyesiintymät, kuten Teksasin öljykenttä. Bensiinin joukkoon alettiin lisäämään huoltoasemilla etanolia, jolla saatiin polttoaineeseen enemmän oktaaneja. Siirtyminen bensiinin käyttöön ympäri maailmaa johtui puhtaasti edullisemmasta markkinahinnasta. [11]

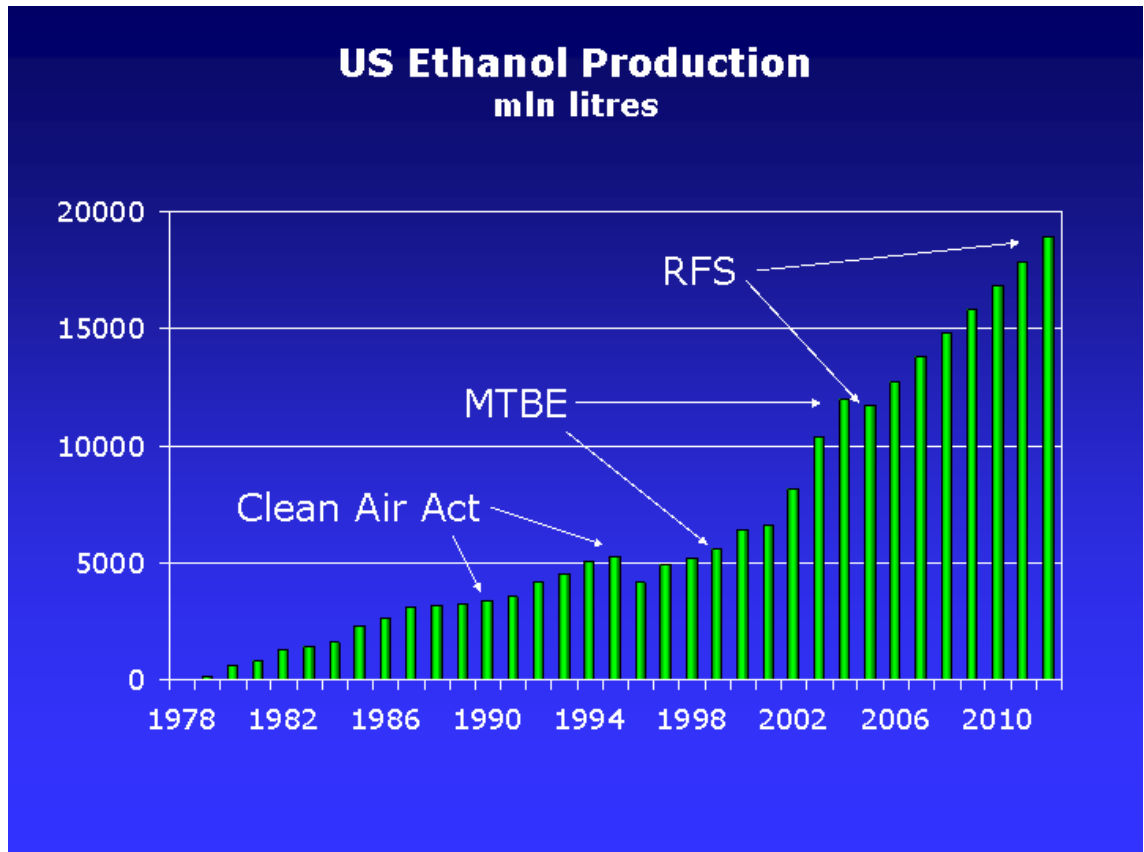
Vuosina 1939 - 1945 toinen maailmansota lisäsi bensiinin ja etanolin kysyntää, mutta etanolia ei kuitenkaan käytetty polttoaineena yleisesti sodan aikana. 1943 Brasiliassa hyväksyttiin lakiehdotus, jonka mukaan ajoneuvon polttoaineesta vähintään 50 prosenttia täytyy olla etanolia. [10]

1970-luvulla kiinnostus etanoliautoja kohtaan kasvoi johtuen fossiilisten polttoaineiden suuresta hinnan kasvusta. Myös eri puolilla maailmaa kasvoi huoli öljyn saatavuudesta öljyn tuotannon keskittyessä muutamiin suurmaihiin. [10]

1979 Kansainvälisen Ajoneuvovalmistajien Yhdistyksen johtaja, Presidentti Mario Garneri, suostutteli neljä maailman suurinta ajoneuvojen valmistajaa tuottamaan miljoona etanolikäyttöistä autoa. Näihin valmistajiin kuuluivat Ford, Volkswagen, General Motors ja Fiat. Määrä vastasi samaa kuin kaikki vuonna 1978 myydyt autot yhteenlaskettuna. [10]

1980-luvulla öljyn tuotannon ylijäämä ajoi fossiilisten polttoaineiden hinnat todella matalalle, kymmeneen dollariin barreililta. Tämän seurauksena useat polttoaine-etanolin valmistukseen keskittyneet yritykset ajautuivat konkurssiin. Saudi-Arabian öljyministeri tuotti näihin aikoihin tarkoituksella öljyä yli kysynnän sabotoidakseen vaihtoehtoisten polttoaineiden kehittymistä. [12]

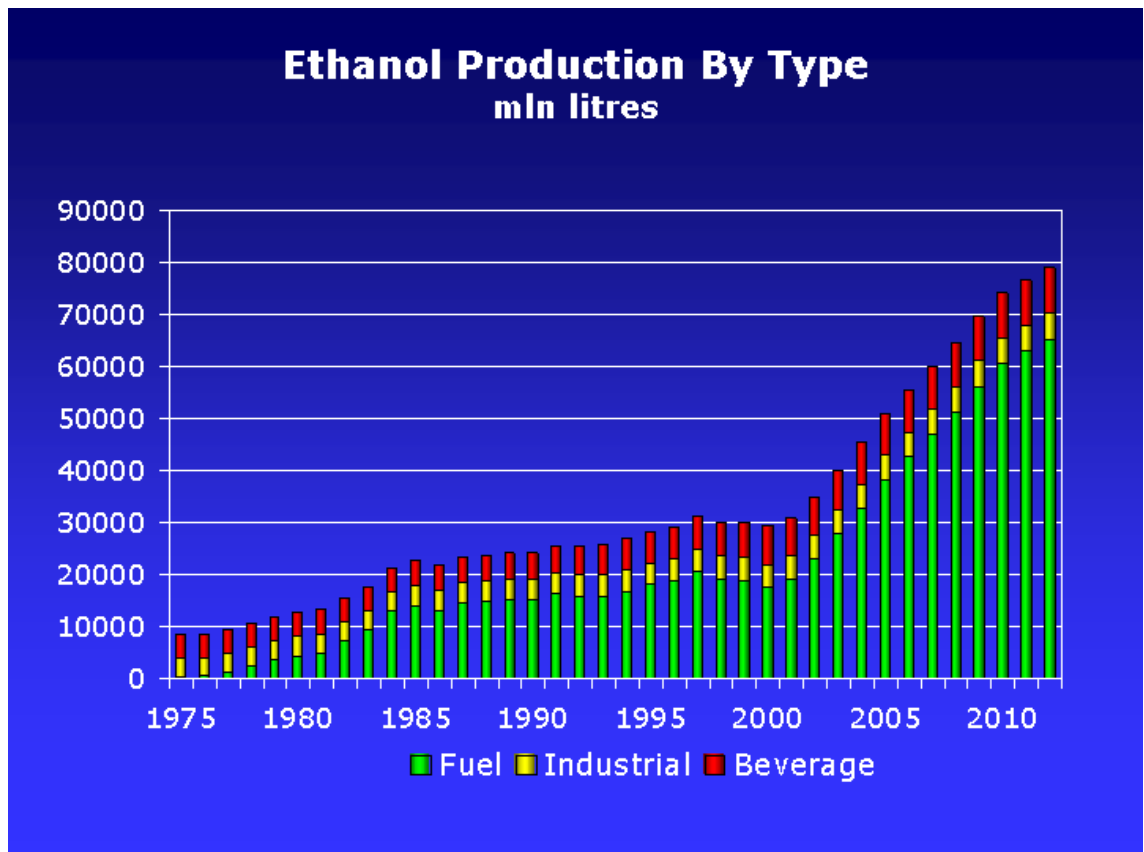
1990 syntyi Yhdysvalloissa Puhtaan Ilman aloite eli Clean Air act. Aloitteen tarkoituksena oli päästä eroon bensiinin myrkyistä, kuten bentseenistä, tolueenista ja ksyleenistä. Näitä myrkkijä käytettiin bensiinin seassa kasvattamaan polttoaineen nakutuskestävyyttä. Aloitteen jälkeen nämä myrkyt korvattiin etanolilla, jonka myötä etanolin tuotanto kasvoi merkittävästi kuvan 5 mukaan. Tuotanto kasvoi 1980-luvun noin 600-miljoonasta gallonasta noin 2,5 miljardiin gallonaan vuodessa. [12]



Kuva 5. Yhdysvaltojen etanolin tuotanto ja merkittävät etanolin tuotantoon vaikuttavat seikat aikavälillä [13].

2000-luvun alussa syttynyt Irakin sota lisäsi merkittävästi huolta fossiilisten polttoaineiden saatavuudesta, erityisesti Yhdysvalloissa. Sodan myötä vaihtoehtoisten energialähteiden myynti kasvoi vuosittain noin 25 prosenttia. [13]

Vuonna 2003 Euroopan komissiossa syntyi biopolttoaineiden käytön lisäämistä koskeva eu-direktiivi. Direktiivin tavoitteena oli lisätä biopolttoaineiden käyttöä kaikissa EU-maissa 5,75 prosenttiin kaikesta liikenteen kulutuksesta. Kuvasta 5 näkee selvästi, miten direktiivi on vaikuttanut etanolin käytön kasvuun polttoaineena. [13]



Kuva 6. Etanolin tuotanto käyttökohteittain Euroopassa [14].

Vuonna 2009 Euroopan komission Uusiutuvan energian direktiivi hyväksyttiin. Direktiivin tavoitteena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä EU-alueella 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteellinen prosentuaalinen määrä on kuitenkin asetettu maittain, ja Suomessa tavoitellaan 38:aa prosenttia vuoteen 2020 mennessä. [15]

3 Pohdintaa etanolin käytöstä henkilöauton polttoaineena

3.1 Miksi etanolin käyttö on edelleen niin vähäistä henkilöautoliikenteessä?

Etanolin käytön yleistymistä hidastaa merkittävästi flexfuel-automallien vähyyys. Suurimassa osassa autoista pystyttäisiin luomaan flexfuel-malli todella pienillä muutoksilla bensiinimallin pohjalta. Usein jo pelkällä auton tietokoneen ohjelmoinnilla ja flexfuel-anturin lisäämisellä pystyttäisiin autoja käyttämään myös etanolilla. Samalla ne toimisivat kuitenkin bensiinillä, joten autojen markkinat eivät muutoksen takia pienenisivät. Tehtaalla

voitaisiin autoihin myös asentaa helposti isompi polttoainetankki kompensoimaan etanolin suurempaa kulutusta, jolloin auton toimintamatkakaan ei kärsisi muutoksesta.

Yleistymistä hidastavat myös suuret öljyntuottajamaat, jotka kärsivät merkittävästi fossiilisten polttoaineiden kysynnän laskiessa. Näissä maissa usein myös tuotetaan paljon autoja, kuten Yhdysvalloissa, mikä osaltaan vaikuttaa flexfuel-mallien markkinoilletuonnin vähyyteen. Kyseisissä maissa raakaöljyn hinta on usein myös niin matala, ettei etanolin käyttö ole taloudellisesti kannattavaa. Monessa maassa ei myöskään ole vielä rakennettu etanolille jakeluverkostoa, joka mahdollistaisi etanolin henkilöautokäytön.

Monissa maissa etanolin käyttöön henkilöauton polttoaineena liittyy monimutkaista lainsäädäntöä. Lainsäädännön jatkuva muuttuminen luo epävarmuutta tuntemattoman polttoaineen käyttäjäksi siirtymiseen. Suomessakaan ei voida olla täysin varmoja, säädetäänkö etanolille käyttövoimavero etanolin käytön yleistyessä. Yhdysvalloissa etanolin käytön yleistymistä on hidastanut kautta aikojen erinäiset etanolin valmistusta, jakelua ja käyttöä rajoittaneet lait.

Tietoisuuden puute etanolia kohtaan hidastaa myös osittain etanolin käytön yleistymistä. Suurelle yleisölle etanolia pidetään bensiinin seosaineena, joka nousi uutisotsikoihin siitä koituneiden ongelmien myötä siirryttäessä 95E5-polttoaineesta 95E10-polttoaineeseen. Lainsäädännön aiheuttaman etanolin pakollisen lisäämisen myötä usein sivuutetaan etanolin todelliset hyödyt puhuttaessa asiasta. Moni ei myöskään tiedosta, kuinka positiivisesti etanolin käytön lisääntyminen voisi vaikuttaa kotimaisen teollisuuden elpymiseen.

3.2 Voidaanko etanolia hyödyntää paremmin polttoaineena?

Etanolia on käytetty aktiivisesti jo yli vuosisadan kilpa-autoissa ja maatyökoneissa. Sen paremmuus polttoaineena on siis ymmärretty jo pidemmän aikaa ammattilaisten keskuudessa. Etanolin käytöllä päästään eroon erillisistä bensiinin lisäaineista, joita käytetään nakutuksenkeston parantamiseksi. Etanolin korkean nakutuksenkeston myötä pystytään moottoreita myös käyttämään suuremmalla viritysasteella.

Etanolin hyödyt lisääntyvät siirryttäessä ahdettuihin moottoreihin, joissa voidaan hyödyntää etanolin parempaa nakutuskestävyyttä lisäämällä ahtopainetta. Näin moottoriin saadaan parempi hyötysuhde ja tehontuotto. Nykypäivänä kaikkien automerkkien siirtyessä

tuottamaan lähes yksinomaan ahdettuja moottoreita pakokaasupäästöjen alentamiseksi on etanoli yksi tämän hetken helpoimmista seuraavista askeleista päästöjen alentamiseksi.

Kehittyneiden tehokkaiden polttoainesuuttimien yleistyessä voitaisiin etanolia hyödyntää tehokkaammin lähes kaikissa automalleissa. Yleistymisen myötä etanolin käyttö ja valmistus kehittyisivät, jolloin syntyisi lisää paikallisia työpaikkoja ja valmistuskustannukset litraa kohden pienentyisivät.

Siirtyminen niin sanotun toisen sukupolven bioetanolin valmistukseen tehostaisi valmistusta, kun voitaisiin käyttää raaka-aineena erinäisiä teollisuuden ylijäämäbiojätteitä. Näin biojätteelle luotaisiin täysin uusi merkitys, jossa kaikki hyötyisivät jätteen määrän vähentyessä.

4 Polttoaine-etanolin tulevaisuuden näkymät

Fossiilisten polttoaineiden hintojen noustessa näyttää etanolin tulevaisuus valoisalta. Samaan aikaan siirrytään yhä kiihtyvällä tahdilla ympäristöystävällisempiin energiaratkaisuihin. Tällä hetkellä ei mikään muu vaihtoehtoinen energianlähde ole yhtä valmiina laajaan yleiseen käyttöön kuin etanoli.

Autotekniikkaa tuntevien autoharrastajien keskuudessa on jo nyt havaittavissa reilua etanolipolttoaineen käytön kasvua flexfuel-muutossarjojen yleistyessä.

5 Moottori-lehden käyttövoimavertailu

Bioetanolin laaja esilläolo mediassa auttaa vahvasti etanolin käytön yleistymistä. Moottori-lehden numerossa 2/2015 vertaillaan ajankohtaisesti kuutta eri Volkswagen Golfia, jotka eroavat toisistaan vain käyttövoimansa suhteen. Vertailtavat mallit ja niiden kiihtyvyydet on lueteltu taulukossa 3. [16]

Lehden testissä on mukana voimanlähteinä bensiini, diesel, bioetanoli, maakaasu/bio-kaasu, sähkö ja ladattava pistokehybridi. Testin eri mallien autojen hintaero on merkittävä, ja sen myötä yksi tärkeimmistä valintaperusteista taloudellisesti ajatellen. Mallien

hintaeron vaikutusta on kuitenkin vaikea arvioida valtion poukkoilevan verotuskohtelun sekä uusien mallien jälleenmyyntiarvon arvoituksellisuuden takia. [16]

Taulukko 3. Vertailun autojen kiihtyvyys. Vertailun polttomoottorit ovat kaikki dieselmallia luokkaan ottamatta perusrakenteeltaan samoja 1.4-litraisia moottoreita. [16]

Sijoitus ja malli	Kiihtyvyys 0-100 km/h
1. GTE	7,6 s
2. 1.4 TSI (RE85)	9,3 s
3. 1.4 TSI (E95E10)	9,3 s
4. e-Golf	10,4 s
5. 1.6 TDI	10,5 s

Testin oleelliset erot syntyvät eri käyttövoimien toimintamatkassa, joka käy ilmi taulukosta 4. Kaasuauton suurin tämänhetkinen ongelma on monipuolisen jakeluverkoston puuttuminen. Kaasuauton kantama riittää Helsingistä jäämerelle, mutta tankkausasemia on kuitenkin todella vähäisesti. Maakaasua tarjotaan vain 25:llä asemalla Suomessa, ja biokaasua vain 20:llä asemalla. Näistä asemista vain harva on tavallisten huoltoasemien yhteydessä, joten täystankkaus vaatii vierailua kahdessa eri paikassa. Tämä asettaa suuria rajoitteita kaasuautoilulle ja vaatii autoilijalta reittien suunnittelua tankkausasemien mukaan pidemmällä matkoilla. [16]

Toinen hankaluudessaan omaa luokkaansa oleva käyttövoima on sähkö, vaikka latauspisteiden määrä onkin kasvanut viime aikoina. Julkisia sähköautojen latauspisteitä on Suomessa 118, ja ne sijoittuvat pääasiassa kaupunkeihin. Testin e-Golfin akusto painaa yli 300 kiloa, mutta sillä ei kuitenkaan pääse kuin hieman yli 100 kilometriä yhdellä latauksella talvikelissä. Latauspaikkojen etsintä ja johtojen kiinnitys luovat omat vaikeutensa sähköautoiluun. Sama pätee pistokehybridiin, mikäli halutaan maksimoida hybridin edut. [16]

Etanoliautoilu ei itsessään eroa perinteisestä bensiini- tai dieselautoilusta. Se on siis helppoa, eikä vaadi käyttäjältään suuremmin ylimääristä työtä. Jätteistä valmistettua bioetanolia saa Suomessa jo 107 asemalta. Etanolin jakelun aloittaminen ei vaadi asemalta suuria investointeja, mikä helpottaa jakeluverkoston kasvua. Pohjoisin etanolin tankkauspaikka löytyy Rovaniemeltä. Multifuel Golfin tankkikellillä etanolia ajaa helposti 600 kilometriä, jolloin periaatteessa etanolin jakeluverkosto kattaa matkustamisen koko Suomessa. [16]

Taulukko 6. Polttoaineiden hinnat lehden testin aikana, vuonna 2014 [16].

Polttoaineiden hinnat	
95 E10	1,35 €/l
Diesel	1,26 €/l
RE85	0,96 €/l
Maakaasu	1,40 €/kg
Biokaasu	1,50 €/kg
Sähkö	0,15 €/kWh

Multifuel on kohtuullinen kuluiltaan, suorituskyvyiltään ja toimintasäteeltään. Taulukon 7 mukaan bioetanolilla ajettaessa se on myös yksi puhtaimmista vaihtoehdoista. Bonuksena RE85 on valmistettu kotimaisesta jäteraaka-aineesta, kotimaisella patentilla, ja kotimaisen firman valmistamana. [16]

Taulukko 7. Testin autojen hiilidioksidipäästöt grammaa kilometriä kohden. Päästöihin on laskettu kunkin käyttövoiman kohdalla myös epäsuorat päästöt eli käyttövoiman valmistuksessa syntyvät päästöt. [16]

Sijoitus ja malli	Hiilidioksidipäästöt
1. 1.4 TGI (biokaasu)	26 g/km
2. e-Golf	42 g/km
3. 1.7 Multifuel (RE85)	44 g/km
4. GTE	106 g/km
5. 1.6 TDI	121 g/km
6. 1.4 TGI (maakaasu)	126 g/km
7. 1.4 Multifuel (95E10)	153 g/km

Moottori-lehden käyttövoimavertailu sijoittuu hetkelle, jolloin raakaöljyn hinta oli matalalla. Mikäli sama testi toistettaisiin nyt, parantaisi se uusiutuvien energianlähteiden asemaa testissä. Lisäksi testin suorittaminen pienellä autolla parantaa perinteisten voimälähteiden asemaa, koska autot kuluttavat kokonsa vuoksi jo maltillisesti. Erot olisivat entistä suurempia, mikäli testissä käytettäisiin suuremman kokoluokan autoa. Kaikki testin tulokset löytyvät koottuna liitteestä 1.

6 Yleiset etanolipolttoaineen trendit

Etanolia on käytetty voimanlähteenä polttomoottoreissa niin kauan kuin polttomoottorit ovat olleet henkilöautokäytössä. Etanolin käyttöön ovat historiassa vaikuttaneet paljon eri kieltolait, sekä raakaöljyn hinta. Nämä tekijät ovat hidastaneet merkittävästi etanolin leistymistä liikennekäytössä. Kilpa-autoissa on kuitenkin käytetty etanolia polttoaineena lähes koko polttoaineen historian ajan.

Tänä päivänä on kuitenkin noussut taloudellisuuden rinnalle toinen tärkeä käyttövoiman valintaan vaikuttava tekijä. Nykyään monissa valinnoissa painotetaan ympäristöystävällisyyttä, ja sama pätee henkilöautojen käyttövoiman valintaan. Valintaa ohjaa ympäristöystävällisempään suuntaan myös lainsäädäntö, jolla asetetaan ihmisten päätöksiin vaikuttavia taloudellisia rasiiteita tietyille energialähteille.

Ympäristöystävällisyyden painottamisesta on suurta hyötyä bioetanolin haluttavuudelle ja kysynnälle. Samaan aikaan raakaöljyvarannot hupenevat maapallolla, jonka myötä öljyn jalostuksen kustannukset kasvavat. Pian etanoli on taloudellisestikin kannattavaa kaikille, jolloin siitä viimeistään tulee kysytty trendituote.

7 Bensiinikäyttöisen auton muuttaminen etanolikäyttöiseksi

7.1 Etanolikäyttöön vaadittavat muutokset

Lähes kaikki bensiiniautot vaativat muutoksia käydäkseen 85-prosenttisella etanolilla. Jotkut automallit vaativat pelkästään muutoksia moottorinohjaukseen, kun taas toisissa vaaditaan suurempia fyysisiä muutoksia. Fyysisiä muutoksia vaaditaan usein, kun polttoaineen vaihdolla pyritään kasvattamaan moottorin tuottamaa tehoa. Tähän liittyy aiemmin mainittu etanolin suurempi kulutus.

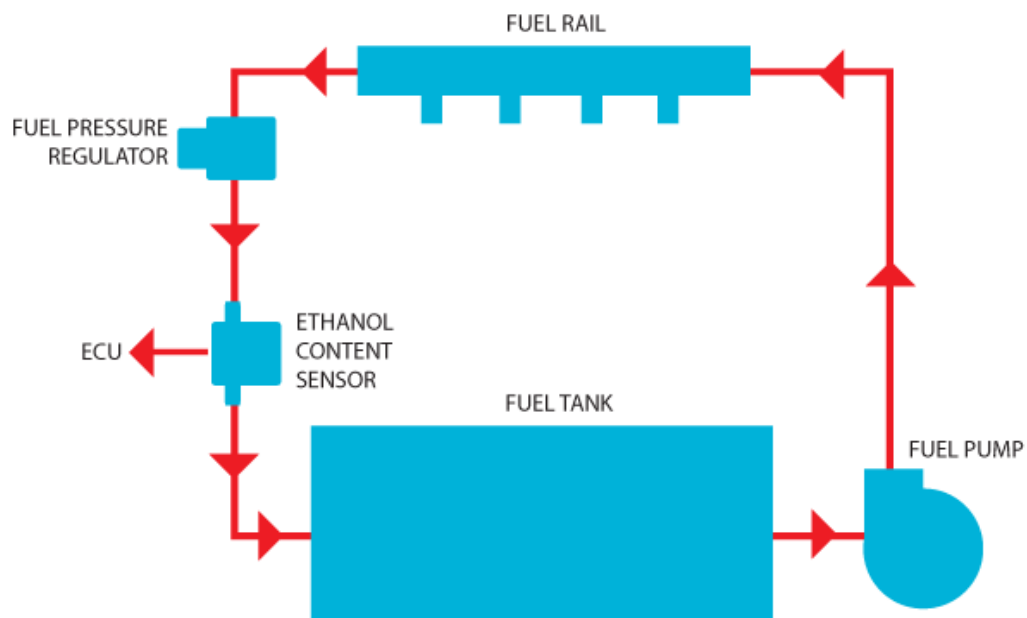
Usein etanolimuutoksessa vaadittavia vaihdettavia osia ovat polttoainepumppu ja -suuttimet. Osassa autoista joudutaan myös vaihtamaan polttoaineletkut, jos niiden ei ole todettu kestäväen etanolikäytössä. Muutosta ajattelevan kannattaa myös ottaa huomioon auton polttoainetankin koko, koska etanolia kuluu käytössä enemmän. Suuremman kulutuksen seurauksena joutuu etanolia tankkaamaan useammin, mikä voi olla merkittävä asia auton normaalissa käytössä. Lisäksi joissain automalleista ilmamäärän mittausta

joudutaan muuttamaan, jotta saadaan moottorin ohjainlaitteelle tarkempi käsitys moottoriin kulkevan ilman määrästä.

7.2 Flexfuel-anturi

Usein etanolimuutoksen yhteydessä lisätään polttoainelinjaan Flexfuel-anturi, joka mittaa etanolin ja bensa suhdetta polttoaineessa. Flexfuel-anturin signaalin mukaan moottorinohjaus säätää kyseiselle sekoitukselle sopivaksi. Flexfuel-anturi siis mahdollistaa ajamisen joko pelkällä bensiinillä tai etanolilla. Anturin hyödyt tulevat hyvin esille talvella, koska etanolin kylmäkäynnistysominaisuudet ovat merkittävästi bensiiniä huonommat. FFV-autossa voidaan siis pakkasten tultua lisätä bensiinin määrää etanolin seassa, mikä helpottaa kylmäkäynnistystä. Pakkasella etanoli kylmäkäynnistykseen jälkeen auton moottorin täytyy antaa hetken lämmetä, jotta moottorin käynti tasoittuu.

Flexfuel-anturi liitetään polttoaineen paluulinjaan, jossa se tarkkailee tankkiin palautuvan etanolin määrää kuvan 7 mukaisesti. Tämän tiedon se välittää moottorinohjainlaitteelle, joka jatkuvasti säätää tiedon avulla sytytystä, polttoaineen syöttöä ja ahtopainetta. [17]



Kuva 7. Flexfuel-anturin toiminta [17].

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä etanoliin henkilöauton polttoaineena ja luoda kokonaisvaltainen tietopaketti polttoaine-etanolista. Työstä tulisi käydä ilmi kaikki etanolin käyttöön liittyvät ominaisuudet, ja sen tulisi tarjota tietoa polttoaineen valmistuksesta ja historiasta. Mielestäni aihe on hyvin ajankohtainen, koska talouden huonontuminen ja fossiilisten päästöjen vähentäminen ovat jatkuvasti otsikoissa. Etanolin käytön lisäämisellä pystyttäisiin vaikuttamaan positiivisesti molempiin ongelmiin.

Insinööriyön tavoitteet täytyivät osittain. Tiedonkeruussa ongelmaksi osoittautui tarjolla olevan tiedon paljous. Tiedon suuren määrän johdosta joukossa oli myös paljon tietoa, joka ei pitänyt paikkaansa. Joistain asioista oli vaikea löytää faktatietoa. Tiedon paljouden myötä oli myös hankalaa päättää, mikä tieto on insinööriyön kannalta olennaista. Mielestäni onnistuin keräämään aiheeseen liittyen olennaisimmat asiat hyvin yhteen.

Alun perin työssä oli tavoitteena olla myös käytännön osuus, johon sisältyisi FFV muutoksen suorittaminen autoon. Samalla oli tarkoitus kerätä omakohtaista kokemusta etanolin käytöstä jokapäiväisessä liikenteessä. Keskusteltuani ammattilaisen kanssa asiasta päädyin jättämään muutoksen tekemättä. Syynä tähän oli muutoksen suuri taloudellinen kuormittavuus automallini kohdalla. Muutos olisi vaatinut auton polttoainepumpun ja -suuttimien uusinnan. Lisäksi auton ilmamassamittari olisi täytynyt poistaa ja lisätä tilalle imusarjan paineanturi tarkemman moottorinohjauksen saavuttamiseksi. Samalla sain tietoa mahdollisista ominaisuuksista kylmäkäynnistyksen kanssa talvella. Työpai-kallani ei ole mahdollisuutta kytkeä autoa sähkötolppaan, joten en saisi auton moottoria esilämmitettyä talvisin. Ratkaisuna ongelmaan olisi ollut Flexfuel-anturi. Anturin asentaminen olisi kuitenkin kasvattanut reilusti kustannuksia, koska moottorin ohjainlaite olisi vaatinut karttojen uudelleen luonnin kahdelle polttoaineelle. Näin ollen käytännön osuus täytyi jättää työstä pois.

Lähteet

1. Rättö, M., Vikman, M. & Siika-aho, M. 2009. Yhdyskuntajätteen hyödyntäminen biojalostamossa. Verkkodokumentti. Helsinki: VTT. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2494.pdf>>. Luettu 11.2.2015
2. RE85 – tehokkaampi bioetanoli suomalaisesta jätteestä. 2015. Verkkodokumentti. ST1. <<http://www.st1.fi/tuotteet/re85>>. Luettu 11.2.2015.
3. Renewable ethanol: driving jobs, growth and innovation throughout Europe. 2015. Verkkodokumentti. Epure.org. <<http://www.epure.org/sites/default/files/publication/140612-222-State-of-the-Industry-Report-2014.pdf>>. Luettu 20.3.2015.
4. Korkeaseasoetanoli E85. 2015. Verkkodokumentti. Motiva. <http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/energiالاhteet/korkeaseasetanoli_e85>. Luettu 11.2.2015.
5. Mäkinen, T., Sipilä, K. & Nylund, N-O. Liikenteen biopolttoaineden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. 2005. Verkkodokumentti. VTT. <<http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2288.pdf>>. Luettu 11.2.2015.
6. Paasi, J., Lahtinen, R., Kalliohaka, T. & Kytö, M. Biopolttoneiden turvallinen jakelu: Loppuraportti. 2008. Verkkodokumentti. VTT. <<http://www2.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-07049-08.pdf>>. Luettu 11.2.2015.
7. Bioethanol Production and Use. 2014. Verkkodokumentti. Erec. <http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Projcet_Documents/RESTMAC/Brochure5_Bioethanol_low_res.pdf>. Luettu 20.3.2015.
8. Maurer, Leon. The Unsolved Mystery of Samuel Morey. 2014. Verkkodokumentti. Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 United States License. <<http://www.physics.wisc.edu/~lmaurer/academic/morey/SamuelMorey.html>>. Luettu 24.3.2015.
9. Ethanol's Past. 2015. Verkkodokumentti. Western New York Energy. <http://www.wnyenergy.com/index.php?pr=Ethanols_Past>. Luettu 24.3.2015.
10. From Alcohol to Car Fuel. 2015. Verkkodokumentti. Ethanolhistory. <<http://www.ethanolhistory.com/>>. Luettu 24.3.2015.
11. Brusstar, M. & Bakenhus, M. Economical, High-Efficiency Engine Technologies for Alcohol Fuels. 2003-2013. Verkkodokumentti. American energy independence. <<http://www3.epa.gov/otaq/presentations/epa-fev-isaf-no55.pdf>>. Luettu 26.3.2015.

12. Abebe, Mimi. History of Ethanol. 2008. Verkkodokumentti. University Of Nebraska-Lincoln. <<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=journalismstudent>>. Luettu 31.3.2015.
13. Directive of Biofuels for Transport. 2003. Verkkodokumentti. International Energy Agency. <<http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/europeancommission/name-22850-en.php>>. Luettu 31.3.2015.
14. Berg, Christoph. World Fuel Ethanol - Analysis and Outlook. 2004. Verkkodokumentti. Distilleries and Fuel-Ethanol Online Network. <<http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>>. Luettu 31.3.2015.
15. Renewable energy sources directive (RES). 2002-2015. Verkkodokumentti. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. <<http://www.rehva.eu/eu-regulations/renewable-energy-sources-directive-res/>>. Luettu 31.3.2015.
16. Munukka, Petri. 2015. Käyttövoimavertailu 3 vuotta/45 000 km. Moottori 2/2015, s. 62-67.
17. Flex-Fuel sensor explained. 2014. Verkkodokumentti. Haltech. <<http://www.haltech.com/flex-fuel-sensor-explained>>. Luettu 27.9.2015.

Liite 1. Käyttövoimavertailun tulokset

Alla olevaan taulukkoon on kerätty lähteen 16 käyttövoimavertailun tulokset. Taulukosta käy ilmi kaikki vertailun autojen tärkeimmät ominaisuudet.

VW Golf	1.4 Multifuel	1.4 Multifuel	1.6 TDI	1.4 TGI	GTE	E-Golf
Käyttövoima	bensiini 95E10	bioetanoli RE85	diesel	maa-/biokaasu	bensiini + sähkö	sähkö
Hinta €	26 164	26 164	25 995	27 187	40 972	40 979
Iskutilavuus cm ³	1 395	1 395	1 598	1 395	1 395	-
Teho kW(hv)	92 (125) / 5000	92 (125) / 5000	81 (110) / 3200	81 (110) / 4800	150 (204) / ei ilm.	85 (115) / ei ilm.
Vääntö Nm	200/1500-4000	200/1500-4000	250/1500-3000	200/1500-3500	350	270
Suorituskyky						
Kiihtyvyys 0-100	9,3	9,3	10,5	10,9	7,6	10,4
Huippunopeus km/h	203	203	200	194	222	140
Toimintamatka km	900	650	1300	900 + 380	800 + 40	130
Kulutus/100km	5,5 l	7,5 l	3,8 l	3,6 kg	3,11 + 9 kWh	18,2 kWh
Mitat						
Tavaratila	380	380	380	290	380	290
Omapaino kg	1249	1249	1313	1395	1599	1585
Käyttökulut						
Ajoneuvovero €/3v	294	294	261	240	156	129
Käyttövoimavero €/3v	-	-	1143	645	114	330
Polttoaine €/45 000km	3341	3240	2155	2268 / 2430	1884 + 608	1229
Vakuutus €/3v (mies 49 v. Helsinki, 60% bonus)	2262	2262	2379	2427	2853	2481
Huollot €/3 v/45000 km	659	569	707	762	547	357
Rengaskulut €/45000 km (yksi rengaskerta)	365	365	365	365	482	482
Yhteensä €/3 v/45000 km	6 921	6 730	7 010	6 707 / 6 869	6 644	5 008
Päästöt						
CO g/km	153	44	121	126 / 26	106	42

[16]