

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan kolutunohjelma
Kemiantekniikka

Opinnäytetyö

Senja Virkkunen

**BIOPOLTTOAINEITA KESTÄVIEN ELASTOMEERIMATERIAALIEN
TUTKIMINEN**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Anne Ojala
Teknikum Oy, valvoja Pertti Turunen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikka

Virkkunen, Senja

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Joulukuu 2007

Hakusanat

Biopolttoaineita kestävien elastomeerimateriaalien tutkiminen

57 sivua + 5 liitettä

Anne Ojala

Teknikum Oy, valvoja Tuotekemisti Pertti Turunen

Biopolttoaineet, biodiesel, etanoli, elastomeerit, öljyn kesto

TIIVISTELMÄ

Biopolttoaineiden käyttö lisääntyy ja niiden koostumus muuttuu kehityksen edetessä. Tämän takia Teknikum Oy halusi löytää elastomeerimateriaalin, joka kestää biopolttoaineita. Asia on ajankohtainen, koska Euroopan unioni on asettanut vuoden 2010 tavoitteeksi, että biopolttoaineita olisi kaikista polttoaineista 5,75 % energiasisällön perusteella. Vuonna 2020 puolestaan tavoitteena on saavuttaa vaihtoehtoisille polttoaineille 10 %:n osuus liikennepolttoaineista.

Työn tarkoituksena oli selvittää, mitkä elastomeerit kestävät biopolttoaineita, miten auton- ja moottorinvalmistajat suhtautuvat niihin, miten biopolttoaineita käytetään maailmalla ja miten niitä verotetaan ja määritellään. Työssä selvitettiin myös, mitä nykyiset biopolttoaineet ovat ja mitä ne tulevat olemaan. Työssä keskityttiin ainoastaan nestemäisiin biopolttoaineisiin, koska ne ovat oleellisimmat Teknikum Oy:n kannalta.

Materiaalien biopolttoaineen kesto varmistettiin kokeellisesti. Testeissä oli mukana biopolttoaineista lisäaineeton RME, RME-diesel-seokset sekä NExBTL. Etanolin vaikutuksesta elastomeereihin saatiin tarpeeksi tietoa lähdeoteoksista, ja siksi se jätettiin tarpeettomana pois kokeellisesta osasta. Lisäksi etanolin vaikutuksia materiaaleihin on tutkittu laajalti maailmalla.

Tuloksista piirrettiin kuvaajia, jotka havainnollistivat ja vertailivat eri materiaalien biopolttoaineiden kestoja. Tuloksena löydettiin materiaalit, jotka kestävät biopolttoaineita ja joita voidaan tarjota asiakkaille eri käyttötarkoituksiin, kuten polttoaineletkuihin ja tiivisteisiin.

Jatkossa tulisi tutkia, miten RME:n lisäaineet vaikuttavat elastomeerien biopolttoaineen kestoan. Biopolttoaineiden kehitystä tulisi seurata aktiivisesti, jotta osataan varautua tulevaan ja pystytään ajoissa puuttumaan mahdollisiin ongelmiin, jotka koskevat elastomeerien biopolttoaineen kestoja.

ABSTRACT

The use of biofuels increases and their composition will change as the development proceeds. Because of this Teknikum Oy wanted to find an elastomer material which endures biofuels. The matter is critical because the European Union has set a goal for biofuels to amount to 5,75% of all fuels on the basis of their energy content by the year 2010. The objective for 2020 is to reach a 10% share for biofuels in traffic.

The purpose of the work was to determine which elastomer endure biofuels and how car- and motor-manufacturers react to them, the use of biofuels worldwide, their taxation and general definition. In the work it was also specified what the present biofuels are and what they will be in the future. The work concentrated only on liquid biofuels because it was seen that they are the most essential from the Teknikum Oy point of view. The endurance of the biofuel of materials was experimentally secured. The test were carried out by using the following biofuels: RME which contains no additives, RME diesel mixtures and NexBTL.

Sufficient information on the affects of ethanol on the elastomer was found in literature and it was not seen necessary to include it in the experiments.

Furthermore, the affects of ethanol on materials have been studied widely around the world. The materials to be tested were materials produced by Teknikum Oy. Charts illustrating and comparing the endurance of the biofuels of different materials were drawn from the results. Proper materials which hold biofuels and which can be offered to customers for different purposes were found as a result. In the future, one should study how RME-additives will affect the endurance of elastomer with biofuels and gather experiences from the use of NexBTL. The development of biofuels should be actively followed so that one can prepare for the future while being able to intervene in time in the case of possible problems regarding the endurance of the biofuel of elastomer.

ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Teknikum Oy:lle. Haluaisin kiittää niitä kaikkia Teknikum Oy:n henkilöstöstä, jotka ovat olleet avuksi tätä työtä tehdessä. Erityisesti haluan kiittää Pertti Turusta sekä kokeellisessa osassa suuresti auttaneita Marjut Vainiota ja Sari Putajaa.

Kiitos kuuluu myös Raija Hanhelle ja Esa Väliaholle, joiden kautta sain opinnäytetyön aiheen. Haluan kiittää myös poikaystävääni Eero-Pekkaa tuesta ja avusta erityisesti tietokoneeseen liittyvissä ongelmissa.

Tampereella 12. joulukuuta 2007

Senja Virkkunen

SISÄLLYSLUETTELO

KÄSITTEET JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	9
2 TEKNIKUM-YHTIÖT OY	10
3 BIOPOLTTOAINEET.....	10
3.1 ETANOLI.....	11
3.2 BIODIESEL	13
3.2.1 Ensimmäisen sukupolven biodiesel.....	14
3.2.2 Synteettiset biopolttoaineet - 2. sukupolven biodiesel.....	15
3.2.3 Biodieselin hyvät ja huonot puolet.....	18
3.3 BIOPOLTTOAINEIDEN TULEVAISUUS	19
4 BIOPOLTTOAINEET MAAILMALLA	19
4.1 YHDYSVALLAT	20
4.2 BRASILIA	21
4.3 EU	21
4.3.1 Ruotsi.....	22
4.3.2 Saksa.....	23
4.3.3 Espanja.....	23
4.3.4 Ranska.....	24
4.3.5 Iso-Britannia.....	24
4.3.6 Suomi	24
5 AUTON- JA MOOTTORINVALMISTAJIEN KANTA	24
6 POLTTOAINELETKU	26
7 POLTTOAINELETKUN VALMISTUSMATERIAALIT	27
7.1 ELASTOMEERIT.....	27
7.1.1 Nitrilikumit NBR	28
7.1.2 HNBR.....	29
7.1.3 Epikloorihydriinikumit (CO, ECO, ETER).....	29
7.1.3 Kloropreenikumit CR.....	30
7.1.4 Polyuretaanikumit AU ja EU.....	30
7.1.5 Fluorikumit FPM	31
7.1.6 Eteenipropreenikumit EPM ja EPDM.....	32
7.1.7 Polyvinyylidikloridi PVC	32
7.2 TERMOPLASTIT TPE	33
7.2.1 Termoplastiset polyesterit (TPE-E, COPE)	36
7.2.2 Termoplastiset polyuretaanit (TPU-U, TPU).....	36
7.2.3 Termoplastiset polyolefiinit (TPE-O, TPO).....	37
7.2.4 Kopolyamiditermoelastit (COPA).....	37
7.3 MUUT VALMISTUSMATERIAALIT.....	37
7.4 VAHVIKEMATERIAALIT.....	38
7.4.1 Raion eli viskoosi.....	38
7.4.2 Polyamidi eli nailon.....	39
7.4.3 Polyesteri.....	39
7.4.4 Aramidi.....	39
7.4.5 Polyvinyylialkoholi PVA.....	40
7.4.6 Teräs	40
8 MATERIAALIEN TESTAUS	41
8.1 KOEJÄRJESTELYT.....	41
8.2 MASSAN MUUTOS	42
8.3 TILAVUUDEN MUUTOS	43
8.4 KOVUUDEN MUUTOS	43
8.5 MURTOVETOLUJUUDEN JA MURTOVENYMÄN MUUTOS	44

9 TULOKSET	45
9.1 NBR ACN 39 %	45
9.2 NBR ACN 30 %	46
9.3 NBR/PVC	47
9.4 EPDM	48
9.5 ETER	49
9.6 UHMWPE.....	50
9.7.1 Yhteenveto tuloksista.....	51
9.7.2 Tulosten luotettavuus	52
10 PÄÄTELMÄT	53
LÄHTEET	54
LIITTEET	

1. Biopolttoaineiden kansalliset tavoitteet vuosiksi 2006–2010
2. Mittaustulokset
3. Muutokset ominaisuuksissa biopolttoaineittain
4. Biodieselin keston vertailu materiaaleittain
5. Materiaalien vertailu biopolttoaineittain

KÄSITTEET JA LYHENTEET

ACN	Akryylinitriili
AU JA EU	Polyuretaanikumi
ASTM 1	Standardi liuos, joka on matala aromaattinen ja alifaattinen öljy
BtL	Biomass to liquids
CAFE	Corporate Average Fuel Economy, Autonvalmistajien keskimääräinen polttoaineen kulutus
CO, ECO, ETER	Epikloorihydriinikumit
COPA	Kopolyamidi
COPE	Kopolyesteri
CR	Kloropreenikumi
E85	Etanoli-bensiiniseos, jossa on etanolia 85 % ja bensiiniä 15 %
EN 14214	Standardi biopolttoaineille
EN 228	Standardi moottoribensiinille
EN 590	Standardi dieselpolttoaineelle
EPM, EPDM	Eteenipropeenikumi
ETBE	Etyyli-tert-butyylieetteri
FAME	Fatty Acid Methyl Ester, rasvahappojen metyyliesteri
FFV	Flexible-Fuel Vehicle
FPM	Fluorikumi
Fuel C	Standardiliuos, joka sisältää 50 % tolueenia ja 50 % iso-oktaania
HNBR	Hydrattu nitrilikumi
Modifioitu	Muunneltu, esim. FFV-autot on muunneltu normaaleista autoista, siten että niissä voidaan käyttää 85 % etanolia bensiinin seassa.
Moduuli	Vetojännitys, on se voima joka tarvitaan venyttämään kappale tiettyyn pituuteen. /13/
Monomeeri	Monomeeri on polymeerin rakenneyksikkö, useampia monomeerejä yhteenliittämällä saadaan polymeeri. /6, s. 15/
MTBE	Metyyli-tert-butyylieetteri
NExBTL	Next Generation Biomass to liquid, Neste Oil:in uusi synteetinen biodiesel.
NBR	Nitrilikumi
Lignoselluloosa	Raaka-aineena on esimerkiksi puu, olki tai ruokohelppi. /36/

Polymeeri	Polymeerit ovat rakentuneet pienemmistä rakenneyksiköistä eli monomeereistä, jotka ovat liittyneet yhteen suurimolekyyliseksi makromolekyyleiksi. /6, s. 15/
PVC	Polyvinyylidikloridi
Shore A	Kovuuden mittayksikkö kumilla, lyhenne on ShA
RME	Rapeseed Methyl Ester
Toe	Ekvivalenttinen öljytonni, 1 t biodieseliä= 0,9 toe ja 1 t etanolia= 0,64 toe
TPE	Termoplastiset elastomeerit
TPO	Termoplastinen olefiini
TPU	Termoplastiset polyuretaanit
TPV	Termoplastinen vulkanisaatti
Setaaniluku	Kuvaa dieselpolttoaineen syttymisherkeyttä. Polttoaine ruiskutetaan moottorin palotilaan, jossa se syttyy korkean paineen ja lämpötilan vaikutuksesta viiveen jälkeen. Jos polttoaineen setaaniluku on suuri, viive on lyhyt ja palaminen tehokasta. Pieni setaaniluku eli pidempi viive aiheuttaa enemmän päästöjä ja moottoria rasittavia iskuja. Dieselpolttoaineen setaaniluku on yleensä 40–55. /42/
Synteettinen polttoaine	Yleisnimitys yleensä synteesikaasun avulla valmistetulle hiilivetypolttoaineelle. /36/
Oktaaniluku	Kuvaa polttoaineen puristuskestävyyttä eli kykyä vastustaa nakutusta. /42/
Viruminen	Virumisella tarkoitetaan elastomeerin pysyvää muodonmuutosta pitkäaikaisessa vakiorasituksessa. /5/
Vulkanointi	Vulkanoinnissa rakennetaan kemialliset sillatpolymeeriketjujen välille, jolloin polymeeri verkottuu. /13/

1 JOHDANTO

Tulevaisuudessa biopolttoaineiden käyttö kasvaa. Myös biopolttoaineiden laatu ja olemus muuttuvat. Nykyiset biodieselit ovat kasvi- ja eläinrasvoista vaihtoesteröintimenetelmällä valmistettuja polttoaineita. Muita nestemäisiä biopolttoaineita ovat etanoli, ETBE, MTBE ja uuden sukupolven biodieselit. Tulevaisuudessa pyritään jäljittelemään entistä enemmän olemassa olevia fossiilisia polttoaineita. Nämä toisen sukupolven biopolttoaineet ovat nyt tulossa markkinoille. Yksi toisen sukupolven biopolttoaineita valmistava yritys on Neste Oil, joka valmistaa NExBTL-biodieseliä. EU on asettanut vuoden 2010 tavoitteeksi, että liikenteen polttoaineista olisi 5,75 % biopolttoaineita /25/. Nyt onkin ajankohtaista selvittää, miten eri materiaalit kestävät nykyisiä ja tulevia biopolttoaineita.

Työn tarkoituksena oli selvittää, miten biopolttoaineet vaikuttavat elastomeerimateriaaleihin, mitä biopolttoaineet ovat ja mitä ne tulevat olemaan. Työssä selvitettiin myös se, kuinka biopolttoaineita käytetään tulevaisuudessa ja miten niitä verotetaan tai veloitetaan käyttämään maailmalla. Tärkeää on myös se, kuinka auton- ja moottorinvalmistajat suhtautuvat biopolttoainesiin. Tavoitteena on löytää materiaali, joka kestää biopolttoaineita, jotta siitä voitaisiin valmistaa biopolttoaineiden kanssa kosketuksissa olevia osia. Työssä keskityttiin vain nestemäisiin liikenteen biopolttoaineisiin, koska ainoastaan nestemäiset biopolttoaineet ovat Teknikum Oy:n kannalta oleellisia.

Jotta saavutettaisiin tavoitteet ja biopolttoaineiden käyttö voisi kasvaa, on niiden kanssa kosketuksissa olevia materiaaleja kehitettävä. Teknikum Oy:lle aihe on tärkeä, koska se valmistaa ja kehittää itse kumisekoituksia sekä haluaa vastata asiakkaidensa tarpeisiin. Biopolttoaineiden käytön lisääminen on mahdollista vain, jos biopolttoaineiden valmistajat kehittävät tuotteitaan paremmaksi ja auton- ja moottorinvalmistajat kehittävät tekniikkaansa biopolttoaineille sopiviksi. Myös materiaalien on kehitettävä biopolttoaineita.

2 TEKNIKUM-YHTIÖT OY /7/

Teknikum-Yhtiöt Oy -konserni perustettiin vuonna 1989. Teknikum Yhtiöt Oy:hyn kuuluu Teknikum Oy, Teknikum Sekoitukset Oy ja Kumijaloste Oy. Eri yritykset konsernissa toimivat yhteistyössä ja kykenevät näin täyttämään asiakkaiden tarpeet. Konsernissa on työntekijöitä yhteensä noin 350.

Teknikum Oy valmistaa eri polymeereistä letkuja sekä muottituotteita kerros- ja ruiskupuristustekniikalla. Osaamisalueena on myös metallin ja kumin liittäminen toisiinsa. Pääasiallisena käyttäjäkuntana ovat teollisuusasiakkaat.

Kumijaloste Oy toimii teknisten kumituotteiden alihankkijana. Kumijaloste Oy on Suomen johtava orgaanisten pinnoitteiden toimittaja.

Teknikum Sekoitukset Oy valmistaa kumisekoituksia eri teollisuuden aloille. Erikoiskumien osuus sekoituksista on korkea. Sekoitukset tehdään asiakkaiden tarpeen ja omien reseptien mukaan.

3 BIOPOLTTOAINEET

Biopolttoaineet ovat biomassasta tuotettuja nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita, joita käytetään liikenteessä. Biomassalla tarkoitetaan direktiivin 2003/30/EY /25/ mukaan

”--maataloudesta (kasvi- ja eläinaineet mukaan lukien), metsätaloudesta ja niihin liittyvästä teollisuudesta peräisin olevien tuotteiden, jätteiden, ja jätetuotteiden biohajoavaa osaa sekä teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden biohajoavaa osaa;--” /25/

Biopolttoaineita ovat seuraavat tuotteet: bioetanoli ja sen pohjalta tuotettu ETBE, biodiesel, biokaasu, biometanoli ja sen pohjalta tuotettu MTBE, synteettiset biopolttoaineet, vety sekä puhdas kasviöljy. /25/

Rypsipohjaisen biodieselin on arvioitu vähentävän kasvihuonepäästöjä 5 % verrattuna fossiiliseen dieselpolttoaineeseen. Viljaetanolilla (nykyisillä viljelykäytännöillä) vastaava prosenttiluku on 10–15 % verrattuna bensiiniin. Biopolttoaineiden käyttöä pyritään lisäämään erilaisilla verohelpotuksilla ja velvoitteilla. EU-direktiivi 2003/30/EY asettaa EU-maille tavoitteeksi, että vuonna 2010 liikenteen käyttämistä polttoaineista 5,75 % olisi biopolttoaineita laskettuna niiden energiasisällöstä. /21; 36/

3.1 Etanoli

Bioetanoliksi kutsutaan EU-direktiivin 2003/30/EY mukaan etanolia, ”joka tuotetaan biomassasta ja/tai jätteiden biohajoavasta osasta käytettäväksi biopolttoaineena” /25/. Standardi EN 228 ja direktiivi 98/70/EY rajaavat happipitoisten komponenttien määrän, maksimihappipitoisuuden ja oksygenaateille määrättyjen pitoisuuksien perusteella etanolin maksimipitoisuuden bensiinissä 5 %:ksi ja ETBE:n pitoisuuden 15 %:ksi. Etanolia voidaan käyttää 85 % etanoli-bensiiniseoksena, kun auto on modifioitu sitä varten. /32; 36/

Etanoli on biohajoava, myrkytön ja korkea oktaaninen biopolttoaine. Etanolin korkea oktaaniluku nostaa bensiini-etanoliseoksen oktaaniluvun korkeammaksi kuin bensiinin. Sekoitettaessa etanolia bensiinin joukkoon voidaan vähentää myrkyllisten yhdisteiden, kuten aromaattisten hiilivetyjen määrää bensiinissä. Koska etanoli on oksygenaatti, eli se tuo seoksen happea, palaa bensiini-etanoliseos puhtaammin ja näin vähentää haitallisia päästöjä, kuten hiilimonoksidia ja palamattomia hiilivetyypäästöjä verrattuna tavalliseen bensiiniin. Samalla kuitenkin esim. aldehydipäästöt lisääntyvät. /32/

Etanolin höyrynpaine on korkea, joten bensiini haihtuu helpommin korkeissa lämpötiloissa ja ilmakehään joutuu haitallisia hiilivetyjä, jotka muodostavat ala-ilmakehässä otsonia. Kohonneen höyrynpaineen vuoksi bensiiniä pitää jalostaa pidemmälle etanolia lisättäessä, jotta haihtuvista bensiinikomponenteista päästäisiin eroon. Etanoli on myös hygroskooppinen, mikä saattaa aiheuttaa bensiini- ja alkoholifaasin erottumista tankissa. Etanolilla on myös kylmäkäynnistysongelmia ja se korrodsoi putkistoja ja tankkeja. /20; 32; 40/

Etanolia voidaan valmistaa monista eri raaka-aineista. Yleisimmät raaka-aineet ovat sokerikasvit, viljat, elintarviketeollisuuden jätteet, puunjalostusteollisuuden sivutuotteet sekä maatalous- ja talousjätteet. Tällä hetkellä tutkitaan lignoselluloosaraaka-aineiden, kuten puun, oljen tai metsätähteiden prosessin tehostamista. Selluloosasta on mahdollista irrottaa sokeri hydrolyysin avulla. Selluloosasta valmistetun etanolin etuna on se, että se on valmistettu ruuaksi kelpaamattomasta raaka-aineesta. /20; 50/

Suurina pitoisuuksina etanolin käyttö tavallisissa bensiinimoottoreissa saattaa aiheuttaa teknisiä ongelmia. Etanolilla on taipumus haurastuttaa kumiosia kuten polttoaineletkuja ja -tiivisteitä. On todettu, että NR (luonnonkumi), PU (polyuretaani), PVC (polyvinyylikloridi), PA (polyamidi) ja jotkin termoplastit eivät kestävä etanolia. Puolestaan PP (polypropeeni), NBR (nitrilikumi), sekä FPK (fluorikumi) kestävä etanolia. Etanoli saattaa aiheuttaa korroosiota myös metallipinnoille./20; 30/

Brasiliassa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa on tutkittu mahdollisuutta tehdä emulsiopolttoainetta sekoittamalla etanolia dieselin joukkoon. Etanolin lisäys dieselin joukkoon alentaa dieselin setaanilukua, voitelevuutta ja polttoaineen stabiilisuutta. Näihin seikkoihin voidaan vaikuttaa lisäaineiden avulla. Lisäaineet eivät kuitenkaan vaikuta leimahduspisteeseen. Pieni määrä etanolia dieselin joukossa laskee leimahduspistettä niin, että sitä on käsiteltävä syttymisvaaran kannalta bensiinin tavoin. Ongelmaksi voi muodostua myös etanolin huono liukoisuus dieselin joukkoon matalissa lämpötiloissa. Jakelujärjestelmä vaatii myös etanolin takia pieniä muutoksia. Brasiliassa ja Yhdysvalloissa on tietyille emulsioille myönnetty hyväksyntä erikoiskäyttöön. /32; 46/

Etanolia käytetään eniten Brasiliassa, jossa kaikkiin myytäviin polttoaineisiin sekoitetaan 25 % etanolia. USA:ssa käytetyin biopolttoaine on etanoli. Etanolia tuotetaan maailmassa eniten Brasiliassa ja Yhdysvalloissa. Muita suuria etanolin käyttäjä maita ovat Saksa, Ranska ja Ruotsi /20; 40/

ETBE ja MTBE

ETBE, etyyli-tert-butyylieetteri on etanolista jalostettu eetteriksi. Sitä voidaan sekoittaa bensiinin joukkoon 15 tilavuus-% EU:n vuoden 1987 oksygenaattidirektiivin mukaan.

/25; 32/

Käytössä on myös MTBE metyyli-tert-butyylieetteri. Se on bensiinikomponentti ns. oksygenaatti. ETBE:n höyrynpaine on huomattavasti alhaisempi kuin etanolin ja

MTBE:n. /25; 32/

Yhdysvalloissa joissakin osavaltioissa on kielletty MTBE:n käyttö. Myös Euroopassa vastustetaan MTBE:n käyttöä ja suositellaan sen sijaan käyttämään ETBE:tä. MTBE:n on todettu liukenevan veteen, ja se voi siten saastuttaa pohjavesiä, jos sitä pääsee maaperään. /37/

Muita bensiinikomponentteja ovat TAFE (etyyli-tert-amyylieetteri) ja TAME (metyyli-tert-amyylieetteri). /36/

3.2 Biodiesel

Biodieseliä on valmistettu Euroopassa vuodesta 1992. Nykyään Euroopassa on noin 120 laitosta, jotka tuottava suunnilleen 6 100 000 tonnia biodieseliä vuodessa. Laitokset sijaitsevat pääasiassa Saksassa, Italiassa, Itävallassa, Ranskassa ja Ruotsissa. /26 /

Biodiesel on jalostettu luonnon uusiutuvista raaka-aineista, kuten kasvirasvoista, rapsi- ja rypsiöljyistä, auringonkukkaöljyistä, soijaöljyistä sekä käytetyistä paistoöljyistä ja eläinrasvoista. Biodieseliä käytetään sekoitettuna tavallisen dieselin joukkoon ja puhtaana biodieselinä. /26/

FAME (Fatty Acid Methyl Ester) – tyyppisille biodieseleille on olemassa kansainvälisesti määritelty standardi EN 14214 ja EN 590 (dieselpolttoainestandardi). Lisäksi on olemassa polttoainedirektiivi 98/70/EY, joka asettaa vähemmän vaatimuksia kuin standardit, mutta on lainvoimainen. Standardin EN 14214 mukaan

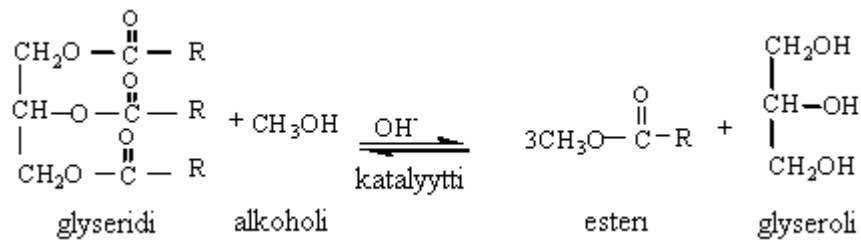
esteripitoisuuden tulee olla vähintään 96,5 massa-% FAME-tyyppisissä tuotteissa. FAME- tyyppisiin biodieseleihin luokitellaan eläin- ja kasviperaisista öljyistä vaihtostereröinnillä tehdyt biodieselit, joissa on käytetty metanolia esterin muodostamiseksi. Biodieselit ovat täysin rikittämiä. FAME-tyyppiset biodieselit sisältävät noin 10 % happea. Yleisimmät raaka-aineet ovat rypsi, rapsi ja soija. /17; 36/

Puhuttaessa biodieselistä käytetään nimityksiä ensimmäisen ja toisen sukupolven biodieselit sekä tulevaisuudessa kolmannen sukupolven biodiesel. Ensimmäisen ja toisen sukupolven välinen ero on häilyvä, mutta pääsääntönä on, että toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistaminen kuluttaa vähemmän energiaa, kuin niistä polttamalla saa. Toisen sukupolven biodieselillä on myös laajempi raaka-ainevalikoima kuin ensimmäisen sukupolven biodieselillä. /49/

Yleisimmin tänä päivänä valmistetaan ensimmäisen sukupolven RME (rapeseed-methyl-ester) -biodieseliä, mutta toisen sukupolven biodieselit ovat tulossa markkinoilla laajemmin muutaman vuoden sisällä. /39/

3.2.1 Ensimmäisen sukupolven biodiesel

RME (rapeseed-methyl-ester) on ensimmäisen sukupolven biodiesel. Sitä valmistetaan vaihtoesteröintimenetelmällä, jossa triglyseridi reagoi alkoholin kanssa muodostaen esterin ja glyserolin. Yleisimmin käytetyt raaka-aineet ovat rypsi ja rapsi. Muita raaka-aineita ovat auringonkukkaöljy sekä soijaöljy. Vaihtoesteröinnissä käytetään usein katalyyttinä vahvaa natriumhydroksidia. Alkoholeina käytetään metanolia tai etanolia. Yleisin yhdistelmä on kuitenkin rypsi- tai rapsiöljy ja metanoli, joista valmistetaan RME:tä. Kuvassa 1 on esitetty RME:n valmistusreaktio. Metanolin sijasta voidaan käyttää etanolia, jolloin tuotteena on REE (rapeseed-ethyl-esters). /23; 39/



Kuva 1. RME:n kemiallinen reaktio /23/

Kasviöljyistä valmistetuilla biodieseleillä lämpöarvo(32,2 MJ/l) on alhaisempi kuin normaalilla dieselillä (35,7 MJ/l) esterin sisältämän hapen vuoksi. Tästä johtuu biodieselin suurempi litramääräinen polttoainekulutus. RME:llä on suurempi tiheys, joka kumoaa osittain alhaisen lämpöarvon. RME:n korkeampi viskositeetti verrattuna dieseliin vaikuttaa polttoaineen ruiskutukseen ja kylmäkäynnistykseen. Periaatteessa biodieselin ja dieselöljyn tankkaus ja varastointi eivät eroa toisistaan. Huomioitava ero näiden kahden välillä on se, että biodieselillä on parempi liuotuskyky sekä huonompi varastointistabiilisuus. Biodieselillä on myös taipumus vaahdota tankattaessa. /38;47/

Standardi EN 590 asettaa raja-arvoja biodieselille (RME). Sen mukaan dieselpolttoaineessa saa olla sitä enintään 5 tilavuus-%. Myös standardi EN 14214 asettaa laatuvaatimuksia biodieselille. Standardeilla ei ole lainvoimaa, mutta esimerkiksi monet autonvalmistajat vaativat, että standardin vaatimukset täyttyvät. RME:n käyttöä rajoittaa myös, sen kiteytyminen alle -0 C° lämpötilassa. RME alentaa hiukkaspäästöjä, mutta NO_x (typpioksidi) -päästöt lisääntyvät. Käytön kannalta on myös olennaista, että auton kumiosat ja polttoaineen siirtoletkut kestävät /18; 34; 36/

3.2.2 Synteettiset biopolttoaineet - 2. sukupolven biodiesel

Toisen sukupolven biodieselillä on laajempi raaka-ainevalikoima kuin ensimmäisen sukupolven biodieselillä. Raaka-aineena voidaan käyttää melkein kaikkea biomassaa, jonka kosteuspitoisuus on matala. Toisen sukupolven biodieselillä on huomattavasti parempi laatu kuin ensimmäisen sukupolven biodieselillä. Toisen sukupolven biodieselit ovat, BtL – Biomass to Liquid -biodieseleitä. Ne pyrkivät jäljittelemään

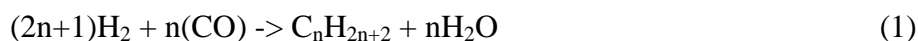
olemassa olevia fossiilisia polttoaineita. Tavoitteena on myös, että niitä voitaisiin käyttää olemassa olevissa jakelujärjestelmissä ja moottoreissa. /19/

BtL:n yleisimmät valmistusprosessit ovat Fisher-Tropsch- ja Mobil-prosessi. Neste Oil valmistaa toisen sukupolven biodieselinsä vetykäsittelyyn perustuvalla NExBTL-prosessilla. /19; 22/

Fischer-Tropsch-prosessi

Fischer-Tropsch-synteessissä syntyy hiilivetyjä ja reaktiossa vapautuu lämpöä (eksoterminen reaktio). Hiilivety seos sisältää, olefiinejä, parafiinejä ja hapetettuja tuotteita. Tuotejakaumaan vaikuttavat lämpötila, lähtökaasun koostumus (H_2/CO), paine, katalyytti ja katalyytin koostumus. Katalyytteinä käytetään useimmiten kobolttia ja rautaa. Fischer-Tropsch-synteessissä on neljä päävaihetta: synteetikaasun tuottaminen, kaasun puhdistus, Fischer-Tropsch-synteesi ja tuotteen jatkojalostus. Lämpötila valitaan halutun tuotteen laadun ja tyyppin mukaan; joko matala lämpötila 200–240 C° tai korkea lämpötila 300–350 C°. /28/

Fischer-Tropsch-reaktiossa synteetikaasu, joka sisältää vetyä ja hiilimonoksidia muuttuu hiilivedyksi ja vedeksi. /28/



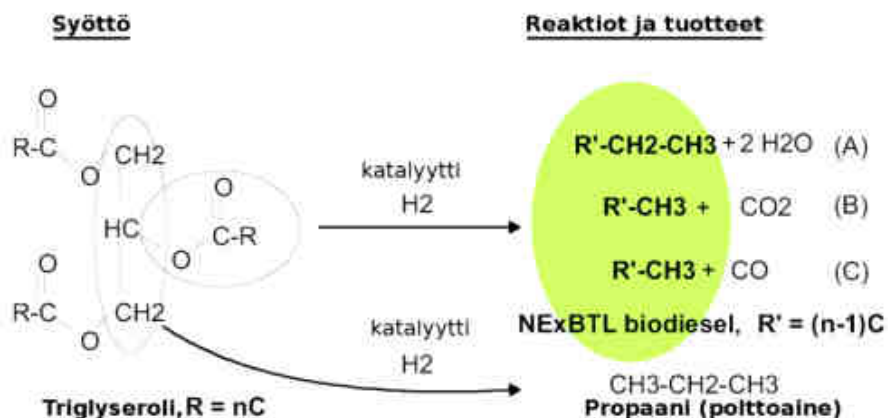
Fischer-Tropsch-tekniikalla valmistettu BtL-biodiesel on vielä kehitysasteella. Saksalaisella Choren Industries GmbH:lla on aikomus aloittaa Sun Dieselin valmistus kyseisellä menetelmällä. Choren Industries GmbH toimii yhteistyössä DaimlerCrysler AG:n ja Volkswagen AG:n sekä Shellin kanssa. Choren Industries GmbH käyttää raaka-aineena maataloudesta ja metsätaloudesta saatavaa biomassaa sekä eloperäistä jätettä ja kierrätysmateriaaleja. Ensimmäisen kaupallisen tuotantoon tähtäävän laitoksen on suunniteltu aloittavan toimintansa 2009, ja sen kapasiteetti tulee olemaan 200 000 tonnia/vuodessa. Myös suomalainen UPM on suunnitellut aloittavansa lähivuosina toisen sukupolven biodieselien valmistuksen käyttämällä Fischer-Tropsch-menetelmää. /19; 23/

Mobil-prosessi

Mobil-prosessi on kaksivaiheinen katalysoitu prosessi. Ensimmäisessä vaiheessa valmistetaan metanoli. Metanolia käytetään syötteenä tuottamaan eripituisia hiilivetyketjuja. Tässä vaiheessa käytetään katalyyttinä zeoliittia. Seuraavan vaiheena on konversio, jossa poistetaan vettä ja tuotetaan dimetyylieetteri. Tästä seuraa sarja erilaisia reaktioita, joissa vettä poistamalla pidennetään hiilivetyketjun pituutta. Vedenpoiston tuloksena saadaan hiilivetyjen seos, joka sisältää 80 massa-% polttoaineen tuottoon soveltuvaa hiilivetyä. Seos sisältää 50 massa-% haarautuneita alkaaneja, 7 massa-% haarautuneita alkeeneja ja 30 massa-% syklo ja aromaattisia hiilivetyjä. /19/

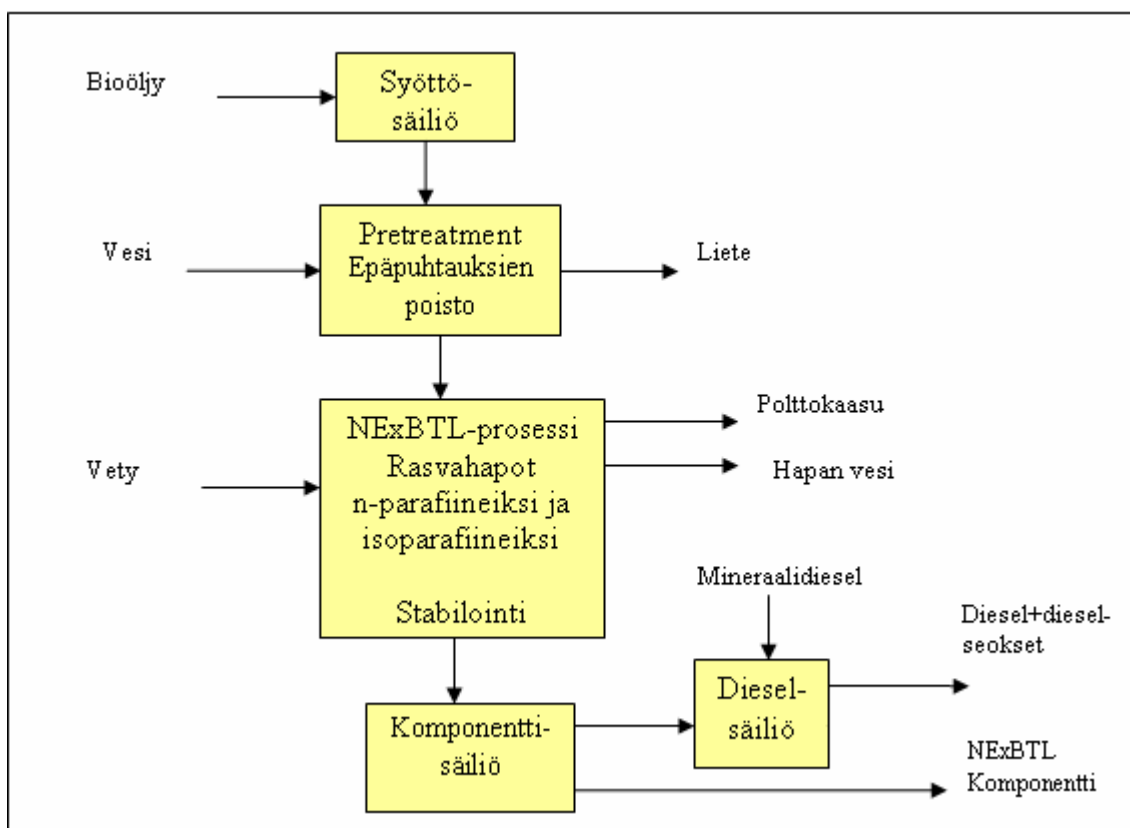
NExBTL-prosessi

NexBTL-prosessi on Neste Oilin kehittämä teknologia biodieselin valmistamiseen kasviöljyistä ja eläinrasvoista. Neste Oil pyrkii käyttämään syötäväksi kelpaamattomia viljelykasveja. NExBTL vastaa ominaisuuksiltaan olemassa olevia dieselaita, se on puhdas hiilivety (C_nH_{2n+2}), rikitön, hapeton, typetön ja aromaattivapaa biodiesel, jolla on erittäin korkea setaaniluku. NExBTL koostuu haaroittuneista ja lineaarisista alkaaneista, joiden ketjunpituudet vaihtelevat C12–C26, valtaosan ollessa välillä C14–C19. Käyttöturvallisuustiedotteen /9/ mukaan NExBTL:n ja lisäaineiden seos koostuu keskitisalueen iso- ja n-parafiinisista hiilivedyistä, ja siinä on kokonaisaromaatteja enintään 1,0 paino-%. Kuvassa 2 on Neste Oilin uuden biodieselin kemiallinen valmistusreaktio. / 10;11;41/



Kuva 2. NExBTL:n valmistusreaktio / 22/

NExBTL vastaa myös EN 590 ja WWFC:n luokan 4 vaatimuksia, mutta on kevyempi. Tuotteelle on annettu varoitusmerkintä Xn (haitallinen) ja R-lauseke R65 (haitallista, voi aiheuttaa keuhkovaurion nieltäessä). NExBTL:n tuotanto aloitettiin Porvoon jalostamolla kesällä 2007 ja toisen biodiesellaitoksen olisi tarkoitus aloittaa toimintansa vuoden 2008 lopulla. Yhden laitoksen tuotantokapasiteetti on vuodessa 170 000 tonnia. Tuotanto tapahtuu vedytyksellä, valmistusprosessin lohkokkaavio on kuvattu kuvassa 3. /10; 41/



Kuva 3. NExBTL:n valmistuksen lohkokkaavio /22/

3.2.3 Biodieselin hyvät ja huonot puolet

Biodiesel on myrkytön ja se hajoo luonnossa. Se ei syty alle 177 °C lämpötilassa, mutta sillä on huono kylmänkesto. RME alkaa kiteytyä jo -0 °C lämpötilan tienoilla, raaka-aineen mukaan. Biodieselin käyttö vähentää jonkin verran kasviuonepäästöjä verrattuna fossiilisen dieselin käyttöön. Biodieselillä on hyvä voitelevuus. /18/

Biodiesel voi liuottaa maalia autosta. Se voi myös vahingoittaa auton kumiosia, kuten tiivisteitä ja polttoaineletkua. Varsinkin vanhemmissa autoissa tämä on ongelman, koska niissä on käytetty usein luonnonkumisia tiivisteitä, jotka eivät kestä öljyjä. Biodiesel on hyvä liuotin ja se liuottaa polttoaineletkusta lietettä, joka saattaa tukkia polttoainesuodattimen. Suodattimen tukkeutumisesta seuraa tehohäviöitä. Kun autoissa käytetään RME:tä, on suodattimet vaihdettava useammin kuin käytettäessä normaalia dieseliä. /18/

3.3 Biopolttoaineiden tulevaisuus

Tulevaisuudessa pyritään yhä puhtaampiin ja parempiin tuotteisiin. Raaka-ainevalikoima laajenee, pyritään välttämään ruoaksi soveltuvaa biomassaa ja siirrytään käyttämään entistä enemmän jätettä kuten metsä- ja maatalousjätettä./23/

Tulevaisuudessa kehitetään entistä enemmän toisen sukupolven biopolttoaineita, kuten lignoselluloosan jalostamista sekä teknologioita biomassan muuttamiseksi nestemäiseksi polttoaineeksi. Kehitettäviä teknologioita ovat mm. Fisher-Tropsch-biodieselin valmistusmenetelmät. Lignoselluloosan jalostaminen on jo melko pitkällä ja EU:ssa on toiminnassa kolme pilottilaitosta Espanjassa, Ruotsissa ja Tanskassa. Fisher-Tropsch-biodieseliä kehittää Euroopassa ainakin Choren Industries GmbH, jonka tuote kaupallistetaan vuoden 2009 aikana. /23; 34/

4 BIOPOLTTOAINEET MAAILMALLA

Tällä hetkellä merkittävimmät vaihtoehtoiset polttoaineet, jotka ovat käytössä maailmalla, ovat etanoli, nestekaasu, maakaasu ja biodiesel. Etanoli käytetään eniten Yhdysvalloissa ja Brasiliassa, jotka ovat myös suurimpia valmistajia. Euroopan maista Ruotsissa käytetään paljon etanolia. Biodieseliä tuotetaan pääosin Euroopassa, eikä kauppaa juurikaan käyda maailmanmarkkinoilla. Euroopassa biodieselin osuus tuotetuista biopolttoaineista on 85 %. Toisaalta biopohjaisten polttoaineiden käyttö on

maailmalla vielä vähäistä. Vaihtoehtoisten polttoaineiden osuus oli arviolta vain 0,5 % vuonna 2006. /36/

4.1 Yhdysvallat

Yhdysvalloissa halutaan eron tuontiöljyriippuvuudesta lisäämällä biopolttoaineiden käyttöä. Yhdysvalloissa on määritetty tavoitteet uusiutuvan energian käytölle ja tavoitteet sisältävät myös liikenteen biopolttoaineet. Liikenteenbiopolttoaineiden tavoitteeksi on asetettu 10 % vuodeksi 2010 sekä vuoden 2030 alustavaksi tavoitteeksi 20 % kaikista liikennepolttoaineista. Vuoden 2015 tavoitteeksi Yhdysvaltain energiaministeriö on asettanut kustannustehokkaan etanolin tuotannon lignoselluloosaraaka-aineista. Vuonna 2004 biopolttoaineita oli käytössä 4 %./36/

Yhdysvalloissa joissakin osavaltioissa käytetyin biopolttoaine on etanoli. Etanolia on käytetty moottoripolttoaineena vuodesta 1908. Vuonna 1978 kongressi hyväksyi verohelpotuksen 10 % etanolia sisältävällä bensiinille. Nykyisin suurin osa etanolista käytetään bensiinin seoskomponenttina. Kaikki Yhdysvaltojen markkinoilla olevista autonvalmistajista hyväksyy 10 % etanoli-bensiiniseoksen (Gasholin) käytön. Biodieseliä käytetään vuodessa vain noin 100 000 toe/a, vaikka tuotantokapasiteetti on 300 000 toe/vuosi. Joissakin osavaltioissa on kielletty MTBE:n käyttö bensiinikomponenttina, koska se on liukoinen veteen ja saattaa siksi saastuttaa pohjavesiä. /36/

Yhdysvalloissa on voimassa CAFE- polttoainekulutusmääräys. Se asettaa autonvalmistajien tuottamille autoille ylärajan keskimääräiselle polttoaineenkulutukselle. Tämän takia autonvalmistajat ovat alkaneet kiinnostua FFV- autojen (Flexible-Fuel Vehicle) valmistamisesta./36/

4.2 Brasilia

Vuonna 1975 Brasiliassa käynnistyi Proálcool-ohjelma, joka on etanolipolttoaineiden edistämishjelma. Tavoitteena on kalliiden öljytuotteiden tuonnin vähentäminen.

Nykyisin Brasiliassa kaikki myytävä bensiini sisältää 25 % etanolia. Käytössä on ollut myös 100 prosenttisella etanolilla toimivia autoja, mutta kyseiset autot ovat vanhentumassa ja tilalle on tulossa FFV-autoja. /36/

Brasiliassa suunnitellaan etanolituotannon lisäämistä vastaamaan paremmin kysyntää. Suunnitteilla on rakentaa vuoteen 2010 mennessä 50 uutta laitosta sekä useita nykyisiä laitoksia ollaan laajentamassa. Tavoitteena on nostaa tuotanto yli 27 miljardiin litraan vuoteen 2010 mennessä. /36/

4.3 EU

Euroopan unioni on asettanut direktiivi 2003/30/EY mukaan vuoden 2010 tavoitteeksi biopolttoaineiden osuudeksi 5,75 % kaikista polttoaineista energiasisällön perusteella. Vuonna 2020 tavoitteena on saavuttaa vaihtoehtoisille polttoaineille 10 %:n osuus liikennepolttoaineista. EU-maiden kansalliset tavoitteet ovat liitteenä 1. /25; 33/

EU-maat käyttävät biopolttoaineita eri tavalla. Ruotsissa käytetään pääasiassa etanolia ja sen seoksia bensiinin kanssa. Ruotsissa, sekä joissakin muissa maissa, käytetään biokaasua metaanikäyttöisissä ajoneuvoissa. Ranskassa ja Espanjassa käytetään bensiinin lisäainekomponenttina ETBE:tä. Saksassa, Ranskassa ja Italiassa käytetään biodieseliä /36/

Biodieselin tuotanto on kasvanut voimakkaasti viimeisten vuosien aikana. Biodieselin suurin tuottajamaa EU:ssa on Saksa. Etanolin suurin tuottaja maa on Espanja. Lisäksi tuotantoa on Ranskassa, Ruotsissa ja Puolassa. /36/

Osa EU-maista on asettanut velvoitteita biopolttoaineiden käytölle. Velvoitteet ovat oikeudellisia välineitä. Niillä vaaditaan polttoainetoimittajia sisällyttämään markkinoilla tuottamiinsa polttoaineisiin määrätyn prosenttiosuuden biopolttoaineita.

Ranskassa velvoitteeksi on asetettu 2 % ja Itävallassa 2,5 %. Molemmissa maissa velvoitetaso tulee nousemaan lähivuosina. Sloveniassa velvoitteet astuivat voimaan 2006. Velvoitteita ottaa käyttöön vuonna 2007 muun muassa Alankomaat, Saksa ja Tšekki. Iso-Britannia ottaa velvoitteen käyttöön vuonna 2008. /36/

4.3.1 Ruotsi

Ruotsissa on aktiivisesti keskitytty biopolttoaineiden käyttöönottoon, erityisesti etanoliin ja biokaasuun. Uusiutuville polttoaineille on myönnetty verohelpotus vuosille 2003–2008. Lisäksi Ruotsissa myönnetään muita tukia, kuten etanolia käyttäville työsuhdeautoille. Veroalennus etanolille on 0,52 €/l ja biodieselille 0,36 €/l. Vuonna 2006 astui voimaan määräys, että tietyn myyntimäärän ylittävillä jakeluasemilla pitää olla saatavilla biopolttoainetta. Myyntiraja on aluksi 3 000 m³ bensiiniä/dieselpolttoainetta vuodessa, ja se laskee vuoteen 2009 mennessä 1 000 m³:iin vuodessa. Vuoden 2010 tavoitteena on saavuttaa biopolttoaineille 5,75 % osuus kaikista liikennepolttoaineista. /36; 46/

Ruotsin ratkaisut ovat osittain tekniikkasidonnaisia. Ruotsissa onkin käytössä FFV-autoja sekä maakaasulla käyviä autoja. Etanolia käytetään bensiinin seoskomponenttina 5 % pitoisuudella ja E85-polttoaineena, joka vaatii FFV-auton. Etanolia käytetään myös erikoisrakenteisten bussien polttoaineena. Noin 85 % polttoaineena kulutetusta etanolista käytetään bensiinin seoskomponenttina. /36/

Ruotsissa biodieselin kulutus on 15 000 m³/vuosi (12 000 toe). Biodieselistä 80 % tuodaan ulkomailta. Aikaisemmin Ruotsin dieselpolttoaineen paras ympäristöluokka, MK1, ei sallinut RME:n käyttöä, mutta normi muuttui elokuussa 2006. Nykyään RME:tä saa normin mukaan käyttää 5 % dieselin joukossa. Kulutuksen arvellaan nousevan lähivuosina 120 000 m³/vuosi (95 000 toe/a) /36/

Ruotsin liikenteessä metaanin käyttö on lisääntynyt tasaisesti ja kohdistunut lähinnä biokaasuun, jota on liikennekaasuista nyt 50 %. Etelä-Ruotsissa on biokaasun jakeluun sekä erillisiä että maakaasuverkkoon kytkettyjä järjestelmiä. /36/

Tällä hetkellä Ruotsi panostaa puupohjaisten biopolttoaineiden tutkimus- ja kehitystyöhön. Örnköldsvikissä on puupohjaisen etanolin pilottilaitos. Ruotsissa tutkitaan mahdollisuutta valmistaa liikenteen biopolttoaineita synteetisikaasun avulla./36/

4.3.2 Saksa

Saksa on EU:n johtava biodieselin valmistaja. Saksassa biodieselin seoskäyttö on ensisijainen vaihtoehto. Nykyisin Saksan autoteollisuus tukee synteettisten polttoaineiden kehitystyötä. /36/

Vuodesta 2004 RME:tä on lisätty fossiilisen dieselin joukkoon. Saksassa uskotaan biodiesel-diesel seoksen käyttäjien lisääntyvän sekä biodieselin prosenttiosuuden kasvavan dieselin joukossa./46/

Aikaisemmin Saksassa oli täydellinen veroalennus biopolttoaineille, mutta uuden lain myötä biopolttoaineita aletaan verottaa. Uusi vero on 0,09 €/l biopolttoaineille. Saksan hallitus on päättänyt nostaa pakollisen biopolttoaineen osuutta polttoaineessa 5 %:sta 10 %:iin. Nosto koskee sekä etanoli-bensiiniseoksia että biodiesel-dieselseoksia. Toimeenpanopäivää biopolttoaineiden käyttövelvoitteen nostamiselle ei ole vielä päätetty. /15; 46/

4.3.3 Espanja

Vuonna 2005 Espanjan biodieselin tuotantokapasiteetti oli 322 000 tonnia/vuosi. Espanjassa on 10 biodiesel-laitosta. Pääraaka-aineita ovat rypsi- ja auringonkukkaöljy. Espanjassa on täydellinen verohelpotus biopolttoaineille. /36;46/

4.3.4 Ranska

Biodiesel ja ETBE ovat olleet osittainen verovapaus vuodesta 1992. Veroalennusten määrä tarkistetaan vuosittain. /46/

4.3.5 Iso-Britannia

Isossa-Britanniassa on osittain veroalennus biopolttoaineille. Käytössä on sekä etanoli että biodiesel. /46/

4.3.6 Suomi

Suomessa astuu 1.1.2008 voimaan laki, jonka mukaan jakelijoille tulee jakeluelvoite. Vuonna 2008 jakelijan on toimitettava vähintään 2 % biopolttoainetta, laskettuna kyseisenä vuonna kulutukseen toimittamiensa moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä. Vuonna 2009 jakeluelvoite on 4 % ja vuodesta 2010 eteenpäin vähintään 5,75 %. /47/

5 AUTON- JA MOOTTORINVALMISTAJIEN KANTA

RME:n on todettu soveltuvan dieselin korvaajaksi, mutta autonvalmistajien takuun voimassaolo vaihtelee käytettäessä biopolttoaineita. Yleisimmin on hyväksytty biodieselin käyttö 5 % pitoisuuteen asti dieselin seassa. Monet työkonemoottorien valmistajista kuitenkin sallivat RME:n käytön jopa 100-prosenttisena. Yleisesti autonvalmistajat tarkoittavat biodieselillä RME:tä. Käytäntönä on myös, että biopolttoaineet täyttävät autonvalmistajien asettamat standardit. Yleisimmät vaatimukset ovat, että polttoaine täyttää standardin EN 14214 tai ASTM D6751, jotkut valmistajat vaativat, että molemmat standardit täyttyvät.

Volvo Truck Corporation ei hyväksy enempää kuin 5 % RME:tä dieselin joukossa. Syynä on typpioksidipäästöjen kasvaminen merkittävästi sekä injektiosysteemin vaurioitumisen riski käytettäessä RME:tä. /16/

Scania hyväksyy 100-prosenttisen RME:n käytön rekoissa, joissa on moottorin erikoisinjektioyksikkö. Erikoisinjektioyksikkö on useimmissa Scanian rekoissa, jotka on rakennettu viimeisten kahdeksan vuoden aikana. 100-prosenttisen RME:n on täytettävä standardin EN 14212 asettamat vaatimukset. Scania on hyväksynyt jo aiemmin 5 % RME-dieselseoksen käytön. Tämän seoksen on täytettävä dieselin standardi EN 590. /24/

Sisudiesel hyväksyy ajoneuvoissa, joissa on yhteispaineruiskutusmoottori 20 % biodieseliä dieselin joukossa. Moottoreissa, joissa ei ole yhteispaineruiskutusta, voidaan käyttää 100 % biodieseliä. Biodieselin on kuitenkin täytettävä EN 14214 tai ASTM D6751-standardi. Esteröimätöntä, kylmäpuristettua tai muita biodieseleitä, jotka eivät täytä vaadittuja normeja, ei tule käyttää./45/

Taulukossa 1 on esitetty muutaman autonvalmistajan takuun voimassaolo, kun käytetään biodieseliä. /29; 38/

Taulukko 1. Autonvalmistajien takuut /29/

Valmistaja	Takuun voimassaolovaatimukset
EMA	Hyväksyy 5 % biodieselin seokset. Täytettävä ASTM D6751.
Caterpillar	Monet moottorit sallivat 100 % RME:Tä, muut rajoitettu 5 %:iin. Täytettävä ASTM D6751.
Cummins	Kaikissa moottoreissa sallitaan biodiesel 5 %:iin saakka, täytettävä ASTM D6751.
Detroit Diesel	Sallitaan biodieselin käyttö 20 %:iin asti. Täytettävä DDC-dieselpolttoöljyn määräykset.
Ford	Hyväksytään 5 % biodieselin seokset. Täytettävä molemmat ASTM D6751- ja EN 14214 -standardit.
General Motors	Kaikissa moottoreissa sallitaan biodiesel 5 %:iin saakka, Täytettävä ASTM 6751.
International	Biodiesel sallitaan 20 % asti. Täytettävä ASTM D6751.
DaimlerChrysler	5 % biodieseliä saa olla kaikissa uusissa 2005 Jeep Liberty Common Rail Diesel -autoissa
John Deere	Kaikissa moottoreissa sallitaan biodiesel 5 % saakka, täytettävä ASTM 6751 (Huom: Viimeisimmän tiedon, että 2 % biodieseliä lisätään kaikkiin uusiin tuotteisiin, jotka lähtevät tehtaalta.)

6 POLTTOAINELETKU

Polttoaineletkussa on kolme kerrosta, sisäkumi, vahvikekerros ja pintakumi (kuva 4). Sisäkumin on kestävä letkun sisään tulevan materiaalin aiheuttama kulutus, kemiallinen rasitus ja lämpötilan aiheuttama rasitus. Sisäkumin tulee olla tiivis, sileä ja sen on suojattava vahvikemateriaalia. Sisäkalvo voidaan korvata muovilla. Näin saadaan parannettua kemiallista kestävyyttä. Vahvikekerroksen tulee kestä mekaanista rasitusta kuten sisäpuolista painetta, alipainetta ja vetorasitusta. Vahvikemateriaalin tehtävänä on tehdä letkusta kestävämpi ja pitää letku muodossaan. Se pitää letkun oikeissa mitoissa. Yleisimpiä vahvikemateriaaleja ovat tekstiilikuidut. Kuidut voidaan kiertää langoista, tai langoista voidaan tehdä koordikankaita. Usein vahvikekerros sisältää myös välikumin, joka parantaa vahvikemateriaalin ja kumin tarttuvuutta. Välikumin tulee olla sellainen, että se tarttuu hyvin sisä- ja pintakumiin sekä

vahvikkeeseen. Pintakumin tarkoituksena on suojata ulkopuoliselta rasitukselta, kuten kulutukselta, kemialliselta rasitukselta, lämpörasitukselta sekä säältä ja otsonilta. /8/



Kuva 4. Polttoaineletkun rakenne /8/

Polttoaineletkulta vaaditaan lämmönkestoa, koska se joutuu olemaan sekä kylmässä että kuumassa. Lisäksi sen on kestävä polttoaineita ja siinä olevia komponentteja. Samat vaatimukset kohdistuvat kaikille letkunosiille, joskaan pintakumin ei tarvitse kestää itse polttoainetta niin hyvin, roiskeöljyn kesto riittää. Pintakumilta vaaditaan kuitenkin sään- ja otsoninkesto. Polttoaineen siirtoon tarkoitetuilta letkuilta vaaditaan näiden ominaisuuksien lisäksi vielä mekaanista lujuutta sekä antistaattisuutta. /12/

7 POLTTOAINELETKUN VALMISTUSMATERIAALIT

7.1 Elastomeerit

Kumit jaetaan yleisesti vulkanoitaviin yleiskumeihin ja erikoiskumeihin sekä termoplastisiin kumeihin. Jako yleiskumeihin ja erikoiskumeihin tapahtuu kumin yleisyyden ja hinnan perusteella. Yleiskumien ominaisuuksia ovat halpa hinta, helppo työstettävyys, hyvä raakatartunta sekä rajoitettu otsonin ja säänkesto.

Erikoiskumit puolestaan ovat usein kalliita. Lisäksi niillä on yksi tai useampia ominaisuuksia, joissa ne ovat parempia kuin yleiskumit. Tämänkaltaisia ominaisuuksia ovat mm. hyvä öljyn- ja lämmönkesto. Yleiskumeja ovat NR (luonnonkumi), SBR (styreenibutadieenikumi), IR (isopreenikumi) ja BR (butadieenikumit).

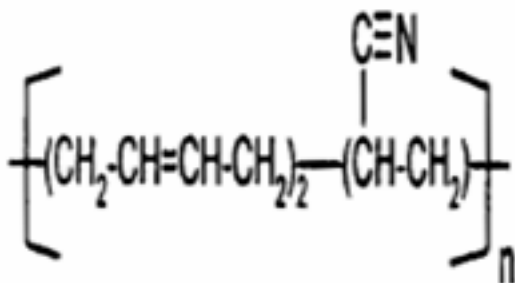
Erikoiskumeihin puolestaan luetaan IIR (butyylikumit), NBR (nitrilikumit), CR

(kloropreenikumit), EPM ja EPDM (eteeni-propeenikumit), Q (silikonikumit), FPM (fluorikumit), ECO ja CO (epikloorihydriinikumit), AU ja EU (uretaanikumit) sekä ACM (akryylikumit)./6, s.246–247; 13/

Erikoiskumit jaetaan Suomessa luokkiin standardin SFS 3551 mukaan. Luokkien 63–67 kumit ovat öljyn kestäviä, kestävät joitakin öljyjä tai kestävät osittain öljyjä. Öljyä kestäviä kumeja ovat NBR, ECO ja CO sekä FPM. Alifaattisia öljyjä kestäviä kumeja ovat CR ja AU sekä EU. /13/

7.1.1 Nitriilikumit NBR

NBR valmistetaan emulsiopolymeroinnilla butadieenista ja akrylinitriilistä (ACN), jonka osuus vaihtelee 18–50%. NBR-kumin rakenne on kuvattu kuvassa 5. Tuotteiden öljyn- ja lämmönkestävyys paranevat ACN-pitoisuuden kasvaessa, mutta samalla kylmänkestävyys ja kimmoisuus heikkenevät. NBR:n tärkeimmät ominaisuudet ovat sen hyvä öljyn- ja polttoaineidenkestävyys. Se säilyttää alkuperäiset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuutensa, kuten vetolujuutensa ja moduulinsa sekä muotonsa ollessaan kosketuksissa öljyjen ja polttonesteiden kanssa. NBR kestää useimpia kemikaaleja, mutta turpoo kuitenkin voimakkaasti poolisissa liuottimissa, kuten asetonissa ja metyyliketonissa. NBR ei kiteydy venytyksessä. Sen käyttökohteita ovat letkut, venttiilit, painotelat sekä kuljetushihnat. /13; 35/



Kuva 5 NBR:n rakenne /35/

NBR:llä on huono tarttuvuus muihin materiaaleihin. NBR:llä on myös hyvä läpäisemättömyys, kulutuksenkesto ja terminen stabiilisuus. Sen käyttökohteita ovat

letkut, venttiilit, painotelat sekä kuljetushihnat. Käyttölämpötila-alue on $-40\dots+120\text{ °C}$.

/13; 35/

Karboksyloidulla nitrilikumilla (XNBR) on samat öljynkesto-ominaisuudet kuin tavallisella NBR:llä, mutta korkeampi moduuli ja vetolujuus. /13/

7.1.2 HNBR

HNBR:ssa (hydratussa nitrilikumissa) on joidenkin pääketjun kaksoissidosten paikalle liitetty vety. HNBR:llä on korkea vetolujuus, matala jäännösmuodonmuutos sekä hyvä hankauskestävyys. HNBR on NBR:ää parempi otsonin, hapen, kemikaalien ja lämmönkeston suhteen, koska se sisältää vähemmän kaksoissidoksia. HNBR:llä on erinomainen öljynkesto, se kestää alifaattisia ja aromaattisia hiilivetyjä sekä kasviöljyjä, mutta turpoaa polaarisisä liuoksissa, kuten ketoneissa. Sillä on myös laajempi käyttölämpötila-alue, kestää lämpöä aina 150 °C :seen. HNBR säilyttää elastisuutensa myös matalissa lämpötiloissa paremmin kuin muut lämmön- ja öljynkestävät elastomeerit. HNBR:n on osoitettu olevan käyttökelpoinen tiivisteissä ja muottituotteissa, jotka ovat kosketuksissa RME:n kanssa. Autonvalmistajat ovat hyväksyneet moottoreissaan HNBR:n käytön käytettäessä RME-dieselseoksia. HNBR:ää voidaan käyttää myös tankeissa ja putkissa. /1, s. 22; 37/

7.1.3 Epikloorihydriinikumit (CO, ECO, ETER)

Epikloorihydriinikumit ovat epikloorihydriinin homopolymeerejä CO, epikloorihydriinin ja eteenioksidin kopolymeerejä ECO sekä terpolymeerejä ETER, jolloin kolmantena monomeerina on jokin dieeni. /13/

Epikloorihydriinikumien käyttölämpötila-alue on $-50\dots+135\text{ °C}$. Niillä on hyvä kaasutiiveys ja öljynkestävyys, jotka ovat NBR-kumin luokkaa. Lämmön-, pakkasen- ja

otsoninkesto ovat NBR:ää parempia. Epikloorihydriinikumit ovat kuitenkin kalliimpia kuin NBR. Käyttökohteet ovat samoja kuin NBR:illä. / 2;13 /

Epikloorihydriinikumin polymeereillä (CO, ECO ja ETER) on ominaisuuksia, joita ei ole muilla epikloorihydriinikumeilla. CO ja ECO turpoavat erittäin vähän öljyissä, polttoaineissa ja alifaattisissa liuottimissa. ETER:n tyydyttymättömyysaste mahdollistaa rikki- tai peroksidivulkanoinnin, mikä tekee sen helpoksi sekoittaa ja työittää yhdessä tavanomaisten elastomeerien kuten SBR:n ja NBR:n kanssa. /1/

7.1.3 Kloropreenikumit CR

Kloropreenikumissa on yhdistynyt korkea elastisuus, eikä kumi ylläpidä palamista. Lisäksi sillä on hyvät vanhenemisominaisuudet erilaisissa sääolosuhteissa. CR valmistetaan emulsiopolymeroimalla 2-klooributadieenia. CR on kahta laatua, tiolimodifioitu sekä rikki- ja tiuramimodifioitu. Yksittäiset kumilaadut eroavat molekyylipainonsa ja kiteytymistaipumuksensa perusteella. /13/

CR:n käyttölämpötila-alue on $-40...+120$ °C. CR kestää roiskeöljyjä, sillä on hyvä otsonin ja säänkesto. Se on mekaanisesti kestävä. Kiteytymistaipumus rajoittaa kuitenkin sen käyttöä alhaisissa lämpötiloissa. Käyttökohteita ovat tiivisteet, kuljetus- ja kiilahihna. CR:ää käytetään yleisesti öljyletkujen pintakumina. Se soveltuu käytettäväksi mineraaliöljyjen sekä rasvojen kanssa, mutta ei kestä aromaattisia öljyjä. CR kestää myös laimennettuja happoja ja alkaaneja. Kumia ei suositella suoraan kosketuksiin polttoaineiden kanssa. /2; 43/

7.1.4 Polyuretaanikumit AU ja EU

Polyuretaanikumit valmistetaan polyadditioreaktiolla korkean molekyylipainon omaavista dioleista ja di-isosyanaateista. Polyuretaanin ominaisuudet riippuvat

lähtöaineiden laadusta ja reaktio-olosuhteista. Polymeroinnissa voidaan käyttää dioleina joko polyesteridioleja (AU) tai polyeetteridioleja (EU). /13/

Polyuretaanikumit ovat ominaisuuksiltaan muovien ja kumien rajalla.

Polyuretaanikumeilla on erinomainen sitkeys ja kulutuskestävyys, mutta ne eivät kestä kuumaa vettä eikä höyryä. Polyuretaanikumeilla on erinomainen kulutuskestävyys ja öljynkesto sekä hyvähapen kestävyys. Niillä on myös hyvä taivutuskestävyys.

Uretaanikumeilla on rajallinen käyttölämpötila-alue, ylin lämpötila on tyypillisesti 80 °C. Kumi soveltuu teknisten tuotteiden kuten erilaisten tiivisteiden ja telapäällysteiden valmistusmateriaaliksi. /6, s.159; 38/

7.1.5 Fluorikumit FPM

Fluorikumit ovat kopolymeerejä ja niiden valmistuksessa on käytetty toista monomeeria. Tavallisin yhdistelmä on vinylideenifluoridi ja heksafluoridi (FKM) tai trifluorietyleni ja vinylidienifluoridi (CMF). Suurin osa fluoripitoisista homopolymeereistä ovat kiteisiä, ja niitä käytetään erilaisina muoveina. /13/

Fluorikumien käyttölämpötila-alue on -20...+250 °C. Niillä on erinomainen kemikaalien, liuottimien ja lämmönkesto. Ne kestävät erinomaisesti happea, otsonia ja sääolosuhteita. Fluorikumit ovat myös palamattomia. FPM-kumeilla on korkea hinta, joka rajoittaa niiden käyttöä. Käyttökohteita ovat erikoistiivisteet ja – kalvot. /2; 13/

FKM -kumi

FKM-kumi kestää korkeita lämpötiloja ja se on öljynkestävä sekä itsesammuva.

Käyttölämpötila-alue on -30...+250 °C, väliaikaisesti se kestää jopa 275 °C lämpöä.

FKM-kumi ei kestä fosfaattiestereitä, ammoniumia eikä polaaraisia matalan molekyylipainon omaavia orgaanisia aineita. Se kestää kemikaaleja kuten epäorgaanisia kemikaaleja, useimpia orgaanisia kemikaaleja. /1/

FFKM (perfluoroelastomeeri) on lämmönkestävä ja kallis kumilaatu. Se kestää melkein kaikkia kemikaaleja, poikkeuksena jotkin fluoria sisältävät liuottimet, jotka aiheuttavat turpoamista. /1/

7.1.6 Eteenipropeenikumit EPM ja EPDM

EPM on eteenin ja propeenin kopolymeeri ja EPDM on eteenin, propeenin ja kolmannen komponentin (dieeni) terpolymeeri. EPDM on näistä kahdesta tyypistä tärkeämpi. Siitä on useita eri laatuja, jotka eroavat toisistaan dieeniosan laadussa ja määrässä sekä eteenin ja propeenin suhteen perusteella. EPDM:llä on hyvä sään- ja otsonin- ja lämmönkesto. EPDM sietää suuria määriä täyteaineita. EPDM turpoo polttoaineissa ja öljyissä sekä sen raakatartunta- ja lujuusominaisuudet ovat huonot. Eteenipropeenikumia käytetään vesi- ja höyryletkuissa ja ikkunatiivisteissä. /13/

7.1.7 Polyvinyylikloridi PVC

PVC:n polymerointi voidaan suorittaa kolmella eri tavalla, emulsiopolymeroinnilla, suspensiopolymeroinnilla sekä massapolymeroinnilla. Jokainen näistä menetelmistä antaa tietyt erikoisominaisuudet muoville. Emulsiomenetelmässä emulgointiaineet tekevät muovista samean ja heikentävät eräitä sen kestävyysominaisuuksia, mutta parantavat sen muovailtavuutta. Suspensiomenetelmän avulla saadaan kirkkaampia, veden ja kemikaalien kestävyden suhteen sekä sähköneristysominaisuuksiltaan parempia tuotteita kuin emulsiopolymeroinnilla. Massapolymerointimenetelmällä saaduista laaduista on mahdollista valmistaa lasinkirkkaita, vahvoja muovituotteita. /6, s.184–185/

Kaupallisten PVC-laatuojen moolimassa on 40 000–70 000 g/mol sekä K-arvo 50–80. Mitä suurempi K-arvo on, sitä suurempi on polymeerin moolimassa, mekaaninen lujuus ja lämmönkestävyys. Toisaalta sitä vaikeammin polymeeri on muovattavissa. PVC on amorfinen muovi ja sen kiteytymisaste on 5–10 %. Se on kovaa muovia, mutta jo alle 0

°C alapuolella se on haurasta. Yli 100 °C lämpötiloissa PVC alkaa kehittää kloorivetyä, jonka estämiseksi muoviin on lisättävä stabilisaattoreita jo ennen muovausta. Korkean klooripitoisuuden takia (56 paino-%) PVC-muovi ei ylläpidä palamista. Se kestää erinomaisesti monia kemikaaleja, kuten happoja, halogeeneja, hapettavia aineita, vettä, suolaliuoksia ja alifaattisia hiilivetyjä. Aromaattisia hiilivetyjä ja estereitä se kestää huonosti.

PVC:hen voidaan sekoittaa täyteaineita, jotka alentavat hintaa ja usein antavat muoville haluttuja ominaisuuksia. Käytettyjä täyteaineita ovat mm, kaoliini ja liitu. Täyteaineita voidaan lisätä muoviin jopa 50 %. Muoviin lisätään myös pehmittimiä, niillä voidaan pehmittää itsessään kovaa muovia. Pehmittimiä lisätään noin 20–60 %, jotta päästään pehmeisiin, kumimaisiin laatuihin. Tärkeimpiä pehmittimiä ovat dioktyyliftalaatti ja trikresyylifosfaatti. Pehmeät tuotteet, kuten letkut, kestävät hyvin vettä. Orgaaniset liuottimet uuttavat pehmitinaineen muovista, joten bensiinin- ja nestekaasuletkuihin on käytettävä erikoispehmittimiä. /6 s. 186–187, 100/

NBR/PVC

NBR/PVC:n seoksella on korkeampi otsonin- ja hankauksenkesto kuin sen komponenteilla erikseen. PVC antaa seokselle paremman liuottimien kestävyys ja samalla NBR:llä säilyy tyypilliset kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. PVC:n lisäys nitrilikumin joukkoon parantaa myös NBR/PVC -seoksen pigmentin kestävyys, joka mahdollistaa värien käytön. /44/

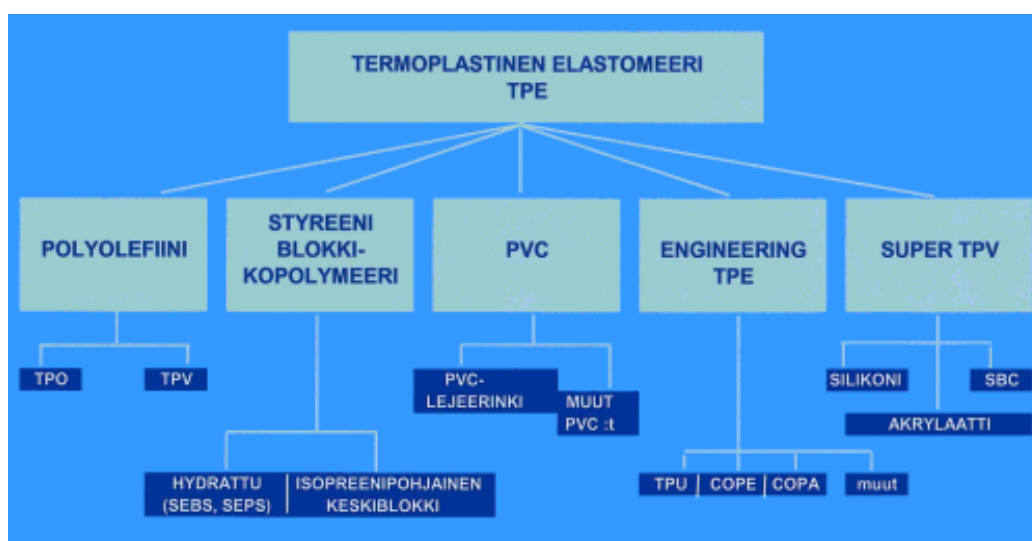
7.2 Termoplastit TPE

Termoplastit sijoittuvat ominaisuuksiltaan muovien ja kumien välille. Ne ovat lämpömuovautuvia kimmoisia polymeerejä. Niitä ei tarvitse vulkanoida ja ne on helppo prosessoida. TPE:ien jaottelutapoja on muutamia, kuvissa 6 ja 7 on esitetty niistä kaksi.

/9; 13/



Kuva 6. Termoplastisten elastomeerien ryhmittely /9/



Kuva 7. TPE:n jaottelu 5 ryhmään ja alaryhmiin. /9/

Termoplastiset elastomeerit voidaan siis valmistaa ilman vulkanointia, eikä niissä siksi ole vulkanoinnissa syntyviä ristisilloja. Termoplasteissa voidaan käyttää domainrakenteita luomaan verkkorakennetta, jossa jäykkyys aiheutuu sekundäärisidoksista (esim. vetysidokset). Tällaiset rakenteet ovat luonteeltaan fysikaalisia ja palautuvia. Tämänkaltaisia elastomeerejä kutsutaan termoplasteiksi. Termoplastien muotopysyvyys saavutetaan jäähdyttämällä se sulatilassa tapahtuneen työstön jälkeen sulamis- tai pehmenemispisteen alapuolelle. Termoplastien etuina ovat vulkanoinnin poisjääminen ja materiaalien helppo kierrätettävyys. Niiden haittapuolina ovat alhainen lämmönkestävyys ja korkea hinta. /6, s. 247, 255–256; 13/

Raaka-aineet toimitetaan jauheena tai granulaatteina. Raaka-aineiden sekoittaminen tapahtuu suurelta osin jo raaka-aineiden toimittajilla. Prosessoidessa raaka-aineita

niihin voidaan kuitenkin lisätä pehmittimiä, täyteaineita, katkokuituja ja suoja-aineita. Sekoitus tapahtuu ennen sulattamista ns. kuivasekoittamalla. Lopullisesti komponentit sekoittuvat vasta sulatuksen yhteydessä. /6, s.256/

Yleisimmät käytetyt termoplastit ovat lohkopolymeerejä, ne ovat tyyppiä A-B-A. A edustaa polymeerilohkoa, joka on kova ja kiteinen käyttölämpötilassaan mutta työstettävissä korkeammissa lämpötiloissa. B on polymeerilohko, joka on elastinen käyttölämpötilassa. Elastisen käyttäytymisen aikaansaamiseksi on tärkeää valita tarkasti lohkojen tyypit, pituudet ja paino-osuudet. Periaatteessa A voi olla mikä tahansa kestopuovi ja B mikä tahansa elastomeeri. /6, s. 255; 13/

Tyypillisiä TPE:n ominaisuuksia on esim. korkea alkumoduuli. Kylmäjuoksevuuden takia viruminen alkaa kuitenkin tapahtua nopeasti. Lämpötilan noustessa moduuli laskee nopeasti. Erityisesti COPE:n (termoplastinen polyesteri), COPA:n (kopolyamidi) ja TPU:n (termoplastinen polyuretaanit) kovuus on korkeampi kuin kumilla. Näillä elastomeereillä on myös erinomainen vetolujuus ja kulutus/repimiskesto ja taivutuskesto. Huoneenlämpötilassa TPE:llä on kohtalaiset jäännöspuristuma- ja rasituspalautuma-ominaisuudet, mutta ne huonontuvat lämpötilan noustessa.

Useimmilla TPE-laaduilla on rajoitettu öljyn- ja vanhenemisenkesto. NBR/PP:llä ja NBR/PVC:llä on hyvä öljynkesto. Vielä paremman öljynkeston antavat kalliimmat TPU, COPE, COPA ja jotkin uudemmat TPV:t (termoplastinen vulkanisaatti). Polaariset TPE:t saadaan tarttumaan melko helposti kumiin toisin kuin ei-polaariset, jotka tarttuvat kumiin vain liimaamalla tai modifioimalla. Useimpien TPE-materiaalien kaasunläpäisevyys on korkea, poikkeuksena IIR/PP-elastomeeri. /9/

TPE-materiaaleja kehitetään koko ajan. Kehitys keskittyy erityisesti kimmoisuuden parantamiseen, lämpötilan aiheuttaman virumisilmiön vähentämiseen, pehmeämpiin laatuihin, tartunnan parantamiseen, lämmön-, öljyn/nesteiden-, sään- ja vanhenemisen keston parantamiseen, palonkeston lisäämiseen, emissioiden vähentämiseen sekä prosessoinnin helpottamiseen. /9/

7.2.1 Termoplastiset polyesterit (TPE-E, COPE)

Kopolyesterielastit ovat lohkopolymeerejä, joiden rakenne on (A-B)_n. A on kova polymeerilohko, joka kiteinen käyttölämpötilassaan mutta työstettävissä korkeammissa lämpötiloissa. B on pehmeä polymeerilohko, joka on elastinen käyttölämpötilassa. COPE:ssa kovan lohkon muodostaa kiteytyvä aromaattinen polyesteri ja pehmeän lohkon amorfinen, joustava polyeetteriketju. /13/

COPE:a valmistetaan kaupallisesti useita eri kovuuksia (Shore D 35–75). Sillä on hyvä lämmön ja kemikaalien kesto, hyvä iskulujuus ja sen virumisominaisuudet ovat parhaat termoplasteista. Käyttölämpötila-alue on -60...+150 °C. Huonona puolena on sen kyky imeä vettä. /13/

7.2.2 Termoplastiset polyuretaanit (TPU-U, TPU)

TPU:t koostuvat kolmesta komponentista: aromaattisesta di-isosyanaatista, alifaattisesta polyeetteristä tai polyesteristä, joissa on hydroksi-pääteryhmät sekä ketjunjatkajasta, joka on esimerkiksi pienimolekyylinen dioli tai glykoli. Polymeeriketjun joustavat lohkot koostuvat alifaattisesta polyeetteristä ja polyesteristä ja kovat lohkot muodostuvat aromaattisen polyuretaanin ja glykolin välisestä reaktiosta. /13/

TPU:n ominaisuudet vaihtelevat suuresti lähtöaineiden, sekä kovien ja pehmeiden osien suhteen mukaan materiaalissa. Pitkäaikaiskäytössä lämpötila-alue on -40...+80 °C. Ureaanitermoelasteilla on hyvä kulutuksenkesto ja niiden repimislujuus on erinomainen. Niillä on hyvä hydrolyysin kesto, joka paranee, kun kovien segmenttien määrä materiaalissa kasvaa. Termoplastiset polyuretaanit ovat herkkiä sekä hapoille että emäksille. Poolittomilla liuottimilla ei puolestaan ole niihin juurikaan vaikutusta, kuitenkin klooratut ja aromaattiset hiilivedyt aiheuttavat uretaanin turpoamista ja pooliset liuottimet (tetrahydrofuraani tai metyylietyyliketonit) pystyvät liuottamaan niitä kokonaan tai osittain. Käyttökohteita ovat kaapelien päällysteet, letkut ja autoteollisuudessa mm. korin osat. /13/

7.2.3 Termoplastiset polyolefiinit (TPE-O, TPO)

Perinteinen tapa valmistaa polyolefiinitermoplasteja on olefiini-lähtöaineiden kopolymerointi satunnaispolymeereiksi, joilla on elastisia ominaisuuksia.

Sekapolymeerejä käytetään usein sekoitettuna kiteisiin polyolefiineihin kuten polypropeeniin. Tavallisimmat seokset ovat EPDM:n ja PP:n yhdistelmiä, sulatilassa niitä voidaan sekoittaa toisiinsa kaikissa seossuhteissa. /13/

Polyolefiinien käyttökohteita ovat mm. autoteollisuudessa vähemmän vaativat kohteet. Muita käyttökohteita ovat kaapelieristeet ja kodinkoneiden osat. /13/

7.2.4 Kopolyamiditermoelastit (COPA)

Polyesteriamidit (PEA) ja polyesterieetteriamidit (PEEA) ovat lohkopolymeerejä.

Niissä kovat lohkot koostuvat osittain aromaattisista polyamidiketjuista ja pehmeät lohkot muodostuvat alifaattisista polyestereistä tai alifaattisista polyeetereistä ja jotka on liitetty polyamidiketjuihin esterisidoksilla. /13/

COPA:n ominaisuuksia voidaan parantaa lujittamalla sitä orgaanisilla kuiduilla.

COPA:lla on hyvät lämmönkesto-ominaisuudet, sen käyttölämpötila-alue on -40...+170 °C. Sillä on myös hyvä öljyn, rasvan ja polttoaineiden kesto. /13/

COPA:n käyttökohteita ovat autoteollisuuden moottoritilan komponentit, vaijerit ja kaapelien päällysteet /13/

7.3 Muut valmistusmateriaalit

UHMWPE (ultra high molecular weight PE) on korkea molekyylipainoinen polymeeri, jonka moolimassat ovat useita miljoonia. Materiaalin kestävyysominaisuudet ovat erittäin hyvät, iskulujuus- ja kulutuskestävyys ovat erinomaisia. Materiaalilla on lisäksi pieni kitkakerroin ja erinomaiset

itsevoiteluominaisuudet UHMWPE:tä ei suositella käytettävän yli 80–100 °C lämpötilassa. /6, s.169–170 /

PTFE, jonka yksi kaupallinen nimi on teflon, hylkii muita aineita. Hiilivedyt eikä myöskään vesi, tartu sen pintaan. Tavallisessa lämpötilassa PTFE on kemiallisesti täysin kestävä. PTFE ei liukene mihinkään liuottimeen alle 300 °C:ssa. Teflon kestää jatkuvaa lämpöä 230–260 °C:n lämpötilaan asti, lyhytaikaisesti 300–320 °C:n lämpötilaa, jota korkeammissa lämpötiloissa alkaa muodostua haihtuvia, myrkyllisiä fluoriyhdisteitä. Matalia lämpötiloja materiaali kestää sitkeänä -196 °C asti. PTFE:llä on erinomainen säänkesto, eikä se ylläpidä palamista. Huonoina puolina voidaan mainita vaikea muovattavuus, taipumus kylmäjuoksettua ja kallis hinta sekä huono tarttuvuus kumiin. /6, s. 190–191/

7.4 Vahvikemateriaalit

Vahvikemateriaalien avulla kumit saadaan pitämään muotonsa ja mittansa. Kumin yleisiä ominaisuuksia ovat elastisuus ja suhteellisen hyvä kulutuskestävyys, mutta sen lujuus on rajoitettu. Lujuutta voidaan parantaa vahvikemateriaaleilla. Käytettyjä vahvikemateriaaleja ovat raion, polyamidi, polyesteri, polyvinyylialkoholi ja aramidi. Käytössä on myös epäorgaanisia vahvikemateriaaleja kuten teräs- lasi, hiili- ja boorikuidut. /13/

7.4.1 Raion eli viskoosi

Raion on selluloosasta valmistettu muuntokuitu. Raionin ominaisuuksia ovat korkea moduuli, hyvä mittapysyvyys ja vähäinen lämpökutistuma. Sen huonoja ominaisuuksia sillä on suuri vedenimemiskyky, jonka seurauksena muotopysyvyys heikkenee. Raion ei kestä vahvoja happoja eikä hankausta. /13; 27/

7.4.2 Polyamidi eli nailon

Polyamidi on synteettinen termoplastinen materiaali. Kaupallisesti on saatavilla erilaisia polyamidilaatuja, jotka eroavat toisistaan lujuusominaisuuksiltaan, jotka taas johtuvat erilaista lähtöaineista. Koordilangat pitää kyllästä ja lisäksi kuumavenyttää, jotta saataisiin riittävä muotopysyvyys. Polyamidin lujuustaso on korkeampi kuin raionin. Se pysyy sitkeänä ja lujana lähelle sulamispistettä. Polyamidi kestää hyvin liuottimia, öljyjä ja monia kemikaaleja, mutta fenolit, kresolit ja väkevät hapot liuottavat sitä. /6, s.211; 13; 34/

Polyamidista on olemassa eri laatuja. Laadut eroavat kovuudeltaan, hiilivetyketjun pituuden ja ne imevät ilmasta eri määriä kosteutta. Esim. PA 66 ja PA 6 ovat lyhytketjuisia ja ne ottavat ilmasta kosteutta 2–3 % kosteuspuiteasteen asti. PA66 ja PA 6 ovat kuivina kovia ja hauraita, mutta muutaman prosentin vesimäärällä on niille edullinen pehmentävä vaikutus. Pitkäketjuiset laadut, kuten PA 11 ja PA 12 imevät ilmasta vähemmän kosteutta. /6, s.211/

7.4.3 Polyesteri

Polyesteri on termoplastinen materiaali. Sen lujuus on samaa luokkaa kuin polyamidin, mutta sillä on pienempi venymä. Polyesteri kutistuu korkeissa lämpötiloissa, mutta kutistumaa voidaan säädellä koordin kyllästymisvaiheessa. Materiaalin tartunta kumiin on heikko, mutta tartuntaa voidaan parantaa tartunta-aineilla. Polyesteri kestää useimpia kemikaaleja ja hankausta, mutta happojen ja vesihöyryn kesto on huono. /13; 27/

7.4.4 Aramidi

Aramidi on synteettinen aromaattinen polyamidikuitu. Se tunnetaan myös kauppanimellä Kevlar. Aramidikuiduilla on parempi lujuus- ja moduulitaso kuin muilla kuiduilla. Aramidin lujuustaso säilyy myös korkeissa lämpötiloissa. Aramidikuidun

korkea hinta rajoittaa sen käyttöä. Tyypillisiä ominaisuuksia ovat matala tiheys, korkea moduuli ja hyvä iskunkesto sekä hyvä kemikaalien ja hankauksen kesto. Jotkin aramidilaadut saattavat vahingoittaa UV-valosta. /13; 14/

7.4.5 Polyvinyylialkoholi PVA

Polyvinyylialkoholin lujuustaso on polyamidin luokkaa, moduuli on sitä korkeampi ja tartunta kumiin on hyvä. PVA kestää huonosti korkeita lämpötiloja. PVA ei liukene muihin liuottimiin kuin veteen. Kuumennettaessa tai silloitusaineiden vaikutuksesta se muuttuu veteen liukenemattomaksi. Materiaali imee ilmasta kosteutta ja on kuivana haurasta. /6, s.203; 13/

7.4.6 Teräs

Teräs on epäorgaaninen vahvikemateriaali. Teräs poikkeaa edellä mainituista vahvikemateriaaleista ominaisuuksiltaan, valmistusmenetelmiltään, soveltuvuudeltaan ja prosessoitavuudeltaan. Teräskuidun lähtöaineena on korkeahiilipitoinen teräs. Teräksestä vedetään ohuita säikeitä, jotka tavallisesti päällystetään messingillä. Messingin paksuus ja koostumus on tarkkaan määrätty, ja sen tehtävänä on parantaa aineen tarttuvuutta kumiin sekä toimia voiteluaineena säikeitä vedettäessä. Säikeistä valmistetaan lankoja, joista valmistetaan teräskoordia kiertämällä lankoja yhteen./13/

Teräskoordin rakenne vaikuttaa sen lujuus- ja moduulitasoon. Teräksellä on korkea moduulitaso verrattuna tekstiilivahvikkeisiin, mutta korkea ominaispaino. Poikkipinta-alaa kohden laskettu lujuus on korkea, joten pienemmällä koorditilavuudella saavutetaan haluttu lujuustaso. Teräksellä on hyvä lämmön-, kulutus- ja väsymiskestävyys, mutta korroosion kestävyys on huono. Terästä käytetään letkuissa, kun letkun sisällä on vakuumi. /13/

KOKEELLINEN OSA

8 MATERIAALIEN TESTAUS

8.1 Koejärjestelyt

Öljynkeston mittaamisessa noudatettiin standarsia ISO 1817, joka on standardi vulkanoidun kumin nesteiden kestolle. Tarkoituksena oli testata miten, kumit kestävät biodieseliä. Testiliuokset olivat RME-dieseliseokset (5 % ja 10 %), 100 % RME sekä 100 % NExBTL. Testeissä käytettiin lisäaineetonta RME:tä, joka oli valmistettu rypsiä biobergialaitos BEL Oy:ssä. Vertailunesteinä olivat Fuel C (iso-oktaanitolueneeni 50–50%) ja ASTM 1. Testattavat elastomeerimateriaalit olivat NBR ACN-pitoisuus 39 %, NBR/PVC, EPDM, ETER, NBR ACN-pitoisuus 30 % ja UHMWPE.

Öljy voi vaikuttaa kumiin imeytymällä siihen, liuottamalla siitä aineita tai reagoida kemiallisesti nesteen kanssa. Turpoaminen vaikuttaa fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, ja tämän takia vetolujuus, venymä ja kovuus saattavat muuttua. Muutosta näissä ominaisuuksissa voin tapahtua myös pehmitinaineiden uuttautuessa nesterasituksen aikana. Standardissa esitetään menettely seuraavien ominaisuuksien muutosten määrittämiseen: massassa, tilavuudessa ja mitoissa sekä kovuudessa ja vetolujuudessa. Lisäksi voidaan määrittää liuennut materiaali. Ominaisuudet määritetään ennen ja jälkeen biopoltoaineessa uiton. /3/

Nesteen tilavuuden tulee olla vähintään 15 kertaa suurempi kuin nesteen ja testikappaleen yhteinen tilavuuden. Testikappaleet ripustetaan kiinnittimiin, joissa ne pääsevät vapaasti roikkumaan nesteessä siten, että ne peittyvät kokonaan nesteellä. Toinen tapa tehdä öljynkestotestit on upottaa vain yksi pinta öljyyn testikappaleesta. Tällöin siihen tarvitaan laite, johon testikappale voidaan kiinnittää ja upottaa öljyyn vain testattava pinta. Tarkoituksena on pitää testikappaletta tietty aika nesteessä tietyssä lämpötilassa. Vulkanoinnin ja testien välillä tulee olla vähintään 16 tuntia aikaa. /3/ Materiaalit testattiin 72 h ja 7 d kokeilla huoneen lämpötilassa (23 °C). Seurattavia asioita olivat painon, tilavuuden, kovuuden, vetolujuuden sekä venymän muutos. Kokeessa testikappaleet upotetaan nesteisiin kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. Koejärjestelmä

Tulokset laskettiin standardin ISO 1817 mukaisesti. Jokaisesta materiaalista testikappaleita on kolme, joiden ominaisuuksien muutoksista lasketaan keskiarvo. /3/

8.2 Massan muutos /3/

Testikappaleen massa punnitaan ennen ja jälkeen biopolttoaineisiin upotusta. Massan muutos ilmoitetaan prosentteina. Muuttunut massa laskettiin kaavalla 2.

$$\Delta m_{100} = \left(\frac{m_i - m_0}{m_0} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

m_0 = testikappaleen massa ennen upotusta

m_i = testikappaleen massa upotuksen jälkeen

8.3 Tilavuuden muutos /3/

Tilavuuden laskemiseksi testikappale punnittiin ennen ja jälkeen upotuksen ilmassa ja nesteessä, yleisimmin tislatussa vedessä. Tilavuuden muutos ilmoitetaan prosentteina. Tilavuuden muutos lasketaan kaavalla 3.

$$\Delta V_{100} = \left(\frac{m_i - m_{i,w}}{m_0 - m_{0,w}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (3)$$

m_0 = testikappaleen massa ennen upotusta

m_i = testikappaleen massa upotuksen jälkeen

$m_{0,w}$ = testikappaleen massa vedessä ennen upotusta

$m_{i,w}$ = testikappaleen massa vedessä, upotuksen jälkeen

Jos testikappale on liukoinen veteen tai reagoi sen kanssa, voidaan kappale punnita ilmassa ja jossain muussa sopivassa nesteessä esim. etanolissa. Näin menetellään myös, jos kappale on turvonnut upotuksen aikana niin paljon, ettei se pysy upotettuna vedessä. Kaava soveltuu tilanteeseen, jossa on käytetty eri nestettä ennen ja jälkeen punnituksen. Tällöin tilavuuden muutos lasketaan kaavalla 4.

$$\Delta V_{100} = \left[\frac{1}{\rho} \left(\frac{m_i - m_{i,liq}}{m_0 - m_{0,w}} \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad (4)$$

ρ = nesteen tiheys

$m_{i,liq}$ = kappaleen massa nesteessä

muut symbolit samoja kuin edellä

8.4 Kovuuden muutos /3/

Kumin kovuuden mittaamiseen on useita menetelmiä. Työssä käytettiin Shore A kovuusmittaria. Menetelmässä mittakellon pohjassa olevasta reiästä painetaan kumiin kärki, jonka yläpäättä kuormittaa teräsjoussi, joka on kalibroitu. Teräsjouseen on liitetty osoitin, joka näyttää Shore-yksiköt 0–100. Mittauksessa kärjen painuma kumiin taivuttaa jousta. Kumin vastus kärjen painumaa vasten määrää sen kuinka paljon joussi

taipuu ja mitä lukemaa asteikko näyttää. Mittatulos 100 ShoreA tarkoittaa, että kumi on kovaa. /13/

Kovuuden muutos laskettiin kaavalla 5.

$$\Delta H = H_i - H_0 \quad (5)$$

H_0 = kovuus ennen upotusta

H_i = kovuus upotuksen jälkeen

8.5 Murtovetolujuuden ja murtovenymän muutos /3/

Vetomurtolujuus on se voima, mikä tarvitaan kun kappale venytetään murtumispisteeseen eli voima pinta-ala yksikköä kohden. Murtovenymä on koekappaleen venymä murtumishetkellä ja alkuperäisen pituuden suhde prosentteina. Vetomurto-ominaisuuksien mittaauksessa käytetään vetokonetta, joissa voima mitataan sähköisillä mitta-antureilla. Testeissä käytetään mitoiltaan tarkoin määriteltyjä testikappaleita, jotka ovat joko melanmuotoisia tai renkaanmuotoisia. Kumituotteita suunnitellaan tai käytetään harvoin olosuhteissa, joissa venymä tai vetolujuus tulee rasituksessa lähelle murtorajaa. Siksi niillä on harvoin käytännössä ratkaisevaa merkitystä suunnittelijoille. Vetomurto-ominaisuuksien muutosten avulla voidaan päätellä miten kemikaalit vaikuttavat kumisekoituksiin./13/

Murtovetolujuus ja -venymä mitataan ennen ja jälkeen upotuksen. Murtovetolujuuden ja -venymän muutos lasketaan kaavalla 6.

$$\Delta X = \frac{X_i - X_0}{X_0} \cdot 100 \quad (6)$$

X_0 = ominaisuuden arvo

X_i = ominaisuuden arvo upotuksen jälkeen

9 TULOKSET

Tuloksista (liite 2) on laskettu kaavoilla 2- 6 muutokset materiaalien ominaisuuksissa. Muutoksista on laskettu kolmen testikappaleen keskiarvo, jotka on esitetty taulukoissa 2–13. Taulukoissa 2, 4, 6, 8 ja 12 ovat muutokset 72 h tunnin uiton jälkeen ja 7 päivän uiton tulokset ovat taulukoissa 3, 5, 7, 9 ja 13. Kaikki kokeet suoritettiin huoneenlämpötilassa. Fuel C ja ASTM1 ovat standardiliuoksia ja niitä käytettiin työssä vertailuliuksina. Polttoaine- ja siirtoletkuille oleelliset muutokset ovat massan ja tilavuuden muutokset. Näiden muutoksen suuruus saisi olla korkeintaan 20 % standardin ISO TR 7620 mukaan. /4/

9.1 NBR ACN 39 %

Taulukossa 2 on NBR, jonka ACN-pitoisuus on 39 % 72 h uiton tulokset. Tulosten perusteella se näyttäisi kestävän hyvin biopolttoaineita, suurimmat muutokset ovat -4 % luokkaa. Massan ja tilavuuden muutokset eivät olleet kovin suuria noin -0,5...-2 %, vertailuliuksen, ASTM1:n kohdalla muutokset olivat 1 %:n luokkaa ja Fuel C:llä 11–24 %. Kovuuden arvot eivät muuttuneet merkittävästi. 72 h tunnin kokeessa muutokset olivat samaa luokkaa kuin ASTM1 muutokset (taulukko 2).

Taulukossa 2 on esitetty elastomeerin NBR (ACN 39 %) tulokset 72 h uittokokeessa.

Taulukko 2. NBR (ACN-pitoisuus on 39 %) upotuskoe 72 h

Materiaali: NBR ACN 39 %	72 h				
	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Testi liuos					
Fuel C	-17	13,54	24,26	-28,13	-32,88
ASTM 1	1	-0,82	-0,73	-4,05	-0,27
RME 5 %	0	-0,69	-0,60	-0,07	-3,01
RME 10 %	-1	-0,63	-0,50	-3,69	-1,64
NExBTL (100 %)	1	-1,28	-1,59	-1,51	0,82

7 päivän kokeessa havaittiin (taulukko 3), että vetolujuuden arvot ovat -4...-8 %, kun ASTM1-muutos oli noin -8 % ja Fuel C:n muutokset olivat suuremmat kuin -30 %.

Massan- ja tilavuudenmuutokset olivat alle sallitun 20 % rajan.

Taulukko 3. NBR (ACN-pitoisuus on 39 %) upotuskoe 7d

Materiaali: NBR ACN 39 %	7d				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-15	11,82	21,38	-31,22	-35,89
ASTM 1	1	-1,37	-1,65	-8,05	-8,22
RME 5 %	-1	-1,05	-1,06	-4,36	0,00
RME 10 %	0	-0,97	-0,92	-6,23	-0,55
NExBTL (100 %)	2	-1,88	-2,32	-7,86	-8,22

Tulosten perusteella voidaan todeta, että NBR (ACN 39 %) kestää hyvin biodieseliä. Myös kuvaajista (liite 4, kuvat 9 ja 10) näkee, että muutokset tärkeissä ominaisuuksissa ovat pieniä.

9.2 NBR ACN 30 %

NBR (ACN-pitoisuus 30 %), tulokset ovat taulukoissa 4 ja 5. Tulosten perusteella NExBTL ei aiheuttanut NBR (ACN 30 %) suuria muutoksia. Massan, tilavuuden sekä kovuuden muutokset olivat 72 h uitossa ja 7 d uitossa samaa luokkaa kuin ASTM1:n vaikutuksesta, kun Fuel C:n muutokset olivat yli 40 %.

72 h uitossa massan ja tilavuuden muutokset olivat alle prosentin suuruisia. Vetolujuus heikkeni ASTM1 vaikutuksesta 7 % ja NExBTL:n vaikutuksesta 15 %. Venymä heikkeni ASTM1 vaikutuksesta noin 3 % ja NexBTL:n vaikutuksesta 6 %. RME 5 %:n ja RME 10 %:n seokset aiheuttivat NBR (ACN30 %):lle hieman suurempia muutoksia. Massan muutokset olivat 1–2,5 % ja tilavuuden muutos noin 4 % molemmissa tapauksissa. (Taulukko 4)

Taulukko 4. NBR (ACN-pitoisuus on 30 %) upotuskoe 72 h

Materiaali: NBR ACN 30 %	72h				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-23	40,36	65,69	-63,02	-55,51
ASTM 1	-1	0,38	0,65	-6,94	-2,47
RME 5 %	-5	2,41	3,85	-8,01	-7,42
RME 10 %	-5	1,14	4,15	-14,95	-3,36
NExBTL (100 %)	-2	0,36	0,78	-15,02	-5,84

7 d uitossa (taulukko 5) NExBTL:n aiheuttamat muutokset olivat suunnilleen samoja kuin ASTM1 aiheuttamat. RME-dieselseokset aiheuttivat kumille noin 4 % massan nousun ja 6–10 % tilavuuden kasvun. ASTM1 aiheutti materiaalille 0,5 % massan muutoksen ja 0,7 % tilavuuden muutoksen. Vetolujuuden ja venymän muutokset olivat RME 10 %-liuoksen vaikutuksesta suuremmat 10–14 prosenttiyksikköä kuin ASTM1 aiheuttamat muutokset. RME 5 % seoksen aiheutti -14 % vetolujuuden muutoksen, joka oli 3 prosenttiyksikköä heikompi kuin ASTM1:n aiheuttama. Venymän muutos RME 5 % vaikutuksesta oli samaa luokkaa kuin ASTM1:llä.

Taulukko 5. NBR (ACN pitoisuus on 30 %) upotuskoe 7d

Materiaali: NBR ACN 30 %	7d				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-24	40,02	65,16	-65,88	-58,65
ASTM 1	-2	0,49	0,65	-11,16	-4,27
RME 5 %	-5	3,52	5,49	-13,95	-4,72
RME 10 %	-5	3,90	6,06	-25,82	-14,61
NExBTL (100 %)	-3	0,51	1,01	-10,09	-3,60

Kuvista 11 ja 12 (liite 4) näkee, että NBR ACN 30 % kestää hyvin biopolttoaineita. Massan- ja tilavuuden muutokset ovat RME-liuosten (5 % ja 10 %) ja NExBTL:n vaikutuksesta vähemmän kuin 20 %, joten materiaali kestää biodieseleitä.

9.3 NBR/PVC

NBR/PVC:n massan muutokset RME:n vaikutuksesta 72 h uitossa (taulukko 6) olivat \pm 0 % ja tilavuuden muutokset olivat alle 1 %. Vastaavat muutokset ASTM 1:n vaikutuksesta olivat -0...-1 %:a. Vetolujuus ja venymä heikkeni NBR/PVC-kumilla RME-liuosten vaikutuksesta enemmän kuin ASTM1:n vaikutuksesta. NExBTL aiheutti 72 h uitossa (taulukko 6) NBR/PVC:lle 0,6 % massan ja tilavuuden pienentymisen. Vetolujuus heikkeni 7 % ja venymä pysyi lähes ennallaan.

Taulukko 6. NBR/PVC:n upotuskoe 72 h

Materiaali: NBR/PVC	72 h				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-17	19,23	32,09	-52,49	-52,06
ASTM 1	0	-0,11	-0,57	-2,22	8,45
RME 5 %	-2	0,21	0,59	-11,88	-4,91
RME 10 %	-1	-0,26	0,71	-12,98	-2,55
NExBTL (100 %)	1	-0,62	-0,70	-7,13	0,39

7 d uitossa (taulukko 7) RME-liuosten aiheutti NBR/PVC:lle massan muutoksen, joka oli 0,5 % luokkaa ja tilavuuden muutoksen, joka oli alle 1 %. Vetolujuuden muutos oli yli -20 % ja venymän muutos oli -15 % luokkaa. NExBTL aiheutti NBR/PVC:lle massan ja tilavuuden pienentymisen 1 %:lla. Vetolujuus heikkeni NExBTL:n vaikutuksesta 13 % ja venymä pysyi ennallaan.

Taulukko 7. NBR/PVC:n upotuskoe 7d

Materiaali: NBR/PVC	7d				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-17	17,35	29,42	-49,41	-48,13
ASTM 1	-1	-0,47	-0,57	-5,30	-3,34
RME 5 %	-2	0,38	0,92	-21,06	-15,91
RME 10 %	-3	0,51	1,18	-25,89	-14,73
NExBTL (100 %)	-1	-0,88	-1,00	-13,30	0,00

NBR/PVC kestää tuloksien perusteella hyvin testattuja biopoltoaineita. Kuvaajista (liite 4 kuvat 13 ja 14) näkee, että testatuilla biopoltoaineille massan ja tilavuuden muutokset ovat hyvin pieniä. NBR/PVC:tä voidaan käyttää tilanteissa, joissa se joutuu kosketuksiin RME-dieselseosten (pienet pitoisuudet) sekä NExBTL:n kanssa.

9.4 EPDM

Taulukoissa 8 ja 9 on EPDM:n uiton tulokset 72 h ja 7 päivän kokeista. Tuloksista voi havaita, ettei EPDM kestä biopoltoaineita. EPDM:n ominaisuudet muuttuivat keskimäärin ± 50 % tai enemmän ja kovuus pieneni 10–24 ShoreA:ta. Kokeessa havaittiin jo silmin, että EPDM turposi voimakkaasti ollessaan altistettuna RME:lle ja

NExBTL:llä. Tämä näkyi myös tuloksissa. EPDM:stä oli myös 7 päivän uiton alkanut liueta aineita RME:n vaikutuksesta.

Taulukko 8. EPDM:n upotuskoe 72 h

Materiaali: EPDM	72 h				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-23	99,47	146,53	-66,24	-77,41
ASTM 1	-10	9,34	12,05	-12,52	-14,76
NExBTL	-24	81,76	121,02	-58,94	-70,18
RME 100%	-23	50,44	66,20	-49,11	-51,51

7 d uitossa (taulukko 9) ei tapahtunut suuria muutoksia EPDM ominaisuuksissa verrattuna 72 h uittoon vaan muutokset pysyivät ennallaan. Muutokset ominaisuuksissa pysyivät suurina.

Taulukko 9. EPDM:n upotuskoe 7d

Materiaali: EPDM	7d				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-23	103,42	152,43	-69,52	-79,82
ASTM 1	-10	15,20	19,20	-22,88	-24,10
NExBTL	-24	82,95	123,17	-58,79	-67,47
RME 100%	-23	50,22	65,89	-45,23	-50,00

EPDM ei kokeiden perusteella kestä NExBTL:ää eikä RME:tä. RME 100 %:n ja NExBTL:n aiheuttamat muutokset EPDM:ään ovat molempien aineiden vaikutuksesta hyvin suuret (liite 4 kuvat 15 ja 16) ja massan- ja tilavuudenmuutoksen arvot ylittävät 20 %:n raja-arvon moninkertaisesti. EPDM ei sovellu käytettäväksi biodieselin kanssa kosketuksissa olevissa kohteissa.

9.5 ETER

NExBTL:n sekä RME:n liuosten vaikutus ETER:in kovuuteen, massa- ja tilavuuteen olivat 72 h uitossa (taulukko 10) samaa luokkaa kuin ASTM1:lle. Vetolujuus heikkeni kaikissa kolmessa liuoksessa, kun ASTM 1 vetolujuus parani.

Taulukko 10. ETER:in upotuskoe 72 h

Materiaali: ETER	72 h				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-28	22,23	38,98	-36,26	-53,40
ASTM 1	-2	-0,32	-0,57	7,00	-0,89
RME 5 %	-4	0,53	1,26	-14,12	-4,44
RME 10 %	-5	-0,37	1,39	-19,97	-2,95
NExBTL (100 %)	-2	-0,91	-1,07	-9,16	-1,33

RME:n vaikutuksesta 7 d uitossa (taulukko 11) ETER:n kovuus laski 4ShA, massan muutos oli noin 1 % ja tilavuuden muutos oli noin 2 %. Vetolujuus heikkeni RME 5 % liuoksen vaikutuksesta 3,5 % ja venymä pieneni melkein 3 %. Vastaavasti 10 % seos vaikutti ETER:in vetolujuuteen heikentäen sitä 7 % ja venymän muutos oli -1 %.

NExBTL:n vaikutuksesta muutokset olivat massan muutos -1,1 %, tilavuudenmuutos -1,4 %, vetolujuus heikkeni 1 %:n ja venymä pysyi ennallaan.

Taulukko 11. ETER:in upotuskoe 7d

Materiaali: ETER	7d				
Testi liuos	kovuuden muutos/ ShA	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Fuel C	-29	22,50	39,22	-30,15	-31,66
ASTM 1	-1	-0,50	-0,57	-7,76	7,54
RME 5 %	-4	0,98	1,86	-3,56	-2,81
RME 10 %	-4	1,10	2,00	-7,12	-1,04
NExBTL (100 %)	-1	-1,11	-1,41	1,02	0,00

ETER kestää hyvin RME 5 % ja 10 % seoksia ja NEXBTL:ää. (liite 4 kuvat 17 ja 18) Kuvaajista näkee, että massan ja tilavuuden muutokset ovat ETER:illä alle sallitun rajan. ETER soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa vaaditaan biodieselin keston lisäksi myös pakkaskestoa.

9.6 UHMWPE

UHMWPE:n ominaisuudet muuttuivat seuraavasti 72 h uitossa (taulukko 12): massa muuttui NExBTL:n vaikutuksesta lähes 5 % ja RME 100 % vaikutuksesta 3,5 %,

tilavuus muuttui NExBTL:n vaikutuksesta 6 % ja RME 100 % vaikutuksesta 4 %.

Vastaavat muutokset ASTM 1:llä oli 0,5 % massan ja tilavuuden muutokselle.

Taulukko 12. UHMWPE:n upotuskoe 72 h

Materiaali: UHMWPE	72 h	
Testi liuos	massan muutos %	tilavuuden muutos %
Fuel C	6,97	8,50
ASTM 1	0,56	0,49
NExBTL	4,81	6,21
RME 100%	3,56	4,17

7 d uitossa NExBTL aiheutti UHMWPE:lle massan muutoksen, joka oli 5 % ja tilavuuden muutoksen, joka oli lähes 6 %. RME aiheutti melkein 4 %:n massan muutoksen ja hieman alle 4 %:n tilavuuden muutoksen.

Taulukko 13. UHMWPE:n upotuskoe 7d

Materiaali: UHMWPE	7d	
Testi liuos	massan muutos %	tilavuuden muutos %
Fuel C	6,26	8,37
ASTM 1	0,78	1,64
NExBTL	5,17	5,89
RME 100%	3,67	4,27

UHMWPE kestää hyvin NExBTL:ää ja 100 %:sta RME:tä (liite 4 kuvat 19 ja 20). Se soveltuu kohteisiin, joissa käytetään RME:tä suurina pitoisuuksina, esim. valmistuksen yhteydessä.

9.7 Tulosten tarkastelu

9.7.1 Yhteenveto tuloksista

Biopolttoaineiden aiheuttamista muutoksista materiaaleihin piirrettiin kuvaajat kahdella tavalla. Vertaamalla eri biodieselin vaikutusta tiettyyn materiaaliin (liite 4) ja vertaamalla sitä; miten tietty biodiesel vaikuttaa eri materiaaleihin (liite 5). Kuvaajat ovat piirretty taulukkojen 2–13 ja taulukoiden 20–25 (liite 3) pohjalta.

5 % ja 10 % RME:n ja dieselinseoksien aiheuttamat massan ja tilavuuden muutokset ovat melko pieniä (liite 5 kuvat 25–28). NBR ACN-pitoisuudet 30 % ja 39 % sekä ETER ja NBR/PVC ovat käyttökelpoisia, kun RME:n pitoisuudet ovat alhaisia. Näiden materiaalien massan ja tilavuuden muutokset ovat pienempiä kuin 20 %. ETER soveltuu käytettäväksi erityisesti pakkaskäyttöön sen hyvän kylmänkeston takia. Testit ovat tehty lisäaineettomalla RME:llä ja on oletettavaa, että lisäaineellinen RME aiheuttaa suuremmat muutokset ominaisuuksissa. Näitä materiaaleja ei suositella käytettäväksi, kun RME -pitoisuus on suuri, koska ne eivät oletettavasti kestä sitä. Tämän takia sitä ei edes testattu. Jos halutaan käyttää RME:tä suurina pitoisuuksina, on suositeltavaa käyttää UHMWPE:tä (liite 5, kuvat 29 ja 30), joka testien perusteella näyttää kestävän sitä hyvin.

Käytettäessä NExBTL:ää suositeltavia materiaaleja (liite 5, kuvat 31 ja 32) ovat NBR ACN-pitoisuudet 30 % ja 39 % sekä NBR/PVC ja ETER. ETER soveltuu käytettäväksi erityisesti olosuhteissa, joissa vaaditaan hyvää kylmänkestävyyttä.

UHMWPE on käyttökelpoinen kohteissa, joissa käytetään RME:tä tai NExBTL pelkästään tai suurina pitoisuuksina dieselin seassa.

EPDM ei kestä biodieseleitä, eikä sitä tule käyttää kohteissa, joissa se joutuu kosketuksiin niiden kanssa.

9.7.2 Tulosten luotettavuus

Mittaukset suoritettiin kalibroiduilla laitteilla standardinmukaisilla mittaustavoilla. Voidaan sanoa, että tulokset ovat luotettavia. Niiden tarkastelussa on otettava huomioon, että osassa mittauksia muutokset tai mittaustulokset ovat hyvin pieniä ja voi aiheuttaa lukuarvoihin pientä epätarkkuutta. Suhteutettuna yleisiin vaatimuksiin mahdollisella epätarkkuudella ei ole merkitystä tehtyihin päätelmiin.

Muutamassa punnitus oli epäselvyyksiä, sen takia kahdessa punnitustuloksessa (liite 2, taulukko 19) on käytetty ainoastaan kahden testikappaleen tulosten keskiarvona kolmen sijaan.

10 PÄÄTELMÄT

Työn tarkoituksena oli tutkia, miten elastomeerimateriaalit kestävät biopolttoaineita. Työn tuloksena löydettiin olemassa olevista materiaaleista ne, jotka kestävät RME:tä ja NExBTL:ää. Saadut tulokset olivat muuten oletettuja, paitsi EPDM:n huono RME:n kesto oli yllätys. Työn tulosten pohjalta osataan tarjota asiakkaille tuotteita erilaisiin käyttökohteisiin, joissa tarvitaan biopolttoaineiden kesto.

Jatkossa on syytä tutkia, miten RME:n lisäaineet vaikuttavat elastomeerien biopolttoaineen keston, koska testissä tutkittu RME oli lisäaineeton. Tärkeää on myös seurata, minkälaisia kokemuksia NExBTL:n laajemmasta käytöstä saadaan. Jos tulevaisuudessa tehdään samankaltaisia kokeita, on kokeeseen hyvä ottaa verrokiksi myös normaali matalarikkinen diesel. Etanolin valmistusmenetelmien kehittyessä sekä käytön lisääntyessä on syytä harkita, onko tarpeen tehdä myös sillä varmistustestaukset. Koska biopolttoaineet kehittyvät koko ajan ja niiden käyttö lisääntyy, täytyy niiden kehitystä seurata aktiivisesti, jotta pysyttäisiin mukana muutoksissa sekä pystyttäisiin reagoimaan niihin nopeasti.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

1. Dufton, Peter, Speciality and High Performance Rubber: Materials in used their marketplace. Rapra Technology Limited 1997. 146 s.
2. Elastomeerien mahdollisuuksia, Nokian tekninen kumi
3. ISO Standardi ISO 1817 Rubber, vulcanized-Determination of the effect of liquids. Julkaisija 1999. 15 s
4. ISO TR 7620 – proposal, Chemical resistance of rubber
5. Raaka-ainekäsikirja 4, Muovit ja kumit, 2. uudistettu painos. Metalliteollisuuden Kustannus oy, Helsinki 2001. 172 s.
6. Seppälä, Jukka, Polymeeriteknologian perusteet. 5. tarkastettu ja korjattu painos. Otatieto 2005. 346 s.
7. Teknikum-Yhtiöt Esite
8. Teknikum Oy, Teollisuusletkut ja liittimet 6/2007
9. Turunen, Pertti, Termoplastiset elastomeerit. Kumiviesti 2/2005, s.10–13

Painamattomat lähteet:

10. Käyttöturvallisuustiedote NExBTL Renewable Diesel
11. Mäkelä Martti, Sähköposti 12.7.2007 NesteOil
12. Turunen Pertti, tuotekehityskemisti, Teknikum tehtaan esittely 14.5.2007, Teknikum Oy
13. Väliaho Esa, Dipl.ins., Polymeerikemian luennot 2006, Tampereen ammattikorkeakoulu

Sähköiset lähteet:

14. Aramidi Fibler [www-sivu]. [viitattu 11.7.2007] saatavilla <http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1384>
15. Autoblog green [www-sivu]. [viitattu 2.8.2007] saatavilla <http://www.autobloggreen.com/2007/07/17/german-government-increasing-biofuel-blending-requirement-to-10/>

16. Biodiesel.org, standards and warranties [www-sivu][viitattu 16.5.2007] saatavilla www.biodiesel.org/pdf_files/OEM%20Statements/2005_Volvo_Truck_Corporation.pdf
17. BioFuels EN 14214:2003 standardi [www-sivu]. [viitattu 18.10.2007] saatavilla: <http://www.biofuels.arc.ab.ca/Biofuels/Specifications/EN+14214+2003/Default.ksi>
18. Biofuel Oasis [www-sivu]. [viitattu 3.7.2007] saatavilla <http://www.biofueloasis.com/html/basics.html>
19. Biomass to Liquid (BtL) [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] saatavilla <http://www.biofuelstp.eu/btl.html>
20. Biopolttoaineet ja niiden käytön edistäminen liikenteessä [www-sivu]. [viitattu 7.7.2007] saatavilla <http://www.mm.helsinki.fi/mmtal/ye/JaakkoJuvaYE7.pdf>
21. Bioteknologia info, Biopolttoaineet [www-sivu]. [viitattu 6.7.2007] saatavilla: http://www.bioteknologia.info/etusivu/ymparisto/Biomassa/fi_FI/Biopolttoaineet/
22. Chemistry and Emissions of NExBTL [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] Saatavilla <http://bioenergy.ucdavis.edu/materials/NExBTL%20Enviro%20Benefits%20of%20paraffins.pdf>
23. Choren [www-sivu]. [viitattu 10.7.2007] saatavilla www.choren.com/en/
24. DieselNet [www-sivu]. [viitattu 19.9.2007] saatavilla <http://www.dieseln.net.com/news/2006/06scania.php>
25. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/30/EY, liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämiseksi [viitattu 6.7.2007]. [direktiivi] Saatavissa: <http://www.ebb-eu.org/legis/OJ%20promotion%20FIN.pdf>
26. European Biodiesel Board. Biodiesel[www-sivu]. [viitattu 6.7.2007] saatavissa: <http://www.ebb-eu.org/biodiesel.php>
27. Fibres Examinations [www-sivu]. [viitattu 21.6.2007] saatavissa <http://www.chem.umn.edu/class/4066/Fibers%20Examinations.pdf>
28. Fisher- Tropsch Synthesis [www-sivu]. [viitattu 10.7.2007] saatavilla <http://www.hcs.harvard.edu/~hejc/papers/FT-Week4.pdf>
29. FNS-biodiesel Technical reference guide [www-sivu]. [viitattu 11.7.2007] saatavilla <http://www.federalsustainability.org/initiatives/biodiesel/biodieseltrg.htm>
30. Handbook for handling, storing and dispensing E85 [www-sivu]. [viitattu 25.9.2007] saatavilla <http://www.eere.energy.gov/afdc/pdfs/40243.pdf>
31. Hydrogenated nitrile rubber [www-sivu]. [viitattu 12.7.2007] saatavilla <http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=537>

32. Klemola Kimmo, Etanolin ominaisuudet [www-sivu]. [Viitattu 18.5.2007]. saatavissa http://www2.lut.fi/kete/teke/teke/kklemola/20070101-fin-etanolin_ominaisuudet.htm
33. Komission tiedonanto neuvostolle ja euroopanparlamentille, biopolttoainien kehitystä koskeva kertomus. [www-sivu]. Julkaistu 10.1.2007. [Viitattu 23.5.2007] saatavilla lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0845:FIN:FI:DOC
34. Komission tiedonanto, EU:n biopolttoainestrategia [www-sivu]. Julkaistu 8.2.2006. [viitattu 28.5.2007] saatavissa lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0034:FIN:FI:DOC
35. Kumit ja termoelastit [www-sivu]. [viitattu 30.5.2007] saatavilla http://www.tut.fi/plastics/liitteet/mol_6910_Luento3_1_Kumit_ja_termoelastit.pdf
36. Liikenteen biopolttoainien tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa [www-sivu]. [viitattu 10.7.2007] saatavissa http://www.ktm.fi/files/16086/Mietinto_final_090306.pdf
37. Methyl Tertiary Butyl Ether [www-sivu]. [viitattu 31.7.2007] saatavilla <http://www.parliament.nsw.gov.au/prod/PARLMENT/hansArt.nsf/V3Key/LC20010627054>
38. Motiva, [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] saatavilla http://www.motiva.fi/fi/yjay/kuljetusala/polttoainevaihtoehdot/biodieselkasvioljyest_eri.html
39. Neste Oil, Biodieselin kolme sukupolvea. [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] saatavilla <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,109,7515,7549,7550>
40. Neste Oil, kysymyksiä ja vastauksia biobensiinistä [www-sivu]. [viitattu 7.7.2007]. saatavilla <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%3b2655%3b2698%3b8158%3b8161>
41. Neste Oil, NExBTL [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] saatavilla <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,109,7515,7543>
42. Neste Oil, Öljysanasto [www-sivu]. [viitattu 26.11.2007] saatavilla <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,175>
43. Rubber selection [www-sivu]. [viitattu 12.7.2007] saatavilla http://www.merl-ltd.co.uk/2003_materials/rubber12.shtml#cr
44. Rubber technology [www-sivu]. [viitattu 16.5.2007] saatavilla <http://rubbertechnology.info/en/overview-rubberqualities/different-compounds/>
45. Sisu Diesel [www-sivu]. [viitattu 19.9.2007] saatavilla <http://www.sisudiesel.com/news/?num=11038>

46. Sustainable Green Fleets [www-sivu]. [viitattu 2.7.2007] saatavissa
<http://www.sugre.info/Vorlage.phtml?id=487&sprache=en>
47. Suomen Eduskunnan päätös: laki biopolttoaineiden käytön edistämiseksi liikenteessä 13.4.2007/446 [www-sivu]. [viitattu 15.5.2007] saatavilla
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070446>
48. What Is Biodiesel [www-sivu]. [viitattu 9.7.2007] saatavilla
http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/02-03/biofuels/what_biodiesel.htm
49. Wikipedia, Biodiesel [www-sivu]. [viitattu 7.7.2007] saatavilla
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
50. VTT, [www-sivut]. [viitattu 6.7.2007] saatavilla:
<http://www.vtt.fi/uutta/2006/20060424.jsp>

Biopolttoaineiden osuutta koskevat kansalliset ohjeelliset tavoitteet vuosiksi 2006–2010 /32/

%	2006	2007	2008	2009	2010
Itävalta	2,50	4,30	5,75	5,75	5,75
Belgia	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Kypros					
Tšekki	1,78	1,63	2,45	2,71	3,27
Tanska	0,10				
Viro	2,00				5,75
Suomi					
Ranska			5,75		7,00
Saksa	2,00				5,75
Kreikka	2,50	3,00	4,00	5,00	5,75
Unkari					5,75
Irlanti	1,14	1,75	2,24		
Italia	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Latvia	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Liettua					5,75
Luxemburg	2,75				5,75
Malta					
Alankomaat	2,00	2,00			5,75
Puola	1,50	2,30	1	2	5,75
Portugali	2,00	3,00	5,75	5,75	5,75
Slovakia	2,50	3,20	4,00	4,90	5,75
Slovenia	1,20	2,00	3,00	4,00	5,00
Espanja					
Ruotsi					5,75
Yhdistynyt kuningaskunta			2,00 ³	2,80 ⁴	3,50 ⁵
EU					5,45 ⁶

¹ Vahvistetaan viimeistään 17. kesäkuuta 2007

² Vahvistetaan viimeistään 17. kesäkuuta 2007

³ Määrällisesti ilmoitettuna 2,5 %, kun biodieselin osuudeksi oletetaan 100 %.

⁴ Määrällisesti ilmoitettuna 3,75 %, kun oletetaan, että biodieselin osuus on 66 % biopolttoaineiden kokonaisuudessa.

⁵ Määrällisesti ilmoitettuna 5 %.

⁶ Niiden jäsenvaltioiden osuus, jotka ovat ilmoittaneet tavoitteen vuodeksi 2010.

Taulukko 14. NBR ACN 39 % mittaustulokset

Materiaali: NBR ACN 39 %															
Aine/kappale	Ennen upotusta					Upotuksen jälkeen 72 h					7d upotus				
	kovuus ShA	Venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g
FUEL C/1	72	365	16,53	4,0674	0,9850	55	245	11,88	4,6157	0,7898	57	234	11,37	4,5505	0,8086
FUEL C/2				4,1057	0,9960				4,6691	0,7972				4,5976	0,8160
FUEL C/3				3,9653	0,9630				4,4971	0,7699				4,4249	0,7880
ASTM1/1	72	365	16,53	3,9711	0,9644	73	364	15,86	3,9406	0,9519	73	335	15,2	3,9164	0,9576
ASTM1/2				3,9326	0,9532				3,8980	0,9426				3,8764	0,9495
ASTM1/3				3,9323	0,9530				3,9005	0,9446				3,8807	0,9488
RME 5 %/1	72	365	16,53	3,9481	0,9531	72	354	15,38	3,9212	0,9452	71	365	15,81	3,9071	0,9452
RME 5 %/2				3,8687	0,9377				3,8422	0,9253				3,8278	0,9264
RME 5 %/3				3,8415	0,9298				3,8148	0,9231				3,8013	0,9202
RME 10 %/1	72	365	16,53	3,8737	0,9386	71	359	15,92	3,8500	0,9272	72	363	15,5	3,8369	0,9266
RME 10 %/2				3,8886	0,9423				3,8644	0,9333				3,8500	0,9306
RME 10 %/3				3,8967	0,9426				3,8717	0,9344				3,8588	0,9342
NExBTL /1	72	365	16,53	3,9207	0,9504	73	368	16,28	3,8713	0,9477	74	335	15,23	3,8473	0,9461
NExBTL/2				3,9516	0,9560				3,9013	0,9541				3,8770	0,9526
NExBTL/3				3,8949	0,9434				3,8444	0,9393				3,8213	0,9364

Taulukko 15. NBR/PVC:n mittaustulokset

Materiaali: NBR/PVC															
Aine/kappale	Ennen upotusta					Upotuksen jälkeen 72 h					7d upotus				
	kovuus ShA	Venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g
FUEL C/1	61	509	12,63	3,7607	0,7426	44	244	6,00	4,4843	0,4993	44	264	6,39	4,4085	0,5105
FUEL C/2				3,7614	0,7474				4,4936	0,4987				4,4201	0,5110
FUEL C/3				3,7540	0,7437				4,4665	0,5023				4,4039	0,5081
ASTM1/1	61	509	12,63	3,6849	0,7282	61	552	12,35	3,6803	0,7260	60	492	11,96	3,6667	0,7279
ASTM1/2				3,7324	0,7374				3,7280	0,7355				3,7169	0,7363
ASTM1/3				3,7555	0,7406				3,7525	0,7410				3,7372	0,7413
RME 5 %/1	61	509	12,63	3,7173	0,7383	60	484	11,13	3,7250	0,7270	59	428	9,97	3,7315	0,7235
RME 5 %/2				3,7567	0,7435				3,7644	0,7346				3,7706	0,7311
RME 5 %/3				3,6497	0,7233				3,6574	0,7142				3,6642	0,7110
RME 10 %/1	61	509	12,63	3,7317	0,7394	60	492	10,99	3,7436	0,7304	58	434	9,36	3,7518	0,7247
RME 10 %/2				4,0555	0,8020				4,0692	0,7912				4,0755	0,7838
RME 10 %/3				4,0203	0,7967				4,0337	0,7878				4,0408	0,7786
NExBTL /1	61	509	12,63	3,7388	0,7379	62	511	11,73	3,7151	0,7367	60	509	10,95	3,7047	0,7378
NExBTL/2				3,7627	0,7457				3,7404	0,7440				3,7304	0,7435
NExBTL/3				3,8469	0,7641				3,8231	0,7606				3,8138	0,7579

Taulukko 16 ETER:in mittaustulokset

materiaali: ETER															
materiaali	Ennen upotusta					Upotuksen jälkeen 72 h					7d upotus				
	kovuus ShA	Venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g
FUEL C/1	61	676	7,86	4,6825	1,3541	33	315	5,01	5,7345	1,0928	32	462	5,49	5,7450	1,0971
FUEL C/2				4,5398	1,3151				5,5650	1,0683				5,5667	1,0715
FUEL C/3				4,4539	1,2880				5,4179	1,0478				5,4416	1,0527
ASTM1/1	61	676	7,86	4,3974	1,2694	59	670	8,41	4,3908	1,2699	60	727	7,25	4,3739	1,2675
ASTM1/2				4,5291	1,3110				4,5064	1,3113				4,5023	1,3061
ASTM1/3				4,6462	1,3467				4,6334	1,3446				4,6292	1,3412
RME 5 %/1	61	676	7,86	4,4141	1,2785	56	646	6,75	4,4393	1,2636	57	657	7,58	4,4612	1,2629
RME 5 %/2				4,2953	1,2443				4,3193	1,2281				4,3382	1,2289
RME 5 %/3				4,5719	1,3253				4,5936	1,3087				4,6112	1,3104
RME 10 %/1	61	676	7,86	4,5159	1,3062	56	676	6,29	4,5450	1,2900	57	669	7,3	4,5659	1,2935
RME 10 %/2				4,4362	1,2849				4,4638	1,2677				4,4839	1,2674
RME 10 %/3				4,3762	1,2648				4,4063	1,2536				4,4247	1,2516
NExBTL /1	61	676	7,86	4,3902	1,2711	59	667	7,14	4,3517	1,2638	60	676	7,94	4,3445	1,2677
NExBTL/2				4,3050	1,2442				4,2652	1,2407				4,2563	1,2410
NExBTL/3				4,3344	1,2564				4,2938	1,2472				4,2842	1,2491

Taulukko 17. EPDM:n mittaustulokset
 materiaali:EPDM

aine/kappale	Ennen upotusta					Upotuksen jälkeen 72 h					7d upotus				
	kovuus ShA	Venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino alkoholis- sa g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino alkoholis- sa g
FUEL C/1	74	332	13,42	3,0075	0,3551	50	75	4,53	6,0600	0,7288	51	67	4,09	6,0824	0,7127
FUEL C/2				3,1012	0,3629				6,1668	0,7342				6,3524	0,7263
FUEL C/3				3,0199	0,3550				5,9811	0,7188				6,1360	0,7203
ASTM 1/1	74	332	13,42	3,0094	0,3542	66	283	11,74	3,2877	0,3171	64	252	10,35	3,4626	0,9141
ASTM 1/2				2,9954	0,3516				3,2747	0,3100				3,4492	0,9065
ASTM 1/3				2,9003	0,3386				3,1742	0,3015				3,3466	0,8766
NExBTL/1	74	332	13,42	3,0413	0,3590	51	99	5,51	5,5395	0,7393	50	108	5,53	5,5690	0,7280
NExBTL/2				3,0015	0,3520				5,4508	0,7348				5,4947	0,7263
NExBTL/3				3,0539	0,3571				5,5442	0,7404				5,5786	0,7286
RME 100%/1	74	332	13,42	3,0630	0,3630	53	161	6,83	4,6053	0,9831	51	166	7,35	4,5986	0,9801
RME 100 %/2				2,9985	0,3529				4,5108	0,9638				4,5007	0,9664
RME 100 %/3				3,0445	0,3578				4,5830	0,9788				4,5797	0,9790

Taulukko 18. UHMWPE:n mittaustulokset

Materiaali: UHMWPE						
	Ennen upotusta		72 h upotus		7 d upotus	
aine/kappale	paino ilmassa g	paino etanolissa g	paino ilmassa g	paino etanolissa g	paino ilmassa g	paino etanolissa g
FUEL C/1	0,2540	0,0390	0,2731	0,0382	0,2683	0,0361
FUEL C/2	0,2523	0,0376	0,2705	0,0378	0,2731	0,0386
FUEL C/3	0,2618	0,0404	0,2780	0,0392	0,2558	0,0363
ASTM 1/1	0,2590	0,0396	0,2599	0,0400	0,2526	0,0390
ASTM 1/2	0,2501	0,0382	0,2518	0,0384	0,2630	0,0358
ASTM 1/3	0,2659	0,0401	0,2676	0,0406	0,2622	0,0394
NExBTL/1	0,2627	0,0428	0,2751	0,0386	0,2578	0,0403
NExBTL/2	0,2511	0,0367	0,2629	0,0369	0,2675	0,0382
NExBTL/3	0,2608	0,0401	0,2739	0,0407	0,2638	0,0380
RME 100%/1	0,2592	0,0399	0,2691	0,0395	0,2625	0,0391
RME 100 %/2	0,2635	0,0404	0,2727	0,0418	0,2273	0,0357
RME 100 %/3	0,2474	0,0394	0,2557	0,0387	0,2589	0,0379

Taulukko 19. NBR ACN 30 %

Materiali: NBR ACN 30 %

aine/kappale	Ennen upotusta					Upotuksen jälkeen 72 h					7d upotus				
	kovuus ShA	Venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g	kovuus ShA	venymä %	vetolujuus Mpa	paino ilmassa g	paino vedessä g
FUEL C/1	69	445	13,98	4,4863	1,1515	46	198	5,17	6,2915	0,7722	45	184	4,77	6,2754	0,7711
FUEL C/2				4,4528	1,1391				6,2649	0,7578				6,2640	0,7595
FUEL C/3				4,4360	1,1370				6,2170	0,7617				6,1882	0,7673
ASTM1/1	69	445	13,98	4,4735*	1,1463*	68	434	13,01	4,4990	1,1471	67	426	12,42	4,4966	1,1467
ASTM1/2				4,3171	1,1081				4,3299	1,1082				4,3398	1,1058
ASTM1/3				4,2787	1,0020				4,2917	1,0994				4,2965	1,1023
RME 5 %/1	69	445	13,98	4,3763	1,1260	64	412	12,86	4,4799	1,1098	64	424	12,03	4,5275	1,1016
RME 5 %/2				4,4783	1,5000				4,5871	1,1295				4,6370	1,1221
RME 5 %/3				4,4611	1,1454				4,5697	1,1223				4,6197	1,1230
RME 10 %/1	69	445	13,98	4,4624	1,1463	64	408	11,89	4,5810	1,1308	64	380	10,37	4,6372	1,1210
RME 10 %/2				4,1895	1,0792				4,3001	1,0597				4,3520	1,0526
RME 10 %/3				4,5298	1,1674				4,6504	1,1456				4,7063	1,1398
NExBTL /1	69	445	13,98	4,4478	1,1485	67	419	11,88	4,4632	1,1355	66	429	12,57	4,4699	1,1335
NExBTL/2				4,5072	1,1586				4,5234	1,1521				4,5300	1,1527
NExBTL/3				4,3827	1,1281				4,3988	1,1181				4,4056	1,1171

* punnitustulos on jätetty pois punnituksessa tapahtuneen epätarkkuuden takia

Tuloksista lasketut muutokset ominaisuuksissa biopolttoaineittain.

Taulukko 20. Fuel C.n vaikutus materiaaliin

Liuos: Fuel C	72 h					7d				
	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
materiaali										
NBR ACN 39%	-17	13,54	24,26	-28,13	-32,88	-15	11,82	21,38	-31,22	-35,89
NBR/PVC	-17	19,23	32,09	-52,49	-52,06	-17	17,35	29,42	-49,41	-48,13
EPDM	-23	99,47	146,53	-66,24	-77,41	-23	103,42	152,43	-69,52	-79,82
ETER	-28	22,23	38,98	-36,26	-53,40	-29	22,50	39,22	-30,15	-31,66
NBR ACN 30%	-23	40,36	65,69	-63,02	-55,51	-24	40,02	65,16	-65,88	-58,65
UHMWPE		6,97	8,50				6,26	8,37		

Taulukko 21. ASTM 1:n vaikutus materiaaleihin

Liuos: ASTM 1	72 h					7d				
	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Materiaali										
NBR ACN 39%	1	-0,82	-0,73	-4,05	-0,27	1	-1,37	-1,65	-8,05	-8,22
NBR/PVC	0	-0,11	-0,57	-2,22	8,45	-1	-0,47	-0,57	-5,30	-3,34
EPDM	-10	9,34	12,05	-12,52	-14,76	-10	15,20	19,20	-22,88	-24,10
ETER	-2	-0,32	-0,57	7,00	-0,89	-1	-0,50	-0,57	-7,76	7,54
NBR ACN 30%	-1	0,38	0,65	-6,94	-2,47	-2	0,49	0,65	-11,16	-4,27
UHMWPE		0,56	0,49				0,78	1,64		

Taulukko 22. RME 5 %:n vaikutus materiaaleihin

Liuos: RME 5%		72 h					7d				
Materiaali	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	
NBR ACN 39%	0	-0,69	-0,60	-0,07	-3,01	-1	-1,05	-1,06	-4,36	0,00	
NBR/PVC	-2	0,21	0,59	-11,88	-4,91	-2	0,38	0,92	-21,06	-15,91	
ETER	-4	0,53	1,26	-14,12	-4,44	-4	0,98	1,86	-3,56	-2,81	
NBR ACN 30%	-5	2,41	3,85	-8,01	-7,42	-5	3,52	5,49	-13,95	-4,72	

Taulukko 23. RME 10 %:n vaikutus materiaaleihin

Liuos: RME 10 %		72 h					7d				
Materiaali	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	
NBR ACN 39%	-1	-0,63	-0,50	-3,69	-1,64	0	-0,97	-0,92	-6,23	-0,55	
NBR/PVC	-1	-0,26	0,71	-12,98	-2,55	-3	0,51	1,18	-25,89	-14,73	
ETER	-5	-0,37	1,39	-19,97	-2,95	-4	1,10	2,00	-7,12	-1,04	
NBR ACN 30%	-5	1,14	4,15	-14,95	-3,36	-5	3,90	6,06	-25,82	-14,61	

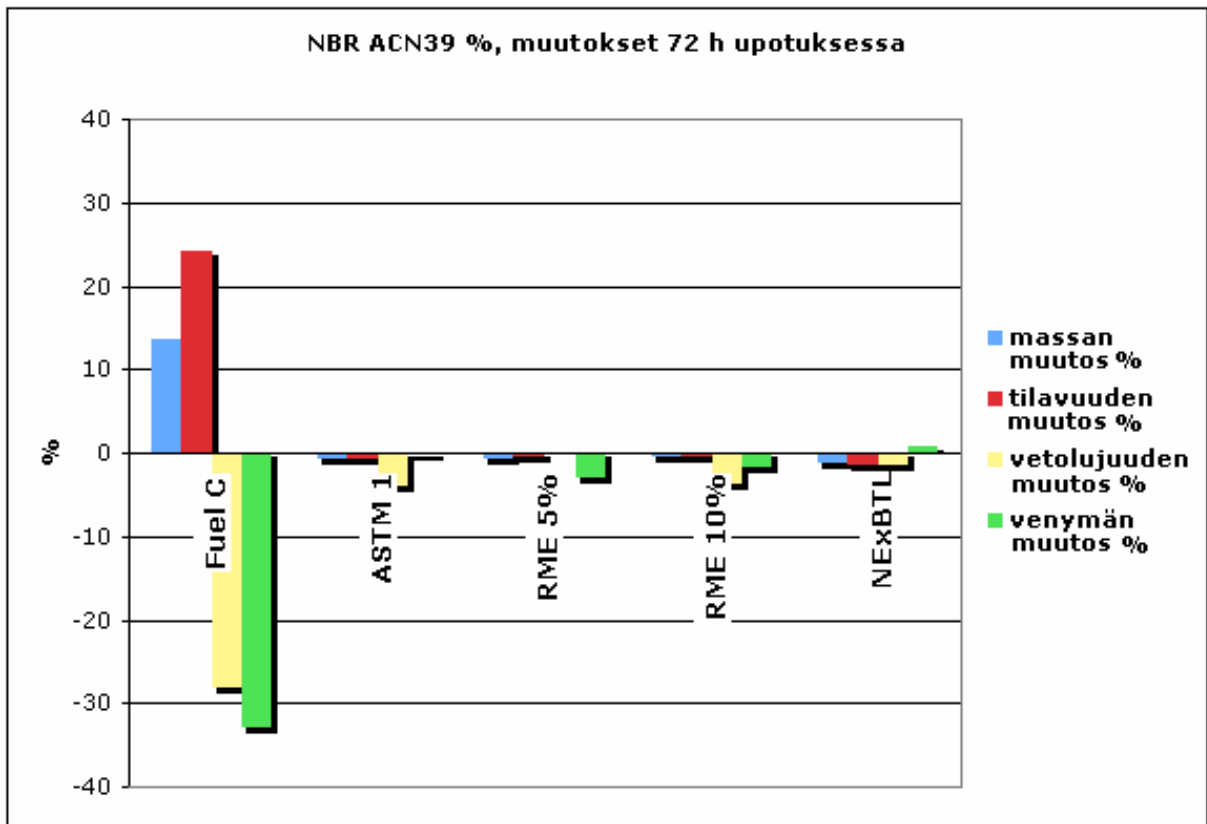
Taulukko 25. RME 100 % vaikutus materiaaleihin

Liuos: RME 100 %	72 h					7d				
	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Materiaali										
EPDM	-23	50,44	66,20	-49,11	-51,51	-23	50,22	65,89	-45,23	-50,00
UHMWPE		3,56	4,17				3,67	4,27		

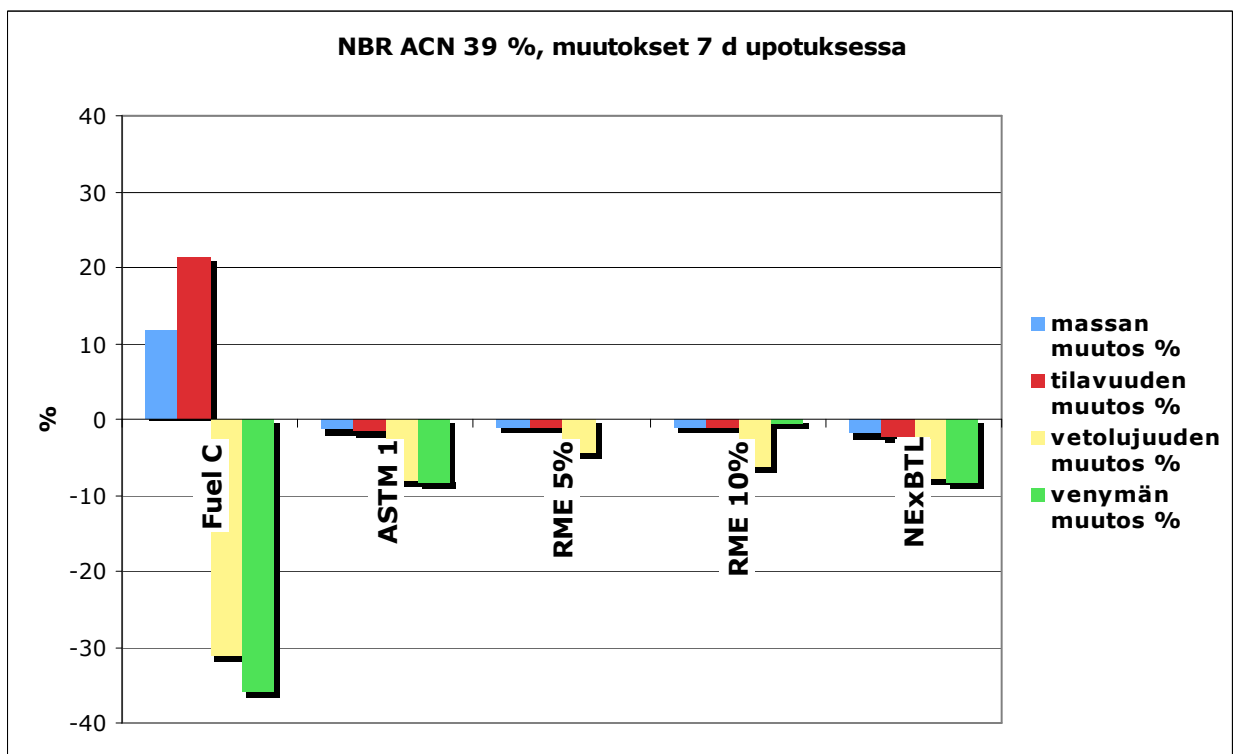
Taulukko 24. NexBTL:n vaikutus materiaaleihin

Liuos: NExBTL	72 h					7d				
	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %	kovuuden muutos Sha	massan muutos %	tilavuuden muutos %	vetolujuuden muutos %	venymän muutos %
Materiaali										
NBR ACN 39%	1	-1,28	-1,59	-1,51	0,82	2	-1,88	-2,32	-7,86	-8,22
NBR/PVC	1	-0,62	-0,70	-7,13	0,39	-1	-0,88	-1,00	-13,30	0,00
EPDM	-24	81,76	121,02	-58,94	-70,18	-24	82,95	123,17	-58,79	-67,47
ETER	-2	-0,91	-1,07	-9,16	-1,33	-1	-1,11	-1,41	1,02	0,00
NBR ACN 30%	-2	0,36	0,78	-15,02	-5,84	-3	0,51	1,01	-10,09	-3,60
UHMWPE		4,81	6,21				5,17	5,89		

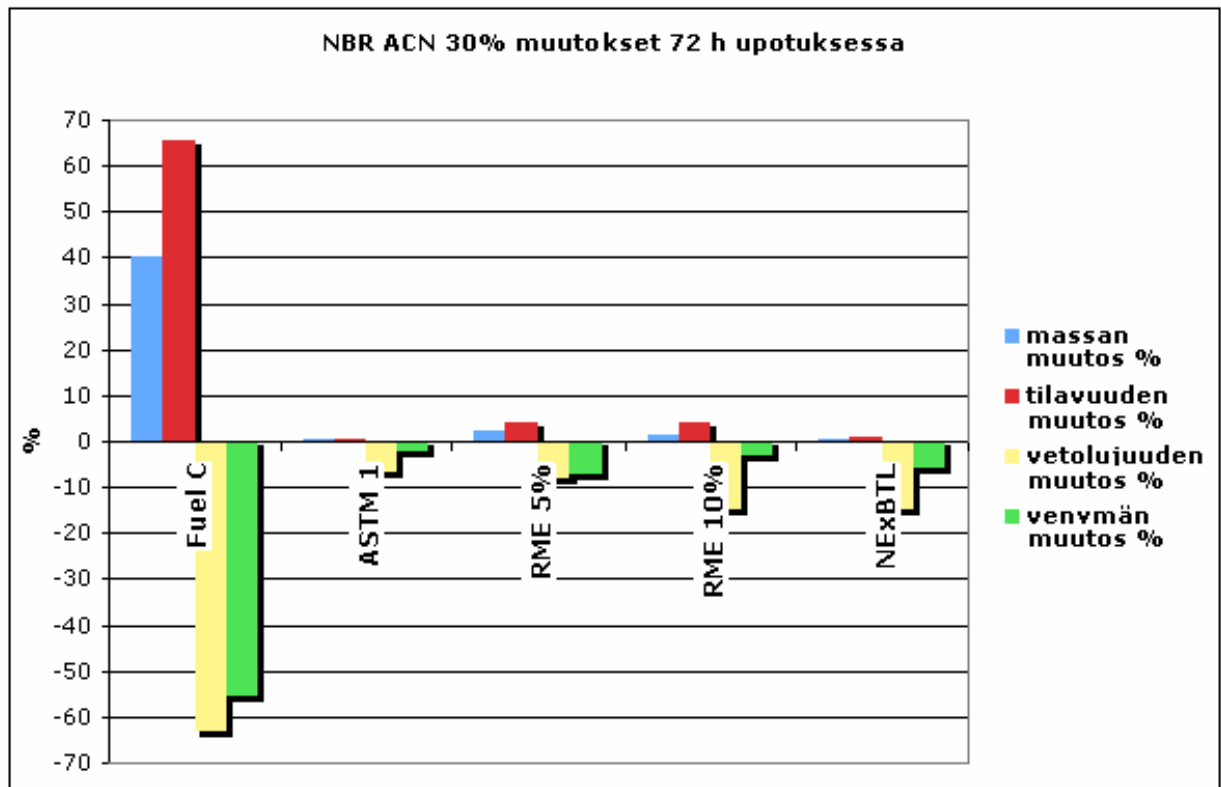
Biodieselinkeston vertailu materiaaleittain



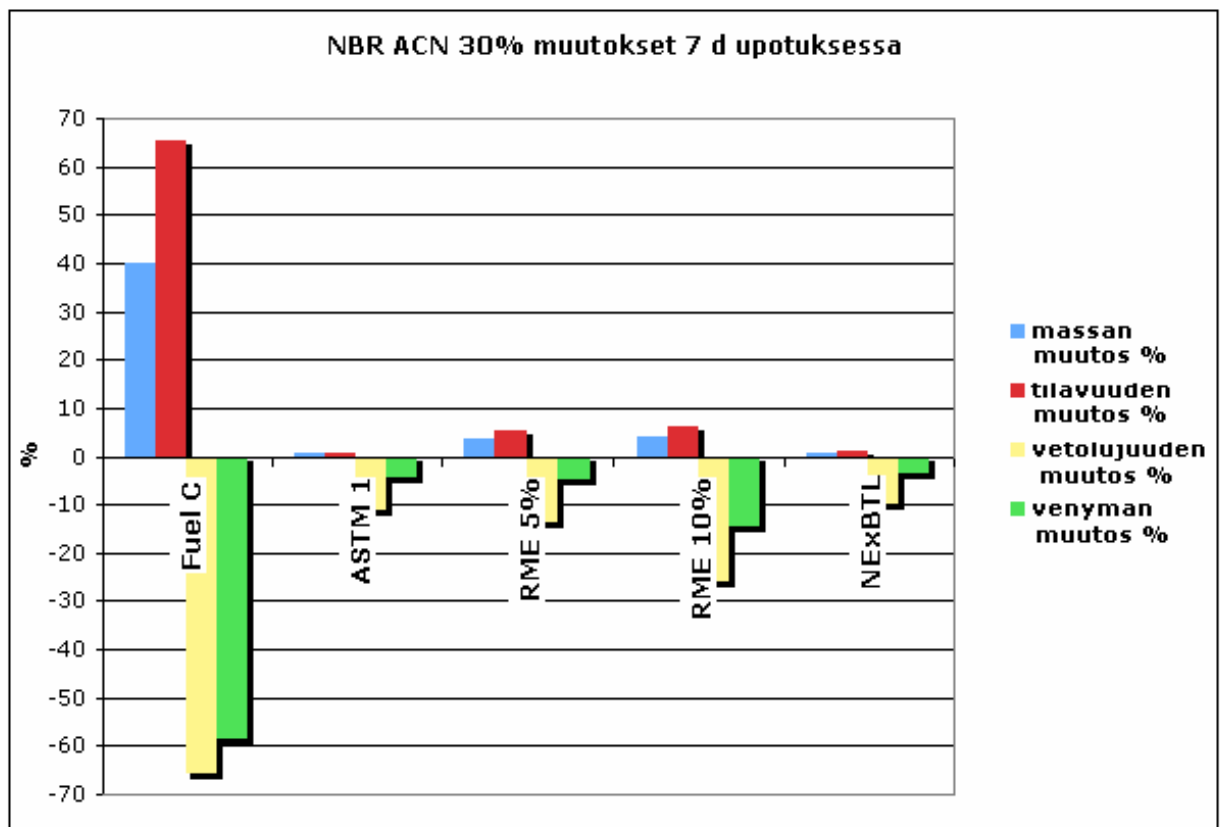
Kuva 9. NBR ACN 39 %:n biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa



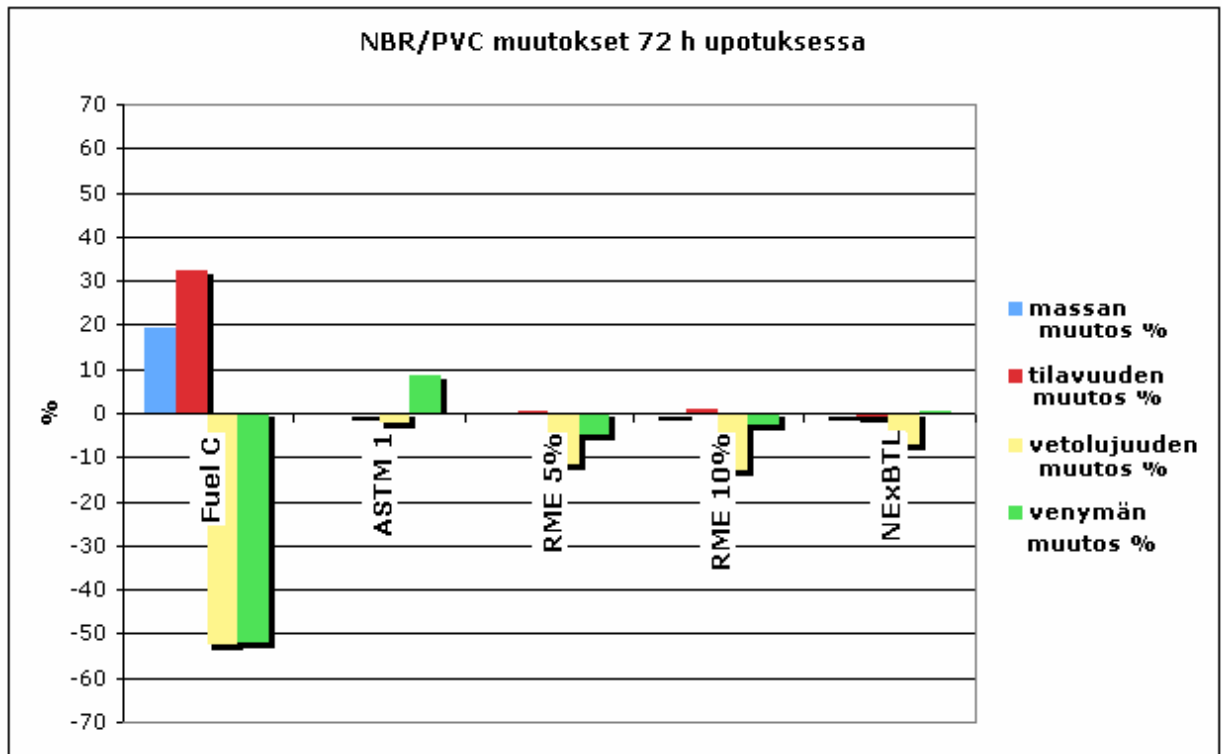
Kuva 10. NBR ACN 39 %:n biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa



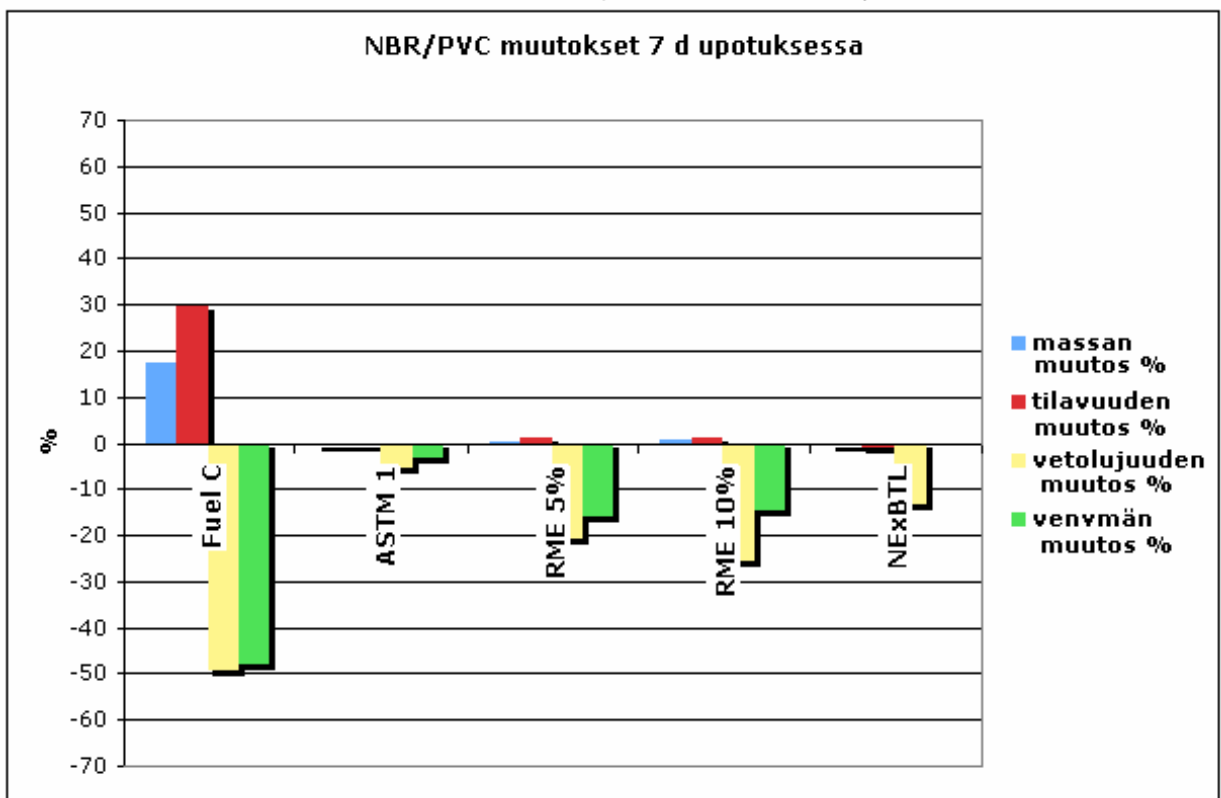
Kuva 11. NBR ACN 30 %: n biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa



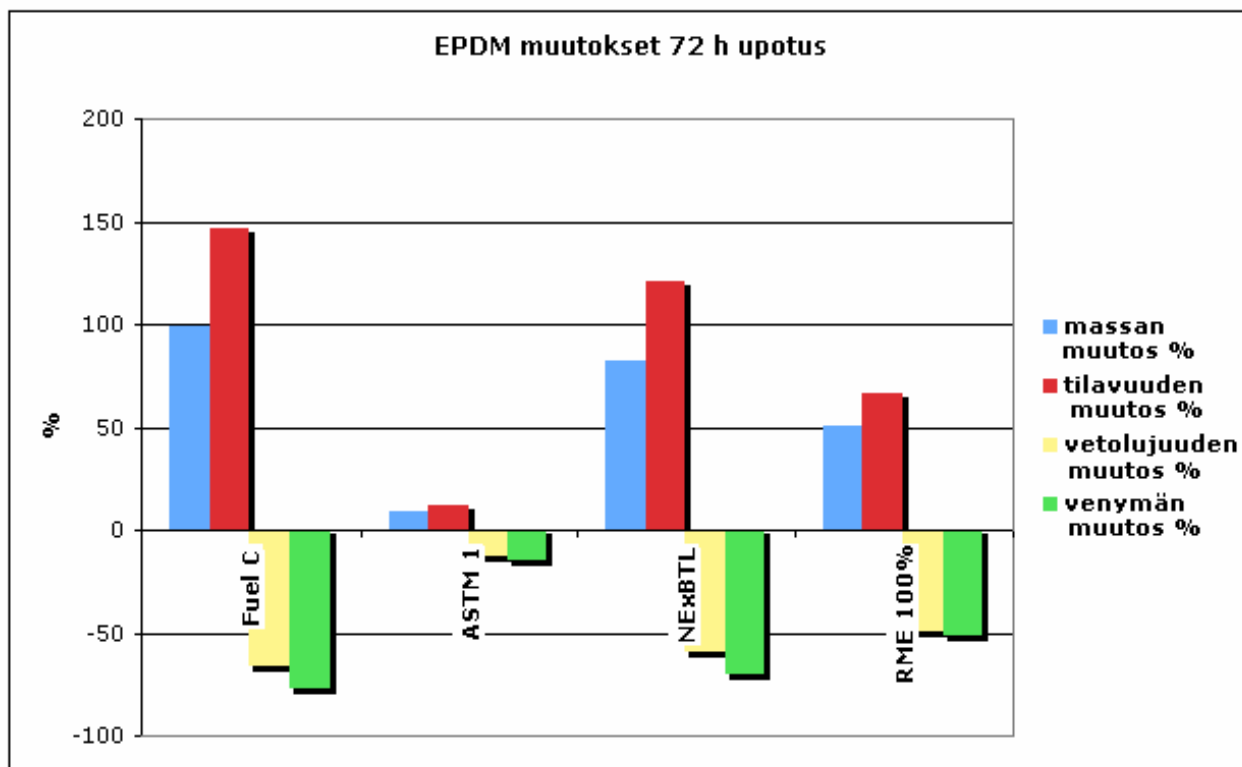
Kuva 12. NBR ACN 30 %: n biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa



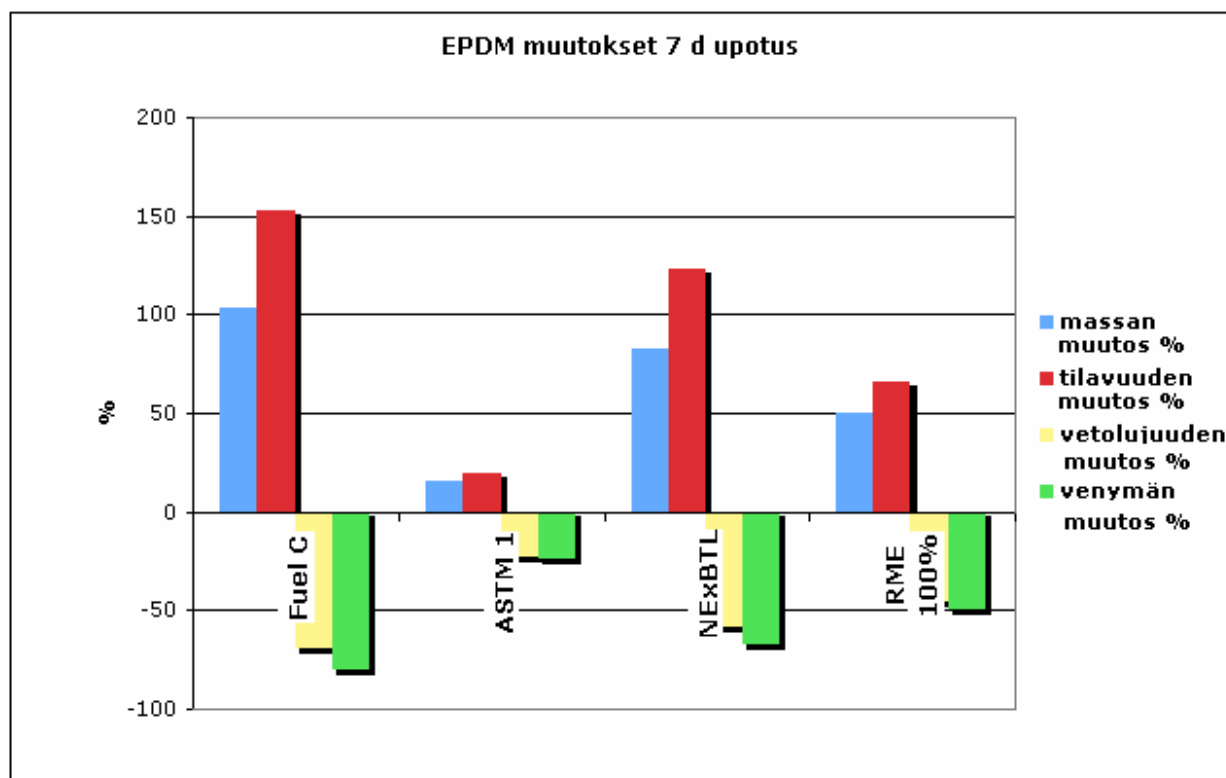
Kuva 13. NBR/PVC:n biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa



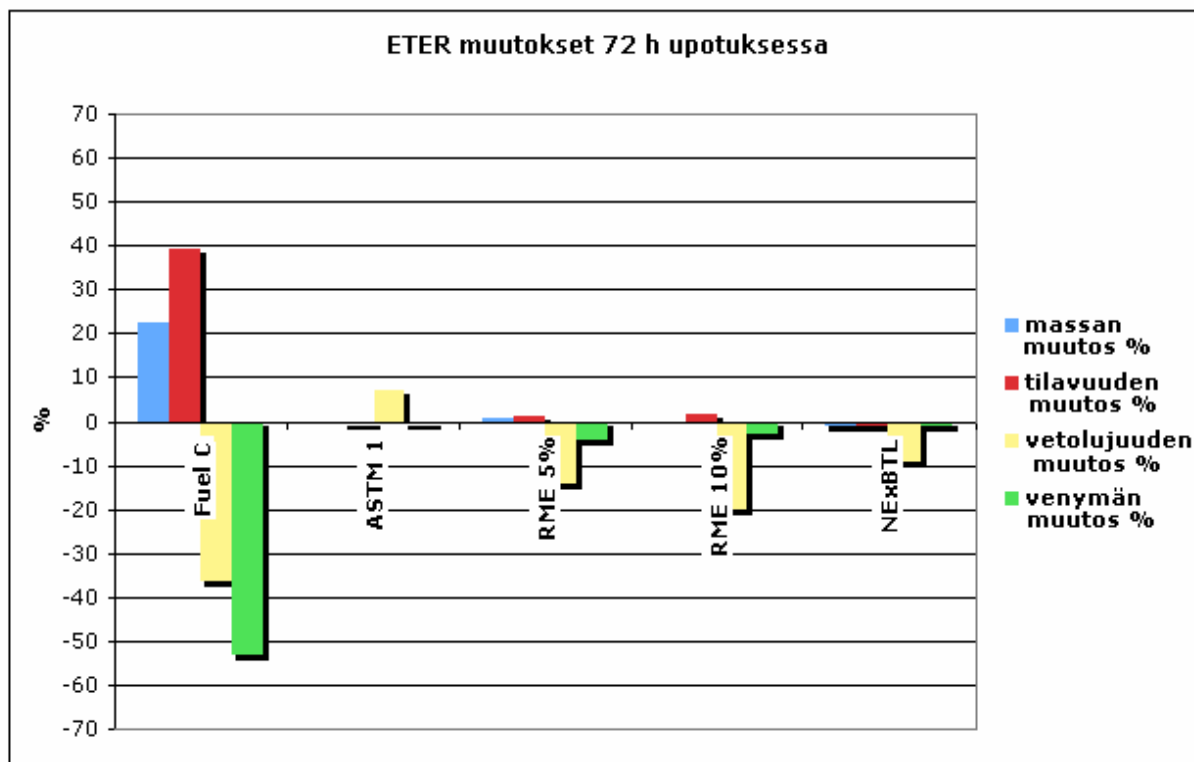
Kuva 14. NBR/PVC:n biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa



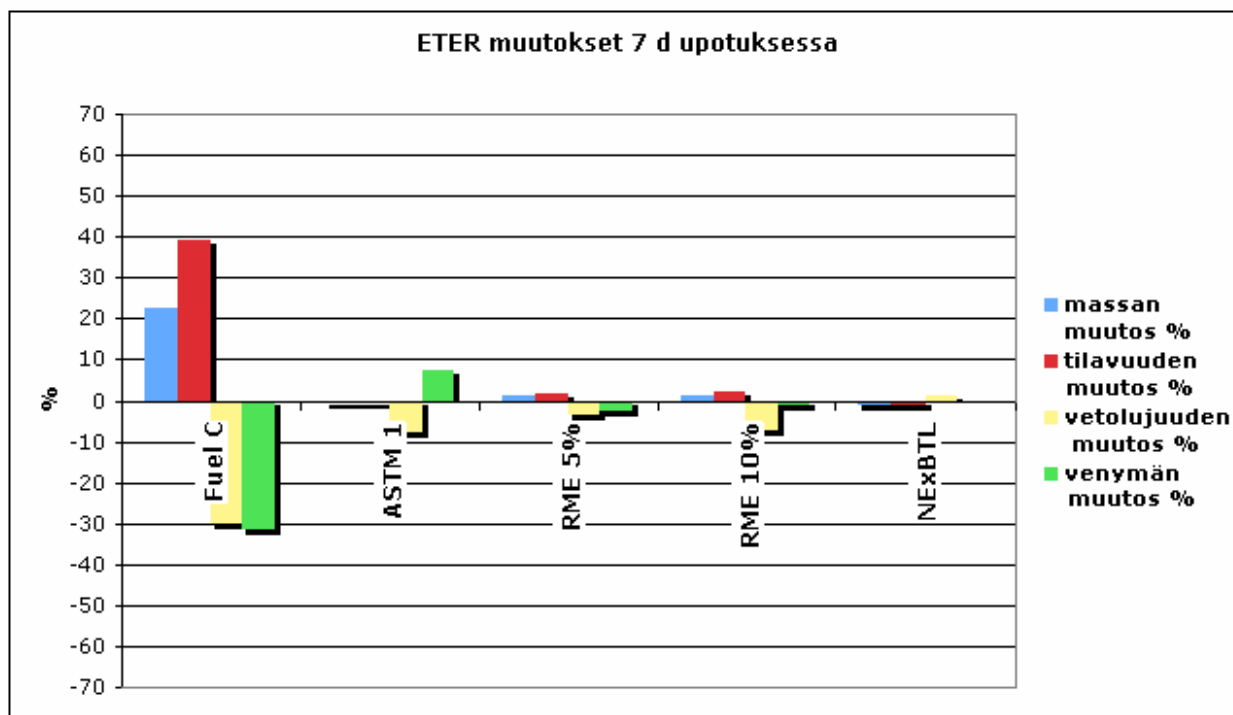
Kuva 15. EPDM:n biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa



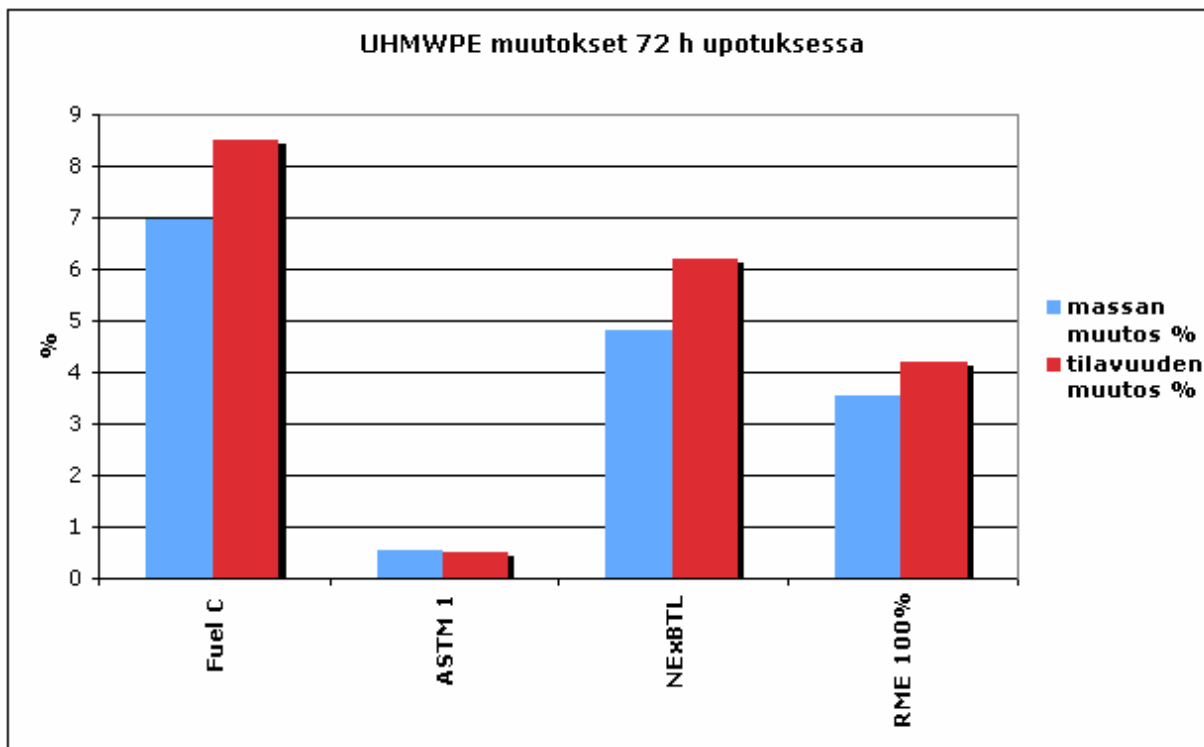
Kuva 16. EPDM:n biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa



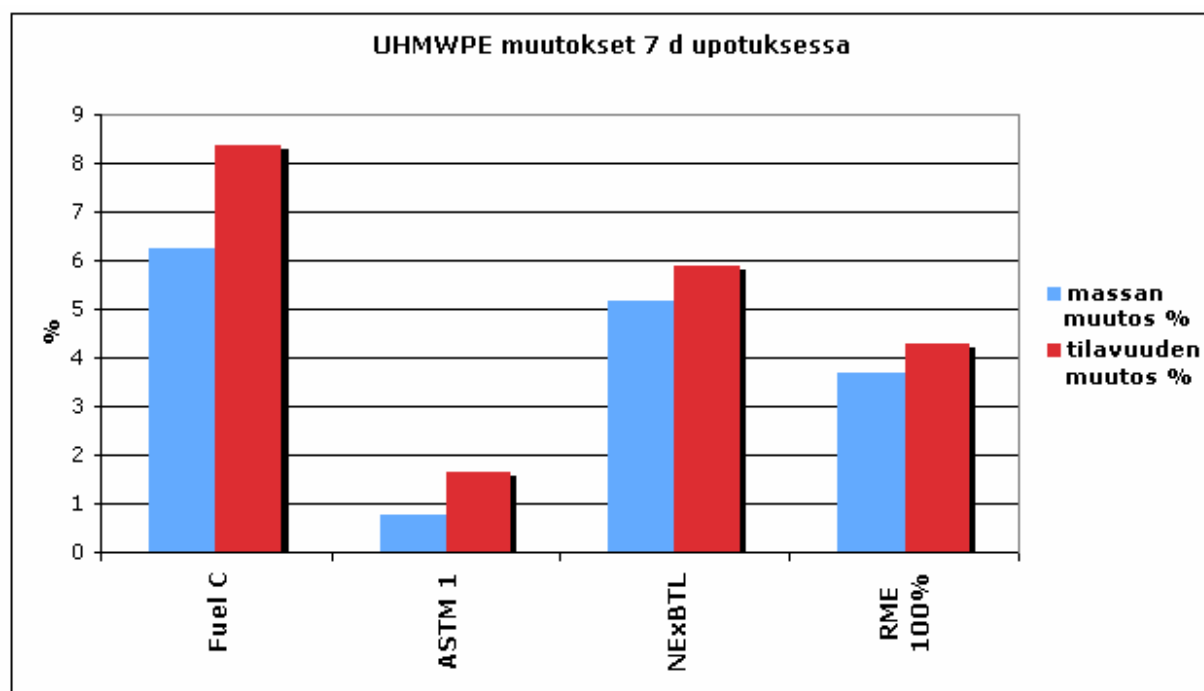
Kuva 17. ETER::in biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa



Kuva 18. ETER:in biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa

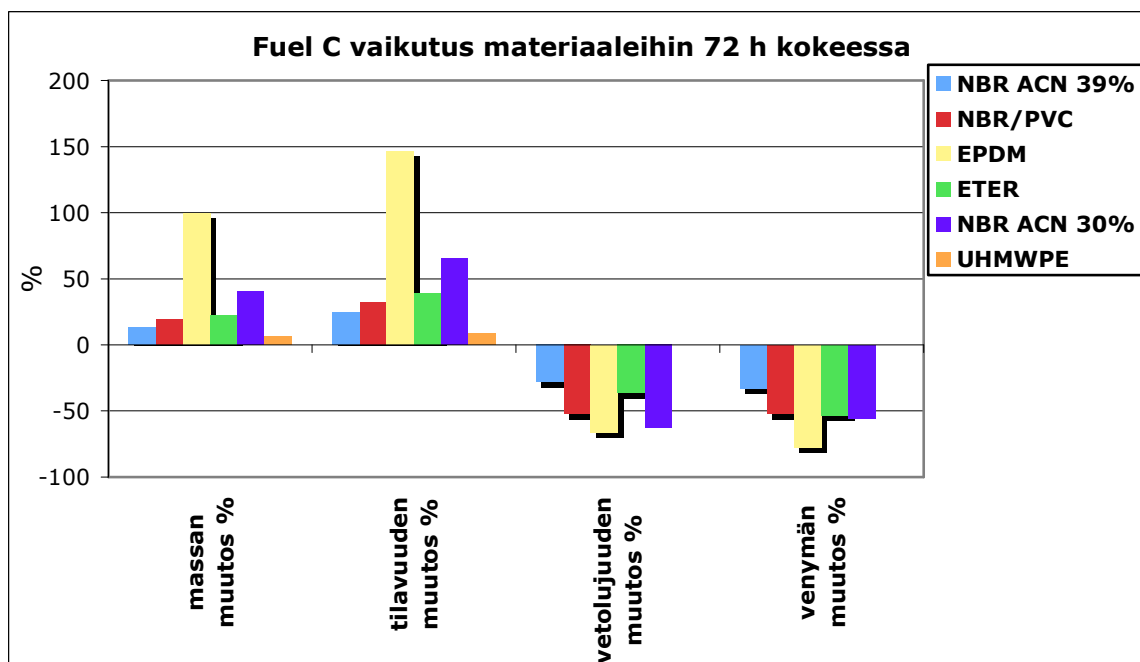


Kuva 19. UHMWPE:n biopolttoaineiden keston vertailu 72 h kokeessa

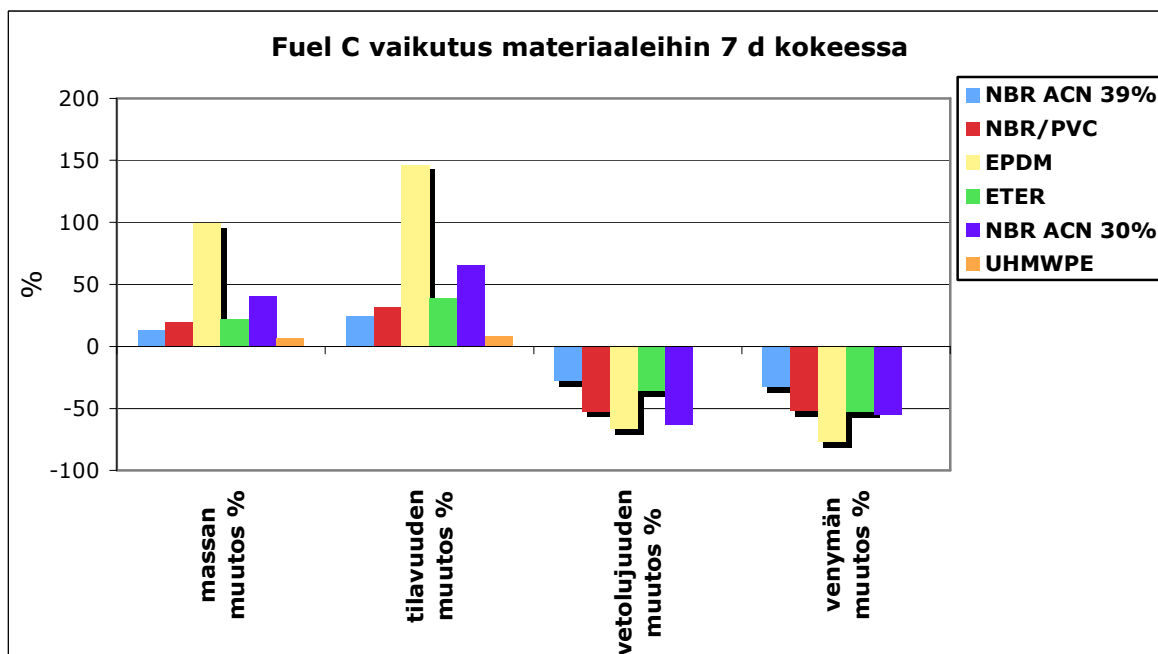


Kuva 20. UHMWPE:n biopolttoaineiden keston vertailu 7 d kokeessa

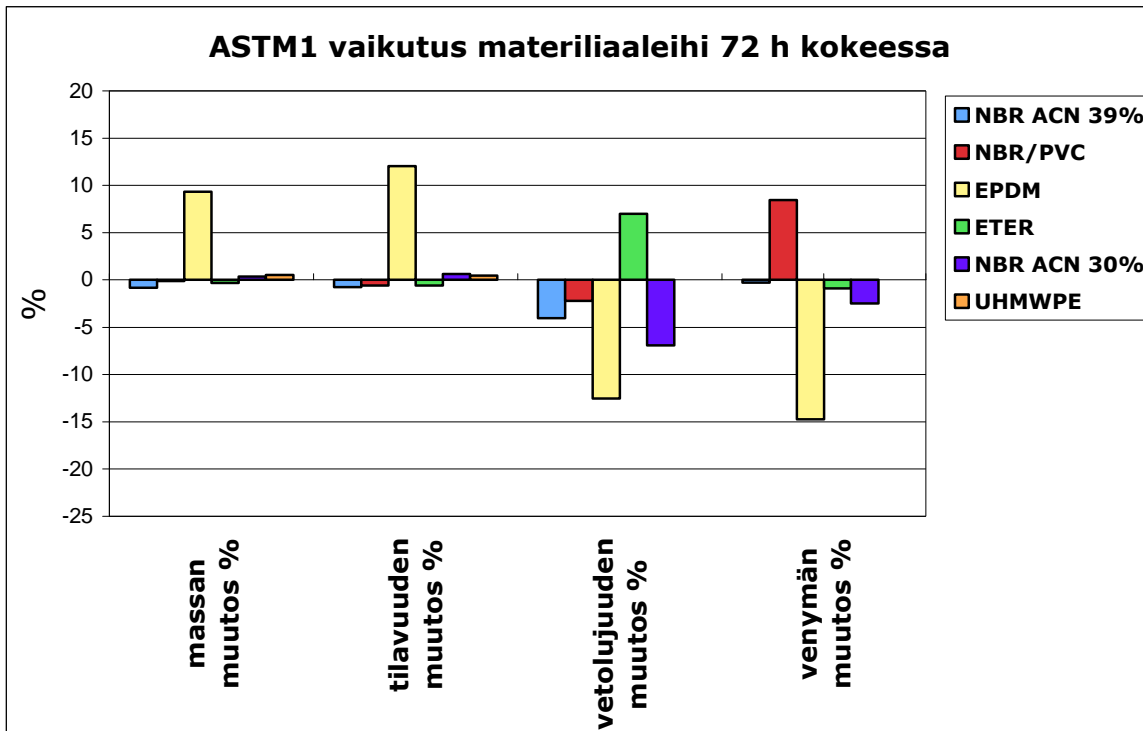
Materiaalien biodieselin keston vertailu testiliuoksittain



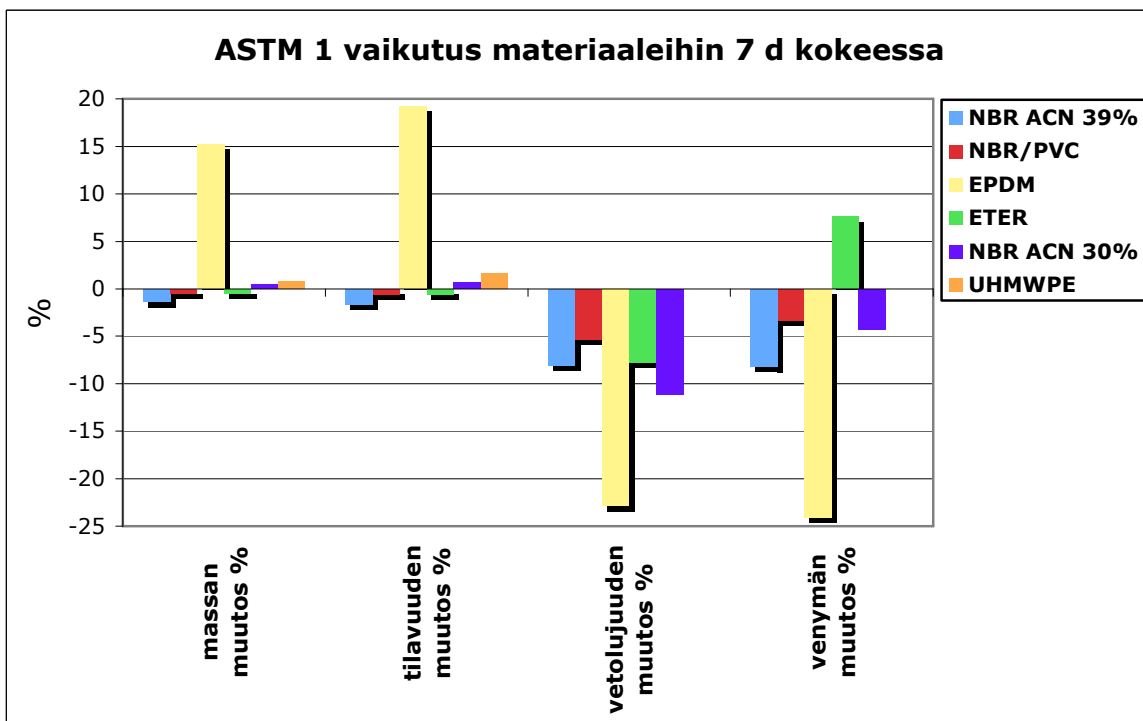
Kuva 9. Fuel C:n vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



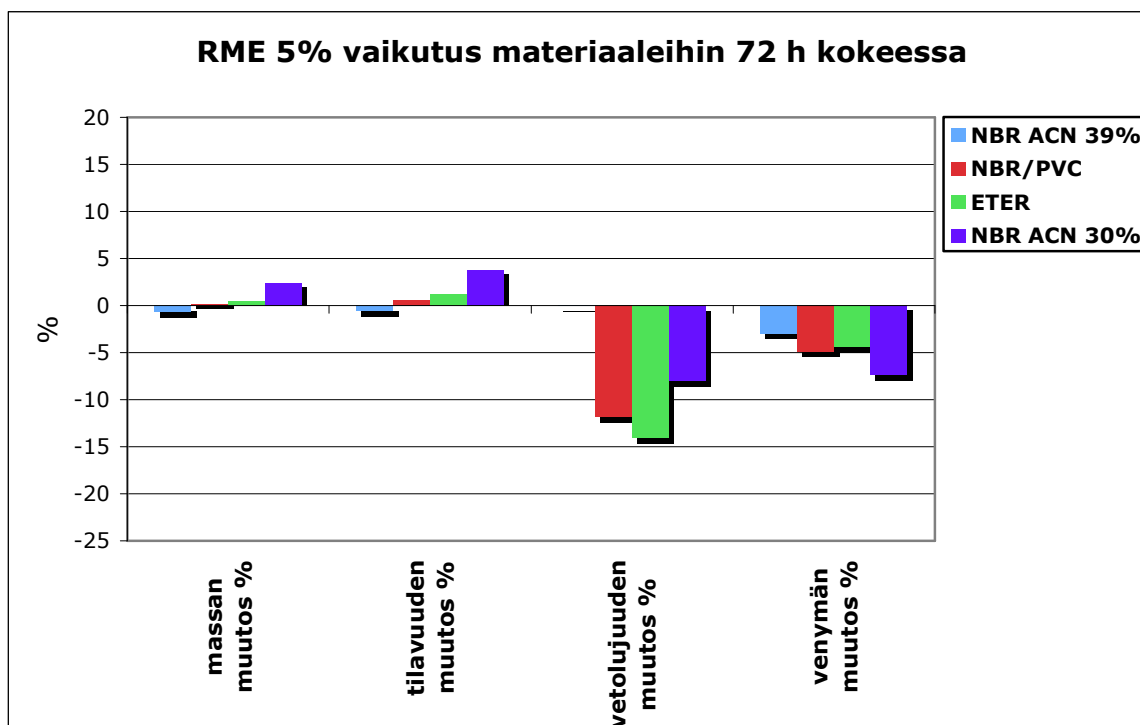
Kuva 10. Fuel C:n vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa



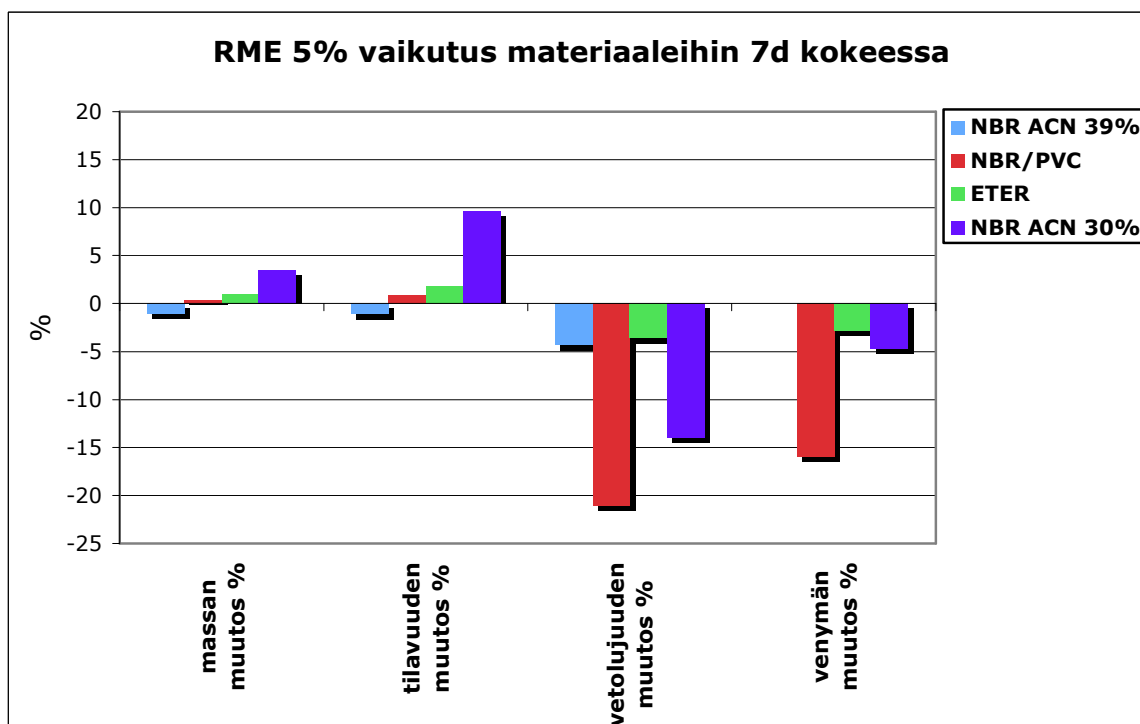
Kuva 11. ASTM 1:n vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



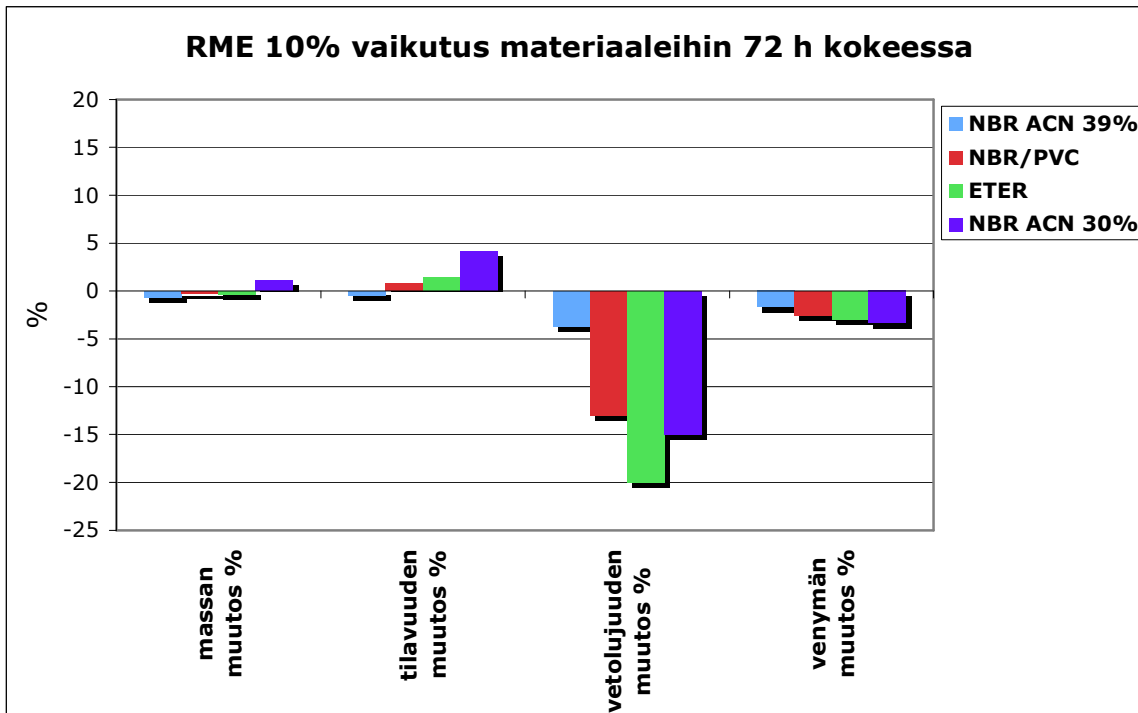
Kuva 12. ASTM 1:n vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa



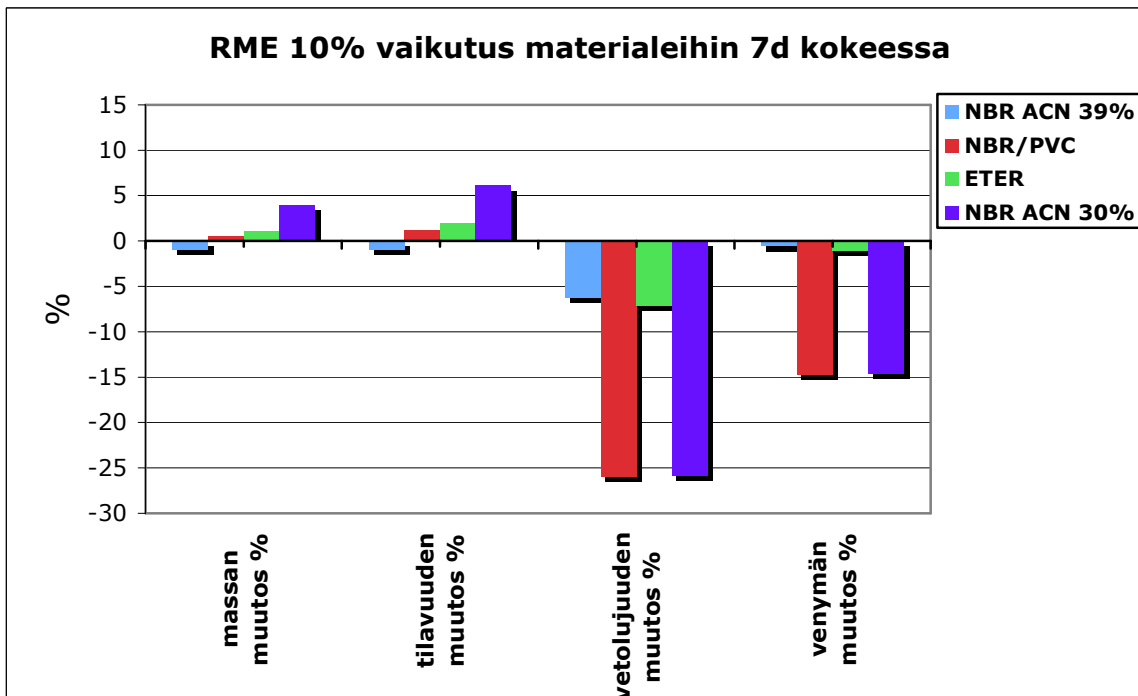
Kuva 13. RME 5 % vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



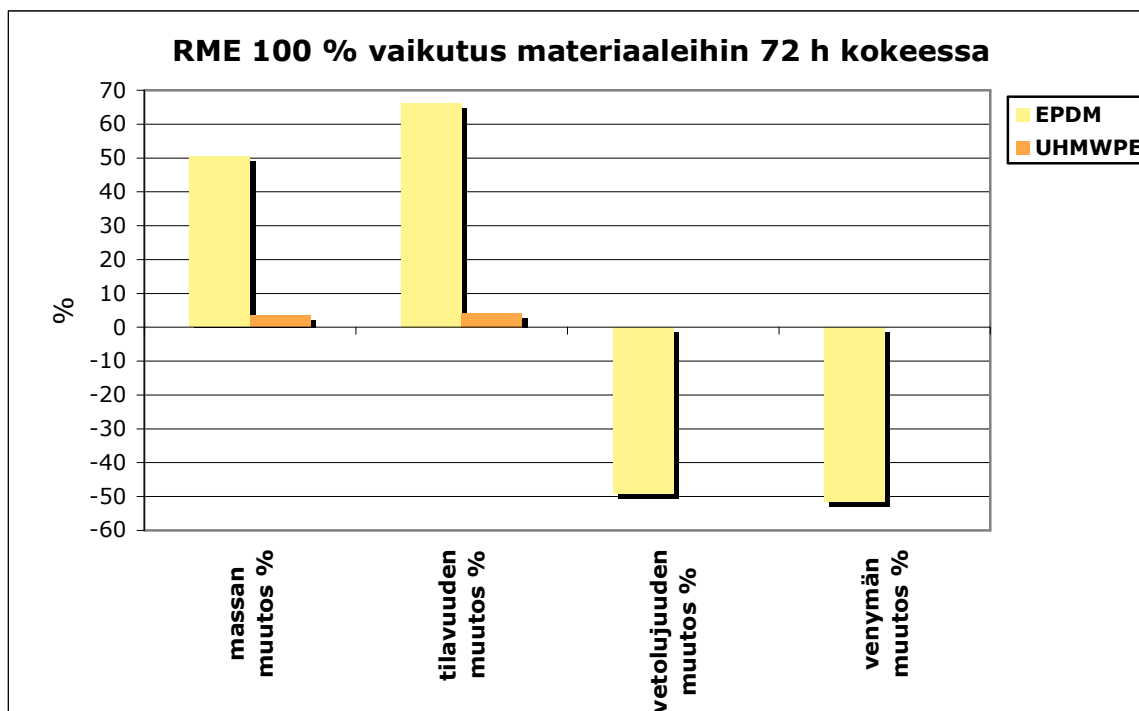
Kuva 14. RME 5 % vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa



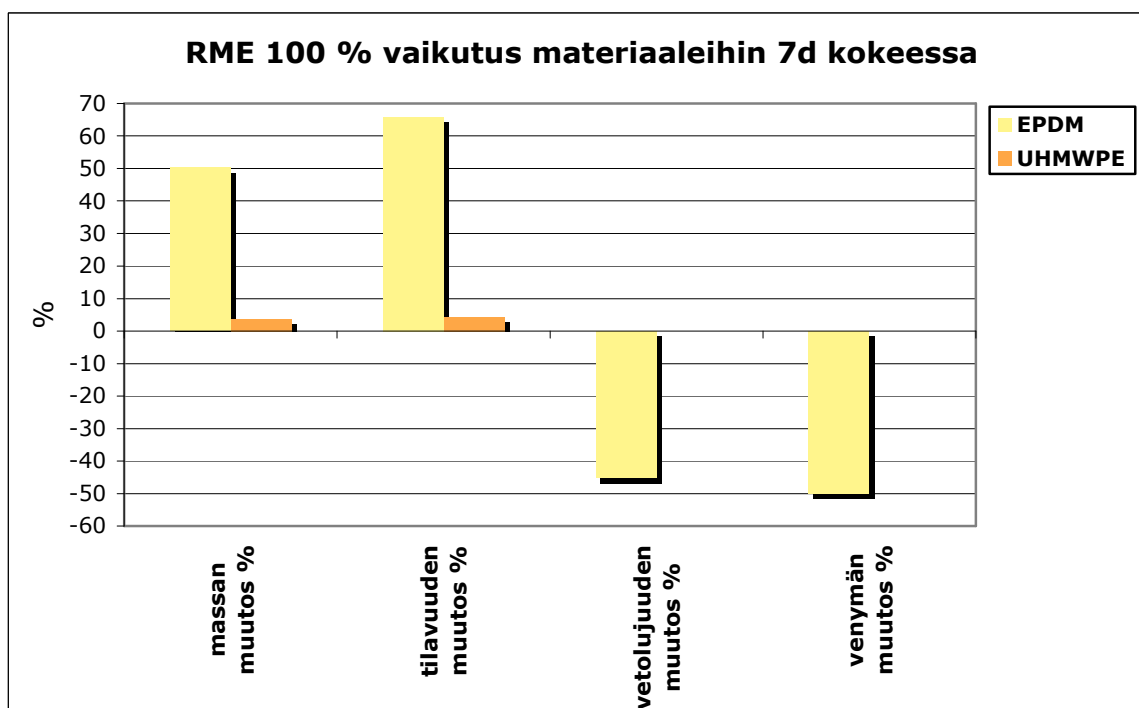
Kuva 15. RME 10 % vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



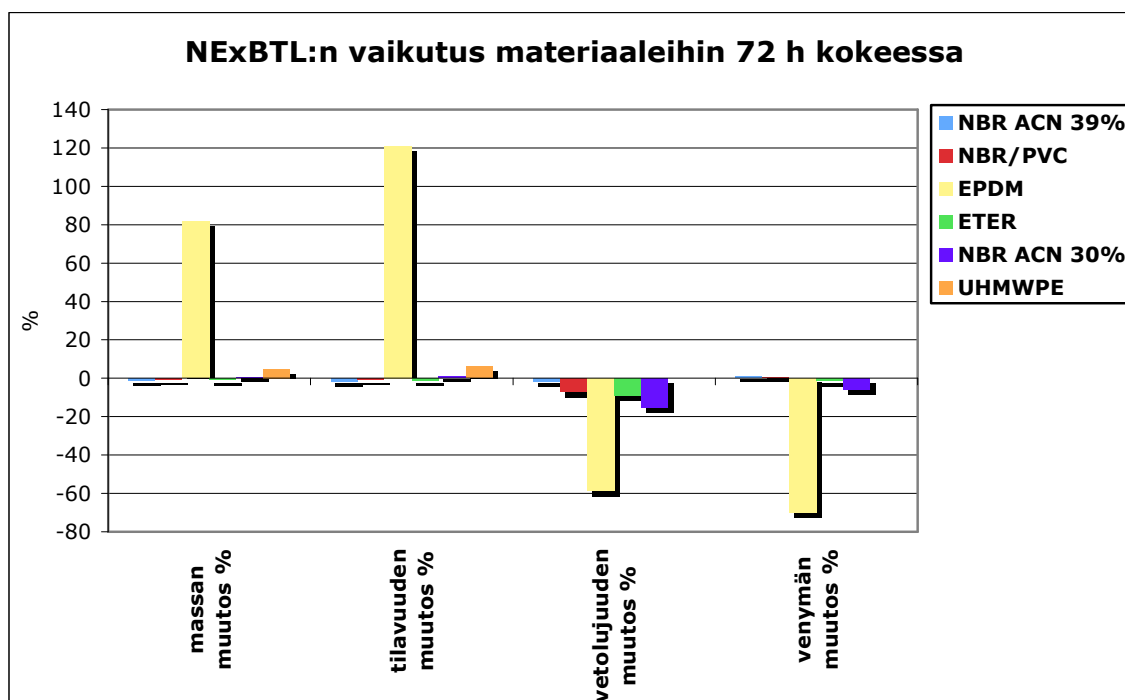
Kuva 16. RME 10 % vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa



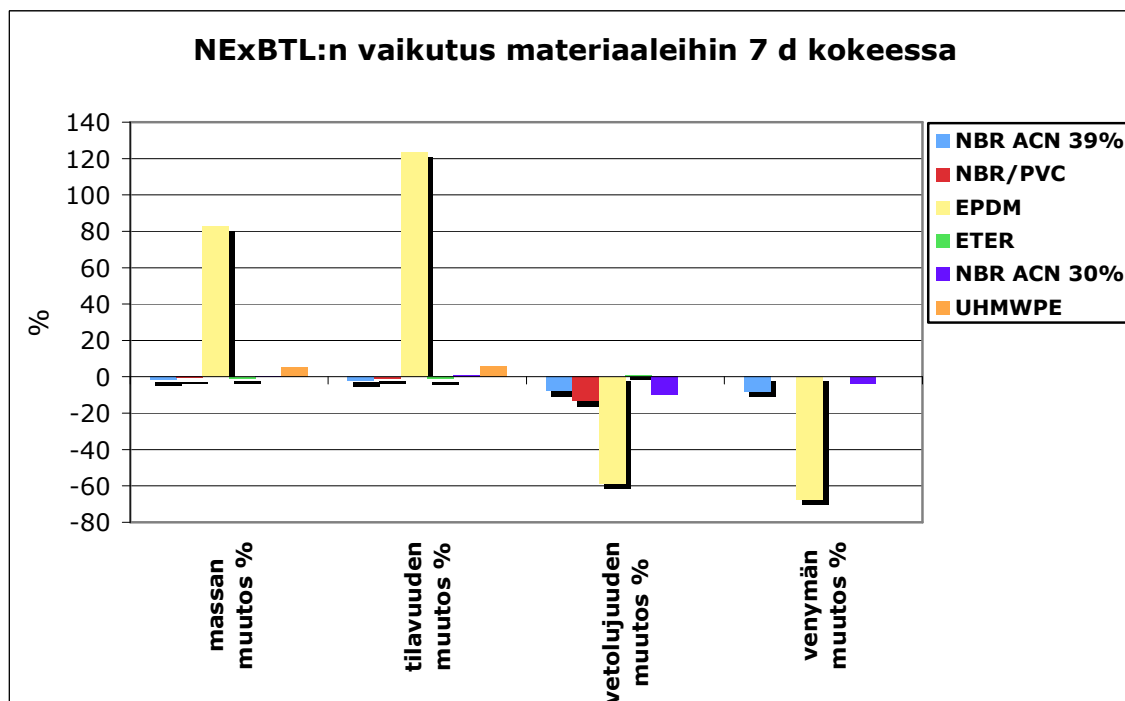
Kuva 17. RME 100 % vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



Kuva 18. RME 100 % vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa



Kuva 19. NExBTL:n vaikutus materiaaleihin 72 h kokeessa



Kuva 20. NExBTL:n vaikutus materiaaleihin 7 d kokeessa