

Joona Kangas

Energiatehokkuuden huomioiminen hyötyajoneuvon hankinnassa

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikan ko.

Syyskuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä	
Tekijä(t) Joona Kangas		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikan ko.	
Nimeke Energiatehokkuuden huomioiminen hyötyajoneuvon hankinnassa			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia raskaan kaluston energiatehokkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Työssä selvitettiin, miten kuorma-auton energiatehokkuutta voitaisiin parantaa ja minkälaisia säästöjä sillä saataisiin aikaan. Tavoitteena oli selvittää, millaisilla teknisillä ratkaisuilla ja valinnoilla kalustoa hankkiessa kuljetusyrityksellä olisi mahdollista kehittää yrityksen kannattavuutta vähentämällä energian kulutusta.</p> <p>Työssä hyödynsin aiempia tutkimuksia hyötyajoneuvojen energiataloudellisuudesta ja kokemuspohjaisia mielipiteitä kuljetusalan yrittäjiltä. Sen lisäksi hyödynsin omaa kokemusta kuljetusliikkeessä ja Volvo -kuorma-autokorjaamolla. Työn aiheen rajasin ajoneuvotehokkuuden vaikutukseen. Ajoneuvotekniikan osa-alueiden huomioiminen kaluston hankinnassa ja ylläpitämisessä on merkittävää. Nämä asiat huomioidaan ottamalla säästetään rahaa ja päästään kansainvälisiin ympäristötavoitteisiin.</p> <p>Perehdyin työssä tarkemmin hyötyajoneuvon ajoneuvotehokkuuteen, johon kuljetusyrityksellä on itselläänkin mahdollisuus vaikuttaa. Ajoneuvotehokkuuteen vaikuttavat omamassa, voimalinja ja ajovastukset. Näitä kohteita kehittämällä säästetään energiaa ja pienennetään kustannuksia.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Energiatehokkuus, Hyötyajoneuvo, Ajoneuvotehokkuus			
Sivumäärä 20	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth		Opinnäytetyön toimeksiantaja	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Joona Kangas		Degree programme and option Automotive and transportation engineering	
Name of the bachelor's thesis Energy efficiency in the commercial vehicle procurement			
Abstract <p>The purpose of thesis was to explore energy efficiency of heavy duty trucks. I examined how energy efficiency of trucks could be improved and what kind of savings it would bring. The goal was to find out technical solutions and equipment acquisition choices of a haulage company that would improve the company's profitability by reducing energy consumption.</p> <p>In my thesis I exploited earlier studies of energy efficiency of commercial vehicles and used experience-based opinions of transport entrepreneurs. In addition, I used the personal experience at the haulage company and in the Volvo truck repair shop. The content of the thesis was limited to the impact of the efficiency of the vehicle. It is very important to take vehicle technology areas into account in the procurement of equipment and maintenance. By considering these issues, it is possible to save money and achieve global environmental objectives.</p> <p>I studied in more detail the commercial vehicle energy efficiency to which the haulage company has opportunity to influence. Efficiency is affected by the vehicle weight, power line and driving resistance. Improving these things helps to save energy and reduce costs.</p>			
Subject headings, (keywords) energy efficiency, heavy duty road vehicle, efficiency of vehicle			
Pages 20	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Kari Ehrnrooth		Bachelor's thesis assigned by	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ENERGIATEHOKKUUS	2
2.1	Energiatehokkuuden parantaminen	2
2.2	Tavoitteet Euroopassa	4
2.3	Suomen tieliikenteen energiatehokkuussopimus	4
3	AJONEUVOTEHOKKUUS	4
3.1	Omamassa	5
3.2	Voimalinja	6
3.3	Ilmanvastus	7
3.4	Rullausvastus	8
4	KEHITTÄMISTAVAT	9
4.1	Kaluston valinta ja voimalinja	9
4.2	Omamassa	9
4.3	Ilmanohjaimet	11
4.4	Renkaiden typpitäyttö	14
4.5	Renkaiden merkintä ja valinta	16
5	YHTEENVETO	17
	LÄHTEET	19

1 JOHDANTO

Energiakulutuksen kasvu, nouseva energian hinta ja ympäristötilanmuutos asettavat maailmalla paljon paineita tieliikenteen energiatehokkuuden parantamiseksi. Fossiilisten polttoaineiden käyttö lisääntyy kuljetusten mukana, mikä johtaa päästöjen kasvuun. Materiaali- ja joukkoliikenne ovat kuitenkin ehdottomia nykyiselle yhteiskunnalle. Maailman talouden jatkaessa kasvuaan lisääntyvät myös tavaraliikenteen kuljetukset. Tieliikenteessä raskaankaluston kuljetukset näyttelevät merkittävää osaa, eikä niissä ole käytetty kaikkea energiansäästöpotentiaalia hyväksi. Energian nouseva hinta on saattanut myös kuljetusyritykset heikompaan tilanteeseen. Polttoaineen hinnan nousu on yksi suurimmista kulueristä.

Suunnitelmat ja tavoitteet luovat paljon paineita logistiikka-alan parantamiseen, ongelmana on, että kuljetuksista pitäisi saada mahdollisimman kustannustehokkaita, mikä taas ei ole välttämättä hyväksi energiatehokkuuden ja päästöjen kannalta. Energiatehokkuus määräytyy kuljetussuoritteen ja kulutuksen mukaan. Monet muuttujat vaikuttavat ajoneuvon energiakulutukseen, kuten ajoneuvotekniset ominaisuudet, kuljettajan ajotapa, ajo-olosuhteet ja liikenne.

Tässä työssä tutkitaan raskaankaluston energiatehokkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä pohditaan, minkälaisia mahdollisuuksia kuljetusyrityksellä on vaikuttaa energiatehokkuuteen jo käytössä olevaan kalustoon ja uutta hankkiessa. Lisäksi selvitetään, mitä energiatehokkuussopimuksia ja tavoitteita on olemassa koskien Suomen kuljetusliikennettä.

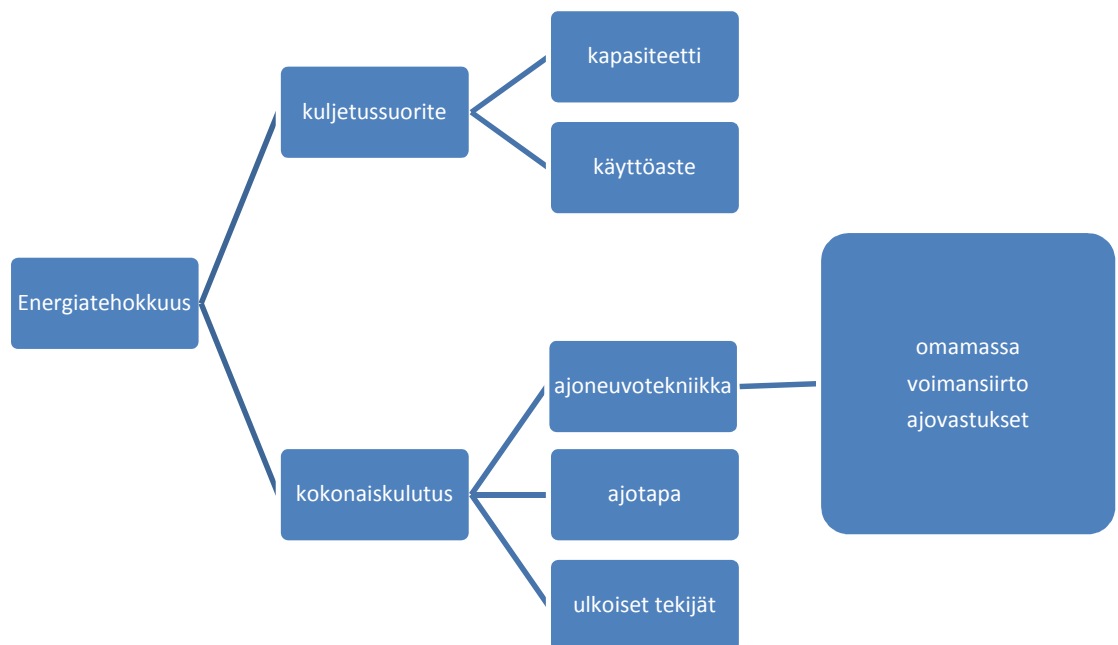
Tässä opinnäytetyössä ensimmäiseksi perehdytään syvemmin ajoneuvon teknisiin ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat kulutukseen ja sitä myötä energiatehokkuuteen. Selvitetään, mitkä ovat ne ominaisuudet ja millaisia vaikutuksia niillä on.

Sen jälkeen, kun energiatehokkuuteen vaikuttavat tekniset tekijät on saatu tarkastelua, pohditaan tarkemmin itse kuljetussuorittajan mahdollisuuksia vaikuttaa asiaan edellä mainitut ominaisuudet huomioon ottaen.

2 ENERGIA TEHOKKUUS

Kokonaistehokkuus määräytyy neljän eri tason yhteisvaikutuksesta, joita ovat logistinen tehokkuus, ajoneuvon tehokkuus, kuljettajan tehokkuus ja reitin tehokkuus. Logistinen tehokkuus tulee oikean ajoneuvon valinnasta tiettyyn kuljetustehtävään, jotta kuorma saadaan maksimoitua. Ajoneuvon tehokkuuteen vaikuttaa ajoneuvon tekniikka ja ajovastustusvoimien minimoiminen. Kuljettajan tehokkuus vaihtelee ajotaitojen ja -tyylien mukaan. Niitä voidaan parantaa mm. koulutuksilla ja apulaitteiden käytöllä. Reitin tehokkuudessa huomioidaan liikenteen ja teiden vaikutus. /1./

Energiatehokkuus määritellään energiapalveludirektiivissä suoritteen, palvelun, tavarain tai energian tuotoksen ja energiapanoksen väliseksi suhteeksi /7/. Tieliikenteessä energiatehokkuus määräytyy siitä, kuinka paljon energiaa kulutetaan kuljettaessa henkilöitä tai tavaraa ja se voidaan esittää henkilö- tai tonnikipometrejä kilowattituntia kohden (hkm/kWh tai tkm/kWh). Kulutus riippuu ajoneuvoteknisistä ominaisuuksista, kuljettajan ajotavasta ja muista ulkoisista tekijöistä, kuten olosuhteista ja liikenteestä. Kuljetussuorite riippuu kuormakapasiteetista ja käyttöasteesta. /1./

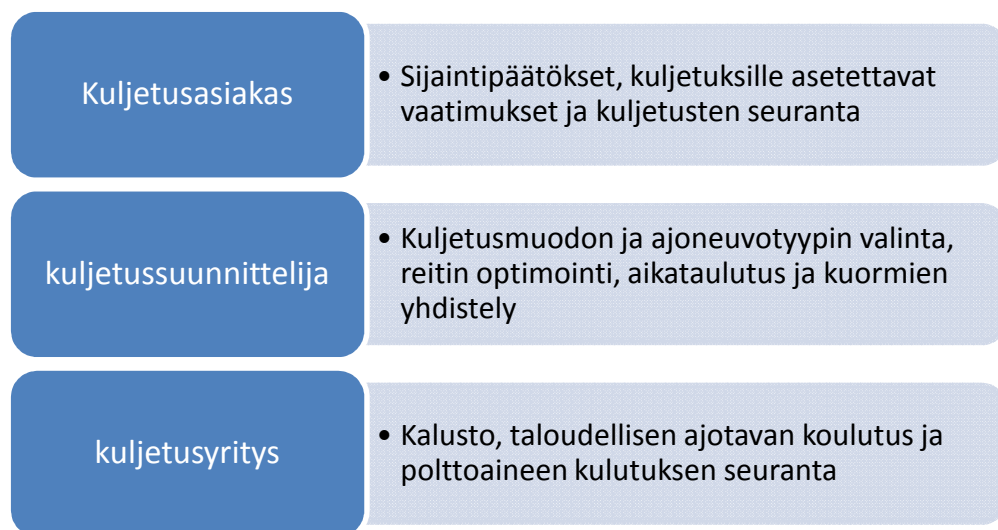


KAAVIO 1. Energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä

2.1 Energiatehokkuuden parantaminen

Jatkuvasti kasvava fossiilisten polttoaineiden kulutus aiheuttaa ongelmia ympäristölle ja ihmisille. Vaihtoehtoiset polttoaineet ovat kehittyneet, mutta eivät pysty vielä korvaamaan dieselöljyn käyttöä. Energian kulutusta pyritään vähentämään, mikä johtaa pienempiin kustannuksiin ja päästöihin. Energiatehokkuuden parantaminen on yksi ratkaisu, jolla voidaan pyrkiä pienempään energian käyttöön. Energiatehokkuus paranee, jos pienemmällä energiamäärällä saadaan kuljetettua sama suorite ja toisaalta jos samalla energiamäärällä kuljetetaan suurempi suorite.

Kuljetusliikenne poikkeaa henkilöautoliikenteestä siten, että siinä pyritään mahdollisimman tehokkaaseen ajoneuvon käyttöön ja kuljetussuoritteisiin. Aiemmin mainittu energiatehokkuuden määritelmä (tkm/kWh) ei vastaa kuitenkaan todellista toiminnan tehokkuutta. Vaikka energiatehokkuus paranee, ei energiankulutus välttämättä piene. Kulutukseen vaikuttaa myös ajojärjestely ja terminaaliverkoston sijainti. Kuljetusalalla eri toimijoiden valinnat vaikuttavat lopulliseen energiatehokkuuden tulokseen. Toimijat voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan, jotka ovat kuljetusasiakas, kuljetussuunnittelija ja kuljetusyritys. Kuljetusasiakas tai kuljetusyritys voi myös itse toimia suunnittelijana. /4: 5./



KAAVIO 2. Kuljetustoiminnan osapuolten keinot vaikuttaa energiatehokkuuteen. /5./

Tässä työssä tutkittaviin kuljetusyrittäjien vaikutusmahdollisuuksiin kuuluu kaluston tekniset ominaisuudet. Teknisesti ajoneuvojen energiatehokkuuteen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat tekijät: oikea kaluston valinnan myötä omamassa, moottorin koko,

aerodynamiikka ja renkaat. Myös voiteluaineilla ja huoltojen säännöllisyydellä on oma osuutensa. Polttoaineesta saatu energia kuluu moottorihäviöihin, apulaitteisiin, voimansiirtoon sekä liikettä vastustaviin voimiin eli vierintävastukseen ja ilmanvastukseen. Näihin kohdistuvia energiahäviöitä pienentämällä päästään parempaan energiatehokkuuteen. /4./

2.2 Tavoitteet Euroopassa

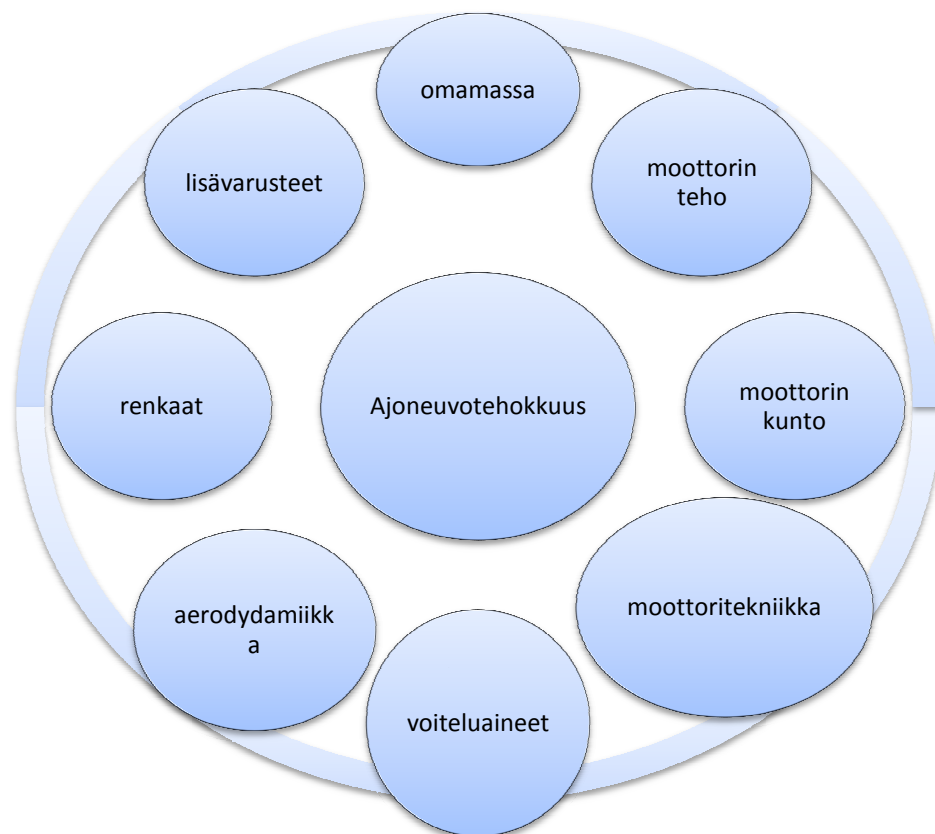
Euroopan komissiolla on omat suunnitelmansa ilmasto- ja energiapolitiikkansa suhteen. Se on julkaissut teoksen nimeltään ”Valkoinen kirja”, jossa esitetään Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma. Euroopassa tavoitteena on paremman energiatehokkuuden kautta pienentää energiankulutusta 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä, mikä johtaisi miljardien eurojen säästämiseen ja miljoonien tonnien päästövähennyksiin vuosittain. Euroopassa liikennejärjestelmä on erittäin riippuvainen öljystä ja muista öljytuotteista, koska 96 prosenttia kokonaisenergiasta koostuu siitä. /2: 3./

2.3 Suomen tieliikenteen energiatehokkuussopimus

Tavarakuljetuksille ja logistiikan alalle on tehty energiatehokkuussopimus vuosille 2008-2016. Sopimuksen osapuolia ovat Liikenne- ja viestintäministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö, Ympäristöministeriö, Suomen Kuorma-autoliitto, Logistiikkayritystenliitto ja VR osakeyhtiö. Siihen voivat liittyä järjestöjen jäsenyritykset ja muut kuljetusalan yritykset. Sopimuksen tarkoituksena on auttaa pääsemään niihin tavoitteisiin, mitkä EY:n energiapalveludirektiivi on asettanut energiatehokkuuden parantamiselle eli parantaa energiatehokkuutta prosentilla vuosittain. Sopimukseen liittyneet yritykset ovat sitoutuneet parantamaan energiatehokkuutta sekä kehittämään koulutusta ja ohjausta. Tavoitteena on, että 60 % kuljetusyrityksistä ja 80 % joukkoliikenteestä olisi liittynyt energiatehokkuussopimukseen vuonna 2016 /6;7./

3 AJONEUVOTEHOKKUUS

Tässä työssä otetaan tarkemmin käsiteltäväksi ajoneuvotehokkuus. Siihen vaikuttavat osa-alueet ovat voimalinja, omamassa ja ajoneuvoon vaikuttavat vastusvoimat. Kuljetusyrityksen on mietittävä tarkalleen, minkälaista kalustoa sen kannattaa hankkia. Kuljetuskaluston pitäisi sopia suoritettavaan kuljetukseen optimaalisesti. Liian pieni tai suuri tehon ja koon käyttö on aivan turhaa energian käyttöä. Kulutus riippuu siitä, kuinka paljon energiaa tarvitaan ja kuinka hyvällä hyötysuhteella se saadaan muutettua mekaaniseksi energiaksi./1./



KAAVIO 3. Ajoneuvotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä

3.1 Omamassa

Kuljetuskaluston oikea valinta on merkityksellinen tähdätessä parempaan energiatehokkuuteen. Kuorma-auton omalla massalla on suuri vaikutus polttoaineen kulutukseen, koska suuremman massan liikuttamiseen tarvitaan enemmän energiaa. Mitä pienempi omapaino on, sitä suuremmaksi saadaan kuljetettavan materiaalin määrä, joten suuremman kuljetussuorituksen myötä energiatehokkuus paranee. Suomalaisessa Rastuprojektissa oli tutkittu, että 1000 kilogrammaa pienempi omapaino johtaa 1 % poltto-

ainesäästöön. Ajoneuvo saadaan kevyemmäksi mm. käyttämällä kevyempiä rakenne-materiaaleja. /1./

Uuden ajoneuvon hankinnassa asiakkaalla ei juurikaan ole mahdollisuutta vaikuttaa sen omamassaan, sen jälkeen kun sopiva kalusto on valittu.

3.2 Voimalinja

Polttoaineesta saatu energia ei ole kokonaan hyödynnettävissä kuorma-auton liikuttamiseen. Moottorissa syntynyt lämpö ja sen sisäiset kitkavoimat ottavat jopa 70 % energiasta. Voimalinjaan lasketaan moottori, vaihdelaatikko, kytkin, kardaaniakseli ja vetopyörästä. /1./

Moottorit pyritään rakentamaan niin, että maksimivääntö olisi mahdollisimman laajalla kierrosalueella. Erityisesti kova vääntö pyritään saamaan jo alhaisilla kierroksilla. Tätä alavääntöä suositellaan myös hyödynnettäväksi paremman polttoainetalouden takia. Varjopuolena tästä on seurannut aikaisemmin esiintymättömiä vikoja erityisesti vaihteistossa.

Vaihteistot alkavat nykyään olla yhä enemmän automaatteja tai automatisoituja manuaaleja. Volvoissa käytetään synkronoimatonta automaattivaihteistoa ja Scanioissa Opticruiseria. Nämä vaihdelaatikot säästävät polttoainetta, koska vaihtaminen tapahtuu oikealla kierrosalueella ja sen lisäksi automaattit ovat manuaaleja paljon kevyempiä. Vaihteistona voi olla myös synkronoimaton suorahampainen vaihdelaatikko, kuten esimerkiksi Sisuissa käytetty Fuller. Se on kestävyydeltään hyvä, koska siinä ei synny päittäisvoimia suorahampaisuuden ansiosta. Myös vaihteiden vaihtaminen on nopeaa, mutta se vaatii Fullerin laatikkoon tottunutta kuljettajaa.

Kardaani sisältää ristikoita ja liukuosan. Lyhyt alusta voi olla ilman kardaania tukevaa kannatinlaakeria esimerkiksi rekkaveturi. Kardaani pyritään rakentamaan mahdollisimman suoraksi kestoiän vuoksi.

Vetopyörästäön rakenne valitaan käyttötarkoituksen perusteella. Kevyemmässä ajossa riittää, jos on yksi välityssuhde hammaspyörillä. Raskaammassa ajossa tarvitaan perärakenne, jossa on kaksi välitysosaa eli itse perässä pyörivä hammaspyöräpari ja navoissa planeettapyörästäöt. Tämä rakenne auttaa vetoakseleiden kestämiseen. Perärakenne sisältää tasauspyörästäön ja lukon.

3.3 Ilmanvastus

Aerodynamiikalla on merkittävä vaikutus kuorma-auton polttoaineen kulutukseen. Se korostuu nopeuden kasvaessa suuremmaksi, koska ilmanvastusvoima nousee nopeuden toiseen potenssiin. Osa-aluetta tutkitaan nykyään jatkuvasti, ja siihen yritetään tehdä parannuksia. Aerodynamiikkaa voidaan parantaa erilaisilla tuulenohjaimilla, joita voidaan sijoittaa esimerkiksi ohjaamon katolle ja sivuille. Tuulenohjaimet on myös mahdollista asentaa jälkeensä, ja ne ovat kustannustehokkaita. Toisaalta niiden käyttäminen lisää ajoneuvon massaa, mikä lisää kulutusta./1./

Ilmanvastusvoima määritetään kaavasta;/8/

$$F_i = \frac{1}{2} \times \rho \times c_d \times A \times (v + v_0)^2,$$

jossa ρ on ilmantiheys, c_d on ajoneuvon ilmanvastuskerroin, A on ajoneuvon otsapinta-ala, v on ajoneuvon etenemisnopeus ja v_0 tuulen nopeus ajoneuvon etenemissuunnassa. Kaavasta on selvästi huomattavissa, että ajonopeudella on suurin merkitys vastusvoiman suuruuteen./8./

Kuorma-auton keulan, kylkien ja perän muotoiluilla pyritään siihen, että ilmaa saadaan siirrettyä mahdollisimman sulavasti ja takana oleva alipaine saadaan täytettyä. Kuorma-autoissa ongelmana on, että niitä ei voida suunnitella mahdollisimman aerodynaamisiksi käytännöllisyyden ja päällirakenteen vuoksi. Niissä esiintyy paljon laajoja tasomaisia alueita ja teräviä kulmia. Kuorma-autoyhdistelmien kohdalla on huomioitava myös välitilat vetoauton ja perävaunun välissä, mitkä aiheuttavat haittaavia ilmavirtauksia./8./

Ajoneuvoon vaikuttavat ilmapirrat voidaan jakaa kolmeen eri osaan. Niitä ovat ulkoinen-, sisäinen- ja moottorin läpi kulkeva virtaus. Suurin vaikutus on ulkoisella virtauksella, joka tarkoittaa ajoneuvon pintaa eli kattoa, kylkiä ja pohjaa pitkin kulkevaa ilmaa. Näitä alueita kehittämällä saadaan myös suurin parannuspotentiaali ajoneuvon aerodynamiikkaa ajatellen. Sisäiseen virtaukseen kuuluu ajoneuvon läpi menevä virtaus. Ilmaa ohjataan tarkoituksella eri osien jäähdyttämistä ja tuulettumista varten. Sisäisen virtauksen merkitys on paljon pienempi verrattuna ulkoiseen. Kolmantena on moottorin ilmanvirtaus, jonka moottori imee itse palamisprosessia varten./8./

3.4 Rullausvastus

Tavanomaisessa raskaan kaluston ajoneuvoyhdistelmässä voi rengasmäärä olla jopa 26 kpl, joten vierintävastuksella on suuri merkitys ajoneuvotehokkuuteen. Nykyaikaisen renkaan kehitystyö on kestänyt jo yli 100 vuotta. Raskaankaluston työympäristöt ovat hyvin moninaisia, joten renkaitakin on kehitetty täyttämään näitä tarpeita. Aina ei ole mahdollista valita energiataloudellisinta vaihtoehtoa vaan joudutaan huomioimaan muitakin seikkoja.

Suomen talvi asettaa omat vaatimuksensa lumen ja liukkauden muodossa. Lain säätämää talvirengaspakkoa ei raskaalle kalustolle ole, mutta jotkut yhtiöt saattavat vaativat sopimusliikennöitsijältään niitä. Joissakin erikoiskuljetuksissa kuten räjähdysaineita sisältävissä, on olemassa talvirengaspakko. Osa kalustosta joudutaan kuitenkin varustamaan oikeanlaisella rengastuksella, jotta pärjätään vaikeissa olosuhteissa. Näitä ovat esimerkiksi maansiirto- ja puutavara-autot, jotka lastaavat ja purkavat huonoissakin olosuhteissa, vaikkakin suurin osa matkasta ajetaan normaaleilla teillä.

Rullausvastus muodostuu tieliikenteessä renkaan ja tien välisessä kontaktissa. Se mahdollistaa kuorma-auton etenemisen, mutta samalla vastustaa liikettä. Suurin renkaan vierintävastukseen vaikuttava tekijä on sen ilmanpaine. Kovalla alustalla liian alhainen paine lisää merkittävästi vastusta. Pehmeillä alustoilla tilanne on päinvastainen. Ilmanpainetta laskemalla saadaan isompi kantopinta-ala, joten ajoneuvo kulkee näin ollen energiatehokkaammin. Volvo-kuorma-autoissa käytetään järjestelmää ni-

meltään Tireboss, jonka avulla renkaiden ilmanpaineita voidaan muuttaa nopeasti olosuhteiden mukaan.

Renkaat voidaan jaotella kolmeen eri alueeseen, koska niitä on ohjaavalla -, vetävällä - ja vapaasti pyörivällä akselilla. Ohjaavia akseleita voi 3-akselisessa kuorma-autossa olla vetoakselin etu – tai takapuolella. Raskaassa kalustossa voidaan käyttää myös pinnoitettuja renkaita. Pintamateriaalit ja pinnoitusmenetelmät ovat nykyään niin kehittyneitä, että pinnoitetut ovat lähes uusia vastaavia. Niiden heikko kohta on kuitenkin runko. Pinnoitettuihin renkaisiin on voinut kuitenkin tulla esimerkiksi kiven ja naulanpistoja, jotka ovat voineet katkaista tukivöitä. Eturenkaiksi ei suositella pinnoitettuja renkaita.

4 KEHITTÄMISTAVAT

4.1 Kaluston valinta ja voimalinja

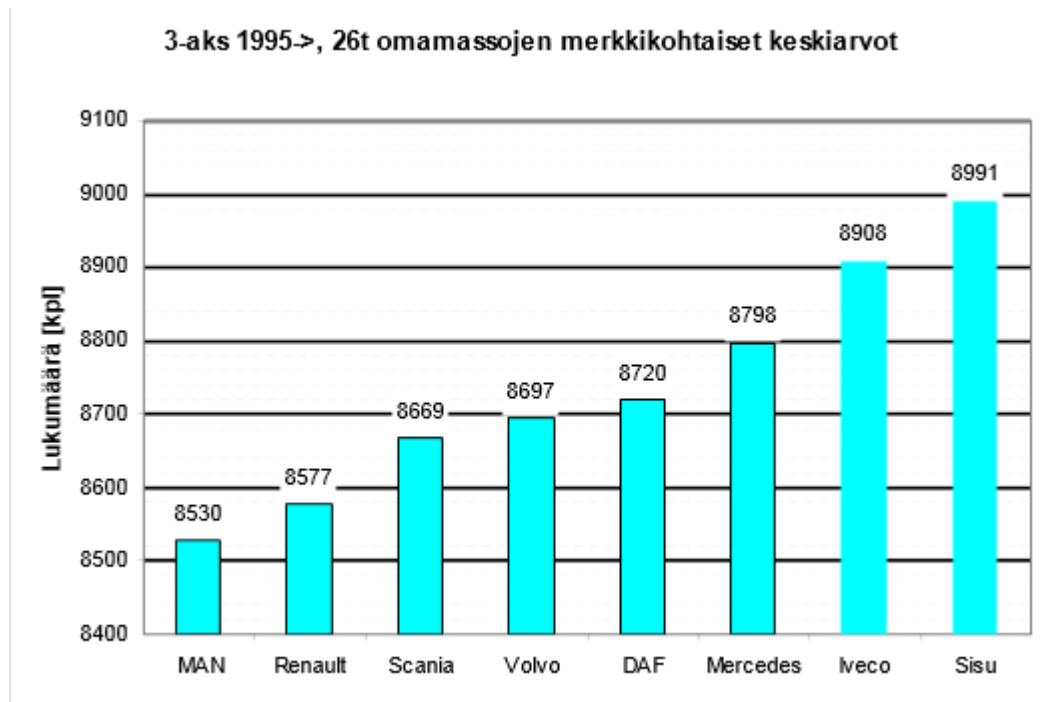
Hyötyajoneuvojen merkki – ja mallivalikoima on runsas. Ajoneuvon hankinnassa automyyjillä on kokemuksen lisäksi käytettävissä ohjelmia, joilla voidaan valita kyseessä olevaan ajotehtävään mahdollisimman käytännöllinen ja toimiva kokonaisuus. Niiden avulla voidaan valita välityssuhde ja moottori, joka toimii mahdollisimman paljon energiatehokkaalla alueella. Tärkeintä on valita juuri sopiva kalusto käyttö – ja kapasiteettitarpeen mukaan.

Voimanlinjan pitää olla toimiva, joten sen oikea käyttö ja huolto on tärkeää. Oikeiden voiteluaineiden käyttö pidentää ikää ja vähentää kitkoja koneiston sisällä.

4.2 Omamassa

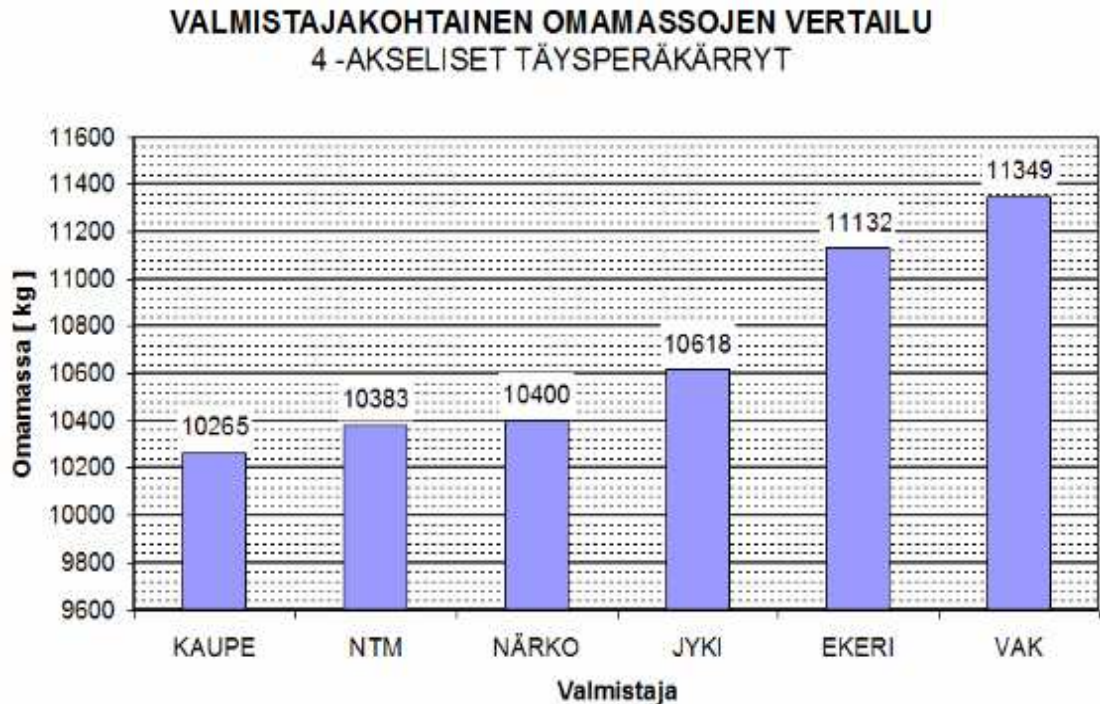
Nykyisten kuorma-autojen omamassat ovat hyvin lähellä toisiaan merkistä riippumatta. 3-akselisten eroavaisuudet pysyvät 500 kg sisällä. Suurimmat erot tulevatkin päällirakenteista. Omamassojen keventäminen on usein haastavaa kestävyys suhteen. Omamassan pienentäminen on kuitenkin mahdollista esim. alumiinivanteilla, polttoai-

netankilla ja paineilmasäiliöillä. Kaikki ajoneuvoihin asennettavat lisälaitteet lisäävät painoa, joten ylimääräisiä asennuksia ei kannata pitää. Perävaunujen käyttöikäksi voidaan usein laskea 15 vuotta ja vetoauton päällirakenteiden 10 vuotta. Pitkien käyttöikien vuoksi rakenteiden pitää olla kestäviä. Hyötyajoneuvokalustoa hankkiessa ajoneuvon tärkeimpinä kriteereinä ei ole omamassa, vaan ennemminkin merkkiuskollisuus, huolto – ja varaosavarmuus ja hankintahinta. /13./



KAAVIO 4. 3-akselisten kuorma-autojen massat 1995-2007 /13/

Perävaunuissa omamassa koostuu pääosin rungosta, akseleista, jousituksesta, jarruista ja päällirakenteista. Kuten kaaviosta (kaavio 5) ilmenee, että VAK:in tuotteet keskimäärin muiden valmistajien tuotteita painavampia. Siitä huolimatta se on johtava merkki perävaunuvalmistajana. Kuljetusliikkeet pitävät sitä kokonaistaloudellisesti kannattavana. Perävaunujen omamassaa voidaan keventää lisäämällä esim. alumiinin käyttöä rakenteissa, ykköspyörä asennuksella paripyörien sijaan ja alumiinivanteita. Suomessa on kuitenkin ongelmana tieolosuhteiden rankkuus kaluston rakenteita kohtaan. Tiestön suolaaminen nopeuttaa runkomateriaalien ruostumista, mikä joudutaan huomioimaan materiaalien vahvuuksissa. /13./



KAAVIO 5. Perävaunujen massoja 1995-2007 /13/

4.3 Ilmanohjaimet

Tehokkain keino parantaa kuorma-auton aerodynaamisia ominaisuuksia on asentaa erilaisia ilmanohjaimia. Markkinoilla on saatavilla katto – ja sivuilmanohjaimia sekä sivuille tulevia helmoja. Kuorma-autoihin asennetaan jo tehtaalla valmiita ilmanohjain paketteja asiakkaan niin halutessa. Tutkimuksissa on osoitettu, että katto – ja sivuilmanohjaimilla saadaan säästöä polttoainekulutukseen jopa 8 %. Parhaisiin tuloksiin päästään säädettävillä malleilla. Ilmanohjainten asennus täytyy kuitenkin tehdä tarkasti, koska jo pieni muutos sijoittelussa pienentää merkittävästi hyötys prosenttia. Sen takia ne olisi hyvä asentuttaa tehtailla. Kuorma-autoissa, joissa ohjaamon katto on tavaratilan tasalla, ei käytetä ohjainta katolla. Näissä tapauksissa etukulmia pyritään pyöristämään. Ohjaamon ja kuormatilan väliin jäävää aluetta saadaan parannettu sivuilmanohjaimilla, jotka ohjaavat ilmavirran kuormatilan ohitse./8;10/



KUVA 1. Säädettävä kattoilmanohjain

Teorian mukaan isommilla ohjaamon pyörityksillä saadaan paremmat aerodynaamiset ominaisuudet. Käytännössä pyöristämiseen tulee raja vastaan teknisissä ja tilankäyttö vaatimuksissa. Pyöristämisen lisäksi ilman virtausta voidaan parantaa kulmaan ajoneuvon etukulmiin asennettavilla ohjaimilla. Ne voivat olla jälkiasennettuja tai sitten valmiiksi integroituja./8./



KUVA 2. Volvon etukulmaohjain



KUVA 3. Scanioissa käytettävä kulmailmanohjain

Maantiekuljetuksissa aerodynamiikan kannalta haastava asia on ajoneuvoissa olevat raot, välit ja muut epätasaisuudet. Niihin syntyy liikkeessä alipainetta, joka taas imee itseensä ulkopintaa pitkin kulkevaa ilmaa. Niitä voidaan myös peittää verhoilulla, mutta sillä on taas kustannus – ja käytännöllisyysseuraamuksia. Vetoauton ja perävaunun välille jäävä rako on iso varsinkin täysperävaunuyhdistelmissä. Ihanteellinen tilanne olisi, jos välin saisi peitettyä kokonaan, mutta käytännössä se on mahdotonta. Tilannetta saadaan parannettua pyöristämällä perävaunun keulan etukulmia. On myös olemassa väliä pienentäviä aisaratkaisuja, mutta niitä ei juurikaan käytetä Suomessa./8./



KUVA 4. Oikealla aerodynaamisempi ratkaisu



KUVA 5. Säiliöauton miesluukut peitetty sääkannella



KUVA 6. Kyljen ja vanteiden aukot peitetty

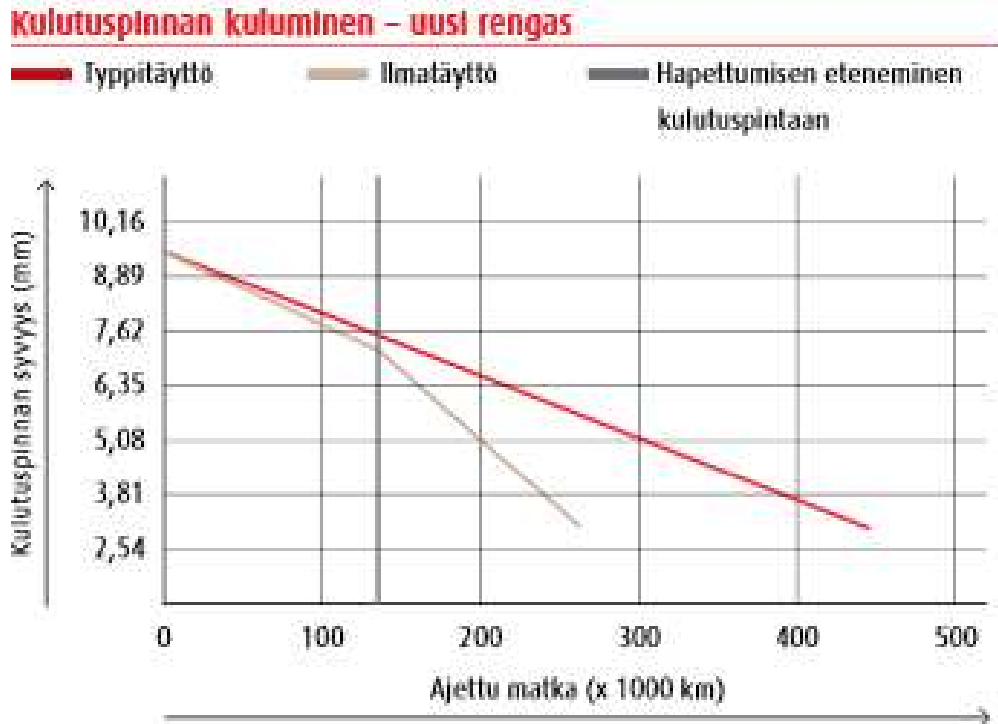
4.4 Renkaiden typpitäyttö

Renkaiden kohdalla suurin vaikutus energiatehokkuuteen on oikealla rengaspaineella. Sen laskiessa 20 % alle suositusarvon lisääntyy polttoaineen kulutus n. 3 %. Yli 30 % alipaine voi lyhentää renkaan ikää puoleen./11./

Normaalilla paineilmalla täytettyjen renkaiden paine laskee n. 0.14 baaria kuukaudessa. Vuotaminen tapahtuu kylkien läpi. Paineilma sisältää usein myös kosteutta, joka hapen kanssa aiheuttaa teräsvanteiden ruostumista ja alumiinivanteiden hapettumista. Lisäksi rengaspaineen mittauslaitteet voivat hapettua, jos ne ovat renkaan sisällä. Jos kosteutta on runsaasti, aiheuttaa se epätasapainon pakkaskautena. Ilmassa oleva happi tunkeutuu renkaan kumimateriaaliin, joka sen kanssa reagoidessaan menettää elastisuuttaan ja kestävyytään./11./

Tilannetta voidaan parantaa täyttämällä renkaat rengastypellä. Typen käyttö on ollut yleistä jo pitkään lentokoneissa, kilpa-autoissa, maansiirtokoneissa ja sotilasajoneuvoissa. Typpi on kuiva, palamaton ja inertti kaasu, joka ei siis reagoi helposti muiden aineiden kanssa. Renkaan paineen on todettu pysyvän muuttumattomana 6 kertaa pitempään verrattuna ilmalla täytettyyn, jos vesihöyryn ja muiden kuin typen osuus on saatu alle 5 %:iin. Typen avulla pitempään säilytetty renkaiden paine pitää vierintävastuksen pienempänä, mikä johtaa parempaan energiatehokkuuteen./11./

Polttoaineen säästön lisäksi ajo-ominaisuudet säilyvät paremmin, kuten ohjattavuus ja vakaus, lisäksi jarrutusmatka lyhenee. Onnettomuustilanteessa typpi ei ole kiihdyttämässä mahdollista tulipaloa. Renkaan elinkaari voi olla 35 % pitempi, jos typpeä on käytetty ensimmäisestä täytöstä lähtien. Rengastypen valmistus on saatu suhteellisen edulliseksi, ja sitä on tarjolla useimmilla rengasliikkeillä. Huomioimalla kaikki typpikäytön antamat edut voidaan päästä n. 4 % energiasäästöön./11./

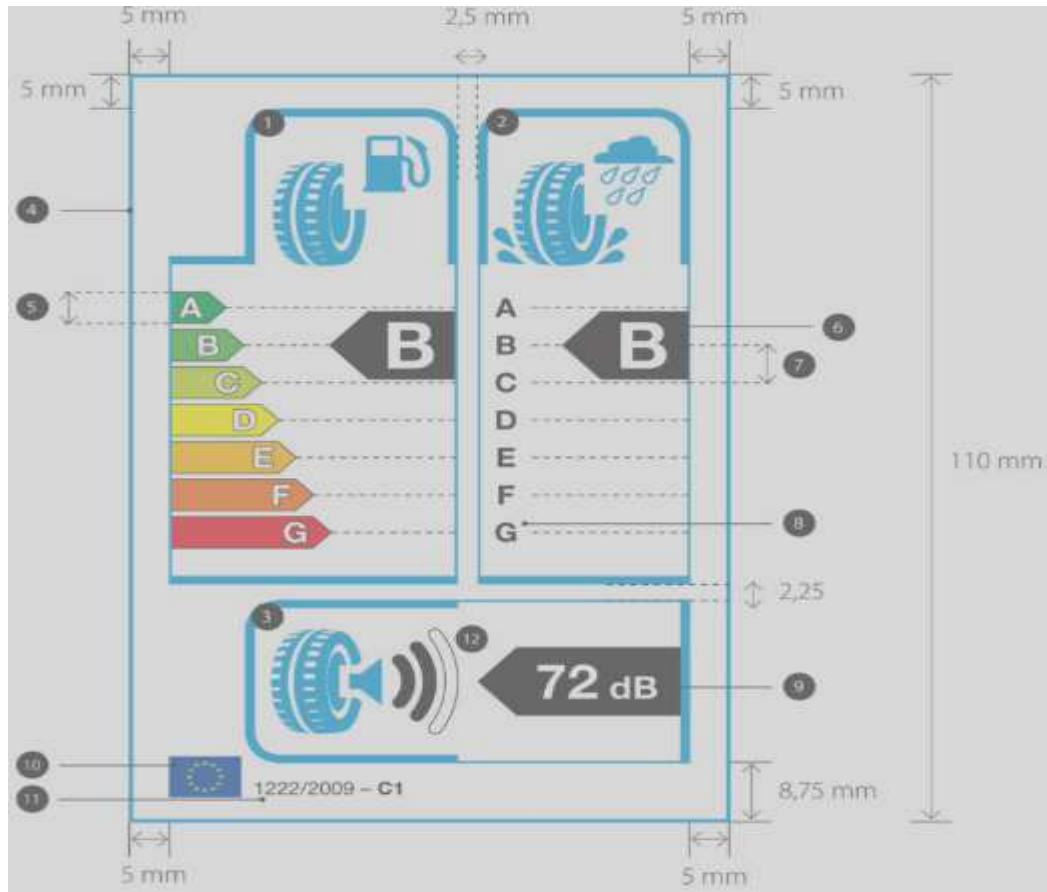


KUVA 7. Rengasmerkintä /12/

4.5 Renkaiden merkintä ja valinta

Renkaiden valitseminen oli aikaisemmin täysin rengasvalmistajien informaation varassa, koska ei ollut olemassa yhtenäistä järjestelmää, jolla renkaiden ominaisuuksia olisi voinut verrata. Vuonna 2009 EY julkaisi asetuksen n:o 1222/2009, jossa tiedot renkaiden ominaisuuksista pitää ilmoittaa standardimerkinnän muodossa. Tämän uskottiin ohjaavan loppukäyttäjää turvallisempien, äänettömämpiä ja energiataloudellisiin rengashankintoihin. Asetus koski 1. heinäkuuta 2012 jälkeen valmistettuja renkaita ja astui kokonaisuudessaan voimaan 1. marraskuuta 2012.

Rengasmerkintä pitää olla esillä myyntipisteissä ja teknisessä mainosmateriaalissa. Asetus ei kuitenkaan koske pinnoitettuja renkaita. Rengasmerkintä näkyy kuvassa (kuva 7). Polttoainetaloudellisuusasteikko on A-G. A on energiataloudellisin ja luokkien väli on 1-3 % riippuen ajo-olosuhteista ja ajotavasta. Märkäpidon asteikko on myös A:sta G:hen, jossa A:ssa paras pito. Pitää kuitenkin huomioida, että tämä ei kerro renkaan pidosta jäällä ja lumella. Vierintämelun mittausarvo ilmoitetaan desibeleinä ja lisäksi mustilla viivoilla.



KUVA 8. Rengasmerkintä /12/

Näiden merkintöjen avulla kuluttaja voi valita mieleisensä rengastuksen, joka auttaa pääsemään parempaan energiatehokkuuteen. Oikeiden rengasvalintojen lisäksi on tärkeää, että ajoneuvot on suunnattu, jolloin ajoneuvon liikuttamiseen kuluu vähemmän energiaa ja renkaat ovat pitkäikäisempiä.

5 YHTEENVETO

Energiatehokkuus maantieliikenteessä koostuu logistiikasta, kuljettajan toiminnasta, reittivalinnoista ja tässä opinnäytetyössä tutkittavasta ajoneuvotehokkuudesta. Ajoneuvotehokkuuteen vaikuttavat massa, voimalinja ja ajovastukset. Energiatehokkuus voidaan ilmoittaa kuljetussuoritteen ja polttoainekulutuksen suhteena. Kuljetusyrityksellä on mahdollisuus vaikuttaa energiatehokkuuteen ajoneuvon teknisten ratkaisujen kautta. Hyötyajoneuvon hankinta on syytä tehdä huolellisesti, koska investointi on pitkäaikainen. Pienetkin ratkaisut valintatilanteessa voivat tuoda huomattavaa energian ja kustannusten säästöä.

Ajoneuvon massa vaikuttaa suoraan energiatehokkuuteen, mutta eri merkkien kuorma-autojen massat ovat hyvin lähellä toisiaan, joten se ei ole ratkaisevassa roolissa kaluston valinnassa. Omamassaa voidaan kuitenkin pienentää esim. käyttämällä alumiinia mm. vanteissa, polttoainetankissa ja ilmasäiliöissä.

Kuorma-autojen päämerkkien valmistuksessa on huomioitu energiatehokkuus mm. tuulitunnelikokein, joten merkkikohtaisuus ei välttämättä ole valintakriteeri. Alueelliset erot on kuitenkin huomioitava, koska joidenkin merkkien kohdalla huolto – ja korjaustoiminta hidastuu varaosien heikon saatavuuden vuoksi. Korjaamotoiminnan nopeuden ja varaosapalvelun tehokkuuden merkitys korostuu, koska ne lyhentävät seisonta-aikoja. Päällirakenteiden ja perävaunujen valmistajaa valittaessa olisi hinnan lisäksi huomioitava konstruktion toimivuus.

Usein ajoneuvon ulkonäköä parantavilla tekijöillä on energiaa kuluttavia ominaisuuksia mm. lisävalot katolla, karjapuskurit, alppitorvet jne. Sen sijaan sijoittaminen järkeviin ilmanohjaimiin ja muihin aerodynamiikkaa parantaviin ominaisuuksiin on hyvinkin järkevää. Sieltä tuleva energian säästö tulee maksamaan itsensä takaisin pitemmällä aikavälillä.

Laadukkaiden ja pienen vierintävastuksen omaavien renkaiden valinta on järkevää, samoin niiden täyttäminen rengastypellä. Ilmanpaineilla on suurin vaikutus renkaan vierin vastukseen. Paineiden tulee olla suositellut, ja niitä pitää muistaa tarkastaa tarpeeksi usein. Rengasvalinnoissa on kuitenkin muistettava turvallisuus.

LÄHTEET

/1/ Nykänen, Lasse. Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen kansainvälinen vertailu. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 2013.

/2/ KOM/2008/30, 2008. Kaksi kertaa 20 vuonna 2020. Ilmastomuutostoimet - mahdollisuus Euroopalle. WWW-dokumentti.

<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0030:FIN:fi:PDF>.

/3/ KOM/2011/144. 2011. Valkoinen kirja. Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. Bryssel. Euroopan komissio. [WWW]. [viitattu 01.04.2013]. Saatavissa

[http://eur-](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF)

/4/ Motiva. 2005. HD-energia. Liikenneprojekti. Raskaankaluston energiakäytön tehostaminen. PDF-dokumentti.

http://www.motiva.fi/files/1026/HDEnergia_yhteenvetoraportti_lopullinen_viim.pdf.

Luettu 10.3.2014.

/5/ Motiva. 2007. INTERACTION. Liikenneprojekti. Kuorma-auto kuljetusten energia-, ympäristö- ja kustannustehokkuuden parantaminen. PDF-dokumentti.

http://www.motiva.fi/files/876/INTERACTION-toimenpideselvitys_17.12.2007.pdf.

Luettu 10.3.2014.

/6/ Tavarakuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimus 64/70/2008. WWW-dokumentti. http://motiva.fi/files/72/tavaraliikenne_ets_080124.pdf. Luettu 15.4.2014.

/7/ Liimatainen, Heikki. Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi. Tutkimusraportti. 2010.

/8/ Nyholm, Juha. Raskaankaluston aerodynamiikan kehittäminen. Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Diplomityö. 2006.

/9/ Naskali, Timo.. Renkaiden epätasapainon, ilmanpaineen ja muotovirheiden vaikutus raskaankaluston energiakulutukseen. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. 2010.

/10/ Volvo trucks. Ilmanohjainpaketti. WWW-dokumentti.
<http://www.volvotrucks.com/trucks/finland-market/fi-fi/aboutus/every-drop-counts/Pages/airflow-package.aspx>. Päivitetty 12.1.2014. Luettu 17.3.2014.

/11/ Aga.Rengastyyppiesite.PDF-dokumentti.
[http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/repositorybyalias/n_tyre_brochure_fi/\\$file/AGA%20N-TYRE%20Brochure%20A4%20FI.pdf](http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/repositorybyalias/n_tyre_brochure_fi/$file/AGA%20N-TYRE%20Brochure%20A4%20FI.pdf). Päivitetty 29.6.2013. Luettu 10.3.2014.

/12/Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1222/2009. Renkaiden merkitseminen polttoainetaloudellisuuden ja muiden keskeisten ominaisuuksien osalta. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0046:0058:FI:PDF>

/13/ Motiva. Rastu-projekti. Raskaiden ajoneuvojen omamassat. PDF-dokumentti.
www.motiva.fi/files/951/raskaiden-ajoneuvojen-omamassat-----selvitysmahdollisuuksista-lisata-kantavuutta.pdf. Päivitetty 17.2.2009. Luettu 18.3.2014.